

**Unitat d'Història Econòmica
UHE Working Paper 2011_02**

**Nuevas orientaciones en Historia Económica:
Innovaciones biológicas y cambio técnico, siglos
XIX-XX**

Josep Pujol-Andreu

Departament d'Economia i d'Història Econòmica
Universitat Autònoma de Barcelona

e-mail: josep.pujol.andreu@uab.es

21/01/2011

Josep Pujol-Andreu, 2011

Nuevas orientaciones en Historia Económica: Innovaciones biológicas y cambio técnico,
siglos XIX-XX

UHE Working Paper 2011_02

http://www.h-economica.uab.es/wps/2011_02.pdf

Unitat d'Història Econòmica

Departament d'Economia i Història Econòmica

Edifici B, Campus UAB

08193 Cerdanyola del Vallès, Spain

Tel: (+34) 935811203

<http://www.h-economica.uab.es>

© 2011 by Josep Pujol-Andreu and UHE-UAB

Nuevas orientaciones en Historia Económica: Innovaciones biológicas y cambio técnico, siglos XIX-XX¹

Josep Pujol-Andreu

Departament d'Economia i d'Història Econòmica
Universitat Autònoma de Barcelona

e-mail: josep.pujol.andreu@uab.es

Las innovaciones biológicas han sido siempre consustanciales al desarrollo económico, pero no suelen ser consideradas en Historia Económica. En parte esta situación es consecuencia de la escasa información disponible de aquella variable, en relación con la clase de informaciones que historiadores y economistas estamos acostumbrados a utilizar. Aunque parezca paradójico, sin embargo, en mi opinión la escasa atención de la Historia Económica por las innovaciones biológicas también está relacionada con la marcada tendencia de sus especialistas a minimizar la importancia de los ciclos biológicos en el sector agrario. Por uno y otro motivo, cuando aquellos especialistas analizan por ejemplo los cambios técnicos en la agricultura, tienden a utilizar unos modelos de referencia más relacionados con aquellas otras actividades, donde la incidencia de los ciclos biológicos es menos evidente a corto plazo.²

Esta situación también afecta, aunque algo menos, a la Historia Agraria. En este caso sus especialistas son más sensibles a aquellas innovaciones, pero su interés por ellas sólo acostumbra a despertarse cuando su consideración resulta inevitable, y con respecto a situaciones históricas muy concretas. Salvo muy pocas excepciones, no obstante, cuando los especialistas en Historia Agraria analizan los cambios técnicos en la agricultura, sobre todo a largo plazo, todavía hoy centran más la atención en las innovaciones asociadas con las prácticas, productos e instrumentos de trabajo, relacionadas con la fertilización del suelo, el cultivo de la tierra y las operaciones de recolección, que en las innovaciones relacionadas con sus bases biológicas. Este sesgo en las investigaciones es más acentuado aún cuando se

¹ **ESTE TEXTO NO PUEDE SER CITADO SIN PERMISO DEL AUTOR.** Esta investigación se ha financiado con los proyectos SEJ2007-60845 y HAR2010-20684-C02-01. Agradezco los comentarios recibidos de Juan Antonio Martín Sánchez y Emanuele Felice. Ninguna de estas personas es responsable de las deficiencias del texto.

² Hayami and Ruttan (1985), Federico (2005).

analizan las distintas relaciones que se han establecido, en el tiempo y en el espacio, entre la evolución de la agricultura y el crecimiento económico.³ Asimismo, aunque es cierto que investigaciones más recientes toman en consideración las condiciones ambientales, la incidencia de esta variable en el desarrollo de la actividad agraria, de nuevo se acostumbra a relacionar, sobre todo, con la difusión que han tenido en aquel sector las innovaciones químicas y mecánicas.⁴

Las anteriores deficiencias están muy presentes en la Historia Agraria europea. En la historiografía de Estados Unidos, en cambio, las innovaciones biológicas han sido más estudiadas, y las aportaciones que se han realizado en esta dirección son muy destacables.⁵ De los diferentes resultados que se han obtenido en estos estudios, ahora sólo destacaré dos. El primero ha sido mostrar, con abundantes evidencias, que aquellas innovaciones tuvieron un elevado protagonismo en el desarrollo económico de aquel país, desde el momento mismo de su independencia de Gran Bretaña. En segundo lugar, aquellas investigaciones también muestran que los cambios que se observan a lo largo del tiempo en las técnicas de fertilización, el cultivo de la tierra, y las operaciones de recolección, se entienden mucho mejor cuando estos cambios se relacionan con la evolución que siguieron, al mismo tiempo, las bases biológicas en la agricultura y la ganadería.

Como resultado de aquellas investigaciones, hoy en día no sólo disponemos de una visión más completa de las diferentes circunstancias que han condicionado el crecimiento económico desde el siglo XIX. Aquellas investigaciones también muestran que las relaciones que se han establecido a lo largo del tiempo entre las diferentes líneas de cambio técnico en la agricultura son más complejas de lo que acostumbrábamos a suponer, y que exigen, en consecuencia, una mayor atención de los especialistas en historia agraria o económica. Con el fin de avanzar pues en el estudio de estas relaciones, en este artículo relacionaré la evolución de los rendimientos y las innovaciones biológicas en los sectores trigueros de Gran Bretaña, Francia, Italia y España, entre mediados del siglo XIX y principios del siglo XXI.⁶ Estos cuatro casos presentan importantes diferencias entre ellos.

Gran Bretaña es sin duda el caso más excepcional, porque dispone de unas condiciones ambientales muy favorables para la producción de trigo, pero las políticas económicas que impulsaron sus gobiernos bloquearon durante mucho tiempo su crecimiento. En Francia las condiciones ambientales son similares a las de Gran Bretaña en gran parte de su territorio, pero aquí, como en la mayor parte del

³ Lainz and Pinilla (2008).

⁴ Pujol-Andreu (2002).

⁵ Kloppenburg (1988), Olmstead and Rhode (2008).

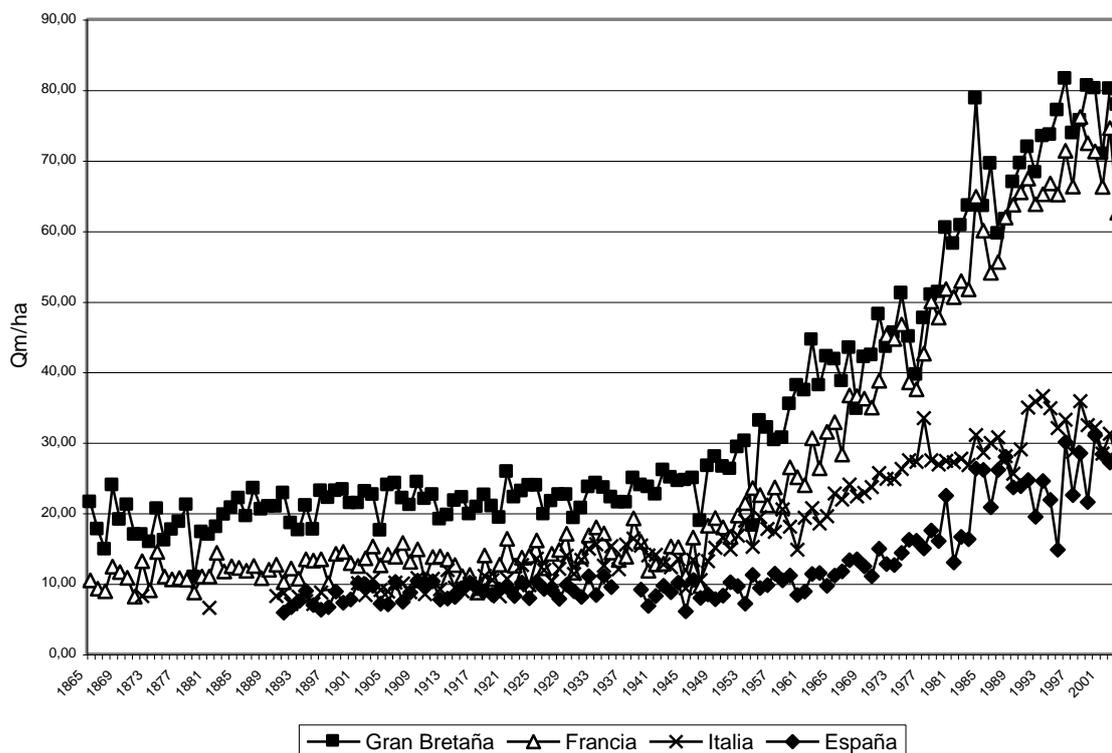
⁶ Una primera aproximación a esta investigación, en Pujol-Andreu (2002, 2005)

continente, sus gobiernos impulsaron decididamente el desarrollo del sector trigoero, para asegurar el abastecimiento interior de aquel producto. En Italia y España las condiciones ambientales son menos propicias a la producción de trigo, pero en ambos países aun resultó más necesario impulsar su crecimiento hasta finales del siglo XX, a causa de los problemas estructurales de sus respectivas balanzas de pagos.

LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA Y LAS INNOVACIONES BIOLÓGICAS

Para definir mejor el problema que vamos a tratar he elaborado los gráficos 1 y 2, donde muestro la evolución que siguieron en aquellos países los rendimientos del trigo por hectárea y las superficies sembradas de este cereal. La primera observación que se desprende de aquellos gráficos refleja un hecho bien conocido: después de la Segunda Guerra Mundial, las nuevas tecnologías que se difundieron en el sector trigoero posibilitaron un incremento muy destacable y sostenido de la producción de grano por unidad de superficie. En segundo lugar, el gráfico 1 también muestra que aquellas tecnologías tuvieron una eficacia muy desigual a escala geográfica, porque las diferencias que se observan en la evolución de los rendimientos, en la Europa atlántica (Gran Bretaña y Francia) y la Europa mediterránea (Italia y España), lejos de atenuarse con el paso del tiempo, aumentaron. Las diferencias entre una y otra zona todavía se aprecian más, cuando constatamos, en el gráfico 2, que en la segunda mitad del siglo XX las superficies sembradas de trigo tendieron a aumentar en Gran Bretaña y Francia, mientras que en España e Italia siguieron la evolución contraria. Por último, los datos que recogen aquellos gráficos también permiten concluir que los rendimientos por unidad de superficie en el sector trigoero español casi siempre fueron muy bajos, y que no fue hasta finales del siglo XX que se situaron en niveles similares a los de Italia.

Gráfico 1: Rendimientos del trigo en Europa, 1865-2003

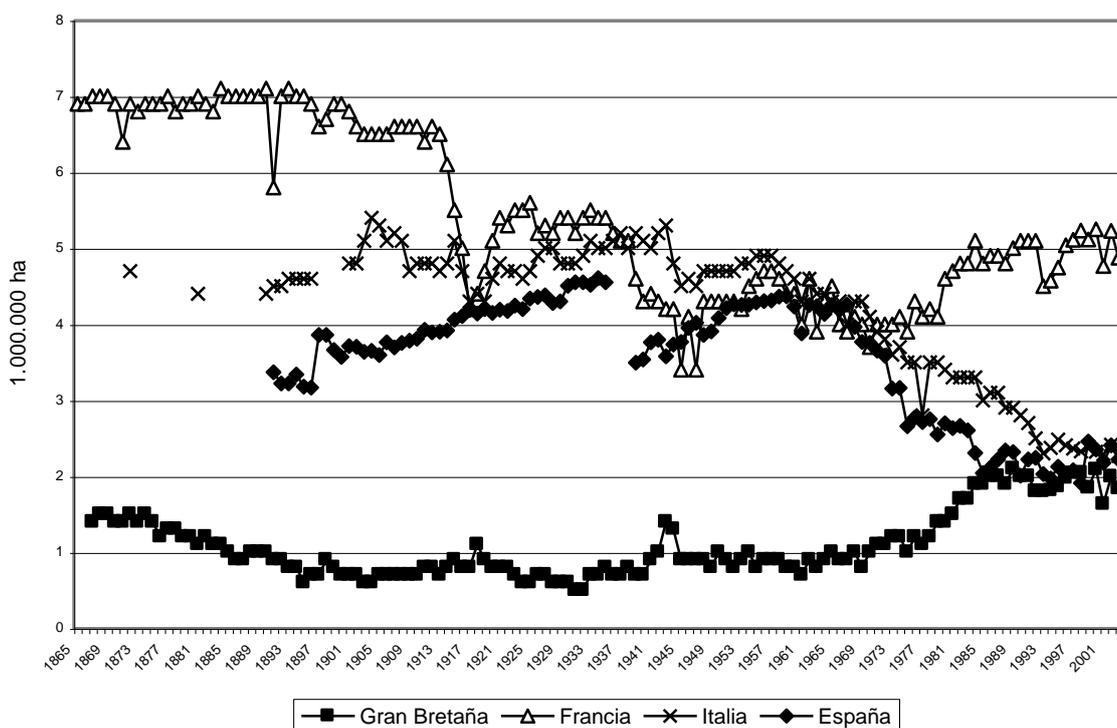


Fuentes: Elaboración propia a partir de Mitchell (1988, 1998), Faostat, Barciela et altri (1989), estadísticas anuales de la Junta Consultiva Agronómica, de 1890 a (Archivo del Ministerio de Agricultura (lejagos 260-1, 262-1, 264; cajas 16-21, 29-1); *Boletín Semanal de Estadística y Mercados*, 1891-1902; *Boletín de Agricultura Técnica y Estadística de Mercados*, 1903- 1930, *Anuario Estadístico de la producción Agrícola*, 1929-1971, *Anuario Estadístico de la Producción Agraria*, 1972-1997, y *Anuario de Estadística Agroalimentaria*, 1999-2006.

