



Universidad
Zaragoza



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a

TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Desarrollo y evolución del centeno híbrido: un cultivo alternativo en las condiciones más desfavorables”

AUTOR: IGNACIO PEMÁN POZA
TITULACIÓN: MASTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA
DIRECTORES: MIGUEL GUTIÉRREZ LÓPEZ (Centro de Transferencia Agroalimentaria)
JOAQUÍN AIBAR LETE (UNIZAR)
CENTRO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR (HUESCA)
FECHA: DICIEMBRE DE 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dejar constancia de mi agradecimiento a Miguel Gutiérrez, por la oportunidad que me ha dado de poder participar durante un período en su equipo de la Unidad Técnica de Cultivos Herbáceos del Centro de Transferencia Agroalimentaria. Además, me ha sido posible realizar este trabajo sobre un cultivo con mucha proyección, debido a la región en la que nos encontramos.

También a mis compañeros de trabajo durante este tiempo: Alejandro Ardevines, Carlos Ciria y Miguel Sanz.

Por último, quiero agradecer a mi tutor de la Universidad Joaquín Aibar: por todo el tiempo y apoyo que me ha prestado a la hora de realizar este trabajo.

RESUMEN

Los cereales en Aragón tienen gran importancia, puesto que representan casi la mitad de la producción final agrícola aragonesa; es junto con los forrajes (20%) y frutales (22%), el sector más destacado en la formación de la renta agrícola aragonesa. Un dato muy importante a tener en cuenta, es que en torno al 80% de la superficie de estos cereales, están situados en zonas de secano.

Su adaptabilidad a diferentes suelos y condiciones climáticas ha propiciado su uso extendido, desempeñando un importante papel en la vida rural. Se utilizan, como aprovechamiento principal, para la alimentación, tanto animal como humana.

El cereal más importante en cuanto a extensión, tanto a nivel nacional como regional, es la cebada (*Hordeum vulgare* L.), mientras que el centeno (*Secale cereale* L.) tan solo supone un 2% de dicha superficie. Tradicionalmente no ha tenido mucha importancia en nuestro país debido a que otros cereales lo han superado en producción.

Pero en los últimos años la tendencia ha cambiado. El centeno, aunque a un ritmo minúsculo, está experimentando una subida de la superficie cultivada. Y esto no es casualidad; coincide con la introducción en el mercado del centeno híbrido.

En este trabajo se va a: evaluar las principales características del centeno híbrido; contrastar la producción de las nuevas variedades de centeno híbrido con los testigos de centeno convencional y centeno híbrido, además de con otros cultivos como la cebada, el trigo y el triticale; y valorar el material genético nuevo de centeno híbrido que se ha introducido en el mercado.

Para ello se cuenta con los datos de los ensayos realizados por el Centro de Transferencia Agroalimentaria (CTA) en las localidades de Used (Zaragoza) y Visiedo (Teruel). Se dispone de datos de 8 campañas en Visiedo y de 4 campañas en Used.

El vigor híbrido que aportan las nuevas variedades de centeno híbrido, ha conseguido que este cereal pueda convertirse en una alternativa muy considerable en las zonas áridas y semiáridas de nuestra región, por su elevada rusticidad.

ABSTRACT

Cereals in Aragon are really important since they represent about half of final agricultural production of the region; it is together with the forages (20%) and fruit trees (22%), the most outstanding sector in the Aragonese agricultural income. Something we need to realize about, is that around 80% of the surface of these cereals, are located in dry areas.

Due to its adaptability to different soils and climatic conditions, cereals have had a widespread use, playing an important role in rural life. They are used, as a main use, for food, both animal and human.

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is the most extensive cereal, both nationally and regionally. On the other hand, rye (*Secale cereale* L.) only has a 2% in that area. Traditionally, it has not been very important in our country because other cereals' yield have been better.

But nowadays the trend has changed. Although pretty slowly, the surface cultivated with rye is being increased, And there is a reason: the introduction of hybrid rye in the business.

In this master thesis we will: evaluate the main characteristics of hybrid rye; contrast the production of the new varieties of hybrid rye with the controls of conventional rye and hybrid rye, in addition to other crops such as barley, wheat and triticale; and rate the new hybrid rye genetic material that has been introduced into the market.