Hasta la Segunda Guerra Mundial, los rendimientos por hectárea en Gran Bretaña debieron ser de los más elevados de Europa, pero sólo aumentaron desde 19 qm/ha en 1865-1869, hasta poco más de 22 qm/ha en 1901-1910. Después fueron muy estables hasta la década de 1930. Al mismo tiempo, las superficies sembradas de trigo disminuyeron desde $1,5 \cdot 10^6$ de ha., hasta unas 700.000 ha. en los años previos a la Primera Guerra Mundial, y después fluctuaron en torno a esta última cifra. Los principales logros en el sector triguero británico hasta la Segunda Guerra Mundial, parecen pues haber estado más asociados a la progresiva disminución de las superficies sembradas de trigo, que a la difusión de nuevas técnicas de producción. En Francia e Italia los rendimientos eran muy inferiores, pero en ambos casos aumentaron con más intensidad, a pesar de ser también muy superiores en los dos casos las superficies sembradas de aquel cereal. En Francia, los rendimientos

aumentaron desde 10,5 a 13,5 qm/ha, aproximadamente, entre mediados del siglo XIX y la primera década del siglo XX, y finalmente se situaron en 15,5 qm/ha en los años de 1930. Al mismo tiempo, las superficies sembradas de trigo se situaron primero entre 6,5 y 7.10⁶ de hectáreas, y después disminuyeron en cerca de 1 millón de hectáreas. En Italia los rendimientos tan sólo aumentaron desde 7,8 a 8,5 qm/ha, entre finales del siglo XIX y la Primera Guerra Mundial, pero después lo hicieron con más intensidad, y se acabaron situando en torno a 14 qm/ha en los años de 1930. Cuando esto sucedió, además, las superficies sembradas de trigo también aumentaron, hasta situarse en 5.10⁶ de hectáreas poco antes de la Segunda Guerra Mundial. En definitiva, mientras que en Gran Bretaña los rendimientos del trigo tan sólo aumentaron en torno a un 16% entre mediados del siglo XIX y la década de 1930, en Francia aumentaron en cerca de un 50%, y en Italia se doblaron.

Gráfico 2: Superficies de trigo, Europa 1865-2003



Fuentes: Las mismas del gráfico 1.

En España las superficies sembradas de trigo aumentaron desde algo más de 3.10⁶ de hectáreas a finales del siglo XIX, a cerca de 5.10⁶ de hectáreas antes de la Guerra Civil, pero los rendimientos tan sólo lo hicieron desde cerca de 7 qm/ha en la década de 1890, a poco más de 9 qm/ha en los años 1930. Durante el primer tercio del siglo XX, en consecuencia, los rendimientos del trigo en España siempre fueron un

65% más bajos que en Gran Bretaña, y un 50% más bajos que en Francia. Con respecto a Italia las diferencias aumentaron. Mientras que a finales del siglo del XIX los rendimientos por hectárea eran muy similares en uno y otro país, en la década de 1930 los rendimientos medios en Italia eran un 35% más altos.

Tras la Segunda Guerra Mundial los rendimientos del trigo en Gran Bretaña iniciaron rápidamente la intensa expansión que indicábamos al iniciar este apartado, y se acabaron situando, con 77 qm/ha entre los años 2000 y 2003, en unos niveles entre 3 y 4 veces superiores a los existentes en los años de 1930. Ahora, sin embargo, las superficies sembradas de trigo también aumentaron, desde cerca de $1 \cdot 10^6$ de hectáreas a finales de la década de 1960, a casi $2 \cdot 10^6$ de hectáreas cuarenta años más tarde. En Francia la expansión de los rendimientos fue aun más intensa. En este país los rendimientos recuperaron rápidamente los niveles alcanzados antes de la guerra, y su posterior crecimiento los acabó situando en cerca de 70 qm/ha. En este caso los rendimientos aumentaron pues entre 4 y 5 veces con respecto a los niveles de preguerra. Al mismo tiempo, aunque las superficies sembradas tendieron a disminuir durante las décadas de 1950 y 1960, a partir de este momento volvieron a aumentar, y se acabaron situando en unos niveles parecidos a los existentes en los años de 1930.

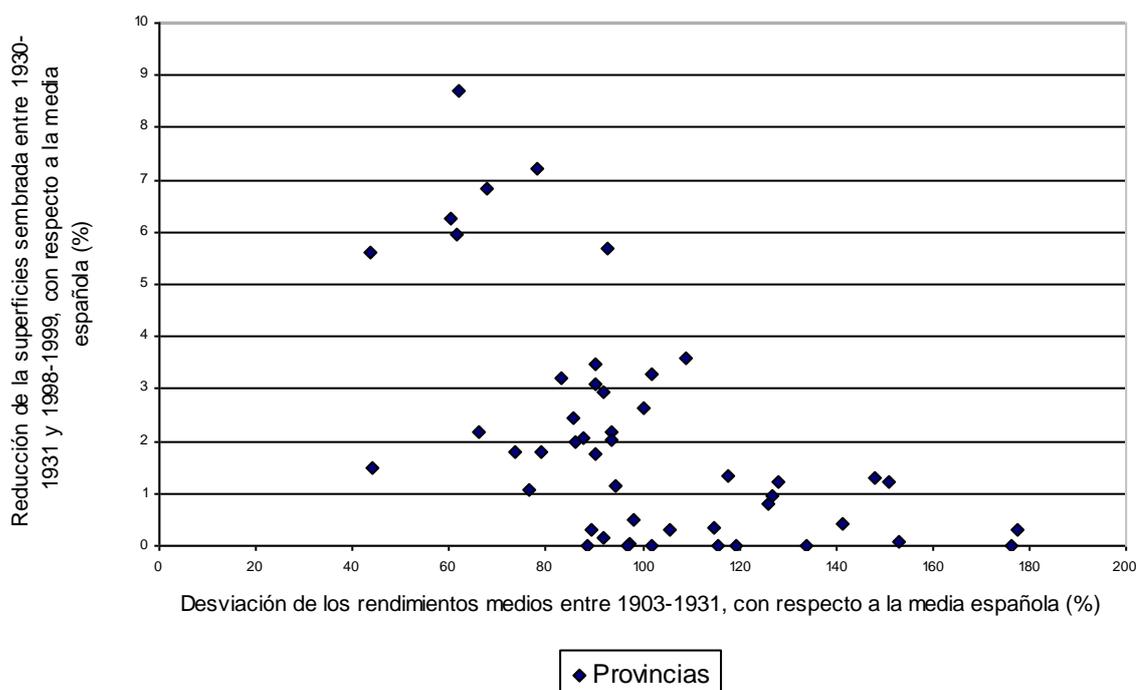
La evolución que siguieron los rendimientos del trigo en Italia y en España fue diferente. En Italia los rendimientos aumentaron con mucha menos intensidad que en Gran Bretaña y Francia, y tras quedar estancados desde la década de 1980, se acabaron situando en cerca de 30 qm/ha en torno al año 2000. En España los rendimientos no empezaron a aumentar hasta la década de 1970, y tras quedar estancados también a finales del siglo, se situaron en unos niveles parecidos a los italianos, aunque fluctuaron mucho más. En el sector triguero español, concretamente, los rendimientos sólo superaron puntualmente 11 qm/ha entre 1961 y 1965, y entre los años 2000 y 2003, se situaron entre 26 y 30 qm/ha. Al mismo tiempo, tanto en Italia como en España las superficies sembradas de trigo disminuyeron con mucha intensidad. En Italia lo hicieron desde $5 \cdot 10^6$ de hectáreas antes de la Segunda Guerra Mundial, a poco más de $2 \cdot 10^6$ de hectáreas entre los años 2000 y 2003, y en España lo hicieron desde $4,5 \cdot 10^6$ hasta $2,3 \cdot 10^6$ de hectáreas.

La relación inversa entre la evolución de las superficies sembradas de trigo y los rendimientos en grano de este cereal por unidad de superficie, durante la segunda mitad del siglo XX, se destaca aun más en el gráfico 3 para el caso de España.⁷ En

⁷ En los casos de Álava, Guipúzcoa, Orense, Cádiz, Sevilla y Zaragoza, las superficies sembradas de trigo aumentaron, y no he considerado esta circunstancia en los cálculos anteriores.

efecto cuando comparamos a escala provincial, las diferencias relativas en los rendimientos antes de la Guerra Civil, y la reducción de las superficies sembradas de trigo, observamos que este proceso tendió a ser más acentuado en aquellas provincias donde los rendimientos por hectárea eran más bajos en el primer tercio del siglo XX. En Albacete, Ciudad Real, Cuenca y Toledo, por ejemplo, los rendimientos del trigo no llegaban a 6 qm/ha entre 1903 y 1931, y la reducción de las superficies sembradas con este cereal concentró el 21,5% de la reducción que observaron aquellas superficies en el conjunto de España, entre las campañas de 1930-1931 y 1998-1999. Si en aquella zona incluyéramos los sectores trigueros de Cáceres, Valladolid y Granada, con rendimientos algo superiores, pero también inferiores a la media nacional, aquel porcentaje se elevaría hasta el 45%.

Gráfico 3: Relación de las variables que se indican.



Fuentes: Elaboración propia a partir de Junta Consultiva Agronómica (1915, 1923), *Anuario Estadístico de la producción Agrícola* (1930,1931), y *Anuario de Estadística Agroalimentaria* (1998, 1999).

De aquella relación inversa, no deberíamos deducir sin embargo que la reducción de las superficies sembradas de trigo fue la causa principal que permitió aumentar los rendimientos del trigo en aquel período, en España e Italia. Es más, tanto en un caso como en el otro, podemos concluir que las superficies sembradas de trigo no se redujeron, hasta que los rendimientos por hectárea aumentaron con suficiente

intensidad. En Italia, la producción interior de trigo pasó de $70.9 \cdot 10^6$ de qm. entre 1931 y 1935, a $84,9 \cdot 10^6$ de qm. entre 1986 y 1990, y se acabó situando en $77 \cdot 10^6$ de qm. en el último quinquenio del siglo XX. En España, asimismo, la producción interior aumentó primero desde $43.6 \cdot 10^6$ a $53,9 \cdot 10^6$ de qm., y después lo hizo hasta 60 millones de qm. en torno al año 2000. A consecuencia de esta mejora en los niveles de producción, en el caso de España la balanza comercial de trigo estuvo prácticamente equilibrada hasta la década de 1990. Sólo con las nuevas políticas económicas que hubieron de asumirse tras el Tratado de Maastricht, en 1992, aquella balanza se hizo negativa. Esto sucedió en diferentes años de la década de 1990, cuando la producción interior fue excepcionalmente reducida, y, más en general, cuando fue preciso ampliar la disponibilidad de alimentos para la ganadería.⁸

En definitiva, el sostenido e intenso crecimiento de los rendimientos del trigo en el conjunto de la Europa occidental, en la segunda mitad del siglo XX, debe asociarse sobre todo con la difusión de un nuevo conjunto de innovaciones, particularmente relacionadas con el desarrollo vegetativo de aquel cereal. La Historia Agraria ha destacado en este sentido, aunque con escasas evidencias cuantitativas, la elevada incidencia que tuvieron conjuntamente en la evolución de aquella variable: la difusión de nuevas técnicas de fertilización y nuevos tratamientos fitosanitarios, y nuevas clases de semillas de trigo más productivas. No parece que tuvieran sin embargo una especial importancia en la evolución de los rendimientos, en el caso concreto de la Europa mediterránea, cambios significativos en las superficies regadas de aquel cereal.⁹ Asimismo, recientes investigaciones desde las Ciencias Agronómicas, concluyen que el aumento que observaron los rendimientos del trigo en la segunda mitad del siglo XX, se explica, casi a partes iguales, por diversas innovaciones biológicas en las semillas de aquel cereal, y por un amplio conjunto de cambios en las prácticas de cultivo.

En estas investigaciones se concluye así, por ejemplo, que las innovaciones de semillas explican: entre el 45 y el 63%, del aumento que observaron los rendimientos de aquel cereal en Gran Bretaña, entre 1947 y principios de la década de 1980; entre el 30 y el 50%, del aumento que observaron en Francia entre 1947 y 1992; y en cerca de un 40%, el aumento que observaron en Alemania entre 1952 y 1981. Porcentajes cercanos al 50% también se han calculado para Estados Unidos, Canadá, Hungría y

⁸ En la segunda mitad de los años 1990, la producción interior se situó en unos $57 \cdot 10^6$ de qm, las importaciones superaron a las exportaciones en unos $26 \cdot 10^6$ de qm, y se destinaron a la alimentación de la ganadería más de $30 \cdot 10^6$ de qm.

⁹ En el caso de España, las superficies de trigo en secano siempre representaron entre el 90 y el 95% de las superficies sembradas con aquel cereal desde finales del siglo XIX. Asimismo, mientras que los rendimientos del trigo en regadío, aumentaron desde unos 20 qm/ha en torno a 1960, a unos 43 qm/ha en torno al año 2000, en secano lo hicieron con una intensidad similar, desde unos 10 qm/ha a unos 25 qm/ha.

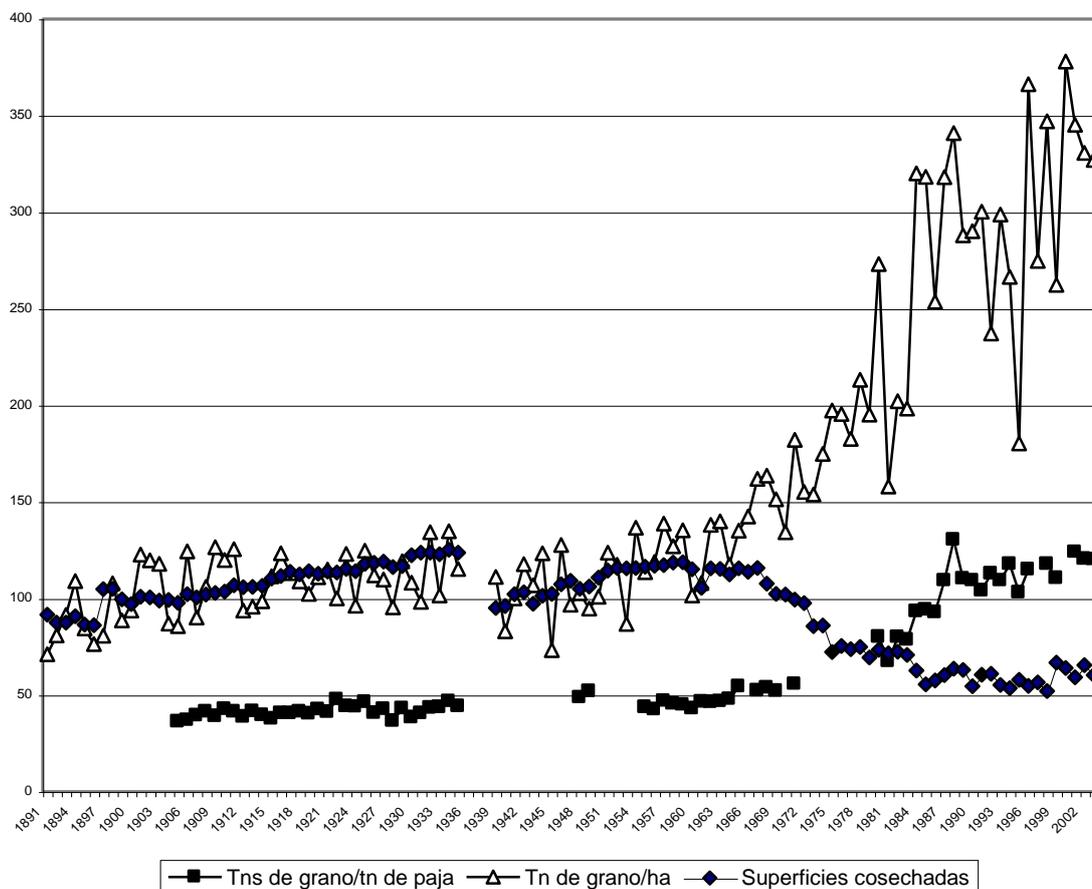
Noruega, para distintos períodos de tiempo comprendidos entre 1950 y 1990.¹⁰ Para el caso de España, una reciente investigación toma como referencia las variedades sembradas de trigo en Cataluña entre 1977 y 2008, muchas de las cuáles también eran ampliamente utilizadas en otras regiones del país, y también concluye que aquellas innovaciones explicarían en cerca de un 50%, el aumento que observaron los rendimientos del trigo en aquel período, en los últimos 40 años.¹¹

Aquellas investigaciones también muestran que una de las principales características de las nuevas semillas de trigo que se difundieron en el sector triguero después de la Segunda Guerra Mundial, era su menor altura, y que fue en gran parte por este motivo, que los rendimientos del trigo pudieron aumentar con tanta intensidad. De un lado, la menor altura de las nuevas variedades de trigo permitió que los efectos de la fotosíntesis pudieran concentrarse más en la producción de grano, y esta circunstancia aumentó significativamente su productividad potencial. A consecuencia de aquella misma característica morfológica, del otro, los agricultores pudieron aplicar dosis más altas de abonos a las superficies sembradas con aquel cereal, sin que apareciera el accidente del encamado en las últimas fases de desarrollo de la planta, y esta circunstancia permitió elevar de forma efectiva los rendimientos. Por uno y otro motivo, en definitiva, durante la segunda mitad del siglo XX no sólo aumentaron los rendimientos del trigo por unidad de superficie; también aumentó la producción de grano por unidad de peso de paja cosechada, como muy bien se ilustra ahora, para el caso español, en el gráfico 4. En España, concretamente, los rendimientos del trigo por tonelada de paja cosechada se mantuvieron prácticamente constantes hasta finales de la década de 1960, pero a partir de aquel momento aumentaron con intensidad, a la vez que también aumentaban los rendimientos en grano por hectárea, y disminuían las superficies sembradas con aquel cereal. Debido al mayor poder de ahijamiento de las nuevas semillas de trigo, asimismo, en este período también aumentó, aunque con menor intensidad, la producción de paja por hectárea.

¹⁰ Brancourt-Hülmel, et al. (2003), pp.37-38; Roll-Hansen (2000), p. 1109. Para más información, Slafer, Satorre, Andrade (1994); Royo et al. (2007), pp.259-260.

¹¹ Voltes et al. (2009), pp. 32-34.

**Gráfico 4: Índices de las variables que se indican
 (1905/1908 =100)**



Fuentes: Elaboración propia a partir estadísticas anuales de la Junta Consultiva Agronómica, de 1890 a (Archivo del Ministerio de Agricultura (documentos 260-1, 262-1, 264; cajas 16-21, 29-1); *Boletín Semanal de Estadística y Mercados*, 1891-1902; *Boletín de Agricultura Técnica y Estadística de Mercados*, 1903-1930, *Anuario Estadístico de la producción Agrícola*, 1929-1971, *Anuario Estadístico de la Producción Agraria*, 1972-1997, y *Anuario de Estadística Agroalimentaria*, 1999-2006.

En los apartados siguientes analizaré cómo evolucionaron aquellas innovaciones, y qué circunstancias las condicionaron. Para ello centraré primero la atención en el período comprendido entre la segunda mitad del siglo XIX y la década de 1940, porque lo que sucedió en este período nos permitirá entender mejor los procesos de cambio que siguieron a la Segunda Guerra Mundial.

LAS INNOVACIONES DE SEMILLAS EN EL SECTOR TRIGUERO TRADICIONAL: LA IMPORTANCIA DE LA PAJA.

Aunque las mejoras biológicas en las semillas de trigo durante la segunda mitad del siglo XX, se han asociado a menudo a las actividades que desarrolló el CIMMYT en México desde 1963, sus bases científicas ya estaban definidas en torno a 1900, cuando E. Carl Correns, E. Von Tschermak, y Hugo de Vries redescubrieron las leyes de Mendel y sentaron los principios de la genética. A partir de este cambio científico, las actividades relacionadas con la producción de nuevas semillas de trigo se hicieron más eficaces, pero también más complejas, y adquirieron así un creciente protagonismo nuevas instituciones, públicas y privadas, orientadas a obtener nuevas variedades de aquel cereal según las necesidades específicas de cada región.¹² Durante el primer tercio del siglo XX, sin embargo, los mejoradores de semillas de trigo no sólo debían intentar aumentar la producción de grano por hectárea. En aquel período la principal fuerza de tracción en las operaciones de cultivo y en el transporte a corta distancia seguía siendo el ganado de labor, y esta circunstancia, junto con los medios disponibles para la alimentación de la ganadería y para la fertilización de la tierra, hacían de la paja un recurso muy valioso. La paja era indispensable para la preparación de abonos y camas para el ganado, y para la alimentación del ganado mayor, el ovino y el cabrío. Por todos estos motivos, los mejoradores de semillas también incluían pues entre sus objetivos, asegurar unas producciones de paja adecuadas según las necesidades de este recurso en las distintas zonas productoras. Todavía en la década de 1940, además, aunque ya se conocía que en Japón se cultivaban trigos de menor altura, los mejoradores de semillas de Europa y Estados Unidos creían que los trigos altos eran los que proporcionaban mayores rendimientos.¹³

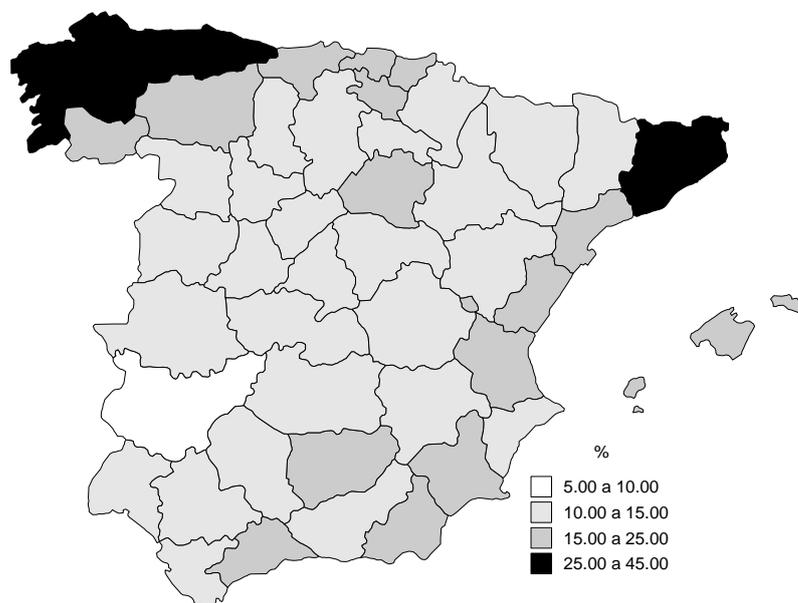
La elevada importancia que tenía la paja para los agricultores, ha quedado bien reflejada en el caso de España, en distintas estadísticas de la Junta Consultiva Agronómica. Según los ingenieros agrónomos de esta institución, entre 1903 y 1931, la importancia relativa de la paja en los ingresos brutos de una hectárea de trigo se situó, por término medio, en torno al 16 %. Este porcentaje era incluso más elevado en algunas provincias del litoral mediterráneo, como Barcelona, Baleares, Castellón, Valencia y Almería, donde se situaba entre el 18 y el 28%; y en La Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra, Guipúzcoa y Vizcaya, donde aquel porcentaje se situaba entre el 23 y el 35% (mapa 1). Esto era así, en gran

¹² Kloppenburg (1988), pp. 66-129, Busch (1997), pp.243-247.

¹³ Dalrymple (1988), pp. 27-30; Walton (2002), pp. 34-39; Kingsbury (2009), pp. 277-279.

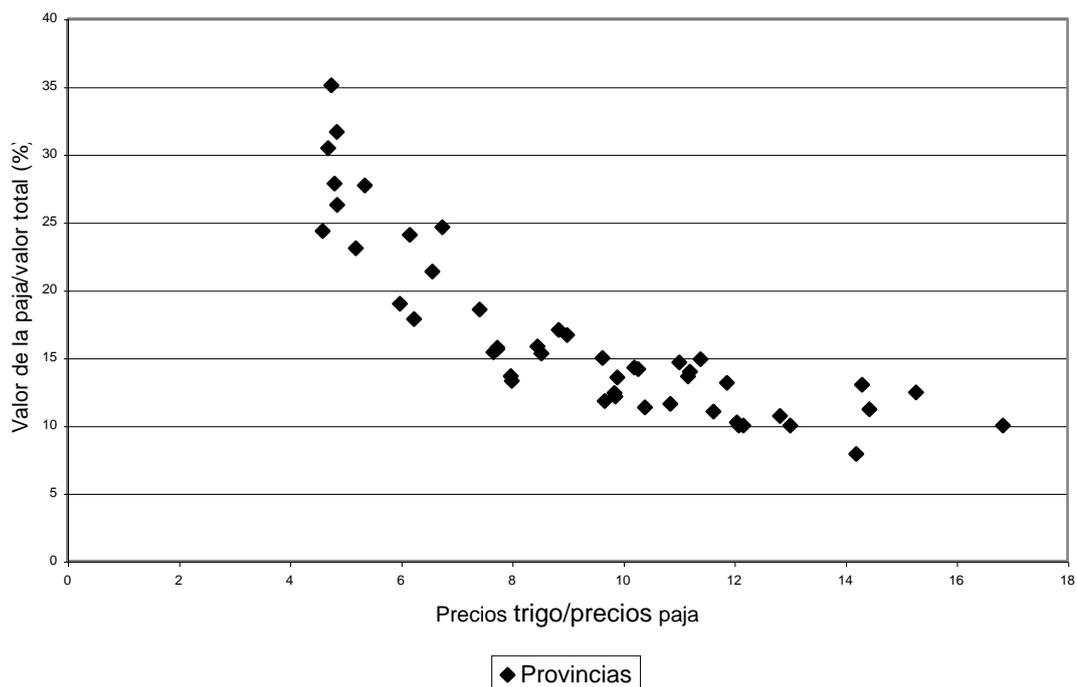
parte, porque la importancia relativa de la paja en los ingresos que generaba una hectárea de trigo, estaba inversamente relacionada con sus precios (gráfico 5), y éstos tendían a ser más altos en aquellas dos zonas.

MAPA 1: Importancia relativa de la paja en los ingresos obtenidos por ha de trigo, 1903-1931.



Fuentes: Elaboración propia a partir de Junta Consultiva Agronómica (1915, 1923), *Anuario Estadístico de la producción Agrícola* (1930,1931).