We have the data of the tests carried out by the Agroalimentary Transfer Center (CTA) in the locations of Used (Zaragoza) and Visiedo (Teruel). There are data available for 8 years in Visiedo and 4 years in Used.

The heterosis provided by the new hybrid rye varieties, turn this as a pretty important alternative in arid and semi-arid areas in our region.

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE ANEJOS.....	vii

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. El centeno como cultivo	2
1.1.1. Origen.....	2
1.1.2. Taxonomía.....	3
1.1.3. Descripción botánica.....	3
1.1.4. Composición química y nutricional.....	5
1.1.5. Cultivo del centeno	8
1.1.6. Destino final en mercado.....	10
1.2 Mejora genética en centeno	11
1.3 Posibles ventajas del centeno híbrido sobre el centeno convencional	15
1.4 Importancia económica del centeno.....	17
1.4.1. Importancia a nivel mundial y nacional	17
1.4.2 Producciones en Aragón	20
2.ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	26
3.MATERIAL Y MÉTODOS	28
3.1 Localización y caracterización de las parcelas de ensayo	29
3.1.1 Used	29
3.1.2 Visiedo.....	30
3.2 Preparación de los ensayos.....	31
3.3 Labores agrícolas realizadas.....	32
3.4 Climatología.....	34
3.4.1 Used	35
3.4.2 Visiedo.....	36
3.5 Variedades de centeno ensayadas.....	37

4 . RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1 Producciones medias de los cereales.....	41
4.2 Producciones de los centenos híbridos.....	42
4.3 Centeno híbrido frente al centeno convencional	44
4.4 Centeno híbrido frente a otros cereales	46
4.4.1 Used	46
4.4.2 Visiedo.....	49
4.5 Evolución del material genético introducido de centeno híbrido.....	54
4.6 Valoración económica	57
5 . CONCLUSIONES	60
6 . BIBLIOGRAFÍA	62
7 . ANEJOS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Campo de centeno	2
Figura 2. Partes de los cereales (Botanical Online, 2017)	3
Figura 3. Espigas de centeno	4
Figura 4. Campo de ensayos naciendo. Used, 2016.....	8
Figura 5. Proceso mediante el cual se obtiene el centeno híbrido (Deleplanque, 2017)	13
Figura 6. Producción total (t) de centeno por países en el año 2014 (FAOSTAT, 2017)	17
Figura 7. Superficie cultivada de centeno y producción total en España, en el período 1994-2014 (FAOSTAT, 2017).....	18
Figura 8. Porcentaje de la superficie de centeno por comunidad autónoma, comprendida en el año 2014 (MAPAMA, 2017).....	19
Figura 9. Superficie (ha) de los cereales más importantes, sembradas en el año 2014 en España (MAPAMA, 2017).....	19
Figura 10. Producción (t) de los cereales más importantes, sembrados en el año 2014 en España (MAPAMA, 2017)	20
Figura 11. Superficies (ha) y producciones (t) de cereal en el período 1982-2014 en Aragón (DGA, 2017)	21
Figura 12. Superficie (ha) de los cereales más importantes, sembradas en el año 2015 en Aragón (DGA, 2017).....	22
Figura 13. Producción (t) de los cereales más importantes, sembrados en el año 2015 en Aragón (MAPAMA, 2017)	22
Figura 14. Superficie (ha) y producción (t) de centeno en las tres provincias de Aragón, en el período 2000-2015 (DGA, 2017)	23
Figura 15. Rendimientos (t) del centeno en Aragón y sus provincias, entre los años 2000-2015 (DGA, 2017)	23
Figura 16. Densidades municipales de los diversos cereales cultivados en Aragón. Cada punto representa 100 ha sembradas en el municipio (Roldán, 2011)	25
Figura 17. Emplazamiento de la parcela de Used (Fuente: SigPac)	29
Figura 18. Emplazamiento de la parcela de Visiedo (Fuente: SigPac).....	30
Figura 19. Croquis tipo de un ensayo. Este pertenece al ensayo de centeno híbrido de Visiedo de la campaña 2016/2017	31
Figura 20. Equipo del CTA, realizando las labores de cosecha.....	33
Figura 21. Distribución climática de las zonas de Aragón (Fuente: Gutiérrez, 2017)	34
Figura 22. Comparación de las producciones de los testigos del centeno convencional e híbrido en Used.....	44