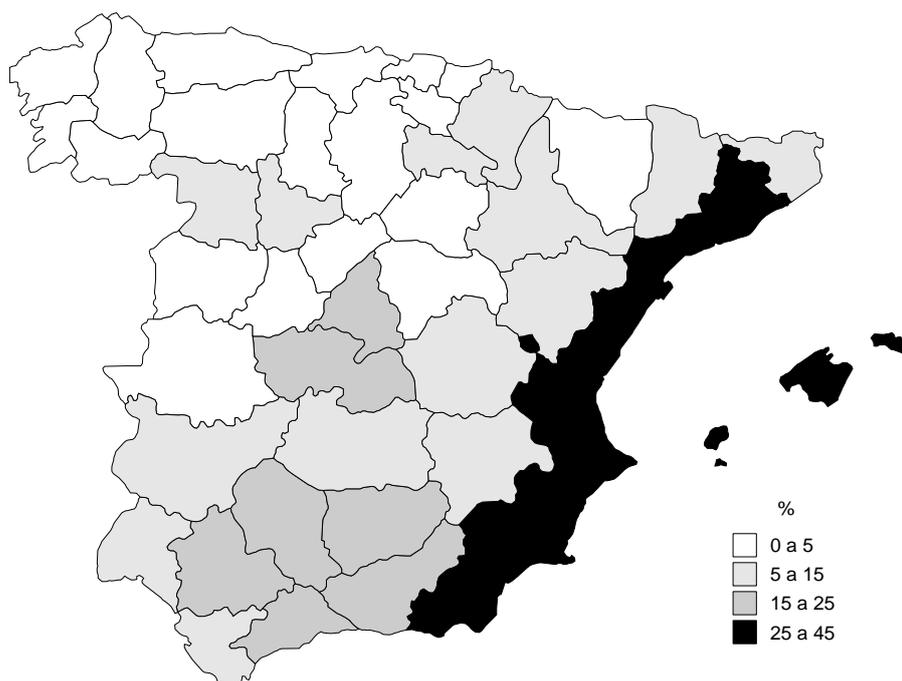
Gráfico 5: Relación entre las variables que se indican, 1903-1931



Fuentes: Elaboración propia a partir de Junta Consultiva Agronómica (1915, 1923), *Anuario Estadístico de la producción Agrícola* (1930,1931).

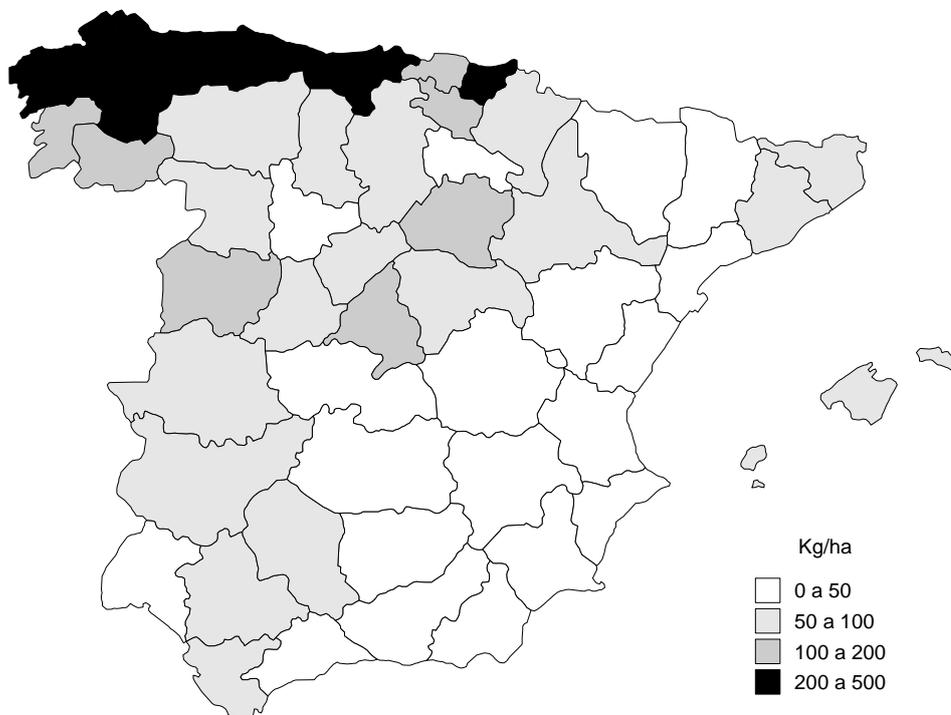
En el litoral mediterráneo los precios de la paja con respecto al trigo eran elevados, porqué la disponibilidad de pastos y prados naturales era muy reducida, y porqué la elevada presencia que tenían los cultivos arbustivos y arbóreos, y en algunos casos también los cultivos industriales, limitaba mucho la disponibilidad de piensos y forrajes para la alimentación del ganado. En el norte peninsular la disponibilidad de alimentos para la ganadería era mucho mayor, pero la especialización ganadera en esta zona también era muy elevada, y esta circunstancia presionaba al alza el precio de la paja (mapas 2 y 3).

MAPA 2: Importancia relativa de las superficies de cultivos arbustivos y arbóreos, en la superficie agraria total, 1930-1931.



Fuentes: Elaboración propia a partir de *Anuario Estadístico de la producción Agrícola* (1930,1931).

MAPA 3: Carga ganadera con respecto a la superficie agraria total, 1929-1931.



Fuentes: Elaboración propia a partir de *Anuario Estadístico de las Producciones Agrícolas* (1930,1931).

Hasta prácticamente la Segunda Guerra Mundial, en definitiva, las nuevas semillas de trigo no sólo debían mejorar los rendimientos en grano por unidad de superficie. Las nuevas semillas también debían asegurar una producción de paja adecuada según las necesidades ganaderas de cada región, y esta circunstancia hacía necesario sembrar trigos altos y resistentes al encamado. Cuando este accidente aparecía, como consecuencia de un excesivo peso de la espiga, un abonado inapropiado, una lluvia a destiempo o vientos fuertes, las operaciones de la siega se encarecían de forma substancial. El encamado podía incluso imposibilitar el uso de segadoras, si se disponía de ellas.¹⁴ En este marco tecnológico, también resultaba necesario desarrollar variedades de trigo más resistentes a las enfermedades que afectaban a la planta, porque con el encamado aumentaba su incidencia.

En este contexto, sin embargo, las diferencias en el marco institucional generaron distintas estrategias de innovación a escala europea. Aunque el desarrollo del modelo de explotación agraria conocido como *high farming*, se ha asociado a menudo con el objetivo de los agricultores británicos, de aumentar los rendimientos en grano del trigo para la elaboración de pan, su desarrollo estuvo más directamente relacionado con la expansión de la actividad ganadera que generó aquel modelo de explotación. Por este motivo, ya desde el siglo XVIII los agricultores y mejoradores de plantas, de Escocia e Inglaterra, tendieron a desarrollar trigos altos y de elevado rendimiento, aunque las producciones de trigo que finalmente obtenían tuvieran poca fuerza harinera por su bajo contenido en gluten. Según el índice de Pelshenke, que sitúa en 30 el valor mínimo de las harinas de trigo para que sean panificables, en 1934 las harinas de trigos británicos tenían unos índices que iban de 12 a 15. En cambio, aquel índice se situaba entre 20 y 80, y entre 20 y 110, respectivamente, para las harinas de trigo de la Europa occidental y del este de Europa, y entre 80 y 240, para las harinas de trigo procedentes de Canadá.¹⁵

Las harinas de trigos británicos, en definitiva, eran poco aptos para la elaboración de pan, si no se mezclaban con otras harinas de importación, y muy a menudo se utilizaban para la elaboración de galletas, que tenían un amplio consumo en la Armada Británica.¹⁶ Esta situación no varió de forma significativa hasta prácticamente la Segunda Guerra Mundial. De un lado, las políticas arancelarias de los gobiernos británicos desde 1842, pero muy especialmente desde 1860, provocaron que el abastecimiento de trigo de aquel país acabara dependiendo en cerca de un

¹⁴ Bardia (1935).

¹⁵ Arana (1934, p.447).

¹⁶ Walton (1999).

90% de las importaciones, y esta circunstancia acentuó aun más la preferencia de los mejoradores de plantas de aquel país por trigos altos de elevados rendimientos, pero de bajo contenido en gluten.¹⁷ Del otro, la escasa atención de aquellos mismos gobiernos por los problemas que más directamente afectaban al sector productivo, provocó que en aquel país tardaran mucho en desarrollarse nuevas instituciones, orientadas preferentemente a mejorar las semillas de trigo. En la Europa continental, Estados Unidos y otros países de reciente colonización, el desarrollo de aquella nueva clase de instituciones era en cambio muy significativa a inicios del siglo XX, y en algunos casos se había iniciado ya, incluso, en la segunda mitad del siglo XIX.¹⁸

Como resultado de los anteriores procesos, no obstante, el sector triguero británico proporcionó a los mejoradores de plantas del continente una gama de trigos muy apreciados, precisamente por las características de su caña. Entre estos trigos destacaron las variedades Chiddam de Otoño, Essex, Goldendrop, Hallet, y Victoria de Otoño, pero muy especialmente los trigos Squarehead, que fueron de uso común en las actividades de mejora que se desarrollaron en Dinamarca, Alemania, Suecia, Holanda, Francia y Bélgica.¹⁹ De los 46 flujos de semillas de trigo que he podido documentar para el conjunto de la Europa occidental entre 1823 y 1913, 35 procedían de Escocia e Inglaterra y tenían por destino la Europa atlántica continental. Asimismo, de las 112 nuevas variedades de trigo obtenidas por selección y cruzamiento entre 1880 y 1938, que tuvieron mayor difusión en Gran Bretaña, Francia, Holanda y Bélgica, 19 fueron obtenidas en aquel país, pero muy pocas mejoraron el contenido en gluten del grano. Las mejoras en esta dirección no se alcanzaron hasta que se obtuvieron las variedades Yeoman I y II, y Holdfast, en 1916, 1924 y 1936, respectivamente. Estas variedades se obtuvieron a partir de la variedad Browick, inglesa, y de la variedad canadiense Red Fife, resultante ésta última, a su vez, de diversas selecciones durante el siglo XIX de un trigo ucraniano.²⁰

En el continente, por el contrario, las políticas arancelarias proteccionistas, y el impulso que recibieron al mismo tiempo nuevos centros de experimentación, favorecieron mucho más las innovaciones de semillas, y éstas se ampliaron de forma significativa con la utilización de trigos ingleses y del este europeo.²¹ No es de extrañar, en consecuencia, que de las 112 nuevas variedades de trigo que más se difundieron en la Europa occidental hasta 1938, 30 se obtuvieran en Francia, y 29 en Holanda. De

¹⁷ Percival (1934).

¹⁸ Dondlinger (1916), pp. 28-45; Dalrymple (1980); Lupton (1987), pp. 53-69; Kloppenburg (1988); Dandom (1986); Palladino (1996), 116-123; Pujol-Andreu (2005), p. 59.

¹⁹ Angus (2001), pp. 111-117; Percival (1934).

²⁰ Angus (2001), pp. 111-117; Pujol-Andreu (2002), pp. 69-72; Kingsbury (2009), pp. 169-173. También fue destacable por sus rendimientos en grano la variedad Little Joss, obtenida entre 1908 y 1911, aunque su fuerza harinera siguió siendo muy reducida.

²¹ Algunos de los trigos ingleses más utilizados, fueron el Shirreff, el Prince Albert y diferentes variedades de los trigos Squarehead. Del este de Europa destacó el Noé, procedente de Odessa (Pujol-Andreu (2005), p. 61-62).

entre las nuevas variedades de trigo que se difundieron en Francia, destacaron en especial los trigos desarrollados por la empresa de semillas de Vilmorin. Esta empresa proporcionó un primer catálogo de semillas a mediados del siglo XIX, impulsó el primer centro de formación de mejoradores de semillas de Francia, a finales del mismo siglo, y a partir de 1883 inició ya la comercialización de sus propios trigos, con la variedad Dattel. Como resultado de estas actividades, y de las de otros especialistas como Blondeau, Benoist, Schribaux o Desprez, en 1918 los trigos Bordier, Tesoro, Hatif Inversable y Bon Fermier, entre otros, ocupaban cerca del 30% de las superficies sembradas de trigo en aquel país. Estas variedades sólo se difundieron sin embargo en las regiones del centro y el norte. En las regiones más meridionales las condiciones ambientales limitaron mucho su difusión, y sólo los trigos Noé, o de Aquitania, procedentes de Rusia, alcanzaron una cierta importancia en las regiones del sudoeste. Durante las décadas de 1920 y 1930, los trigos que alcanzaron mayor difusión, de nuevo en las regiones de centro y el norte del país, fueron el de los Aliados y el Bersée, pero muy especialmente las variedades Vilmorin 23, 27 y 29, que llegaron a proporcionar, entre 1918 y 1938, cerca de 40 kg más de grano, por hectárea y año, que las variedades cultivadas hasta entonces. Las variedades de Vilmorin también alcanzaron una importante difusión en Bélgica, Holanda y Alemania, donde a menudo participaron en el desarrollo de nuevas variedades de trigo.²²

Las actividades de mejora también fueron muy destacables en otros países del centro y el norte de Europa, aunque los catálogos de semillas que he utilizado sólo las reflejan de forma parcial. En Holanda fue muy destacable la difusión que alcanzaron los trigos Wilhelmina y Juliana. El primero se obtuvo en 1890, a partir de una variedad inglesa Squarehead y la variedad autóctona Spijk. La segunda variedad se obtuvo en 1903, a partir las variedades Wilhelmina y Essex, originaria también esta última de Gran Bretaña. Una y otra variedad también se difundieron en Bélgica y Alemania. Las innovaciones biológicas en el sector triguero también han dejado numerosas referencias en el caso de Suecia. Distintas publicaciones de la época estimaban que la mejora de semillas en este país, entre finales del siglo XIX y la década de 1940, permitió aumentar en un 30% los rendimientos del trigo en las siembras de invierno, y en un 12% en las de primavera. En el caso de Alemania, se estimaba que entre 1880 y 1935, aquellas innovaciones habían aumentado los rendimientos del trigo entre un 20 y un 25%.²³

²² Vilmorin et Menuisier (1918); Bonjean et al. (2001), pp. 140-149; Pujol-Andreu (2005), p.61; Pujol-Andreu (2002), pp. 69-72; Brancourt-Hulmel et al. (2003), pp. 38-39; Kingsbury (2009), pp.107-109.

²³ Pujol-Andreu (2002), p.70-72; Porsche and Taylor (2001), pp. 176-183.

Las innovaciones en semillas de trigo en Italia merecen una consideración especial. En este país los mejoradores de semillas, entre los que destacó inicialmente F. Todaro, intentaron en un principio adaptar a las condiciones ambientales de aquel país los nuevos trigos que se obtenían en el centro y el norte de Europa, pero esta estrategia de mejora debió ser abandonada, porque aquellas variedades degeneraban con rapidez. Seguidamente, F. Todaro intentó obtener nuevas variedades de aquel cereal, a partir de la selección genealógica de trigos autóctonos, pero las nuevas variedades que obtuvo no superaron en rendimientos a las variedades tradicionalmente sembradas, o sólo lo hicieron a escala local.²⁴ Desde principios del siglo XX, sin embargo, N. Strampelli optó por una estrategia distinta de mejoras, que acabó teniendo importantes repercusiones a escala mundial.

Este agrónomo y genetista basó su estrategia en cruzar el trigo italiano Rieti con nuevas variedades de otras procedencias, y se separó por tanto de la idea predominante por entonces entre los mejoradores de semillas de Italia, que daban preferencia a la selección genealógica de los trigos autóctonos. En sus primeras hibridaciones, Strampelli utilizó trigos del centro y norte de Europa, y los resultados que obtuvo tampoco fueron favorables. Esta situación cambió no obstante a partir de 1913, cuando utilizó la variedad holandesa Wilhelmina y la variedad japonesa Akagomughi. Los nuevos trigos que obtuvo Strampelli con esta nueva estrategia, mostraron una elevada capacidad de adaptación en amplias regiones de Italia, y fueron rápidamente aceptados entre los agricultores, porque además de proporcionar elevados rendimientos, eran muy resistentes al encamado y tenían buena calidad harinera. Los rendimientos que proporcionaban las nuevas variedades de Strampelli llegaban a superar los 40 qm/ha en las mejores tierras de cultivo. En aquel momento, sin embargo, y a pesar de las nuevas posibilidades que ofrecía el trigo Akagomughi, todavía no se consideraba conveniente reducir la altura de la planta, y algunas de las nuevas variedades de Strampelli eran incluso más altas que las variedades autóctonas. Sólo el trigo Ardito, de unos 100 cm de altura, era claramente de menor altura²⁵

De entre los nuevos trigos que obtuvo aquel genetista, destacaron las variedades Villa Glori, Damiano, Mentana y Ardito, que se difundieron principalmente en el centro y el norte del país, y la variedad de trigo duro Senatore Capelli, que obtuvo por selección de un trigo del norte de África. Esta variedad se difundió sobre todo en las regiones más meridionales. En 1934, las nuevas variedades de

²⁴ Felice (2004), pp. 23-25

²⁵ El trigo Akagomughi incorporaba los genes Rht8 y Ppd-D, que permitían reducir la altura de la planta, con las selecciones adecuadas, en unos 10 cm (Borojevic & Borojevic (2005), pp. 455-459).

Strampelli, Todaro (Gentil Rosso, Inallettabelle, Cologna, Florence) y Michahelles (Frasinetto, Santa Maria), ocupaban en conjunto el 61,7% de las superficies sembradas de trigo en toda la península. En el norte y el centro de Italia, aquel porcentaje se elevaba, respectivamente, hasta 76,3% y el 93,3%. En el sur se situaba en el 44% y en Sicilia en el 23,5%. En particular, la variedad Mentana ocupaba el 20,4% de todas las superficies sembradas de trigo, las variedades Gentil Rosso y Senatore Capelli, ocupaban en torno al 10% cada una, y las variedades Damiano Chiesa, y Villa Glori, ocupaban, respectivamente, el 5,6% y el 4,9%.²⁶

Pero las actividades de los mejoradores de semillas italianos tuvieron un alcance mucho mayor, por el impacto que tuvieron tras la Segunda Guerra Mundial. En 1931 Strampelli obtuvo la variedad San Pastore, a partir de nuevos cruzamientos con las variedades Villa Glori, Balilla y Akagomughi. Casi al mismo tiempo, y después de aceptar la estrategia de innovaciones de aquel genetista, a partir de 1926 la empresa de semillas fundada por Todaro en 1911, obtuvo la variedad San Giorgio (Ardito x Inalterabile). En 1937, además, aquella misma empresa inició ya nuevas hibridaciones con la variedad japonesa Saitama 27, que presentaba una importante diferencia con respecto a la variedad Akagomughi.²⁷ Aunque esta última variedad incorporaba los genes Rht8 y Rht9, que permitían reducir más fácilmente variedades de trigo de menor altura que las cultivadas hasta entonces, los éxitos que podían obtenerse en esta dirección eran muy inestables, porque el crecimiento de la planta seguía dependiendo mucho de las condiciones ambientales y de los niveles de fertilización. Con la variedad Saitama 27, en cambio, la posibilidad de desarrollar nuevas variedades de trigo de menor altura era mucho mayor, porque esta variedad incorporaba los genes Rht1 y Rht3, que insensibilizaban a las semillas de la acción de la Giberelina, que es la hormona responsable del crecimiento de las plantas.²⁸

Las innovaciones en semillas de trigo que se estaban desarrollando en Europa, tuvieron sin embargo muy poca incidencia en España, a pesar de las numerosas iniciativas que se desarrollaron para fomentarlas.²⁹ En este país, los responsables de las nuevas Granjas Experimentales y Estaciones Agronómicas que se crearon con aquel objetivo, también intentaron inicialmente aclimatar a las distintas regiones de la península los trigos que se obtenían en la Europa atlántica, pero las actividades que desarrollaron en esta dirección fracasaron. Como en el caso de Italia, aquellas variedades de trigo degeneraban rápidamente y “no podían competir con las variedades del país”. Tras la Primera Guerra Mundial, los técnicos encargados de

²⁶ De Angelis (1935); Felice (2004), pp. 78-79, 118-119, 134-140; Borghi (2001), pp. 296-300.

²⁷ Borghi (2001), pp.297-298; Felice (2004), pp. 135-140, 179.

²⁸ Borojevic and Borojevic (2005), pp. 455-456; Worland and Petrovic (1988), pp.55-56.

²⁹ Pujol-Andreu (2002), pp. 74-80.

aquellos centros de investigación optaron por ensayar nuevas variedades de trigo procedentes de Italia, u otras zonas con condiciones ambientales similares, pero los trigos que obtuvieron tampoco respondieron a las “esperanzas que en ellos se cifraron”. A consecuencia de este nuevo fracaso, los responsables de aquellas actividades optaron por mejorar los trigos autóctonos por selección, o mediante nuevas actividades de cruzamiento y selección con variedades de aquellas nuevas procedencias, pero en ambos casos los resultados que obtuvieron fueron muy limitados. Los nuevos trigos sólo mejoraban los resultados que se obtenían con los trigos autóctonos a escala local (Vitoria 8 y 9, Involcable Navarro 101 o Rieti Navarro 25 y 27), y su utilización fue por tanto poco significativa.³⁰

En resumen, antes de la Segunda Guerra Mundial las innovaciones de semillas ocupaban ya un lugar destacado en los procesos de cambio técnico en el sector triguero, aunque su desarrollo estaba muy condicionado por la elevada importancia, económica y tecnológica, que seguía teniendo la paja en las explotaciones agrarias. Aquellas innovaciones se orientaron así, en primer término, en la dirección de desarrollar trigos altos, y más resistentes al encamado y a las plagas y enfermedades que afectaban al sector, y, en el caso de la Europa continental, a mejorar también sus contenidos en gluten. Aquellas innovaciones, asimismo, fueron particularmente relevantes en la Europa atlántica continental, y en aquellas regiones de la Europa mediterránea de condiciones ambientales similares a las de aquella parte de Europa. En Gran Bretaña, en cambio, el desarrollo de aquellas innovaciones fue menos relevante, a causa, en gran parte, de unas políticas económicas que fomentaban las importaciones de trigo en detrimento de la producción interior. Al mismo tiempo, los progresos científicos y tecnológicos anteriores a la Segunda Guerra Mundial, sólo consiguieron desarrollar nuevas semillas de trigo adaptadas a las condiciones ambientales del sur de Francia e Italia y de la mayor parte de España, a escala local, y esta circunstancia perjudicó particularmente al sector triguero español.³¹

LAS NUEVAS ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN Y LA EXPANSIÓN DE LOS RENDIMIENTOS.

Las innovaciones biológicas en semillas de trigo cambiaron definitivamente de dirección tras la Segunda Guerra Mundial, cuando pasaron ya a concentrarse, en primer término, en el desarrollo de nuevas variedades de aquel cereal de mayor rendimiento potencial. Es decir, en el desarrollo de nuevas variedades de trigo de

³⁰ Sobre la difusión de estos trigos en España: Sala Roca (1948), pp. 136-147; Soler y Coll (1935), pp. 51-67.

³¹ Un análisis más amplio del impacto que tuvieron aquellas innovaciones a escala mundial, antes de la Segunda Guerra Mundial, en Olsmted y Rhode (2006).

menor altura y tallo grueso, mayor poder de ahijamiento y número de espigas, e insensibles al fotoperíodo.³² Este cambio fue consecuencia, de un lado, de los avances que se iban acumulando en los centros de experimentación de semillas desde la década de 1920, japoneses e italianos primero y de Estados Unidos después, porque las actividades de investigación en aquellos centros mostraban que los trigos de tallo corto y semienanos, podían proporcionar elevados rendimientos por unidad de superficie sin encamarse, con mayores dosis de abonos. Aquel cambio de dirección en las innovaciones biológicas, no obstante, también fue posible porque la importancia económica de la paja disminuyó de forma substancial, a causa de la creciente motorización de las operaciones de transporte, cultivo y recolección, la mayor disponibilidad de fertilizantes minerales y químicos, a precios reducidos, y la utilización nuevos alimentos para la ganadería.

Durante la segunda mitad del siglo XX, los centros de investigación y las empresas de semillas también se intentaron desarrollar nuevas variedades comerciales de trigo con heterosis, o vigor híbrido, como ya se había conseguido en el maíz en los años de 1930, pero las iniciativas en esta dirección fracasaron, y los agricultores pudieron seguir utilizando sus propias producciones para la reposición de las semillas, aunque estas actividades se intentaron ahora penalizar con nuevas disposiciones legales sobre patentes.³³ La escasa efectividad de estas disposiciones no impidió sin embargo el desarrollo de las innovaciones biológicas que estamos analizando, en contra de lo que argumentaban sus defensores, probablemente porque sus beneficios sociales, económicos y políticos, eran y son demasiado elevados.³⁴

Un avance importante en la nueva dirección que tomaron las innovaciones biológicas en el trigo, fue sin duda la obtención del trigo NORIN 10 en los centros de experimentación de Japón en 1925, a partir de las variedades Daruma, procedente de Corea, y de las variedades Turkey Red y Fultz, procedentes de Estados Unidos. La nueva variedad, de unos 61 cm de altura, incorporaba los genes del enanismo Rth1 y Rth2, tras distribuirse con éxito entre los agricultores japoneses en 1935, fue introducida en Estados Unidos en 1946. El desarrollo de nuevas variedades comerciales de trigos semienanos tardó sin embargo algunos años, pero esta circunstancia no impidió que la altura de las plantas de trigo empezará ya a disminuir en aquel país, tras nuevos procesos de selección de las variedades existentes en aquella dirección. En 1961, Orville A. Vogel obtuvo finalmente la variedad Gaines (NORIN 10 x Brevor 14), y a partir de este momento la difusión de los trigos

³² García Olmedo (2009), p. 185.

³³ Sobre estas actividades, ver Knudson and Ruttan (1988) y distintos apartados en Bonjean and Angus (2001).

³⁴ Kloppenburg (1988).

semienanos fue muy rápida. En 1968 ya dominaba la producción de trigo en los estados del noroeste, y en 1974 el conjunto del sector triguero de Estados Unidos.³⁵ Al mismo tiempo, desde la década de 1950 el trigo NORIN 10 y sus derivados, así como los nuevos trigos italianos derivados de las variedades Akagomughi y Saitama 27, fueron incorporados en el programa de investigaciones que Bourlaug desarrollaba en México desde 1943, institucionalizado en el CIMMYT en 1963, y se convirtieron en el principal soporte genético de la Revolución Verde.³⁶

En Europa la difusión de las nuevas variedades semienanas fue más tardío que en Estados Unidos, y se desarrolló además de forma muy diferente a escala geográfica. De un lado, las nuevas variedades de trigo seguían siendo muy sensibles a las condiciones ambientales, y en estas eran muy diferentes en las principales regiones trigueras del continente. En Europa, además, las variedades de trigo eran difíciles de sustituir, tras siglos de adaptación a las condiciones ambientales de cada zona productora, y más, cuando aquellas variedades habían sido mejoradas con distintos procesos de cruzamiento y selección en las décadas precedentes. Con la única excepción de Italia, de hecho, las nuevas variedades semienanas no empezaron a difundirse hasta mediados de la década de 1970, y no fue hasta la década siguiente que se convirtieron en dominantes.³⁷ Este proceso estuvo además muy condicionado hasta la década de 1970, por las estrategias de mejora que se habían seguido hasta la Segunda Guerra Mundial.