Figura 23. Comparación de las producciones de los testigos del centeno convencional e híbrido en Visiedo	45
Figura 24. Gráfica lineal de las producciones anuales de cada cultivo en Used	47
Figura 25. Gráfica de cajas de las producciones anuales de cada cultivo en Used	48
Figura 26. Gráfica lineal de las producciones anuales de cada cultivo en Visiedo	49
Figura 27. Gráfica de cajas de las producciones anuales de cada cultivo en Visiedo	51
Figura 28. Frecuencia de variedades de centeno híbrido en Used (2013-2017) y Visiedo (2011-2017).....	54
Figura 29. Climograma Used. Media años 2013-2017 (AEMET, 2017).	68
Figura 30. Climograma Used. Campaña 2013-2014 (AEMET, 2017).	68
Figura 31. Climograma Used. Campaña 2014-2015 (AEMET, 2017).	68
Figura 32. Climograma Used. Campaña 2015-2016 (AEMET, 2017).	69
Figura 33. Climograma Used. Campaña 2016-2017 (AEMET, 2017).	69
Figura 34. Gráfica de barras con precipitaciones anuales (Used). De la campaña 2013-14 a la 2016-17. Diferenciando de septiembre a diciembre y de enero a junio (AEMET, 2017).	69
Figura 35. Climograma Visiedo. Media años 2009-2017 (AEMET, 2017).	70
Figura 36. Climograma Visiedo. Campaña 2009-2010 (AEMET, 2017).	70
Figura 37. Climograma Visiedo. Campaña 2010-2011 (AEMET, 2017).	70
Figura 38. Climograma Visiedo. Campaña 2011-2012 (AEMET, 2017).	71
Figura 39. Climograma Visiedo. Campaña 2012-2013 (AEMET, 2017).	71
Figura 40. Climograma Visiedo. Campaña 2013-2014 (AEMET, 2017).	71
Figura 41. Climograma Visiedo. Campaña 2014-2015 (AEMET, 2017).	72
Figura 42. Climograma Visiedo. Campaña 2015-2016 (AEMET, 2017).	72
Figura 43. Climograma Visiedo. Campaña 2016-2017 (AEMET, 2017).	72
Figura 44. Gráfica de barras con precipitaciones anuales (Visiedo). De la campaña 2009-10 a la 2016-17. Diferenciando de septiembre a diciembre y de enero a junio (AEMET, 2017).	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción taxonómica del centeno " <i>Secale cereale</i> L." (GRIN, 2017).....	3
Tabla 2. Información nutricional de centeno, cebada, triticale y trigo (Meyer <i>et al.</i> , 2012).....	5
Tabla 3. Proporción de las partes del grano del centeno (%) (Kent, 1987)	6
Tabla 4. Composición media del grano del centeno (% del peso seco) (Kent, 1987)	6
Tabla 5. Composición mineral del grano del centeno (mg/100 g de peso seco) (Kent, 1987)	7
Tabla 6. Composición vitamínica del grano del centeno (mg/kg de peso seco) (Kent, 1987)	7
Tabla 7. Superficie, producción y rendimiento de centeno en las distintas comunidades en el período 2000-2015 (DGA, 2017).....	24
Tabla 8. Estaciones meteorológicas cercanas a la parcela de Used (AEMET, 2017).....	35
Tabla 9. Datos pluviométricos (mm) en campaña en la localidad de Used (AEMET, 2017)	35
Tabla 10. Estaciones meteorológicas cercanas a la parcela de Visiedo (AEMET, 2017)	36
Tabla 11. Datos pluviométricos (mm) en campaña en la localidad de Visiedo (AEMET, 2017).....	36
Tabla 12. Variedades de centeno convencional y centeno híbrido, entidad que las comercializa y años en las que han sido incluidas en los ensayos en Used (Gutiérrez, 2014; 2015; 2016; 2017).....	37
Tabla 13. Variedades de centeno convencional y centeno híbrido, entidad que las comercializa y años en las que han sido incluidas en los ensayos en Visiedo (Gutiérrez, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)	38
Tabla 14. Número de variedades de cada cereal por año, en Used (Gutiérrez, 2014; 2015; 2016; 2017)	39
Tabla 15. Número de variedades de cada cereal por año, en Visiedo. El triticale no se añadió hasta la campaña 13/14. Todas aquellas que están con "-", es porque el ensayo se anuló ese año (Gutiérrez, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).....	39
Tabla 16. Producciones (kg/ha) obtenidas en el ensayo de Used. Se detalla cada especie por cada año (Gutiérrez 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)	41
Tabla 17. Producciones (kg/ha) obtenidas en el ensayo de Visiedo. Se detalla cada especie por cada año. Todas aquellas que están con "-", es porque no hubo ensayo ese año, mientras que las que tienen "0" es porque se anuló el ensayo (Gutiérrez 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)	41
Tabla 18. Producciones anuales (kg/ha) en la localidad de Used (Gutiérrez 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)	42
Tabla 19. Producciones anuales (kg/ha) en la localidad de Visiedo (Gutiérrez 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)	43
Tabla 20. Índices de las variedades con mejores comportamientos en los microensayos, tanto en Used como en Visiedo	45
Tabla 21. Incremento de producción (%) del centeno híbrido frente a otros cereales en Used.....	48