En la Europa atlántica destacaron así en un principio, las actividades de mejora que desarrollaron en Francia los productores de semillas. En este país los programas de mejora consiguieron reducir inicialmente la altura de las plantas de trigo desde entre 125 a 145 cm en la década de 1940, hasta unas alturas situadas entre 85 y 105 cm entre 1970 y 1980. Un logro importante en esta dirección, fue el desarrollo de la variedad Capelle Desprez (Vilmorin 27 x (Vilmorin 23 x Institut Agronomic)) en 1946, que alcanzó una amplia difusión en las regiones del centro y el norte del país. Otro éxito importante fue el desarrollo de la variedad Étoile de Choisy ((Mon Désir x Ardito) x Mouton à Épi Rouge), en 1950, que fue la primera variedad de elevados rendimientos adaptada a las condiciones ambientales de las regiones más meridionales. Según Lupton, estas dos variedades llegaron a ocupar el 51% de las superficies sembradas de trigo en 1964, y el 35% en 1967. En este momento, otras

³⁵ Las variedades Gaines y la Nugaines, ocuparon el 60% de las variedades sembradas con trigos de invierno en la zona noreste del Pacífico, a finales de los años de 1960 (Peterson et al. (2001), 416-417). Darymple (1988) distingue una primera fase de trigos de tallo corto entre 1944 y 1974, y una segunda fase de trigos semienanos, de 1974 en adelante.

³⁶ Borojevic and Borojevic (2005), pp. 457-458; Darymple (1988), pp. 28-29; Kingsbury (2009), pp. 277-279. La variedad Brevor fue obtenida por Vogel en 1949. NORIN es un acrónimo que se formó con los nombres de cinco centros de experimentación japoneses. El término "Revolución Verde" fue utilizado por primera vez en 1968 por el director de la USAID.

³⁷ Ver para Gran Bretaña las observaciones de Angus (2001), pp. 114-115.

dos variedades de amplia difusión fueron el trigo Champlain (1959) (Yga Blondeau x Tadepi) y el trigo Capilote (1964) (Professeur Marchal x S96), que llegaron a ocupar, respectivamente, el 20% y el 15% de aquellas superficies. Las nuevas variedades francesas también tuvieron una amplia difusión en Gran Bretaña. En este país, la variedad Capelle Desprez llegó a ocupar entre el 73 y el 84% de las superficies sembradas de trigo en la década de 1960. Unos años más tarde, en 1973, esta variedad y la Maris Huntsman (1973), desarrollada también en Francia con las variedades Capelle, Hibride 46 y Professeur Marchal, ocupaban en conjunto el 67% de aquellas superficies. Estas y otras variedades francesas, como los trigos Bouquet, Flinor (1967), Atou (1971) o Flanders, también fueron muy utilizadas en Gran Bretaña para el desarrollo de nuevas variedades³⁸

Tras esta primera fase en la que predominaron los trigos de tallo corto, en las décadas siguientes tendieron ya a imponerse en aquella parte de Europa los trigos semienanos, y la altura media de las plantas de trigo se acabó situando entre 70 y 80 cm aproximadamente a finales del siglo XX. En este proceso tuvieron ahora un elevado protagonismo nuevas hibridaciones con variedades procedentes del CIMMYT o directamente del este asiático, o, en el caso de Francia, procedentes también de Italia. En esta nueva fase de innovaciones, además, el número de variedades que se sembraron tendió a aumentar, probablemente porque también lo hicieron las posibilidades innovación que ofrecían los nuevos recursos genéticos. De nuevo según Lupton, en torno a 1978 únicamente 5 variedades de trigo ocupaban el 62% y el 77%, respectivamente, de las superficies sembradas en invierno con aquel cereal en Francia y Gran Bretaña. En torno a 1990, en cambio, aquellos porcentajes sólo se alcanzaban cuando se contabilizaban las superficies sembradas con 8 variedades de trigo en Francia, y más de 10 en Gran Bretaña. En Francia tuvieron un destacado protagonismo como progenitores de las nuevas variedades semienanas, los trigos Courtot y Thése, obtenidos respectivamente en 1974 y 1983. En Gran Bretaña destacaron, por el mismo motivo, los trigos Hobbit, Durin y Bilbo, obtenidos en el Plant Breeding Institut de Cambridge a mediados de la década de 1970.³⁹

En Italia las variedades del CIMMYT fueron en cambio muy poco utilizadas en el desarrollo de nuevas variedades de trigo panificable. De un lado, las ventajas genéticas de los trigos semienanos eran menos significativas en la Europa mediterránea que en la Europa atlántica, especialmente con respecto a los

³⁸ Genech de la Louviere (1975), pp. 118-121; Lupton (1987), pp. 64-65, 55-56; Lupton (1992), pp. 25-27, 57-63; Angus (2001), pp. 113-117, 142-149; Brancourt-Hulmel et al. (2003) p. 39; Balfourier (2005), pp. 26; Doré et Verognaux (2006) pp. 137-162. Las estimaciones que propone Lupton deben ser tomadas con precaución, porque parecen basarse en las ventas realizadas de semillas certificadas y en las opiniones de reconocidos técnicos de cada país. En aquellas estimaciones, además, el autor no acostumbra a especificar fuentes de referencia.

³⁹ Balfourier (2005), pp. 26; Brancourt-Hulmel et al. (2003) p. 39; Lupton (1992), pp. 25-27, 57-63; Angus (2001), pp. 113-117, 142-149.

rendimientos en grano que podían proporcionar por unidad de superficie.⁴⁰ En Italia, además, las actividades de innovación biológica con el trigo Saitama 27 no tardaron en dar buenos resultados, y esta circunstancia limitó aun más la utilización de los trigos del CIMMYT en el desarrollo de nuevas variedades de trigo panificable. Como en los casos anteriores, no obstante, también en el caso de Italia se observa una primera fase de trigos de tallo corto hasta finales de la década de 1970, y una segunda fase de trigos semienanos, a partir de aquel momento. Cuando estas variedades se convirtieron en dominantes, además, normalmente incluían entre sus progenitores los trigos Akagomughi y Saitama 27.⁴¹

En torno a 1972, concretamente, más del 60% de las superficies de trigo panificable estaban sembradas con variedades derivadas del trigo Akagomuhi, como las trigos San Pastore, Conte Marzotto y Libellula, de 110 a 120 cm de altura, pero también se habían obtenido ya las variedades Orlandi (1947) (Saitama 27 x Inallettibile 95 x Ardito), Produttore (1955) (Salto x Saitama 27 x Quaderna), e Irnerio (1967) (Produttore S6 x Manitoba), que serían estratégicas en el posterior desarrollo de trigos semienanos comerciales. Esta actividad se acentuó en las décadas de 1970 y 1980, y en 1988 las variedades Mec, Centauro, Gemini y Pandas, de unos 80 cm de altura, ocupaban el 55% de las superficies sembradas de trigo panificable. Según Borghi, en 1999 las variedades Centauro y Pandas ocupaban el 33% de aquellas superficies, y otras 10 variedades más, también semienanos, el 42,3%.⁴²

La reducción de la altura de las plantas también fue significativa en la especie de trigo duro. En este caso, sin embargo, los mejoradores de semillas de Italia debieron recurrir a nuevas estrategias de hibridación, porque la variedad Senatore Capelli y sus derivados eran demasiado altas, y con los trigos japoneses, Akagomughi y Saitama 27, no consiguieron desarrollar nuevas variedades comerciales de trigo duro. A consecuencia de esta situación, en 1960 los trigos de 120 a 140 cm todavía eran predominantes en el sector, y entre ellos destacaban las variedades Senatore Capelli, Russello Comune, Russello, Garigliano y Grifoni, que en conjunto ocupaban más del 60% de las superficies sembradas con aquella especie de trigo. Esta situación empezó a cambiar, cuando los mejoradores de semillas incluyeron primero en las hibridaciones diversos trigos de Oriente Próximo, y después, del CIMMYT. A consecuencia de estas nuevas estrategias, aquellas cinco variedades de tallo largo sólo ocupaban el 28% de las superficies sembradas de trigo duro en 1974, y en 1986 sólo se mantenía en cultivo la variedad Senatore Capelli. En este momento, en

⁴⁰ Acreche et al. (2008), p. 32; Worland and Petrovic (1987), pp.57, 61-62.

⁴¹ Sobre la influencia de las condiciones ambientales en la productividad de las nuevas semillas semienanos, Acreche et al. (2008), p. 32.

⁴² Lupton (1992), pp. 37-39; y Borghi (2001), pp. 298-303; Felice (2004), pp. 180-185, 209-212, 235-239.

cambio, las variedades Capeiti 8 (Eitib 6 x Capelli), Patricio 6 (Eitib 6 x Capelli) y Tinakria (B14 x Capeiti 8), derivadas de trigos siriopalestinos y de unos 100 cm de altura, ocupaban el 24% de aquellas superficies, y nuevas variedades semienanas, derivadas del CIMMYT, ocupaban más del 60%. Entre estas últimas, las que tuvieron mayor difusión fueron las variedades Creso, Produra y Valnova, de 65 a 80 cm de altura, que ocupaban el 40% de todas las superficies sembradas de trigo duro.⁴³

Con respecto a los tres países que acabamos de considerar, los procesos de innovación que se desarrollaron en España fueron muy diferentes. A diferencia de aquellos países, en España las estrategias de innovación que se habían definido en los años de 1930, no consiguieron desarrollar nuevas variedades comerciales de trigo, significativamente distintas de las autóctonas, y los progresos en esta dirección sólo se consiguieron, de hecho, tras introducirse en el sector las variedades del CIMMYT. En el caso de España, además, estas variedades tuvieron un protagonismo mucho mayor que en aquellos otros países, porque hasta casi finales del siglo XX fueron cultivadas directamente sin mediar nuevas hibridaciones. Cuando esta situación cambió, por último, y se utilizaron variedades derivadas de aquellas, las nuevas variedades se introdujeron normalmente de otros países (ver Apéndice estadístico).

Según los responsables del Servicio Nacional del Trigo, que tenía por entonces entre sus actividades, la venta de semillas seleccionadas, entre 1951 y 1957 se distribuyeron a los agricultores 8,4.10⁶ de qm. de semillas de trigo panificable, de las que cerca del 50% eran de variedades tradicionales, el 26,9% de la variedad Aragón 03, el 6,5% de la variedad Pané 247, y el 5,6% de la variedad Florence Aurora. Aquella institución también distribuyó, aunque en cantidades muy reducidas, semillas de Híbrido J-1 (1,8%), procedente de Francia, y semillas de Mentana (2,8%), Mara (2,1%), Impeto (1,3%), Quaderna (0,7%) y Roma (0,7%), procedentes de Italia.⁴⁴ Unos años más tarde, en 1962, aquella institución también indicaba que los trigos Aragón 03, Pané 247, Híbrido J-1 y Estrella, o Etoile de Choisy, se habían difundido casi exclusivamente en la mitad norte de la península, y que sólo el primero estaba realmente generalizado. Las otras tres variedades sólo habían alcanzado en cambio una cierta importancia, en algunas comarcas y en suelos fértiles. Con respecto a los trigos procedentes de Italia, su difusión se concentró sobre todo en el sur, aunque sólo de nuevo en tierras fértiles, o en zonas de regadío.⁴⁵

⁴³ De Vita et al. (2007), pp. 39-42; Alvaro et al. (2008), p. 87; Royo et al. (2008), pp. 354-355; Royo et al. (2006), pp. 261-262. La importancia de las innovaciones biológicas que se desarrollaron en Italia, tanto con respecto al trigo blando como al trigo duro, todavía se aprecia más cuando constatamos la amplia difusión que tuvieron muchas de aquellas variedades en China, Sudamérica, la antigua Yugoslavia, o Rusia (Borghi (2001), p. 300; Borojevic and Borojevic (2005), pp. 455-456).

⁴⁴ Servicio Nacional del Trigo (1958), pp. 82-97.

⁴⁵ Servicio Nacional del Trigo (1962); Instituto Nacional para la Producción de Semillas Selectas (1957); Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (1961); Servicio Nacional del Trigo (1965).

Estas informaciones son coherentes con las estimaciones que propone Lupton para el período de 1960 a 1973. Según se desprende de las estimaciones de este autor, en aquel período las variedades autóctonas de trigo seguían siendo predominantes en el sector, y de entre las nuevas variedades que se difundieron en aquellos años, las cinco más importantes eran la Aragón 03, que ocupaba el 18% de aquellas superficies, la variedad Florence Aurora, procedente de Túnez, que ocupaba el 13%, las variedades Pané 247 (Mentana x Híbrido L-4) y Estrella, que ocupaban cada una el 10%, y la variedad Impeto, procedente de Italia, que ocupaba el 7%.⁴⁶ Junto a estas variedades también se sembraban otras de reciente creación, desarrolladas en España o en otros países, pero su área de difusión fue muy reducida. De las 50 variedades de trigo panificable más cultivadas en España en 1965, 19 eran trigos autóctonos, 17 procedían de otros países, y 15 se habían desarrollado en los centros españoles de investigación.⁴⁷

La mayoría de las anteriores variedades eran además de tallo largo. En las pruebas que se realizaron con muchas de ellas en Tarragona, entre 1949 y 1952, la altura de las variedades autóctonas, Candeal, Jeja, Blanco de la Segarra y Montjuic, fluctuó entre 120 y 140 cm, la del trigo Aragón 03 fluctuó entre 116 y 140 cm, y la del trigo Pané 247, entre 105 y 117 cm. Con respecto a las variedades de mayor cultivo procedentes de otros países, sólo el trigo Mara alcanzó unas alturas algo menores, de 95 a 100 cm. Por contra, la altura de los trigos Quaderna, Florence Aurora, Roma e Impeto, fluctuó entre 110 y 135 cm. Con respecto a muchas otras variedades que no llegaron ni tan siquiera a difundirse, por las importantes deficiencias que observaban, las alturas fueron similares en la mayoría de casos (ver Apéndice Estadístico).⁴⁸

Hasta principios de la década de 1970, en definitiva, las variedades de tallo largo siguieron siendo predominantes en el sector triguero español, a pesar de las iniciativas que se desarrollaron en España para reducir la altura de la planta, y esta circunstancia debió condicionar mucho, en mi opinión, la posibilidad de aumentar los rendimientos por hectárea. En este sentido es muy ilustrativa la descripción que hacía Jordana de Pozas en 1950 de la variedad Aragón 03, que fue la principal innovación biológica de aquel período. Según aquel ingeniero, las principales ventajas del trigo Aragón 03 eran: su mayor capacidad de ahijamiento y su mayor resistencia a la sequía y al “asurado”, y su buena adaptación a las tierras pobres y a las fluctuaciones climáticas. Aquel ingeniero también señalaba, no obstante, que “disponiendo de agua

⁴⁶ Lupton (1992), pp. 52-54.