Tabla 22. Incremento de producción (%) del centeno híbrido frente a otros cereales en Visiedo	51
Tabla 23. Rendimientos (kg/ha) de distintos cereales en Zamadueñas (Valladolid) en un campo de ensayos del ITACyL en la campaña 2014-2015 (Villamayor y Aparicio, 2015).....	52
Tabla 24. Rendimientos (kg/ha) de distintos cereales en Santa Eulalia de Riuprimer (comarca de Osona, Barcelona) en un campo de ensayos del IRTA en la campaña 2016-2017 (IRTA, 2017).....	53
Tabla 25. Rendimientos (kg/ha) de distintos cereales en Albaladejito (Cuenca) en un campo de ensayos del IRIAF en las campañas 2015-2016 y 2016-2017 (IRIAF, 2016; 2017)	53
Tabla 26. Producciones (kg) de los centenos de Used, empleadas para el análisis de incremento de producciones.....	54
Tabla 27. Incremento de producción del centeno híbrido en Used, en función de los años de introducción en los ensayos del CTA. Primero sobre el testigo de centeno híbrido (Evoló), y después sobre el testigo de centeno convencional (Petkus).....	55
Tabla 28. Producciones (kg) de los centenos de Visiedo, empleadas para el análisis de incremento de producciones.....	55
Tabla 29. Incremento de producción del centeno híbrido en Visiedo, en función de los años de introducción en los ensayos del CTA. Primero sobre el testigo de centeno híbrido (Evoló), y después sobre el testigo de centeno convencional (Petkus).....	55
Tabla 30. Rendimientos e índices productivos de las variedades de centeno híbrido de la red GENVCE (GENVCE, 2017).....	56
Tabla 31. Ingresos en ambas localidades teniendo en cuenta producciones medias de cada cultivo (2000-2015) (DGA, 2017)	57
Tabla 32. Beneficios obtenidos en ambas localidades por cultivo utilizando semilla certificada y sin tener en cuenta los ingresos de la PAC (€).....	57
Tabla 33. Beneficios obtenidos en ambas localidades por cultivo sin utilizar semilla certificada y sin tener en cuenta los ingresos de la PAC (€).....	58
Tabla 34. Beneficios totales por cada cultivo en ambas localidades utilizando semilla certificada y teniendo en cuenta la PAC (a diciembre del año 2017) (€)	59
Tabla 35. Costes cereal convencional seco.....	74
Tabla 36. Costes centeno convencional seco.....	75
Tabla 37. Costes centeno híbrido seco	76

ÍNDICE DE ANEJOS

ANEJO 1. Meteorología de Used. Climograma anual, climograma de las medias y gráfica de barras con precipitaciones anuales	68
ANEJO 2. Meteorología de Visiedo. Climograma anual, climograma de las medias y gráfica de barras con precipitaciones anuales	70
ANEJO 3. Costes producción cereal.....	74

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El centeno como cultivo

1.1.1. Origen

Los cereales son considerados como las primeras especies cultivadas por el hombre. Tienen en común haber sido elegidas por éste como las más aptas, cada una en su medio, para proporcionar una fuente alimenticia más segura que la recolección de plantas espontáneas que practicaba antes de los comienzos de la agricultura. Los primeros cereales cultivados, han sufrido profundas transformaciones bajo la influencia de la selección continua, ejercida por el hombre durante milenios, hasta llegar a los que se conocen actualmente (López, 1991).

El lugar de origen del centeno no está claro, aunque se supone que es Asia Menor. Existen dos centros de diversidad, el primero de ellos situado en Asia Menor (el que sería el centro de origen), en el que hay gran variedad de especies silvestres y las primitivas formas del centeno cultivado (*Secale cereale* L.). Y el segundo situado en Afganistán, noreste de Irán y Turkmenistán, que sería un centro secundario que se pobló con variedades del centro de origen, compitiendo con la flora nativa hasta su establecimiento. El ancestro silvestre del centeno cultivado parece ser la especie *Secale montanum* Guss, aunque según otros autores es la especie *Secale ancestrale* Zhuk. (López, 1991; Gutiérrez-Pagès, 2006). Su mayor extensión de cultivo en Europa tuvo lugar durante la Edad Media, llegando a ser el cereal panificable predominante desde el Renacimiento hasta el siglo XIX, a partir del cual fue desplazado paulatinamente por el trigo (*Triticum aestivum* L.) (López, 1991).

El centeno (figura 1) que se conoce hoy en día fue en principio una mala hierba del centro y sudeste de Asia (Kole, 2007). Ésta, acompañó a los cultivos de trigo y cebada (*Hordeum vulgare* L.), a los que fue invadiendo progresivamente, sobre todo en aquellas zonas de clima frío y suelos de mala calidad. En estas condiciones ecológicas acabó reemplazando a estos cultivos, y se seleccionaron aquellas plantas cuyas espigas tenían raquis no quebradizo (López, 1991).

La palabra centeno viene del latín *centeni*, empleado en origen como adjetivo (*Hordeum centenum*) y ya otras veces como simple sustantivo *centenum*. El vocablo aplicado a este cereal viene a significar “que rinde ciento por uno” haciendo referencia a la productividad de esta gramínea (Gutiérrez-Pagès, 2006).



Figura 1. Campo de centeno

1.1.2. Taxonomía

Según el GRIN (2017), la clasificación taxonómica del centeno "*Secale cereale* L." es la descrita en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción taxonómica del centeno "*Secale cereale* L." (GRIN, 2017)

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Monocotyledoneae</i>
Subclase	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Subfamilia	<i>Pooideae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Género	<i>Secale</i>
Especie	<i>Secale cereale</i> L.

El género *Secale* se clasifica, según Schiemann (Aguado y Martínez, 1959), en dos secciones: sección *Agrestes* que incluye especies silvestres de raquis frágil y grano pequeño (*S. sylvestre*, *S. montanum* y *S. africanum*) y sección *Cerealía* que incluyen centenos de grano grueso y raquis frágil, semifrágil y tenaz (*S. ancestrale* y *S. cereale*) (López, 1991).

1.1.3. Descripción botánica

Los cereales son un grupo de plantas cultivadas pertenecientes a la familia de las gramíneas, cuyos granos, que son el objetivo esencial de su producción al ser ricos en almidón, tienen propiedades farináceas y además contienen proteínas. De fácil recolección por la estructura y disposición de su inflorescencia, conservan, una vez maduros, durante largo tiempo sus cualidades y valor alimenticio (López, 1991).

Comparte con el resto de gramíneas que el grano está principalmente compuesto de una reserva de carbohidratos, el endospermo, el cual está rodeado por la testa (que es la cubierta de la semilla) y el pericarpio (pared del fruto) que están soldados (figura 2). Dentro de

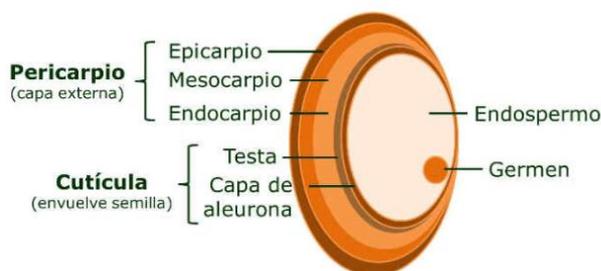


Figura 2. Partes de los cereales (Botanical Online, 2017)

esta cubierta exterior, está la capa de aleurona, rica en proteína y en según qué especies también en grasa. Este tejido juega un papel importante tanto en los procesos bioquímicos de la germinación de la semilla como en la calidad de los productos derivados de los cereales (Langer y Hill, 1987).