⁴⁷ En estas actividades destacaron especialmente las Granjas Agrícolas de Jérez y Badajoz, los Servicios Agronómicos de las Diputaciones de Barcelona, Navarra y Lérida, y la Jefatura Agronómica de Cuenca, y, muy especialmente, la Granja de Egea de los Caballeros y el Centro de Cerealicultura de Madrid. Sobre las nuevas variedades de trigo que desarrollaron estos centros, ver Apéndice Estadístico.

⁴⁸ Solé Caralt (1953), pp. 15-19; Pané (1964); sobre el trigo Estrella, dato proporcionado por Gemma Capellades, técnico de la Estación Experimental Agrícola de Gerona.

y abono en abundancia , este trigo se “tumba” o “encama”, por lo que deben emplearse otras variedades capaces de dar más elevadas producciones”.⁴⁹

La anterior situación no cambió pues hasta la llegada de las variedades semienanas del CIMMYT en torno a 1974, que es cuando se empezó a difundir la variedad Siete Cerros. La difusión de aquellas variedades fue además muy rápida, y en 1978 las variedades Anza, Cajeme y Yecora, de entre 65 y 80 cm de altura, ya ocupaban el 40% de las superficies sembradas de trigo panificable. Unos años más tarde, entre 1988 y 1990, estas variedades y el trigo Rinconada, procedente también del CIMMYT, ocupaban el 54% de aquellas superficies, y las variedades Marius, Astral y Talento, también semienanas pero procedentes de Francia, ocupaban el 17%. El único cambio relevante que se observa desde 1990, es la progresiva sustitución de las variedades procedentes de México por otras nuevas procedentes de Francia.⁵⁰ Entre los años 2001 y 2005, las semillas de Cajeme, Yecora y Anza tan sólo concentraban ya el 12% de las ventas realizadas a los agricultores de semillas certificadas, y las semillas de Marius, Soissons, Gazul, Berdún, Cezanne, Craklin e Isengrain, procedentes de Francia, concentraban el 51%. Al mismo tiempo, las ventas de semillas Sarina, procedentes de Holanda, concentraron el 3%, y las de Califa Sur y Escacena, desarrolladas en España, el 8%.⁵¹

En la especie de trigo duro, cuyo cultivo en España no empezó a ser realmente importante hasta la década de 1990,⁵² la principal innovación biológica hasta finales de los años de 1960, fue sin duda la difusión de la variedad italiana Senatore Capelli. Otra innovación importante, pero de menor impacto, fue la difusión de la variedad Híbrido D, obtenida en España de la variedad anterior y del trigo autóctono Rubio de Belalcázar. Entre 1951 y 1957, el Servicio Nacional del Trigo vendió 51.900 tn de semillas Senatore Capelli, 14.800 tn de Híbrido D, y 10.000 tn más de semillas Jerez 36 y Andalucía 344, que eran dos nuevas selecciones de variedades autóctonas y de tallo alto.⁵³ A mediados de la década de 1970, no obstante, las variedades autóctonas seguían siendo predominantes. Según Lupton, en 1974 la variedad indígena Furto ocupaba el 44% de las superficies sembradas de trigo duro, y las variedades Senatore Capelli y Andalucía 344, el 19%. Otra nueva variedad que también se sembraba en aquel momento era la Bidi 17, introducida en torno a 1960 desde Túnez y de unos 100

⁴⁹ Jordana de Pozas (1950), pp. 127-128.

⁵⁰ Lupton (1992), pp. 52-54.

⁵¹ Asociación Española de Técnicos Cerealistas (1990-1992 y 1994-2009).

⁵² Hasta 1990 las superficies sembradas con aquel cereal nunca llegaron a concentrar el 10% de las superficies sembradas de trigo. Después no dejaron de aumentar, en respuesta a las políticas agrarias de la Unión Europea, y en el 2003 representaban, con más de 900.000 hectáreas, el 41% aproximadamente de aquellas superficies.

⁵³ Servicio Nacional del Trigo (1958), pp. 82-97; Solé Caralt (1953), pp. 15-19; Fanny et al. (2008), p 87; Royo et al. (2006), pp. 261-262; Royo et al. (2008), pp. 354-355; Isidro Sánchez (2008), p. 54. La altura de aquellas variedades fluctuaba entre 110 y 140 cm.

cm de altura, que ocupaba el 20% de aquellas superficies.⁵⁴ A partir de aquel momento la difusión de las variedades del CIMMYT también fue muy rápida, como en el caso del trigo panificable, y en 1986 las variedades Mexicali y Safari, de 85 a 100 cm de altura, y la variedad Vitron, de 65 a 80 cm, ocupaban en conjunto más del 80% de las superficies sembradas con aquel cereal. A principios del siglo XXI la altura media de las plantas debió reducirse aun más, porque las variedades de mayor altura fueron substituidas por otras nuevas, de altura similar a la de la variedad Vitron. En este proceso, por último, las variedades mexicanas fueron substituidas por otras de Europa, principalmente de Italia y Francia, pero también por nuevas variedades desarrolladas en España. De las 25 clases de semillas certificadas más cultivadas entre 2004 y 2008, las cantidades vendidas de semillas Vitron, Don Pedro, Gallareta y Sula, procedentes de México, concentraron el 34% de todas las ventas realizadas; las de Simeto, Claudio, Colosseo, Iride, Italo y Avispa, de Italia, concentraron el 28%; las de Carioca y Nefer, de Francia, concentraron el 9%; y las de Regallo, Don Sebastián y Carpio, de España, el 10% (ver Apéndice Estadístico).⁵⁵

CONCLUSIONES

Volviendo a los problemas que planteaba al inicio de estas páginas, en este artículo he intentado mostrar dos cuestiones, tomando como referencia la evolución de las innovaciones biológicas en el sector triguero europeo desde mediados del siglo XIX. En primer lugar, he intentado mostrar que una relación más estrecha de la Historia Agraria con las Ciencias Agronómicas, puede proporcionar a los historiadores agrarios y económicos, nuevos elementos de análisis para entender mejor las características de aquellas innovaciones y su diferente desarrollo en el tiempo y en el espacio. Un ejemplo en este sentido, es el nuevo indicador que propongo sobre los rendimientos del trigo por unidad de peso de paja cosechada, que he elaborado tras conocer la relación entre la altura del trigo y los rendimientos de este cereal por hectárea. Como hemos visto, en el caso de España la evolución de aquel indicador se adapta bien a los cambios que cabría esperar de la difusión de las variedades semienanas de trigo. No resulta arriesgado suponer, en consecuencia, que si pudiéramos disponer del mismo indicador para otros países o regiones, dispondríamos de más referencias sobre la evolución de aquellas innovaciones y su diferente desarrollo a escala geográfica. Una aportación más directa de las Ciencias

⁵⁴ Lupton (1992), pp. 52-54; Solé Caralt (1953), pp. 15-19; Fanny et al. (2008), p. 87.

⁵⁵ *Encuesta de Calidad de los Trigos Blandos Españoles*, cosechas de 1990 a 1992, y *Encuesta de Calidad de los Trigos Españoles*, cosechas de 1994 a 2009; Solís Martel (2010).

Agronómicas a la Historia Agraria, es, en el caso de trigo, el haber cuantificado el impacto de las mejoras genéticas en los rendimientos del grano por hectárea.

En segundo lugar, en este artículo también he intentado mostrar que el desarrollo de la actividad agraria se entiende mejor cuando consideramos la evolución que siguieron al mismo tiempo sus bases biológicas. En este artículo hemos visto, por ejemplo, que las actividades relacionadas con las innovaciones biológicas en el sector triguero experimentaron un claro salto cualitativo desde las últimas décadas del siglo XIX, como resultado de las experiencias de innovación acumuladas hasta entonces, y, después, de los progresos científicos en biología y genética. También hemos visto que los programas de mejora que se fueron definiendo desde entonces a escala nacional, podían llegar a ser muy diferentes, y que su desarrollo condicionó mucho la difusión de nuevas semillas de trigo hasta muy entrado el siglo XX. Por este motivo, y porque sus bases científicas y tecnológicas ya estaban definidas en la década de 1930, el impacto de la Revolución Verde en el sector triguero europeo debe ser relativizado. En este sentido también hemos visto que los genes del enanismo ya se habían introducido en Italia en aquel momento, y que cuando se generalizaron más tarde en el conjunto del continente, en la década de 1980, normalmente lo hicieron tras nuevos procesos de cruzamiento y selección entre las variedades del CIMMYT y las variedades cultivadas hasta entonces. Estas variedades, a su vez, eran resultado de las estrategias de mejora iniciadas a principios del siglo XX, pero muy especialmente de las nuevas semillas que se consiguieron desarrollar tras la Primera Guerra Mundial.

Un factor importante que condicionó los anteriores procesos, y los sigue condicionando en la actualidad, es sin duda la particular incidencia que tienen los factores ambientales en el desarrollo de las plantas. Así se explica en mi opinión, por ejemplo, la mayor posibilidad de innovaciones biológicas en los sectores trigueros de la Europa atlántica hasta la llegada de los trigos semienanos. Italia y España, como hemos visto, prácticamente no resultaron afectados por los flujos de germoplasma de trigo que se desarrollaron a escala europea durante el primer tercio del siglo XX. Asimismo, las innovaciones biológicas que surgieron de estos intercambios y de las variedades indígenas, sólo resultaron adecuadas, en la gran mayoría de casos, en las condiciones ambientales de aquella parte de Europa, o en zonas de regadío. Incluso en Francia e Italia, observamos un claro sesgo en aquella dirección, a favor de las regiones del centro y el norte.

La estrecha relación entre condiciones ambientales e innovaciones biológicas, también queda de manifiesto cuando constatamos que la difusión de los trigos semienanos tuvo un impacto mucho más favorable en los rendimientos del sector en aquella primera zona, que en la Europa mediterránea. Por este motivo no me parece

razonable la hipótesis que sugieren Acreche et altri (2007), cuando consideran que el estancamiento que observan en España los rendimientos del trigo, en las últimas décadas del siglo XX, pudo ser consecuencia de haberse utilizado directamente en el cultivo trigos procedentes de otros entornos ambientales. Como hemos visto, en aquel momento los rendimientos del trigo en España eran similares a los de Italia, y en este país también estuvieron estancados desde la década de 1980. La limitación que pudo significar en el caso español el cultivo directo de aquellas variedades, quizás deba relacionarse más con la mayor irregularidad que observan los rendimientos a finales del siglo XX.

Pero la distinta evolución que siguieron las innovaciones biológicas en el sector triguero europeo en los siglos XIX y XX, no se explica totalmente por las condiciones ambientales existentes en una u otra región. En las páginas anteriores también hemos visto que la evolución de aquellas innovaciones estuvo muy condicionada, en uno u otro momento, por el marco institucional en el que se desarrollaba la actividad agraria, y el conjunto de tecnologías disponibles en este sector. Con respecto a la primera cuestión, en este artículo hemos visto que en Gran Bretaña, desde mediados como mínimo del siglo XIX, y hasta prácticamente la Segunda Guerra Mundial, el marco institucional orientó el desarrollo de aquellas innovaciones en un sentido tan diferente a los procesos que se seguían al mismo tiempo en el continente, que tiene poco sentido comparar la evolución de los rendimientos del sector en una y otra zona, porque las producciones de trigo en una y otra zona tenían características muy diferentes. En efecto, mientras que en Gran Bretaña los mejoradores de semillas sacrificaron el contenido en gluten del trigo, para aumentar lo más posible la productividad en grano de las plantas, en el continente tenían este mismo objetivo, pero también buscaban, al mismo tiempo, mejorar la calidad panadera de aquel cereal. Por este motivo, hasta la década de 1930 los mejoradores de semillas utilizaron británicos basaron sus estrategias de innovación en trigos de la propia región, y en el continente desarrollaron procesos de hibridación más complejos, aunque de eficacia muy desigual a escala geográfica.

La influencia de marco tecnológico en el desarrollo de nuevas semillas de trigo, también que bien ilustrada cuando constatamos el cambio de dirección de aquellas innovaciones tras la Segunda Guerra Mundial. Mientras la importancia económica y tecnológica de la paja fue elevada, fue preciso desarrollar variedades de trigo de elevada altura y resistentes al encamado, y esta circunstancia, a la vez que condicionó los niveles abonado que podían utilizar los agricultores, hizo muy atractivos para los mejoradores de semillas del continente los trigos británicos. Cuando un nuevo conjunto de técnicas agrarias redujeron la importancia de la paja, en cambio, las

innovaciones biológicas se orientaron cada vez más en la dirección de reducir la altura del trigo, y en este proceso el consumo de fertilizantes y químicos también aumentó. En estos años también cambió la orientación productiva del sector triguero británico, y por este motivo los flujos de semillas de trigo entre Gran Bretaña y Francia cambiaron de dirección. Si antes eran los trigos británicos los que eran muy apreciados en Francia, entre 1950 y 1970, aproximadamente, fueron los trigos franceses los que resultaron muy apreciados en aquel país, por ser muy productivos y de elevada fuerza harinera, y probablemente también de menor altura.

Por último, este artículo proporciona nuevas evidencias en contra del concepto de atraso con el que todavía hoy se caracteriza al sector agrario español del primer tercio del siglo XIX, especialmente cuando los defensores de aquel diagnóstico toman como referencia los rendimientos del trigo en España, con respecto a Gran Bretaña, Francia e Italia. Con respecto a Gran Bretaña ya he argumentado que la comparación carece de sentido. Con respecto a Francia e Italia podemos concluir, en mi opinión, que los bajos rendimientos del trigo en España, en aquel período, fueron sobre todo consecuencia de dos factores estructurales: las condiciones ambientales existentes, y la imposibilidad de sustituir las variedades cultivadas hasta entonces de trigo panificable, por otras nuevas de tallo largo, resistentes al encamado, y más productiva.

BIBLIOGRAFÍA

- ACRECHE, M.M., BRICEÑO-FÉLIX, G., MARTÍN SÁNCHEZ J.A., and SLAFER, G.A. (2008): "Physiological bases of genetic gains in Mediterranean bread wheat yield in Spain". *European Journal of Agronomy*, nº 28, pp. 162-170.
- ALVARO, F., ISIDRO, J., VILLEGAS, D., GRACÍA DEL MORAL, L. F., ROYO, C. (2008): "Old and modern durum wheat varieties from Italy and Spain differ in main spike components". *Field Crops Research*, 106, pp. 86-93.
- ANGUS, W. J. (2001): "United Kingdom Eheat Pool". En Bonjean and Angus, op. cit, pp. 103-126.
- ARANA, M. (1934): "El Instituto de Cerealicultura y los nuevos tipos de trigo". *Agricultura. Revista agropecuaria*, IV, 67, pp.437-448.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE TÉCNICOS CEREALÍSTAS (1990-1992): *Encuesta de Calidad de los Trigos Blandos Españoles*. Sevilla, Caja Rural de Sevilla y Junta de Andalucía.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE TÉCNICOS CEREALÍSTAS (1994-2009): *Encuesta de Calidad de lo Trigos Españoles*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación hasta 2007, y Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marítimo, para 2008 y 2009.
- BALFOURIER, F. (2005): "Impact de la sélection sur la diversité des blés tendres français et conséquences sur la gestion des collections". *Le Sélectionneur Français*, novembre, pp. 23-32.
- BARCIELA, C, GIRÁLDEZ, J., GRUPO DE ESTUDIOS DE HISTORIA RURAL, LÓPEZ, I. (1989): "Sector agrario y pesca". En Carreras, A y Tafonell, X., *Estadísticas históricas de España, ss. XIX-XX*. Bilbao, Fundación BBVA, pp. 245-356.
- BARDIA, R. (1935): "El cost de la sega i la batuda segons la raça de blat conreada". *Arxius de l'Escola Superior d'Agricultura*, Barcelona, pp. 568-574.
- BONJEAN, A.P. and ANGUS, W. J. (eds) (2001): *The World Wheat Book. A History of Wheat Breeding*. Londres, Editions TEC & DOC.
- BONJEAN, A. P., DOUSSINAULT, G., and STRAGLIATI, J. (2001): "French Wheat Pool. En Bonjean and Angus, op. cit, pp. 127- 166.
- BORGHI, B. (2001): "Italian Wheat Pool". En Bonjean and Angus, op. cit, pp. 289-310.
- BOROJEVIC, K. & BOROJEVIC, K. (2005): "The Transfer and History of Heredity Reducer Height Genes (Rht) in Wheat from Japan to Europe". *Journal of Heredity*, 96, nº4, pp. 455-459.
- BRANCOURT-HÜLMEL, M., DOUSSINAULT, G., LECOMTE, C., BÉRARD, P., LE BUANEC, B., AND TROTTET, M. (2003): "Genetic Improvement of Agronomic Traits of Winter Wheat Cultivars Released in France from 1946 to 1992". *Crop Science* 43, pp. 37-45.
- BUSCH, L. (1997): "Biotechnology and Agricultural productivity: Cjanging the Rules of the Game?". En A. Badhuri y R. Skarstein, *Economic Development and Agricultural Productivity*, Chaltenham and Lyme, Edward Elgard, pp. 241-254.

- DALRYMPLE, D. (1988): "Changes in Wheat Varieties and Yields in the United States, 1919-1984", *Agricultural History*, 62, nº4, pp. 20-35.
- DANBOM, D. (1986): "The Agricultural Experiment Station and Professionalization: Scientists' Goals for Agriculture", *Agricultural History*, 60, nº 2, pp. 246-255.
- DE ANGELIS, A. (1935): "Le varietà di frumento coltivate in Italia nel bienio 1933-34 e la loro area di diffusione". *Gazzetta Ufficiale*, anno XIII, pp. 58-73.
- DE VITA, P., LI DESTRI NICOSIA, O., NIGRO, F., PLATANI, C., RIEFOLO, C., DI FONZO, N., CATTIVELLI, L. (2007): "Breeding progress in morpho-physiological, agronomical and quantitative traits of durum wheat cultivars released in Italy during the 20th century". *European Journal of Agronomy*, 26, pp. 39-53.
- DONDLINGER, P. T. (1916): *The Book of Wheat*. London.
- DORÉ, CI. et VEROGNAUX, F. (2006): *Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées*. INRA, Paris.
- FEDERICO, G. (2005): *Feeding the World: An Economic History of Agriculture, 1800-2000*. Princeton, N.J. Princeton U.P.
- FELICE, E. (2004): *La Società Produttori Sementi (1911-2002). Ricerca científica e organizzazione d'impresa*. Bologna, Il Molino.
- GARCIA OLMEDO, F. (2009): *El ingenio y el hambre: de la evolución agrícola a la transgénica*. Barcelona, Crítica.
- GENECH DE LA LOUVIERE, T. (1975): *Manuel d'Agriculture*. Lille, Le Syndicat Agricole.
- HAYAMI, Y, and RUTTAN, V (1985): *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore, Johns Hopkins U.P.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS (1961): *Lista de variedades recomendadas de trigo*. Madrid, Ministerio de Agricultura.
- INSTITUTO NACIONAL PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS SELECTAS (1957): *Lista de variedades de trigo aprobadas por el Ministerio para su multiplicación y reparto entre los agricultores*. Madrid, Ministerio de Agricultura.
- ISIDRO SÁNCHEZ, J. (2008): *Análisis ecofisiológico y molecular del impacto de la mejora genética del trigo duro en el ambiente mediterráneo sobre la formación del rendimiento y acumulación de aminoácidos y proteínas*. Granada, Universidad de Granada.
- JORDANA DE POZAS, J. (1950): *Mapa Agronómico Nacional. Comarca de Zaragoza*. Tomo III. Madrid, Ministerio de Agricultura.
- JUNTA CONSULTIVA AGRONÓMICA (1915): *Avance Estadístico que en España representa la producción media anual en el decenio de 1903 a 1912, de Cereales y leguminosas, vid y olivo, y aprovechamientos diversos derivados de estos cultivos*. Madrid.

- JUNTA CONSULTIVA AGRONÓMICA (1923): *Avance de la producción agrícola en España*. Madrid.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (1990): *Varietades de trigos. Campaña: 89/90*. Sevilla
- KINGSBURY, N. (2009): *Hybrid: The History & Science of Plant Breeding*. Chicago, Chicago UP.
- KLOPPENBURG, J.R. (1988): *First the Seed. The Political Economy of Plant Biotechnology, 1292-2000*. Cambridge, Cambridge UP.
- KNUDSON, M. K., and RUTTAN, V. W. (1988): "Research and development of a Biological innovation: Commercial Hybrid Wheat". *Food Research Institut Studies*, vol. XXI, nº 1, pp. 45-68.
- LAINZ, P. AND PINILLA, V. (2008): *Agriculture and Economic Development in Europe Since 1870*. London and NY, Routledge.
- LUPTON, F.G.H. (1987): *Wheat Breeding. Its scientific basis*. London and NY, Chapman and Hall.
- LUPTON, F. G. H. (1992): *Changes in varietal distribution of cereals in Central and Western Europe*, Pudoc, Wageningen.
- MITCHELL, B.R. (1988): *British Historical Statistics*. Cambridge, Cambridge U.P.
- MITCHELL, B.R. (1998): *International Historical Statistics, Europe 1750-1993*. London, New York, Stockton, Macmillan.
- OBRA AGRÍCLA DELA CAIXA DE PENSIONS (1981): "Ensayos de Técnicas de cultivo con trigos blandos y duros". *Experimentació Agraria*, circular nº 23.
- OLMSTEAD, A.L. and RHODE, P.W. (2008): *Creating Abundance. Biological Innovation and American Agricultural Development*. Cambridge, Cambridge U.P.
- OLMSTEAD, A.L. and RHODE, P.W. (2006): "Biological Globalization: The Other Grain Invasion". International Cente for Economic Reserche. *Working Paper* nº 9.
- PALLADINO, P. (1996): "Science, technology and the economy: plant breeding in Great Britain, 1920-1970". *Economic History Review*, XLIX, pp. 116-136.
- PANÉ MERCÉ, J. (1964): *Nuevas variedades de trigo*. Lérida, Diputación Provincial de Lérida.
- PERCIVAL, J. (1934): *Wheat in Great Britain*, Londres.
- PETERSON, C. J., ALLAN, R. E., PETERSON, CL. J. (2001): "US Pacific Northwest Region". En Bonjean and Angus, op. cit, pp. 407-430.
- PORSCHE, W., and TAYLOR, M. (2001): "German Wheat Pool". En Bonjean and Angus, op. cit, pp. 167-192.
- PUJOL-ANDREU, J. (1999): "Los límites ecológicos del crecimiento agrario español entre 1850 y 1935: nuevos elementos para un debate". *Revista de Historia Económica*, vol. 16, nº 3, pp. 645-676.

- PUJOL-ANDREU, J. (2002): "Agricultura y crecimiento económico: las innovaciones biológicas en la cerealicultura europea, 1820-1940". *Revista de Historia Industrial*, 21, pp. 63-88.
- PUJOL-ANDREU, J. (2005): "Environment conditions and biological innovations in European agrarian growth". En Sarasúa, C., Scholliers, P and Van Molle, L., *Land, shops and kitchens. Technology and the food chain in twentieth-century Europe*. Turnhout, Brepols Pbl.
- ROLL-HANSEN, N. (2000): "Theory and practice: the impact of mendelism on agriculture". *C. R. Academie des Sciences (Paris), Sciences de la vie, Life Sciences*, 323, pp. 1107-1116.
- ROYO, C., ÁLVARO, F., MARTOS, V., RAMDANI, A., ISIDRO, J., VILLEGAS, D., AND GARCÍA DEL MORAL, L. F. (2007): "Genetic changes in durum wheat yield components and associated traits in Talian and Spanish varieties during the 20th century". *Euphytica*, 155, pp. 259-270.
- ROYO, C., MARTOS, V., RAMDANI, A., VILLEGAS, D., RHARRABTI, Y., and GARCÍA DEL MORAL, L. F. (2008): "Changes in Yield Carbon Isotope Discrimination of Italian and Spanish Durum Wheat during the 20th Century". *Agronomy Journal*, vol. 100, nº 3, pp. 352-360.
- SALA ROCA, E. (1948): *El problema mundial del trigo y el problema del trigo en España*. Barcelona.
- SERVICIO NACIONAL DEL TRIGO (1958): *Veinte años de actuación*. Madrid, Ministerio de Agricultura.
- SERVICIO NACIONAL DEL TRIGO (1965): *Principales variedades de trigo cultivadas en España y sus características*. Madrid, Ministerio de Agricultura.
- SERVICIO NACIONAL DEL TRIGO (1962): *Las sesenta variedades de trigo en cultivo actual en España*. Madrid, Ministerio de Agricultura.
- SLAFER, G.A., SATORRE, E. H., AND ANDRADE, F.H. (1994): "Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes". En, Slafer G. A. (ed): *Genetic improvement of field crops*, Marcel Dekker, NY, pp. 1-68.
- SOLER I COLL, J.M^a. (1935): *El Servei de Terra Campa i la cerealicultura catalana*. Barcelona, Generalitat de Catalunya.
- SOLÉ CARALT, J. (1953): *La Batalla del Grano (Trigo-Cebada-Avena)*. Tarragona, Cámara Oficial Sindical Agraria de la Provincia de Tarragona.
- SOLÍS MARTEL, I. (2010): *Semillas Certificadas: Presente y Futuro*. Jornadas de Cultivos Herbáceos (FAECA), Córdoba 11 de mayo, <http://www.faeca.es>
- VILMORIN, J. et MEUNISIER, A. (1918): "Le blé et sa culture en France". *Revue Générale des Sciences pures et Appliquées*, 30-dec, pp.194-706.
- VOLTES VELASCO, J., SERRA GIRONELLA J., LÓPEZ QUEROL A., I CAPELLADES PERICA, G. ((2009): "Progrés genètic en rendiment de blat fariner (*Triticum aestivum* L.) a Catalunya. *Dossier Tècnic*, 37, pp. 27-35.

- WALTON, J.R. (1999): "Varietal Innovation and the Competitiveness of British Cereals sector, 1760-1930". *Agricultural History review*, 47, 1, pp. 29-57.

- WORLAND, A.J. and PETROVIC, S. (1987): "The gibberellic acid insensitive dwarfing gene from the wheat variety Saitama 27". *Euphytica* 38: 55-63.