1. INTRODUCCIÓN

El género *Secale* está compuesto de especies diploides con 14 cromosomas ($2n=2x=14$), siendo 7 su número básica, al igual que el resto de los cereales de invierno. Sin embargo, también se han creado en el centeno algunas razas tetraploides (Kole, 2007; Langer y Hill, 1987).

Su tallo es largo, flexible y resistente al encamado. Tiene una espiga larga y algo barbada (figura 3). Su grano es alargado y estrecho de color marrón verdoso y de un peso específico superior al del trigo (Hernández, 2000). El centeno tiende a ahijar vigorosamente. Sus hojas están enrolladas dentro de cada hijuelo recordando las plantas jóvenes al trigo, excepto porque las aurículas son pequeñas, estrechas y sin pelos, y porque se marchitan pasado cierto tiempo. Sus tallos son largos, delgados y resistentes. La inflorescencia es una espiga con una espiguilla única en cada nudo. Cada espiguilla lleva un par de glumas, en general, estrechas y puntiagudas, y habitualmente contiene tres flores de las cuales la tercera es estéril y no se desarrolla. Las flores fértiles tienen una lema con forma de quilla que termina en una arista fuerte, y una palea más pequeña, a veces con forma de barca.

La parte femenina de las flores del centeno, a diferencia de las otras especies de cereales, madura varios días antes que la masculina, y por lo tanto se fecundan en su inmensa mayoría con polen que proviene de otras flores, que pueden ser de la misma espiga o de otras espigas vecinas. En contraposición al trigo y a la cebada, el estigma del centeno permanece receptivo algún tiempo después de haber emergido.

Cuando la cariósipide se hincha, empuja a la lema y la palea hacia los lados, haciéndose de esta forma visible desde el exterior. Cuando madura recuerda a un grano de trigo, excepto por ser más delgado y tener una protuberancia dorsal característica. Otra particularidad fisiológica del centeno es que la fotosíntesis en sus espigas contribuye con tan sólo entre un 15 y un 30% al peso final del grano, comparado con hasta el 45% en la cebada. Ambos cereales tienen aristas que contienen clorofila y que fotosintetizan cuando son jóvenes, pero en general los estomas del centeno se cierran más fácilmente en respuesta al estrés hídrico (Langer y Hill, 1987).



Figura 3. Espigas de centeno

Existen tipos de centeno de invierno y de primavera, siendo estos últimos mucho menos cultivados. Las variedades se pueden clasificar según el momento de siembra, el color del grano (blanco, verdoso, gris y negro) y la precocidad (López, 1991).

1.1.4. Composición química y nutricional

En el siglo XX, en Europa el centeno era el alimento básico para las mulas y, dado aplastado y mezclado con patatas, para cerdos. Actualmente, la cebada es el alimento principal para piensos de porcino, y por lo tanto el resto de piensos se comparan con dicho cereal. Sin embargo, se asocia el alimentar el ganado porcino con centeno, con una menor tasa de conversión y por lo tanto menor ganancia de peso en los cerdos de cebo (Schwarz *et al.*, 2015).

Como se ve en la tabla 2, el grano de centeno contiene aproximadamente 9% de proteína bruta de la materia seca (MS), es un nivel bajo comparado con trigo, cebada, avena y triticale (*Triticosecale* Witt.). Pieszka *et al.*, (2015) confirmaron en su estudio que el centeno tiene un bajo contenido en fibra bruta (alrededor del 2%) y un alto contenido de almidón (aproximadamente el 62% de MS). En este almidón, se encuentra un alto contenido de almidón rápidamente degradable (casi el 60% de MS). El centeno tiene un alto valor energético y bajo contenido de fibra; sin embargo no es ampliamente utilizado en la alimentación de aves de corral y cerdos jóvenes. El principal problema en la alimentación de éstos, es el contenido de altas cantidades de polisacáridos no amiláceos solubles - arabinosilanos - que aumentan la viscosidad del contenido gástrico, reduciendo así la absorción y biodisponibilidad de nutrientes en dichos animales.

Tabla 2. Información nutricional de centeno, cebada, triticale y trigo (Meyer *et al.*, 2012)

Feed value of cereals from the harvests of 2007 to 2009¹⁾ (NIRS analysis, LUFA Nord-West, Germany (Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt – Agricultural Testing and Research Agency)

		Rye			Barley			Triticale			Wheat		
Year		2009	2008	2007	2009	2008	2007	2009	2008	2007	2009	2008	2007
Number of samples		146	118	120	311	306	316	114	109	126	223	244	267
Dry matter	%	86.1	86.1	84.9	86.4	86.0	85.7	86.1	86.7	85.7	86.5	86.0	86.2
Crude protein	%	8.2	9.2	9.2	10.6	11.1	11.3	10.1	10.3	11.7	10.9	11.1	11.8
Crude fat	%	1.9	1.9	2.0	2.8	2.7	2.6	2.0	2.0	2.2	2.1	2.1	2.2
Crude fibre	%	2.2	2.4	2.3	5.0	5.3	4.5	2.7	2.5	2.6	2.4	2.4	2.4
Starch	%	53.7	53.8	52.1	51.7	50.5	49.9	59.7	59.0	57.6	59.5	59.8	59.1
Sugar ²⁾	%	5.4	5.1	5.0	2.1	2.0	2.1	3.2	3.0	2.8	2.6	2.3	2.2
ME (pigs) ³⁾	MJ/kg	13.4	13.6	13.4	12.9	12.8	12.9	14.0	14.0	14.1	14.1	14.2	14.3
NEL	MJ/kg	7.5	7.5	7.5	7.1	7.1	7.1	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5
ME (cattle)	MJ/kg	11.8	11.8	11.8	11.3	11.3	11.3	11.7	11.7	11.8	11.8	11.8	11.8
nXP	g/kg	145	146	146	143	144	145	146	146	149	149	149	151
RNB	g/kg	-10.1	-8.8	-8.7	-5.9	-5.4	-5.0	-7.2	-7.0	-5.1	-6.4	-6.2	-5.2
Lysine ⁴⁾	%	0.31	0.34	0.34	0.37	0.38	0.39	0.35	0.35	0.38	0.31	0.32	0.33
Meth. + Cystine ⁴⁾	%	0.32	0.36	0.36	0.41	0.42	0.43	0.41	0.41	0.46	0.43	0.43	0.46
Threonine ⁴⁾	%	0.27	0.30	0.30	0.36	0.37	0.37	0.31	0.32	0.36	0.32	0.32	0.34
Tryptophan ⁴⁾	%	0.09	0.10	0.10	0.13	0.14	0.14	0.11	0.11	0.12	0.14	0.14	0.15

¹⁾ based on 88% dry matter ²⁾ lower sample number (wet chemical analysis)

³⁾ mixed feed formula ⁴⁾ calculated from crude protein content using estimating equations

El centeno tiene un alto valor energético metabolizable de 13,1 MJ/kg de MS, similar al maíz (*Zea mays* L.), trigo, cebada y triticale, y superior al de la avena. Sin embargo, el valor de la proteína de centeno es bastante bajo, y el de azúcar alto, lo que debe tenerse en cuenta al equilibrar las raciones de pienso. Según Pieszka *et al.*, 2015, el centeno utilizado en el engorde

del ganado ofrece prestaciones similares a las de la cebada, y estudios durante los últimos 10 años lo corroboran, mostrando que los parámetros productivos de los cerdos que son alimentados con centeno son similares a los alimentados mediante cebada (Schwarz *et al.*, 2015).

El centeno sería un componente muy bueno para integrar en los piensos si se pudieran eliminar los principales antinutrientes. Todos los cereales contienen antinutrientes, pero el centeno es el que más tiene de todos. Los altos niveles de antinutrientes, tales como alquilresorcinoles, polisacáridos no amiláceos e inhibidores de tripsinas, es la principal razón por la que el centeno no se emplea para la fabricación de piensos de manera frecuente (Schwarz *et al.*, 2015). Si ha habido infección por cornezuelo, también contiene ergotaminas (Pieszka *et al.*, 2015).

Los componentes del grano están irregularmente repartidos en las diferentes partes del mismo. Las proteínas están contenidas en mayor proporción en el germen y en la capa de aleurona, mientras que los lípidos se encuentran en el germen. Las sales minerales, en especial el calcio, el fósforo y el potasio, así como numerosas vitaminas, se encuentran, preferentemente, en las zonas externas del endospermo (López, 1991). En las tablas 3 y 4 de Kent (1987), se muestra la composición del grano de centeno y sus proporciones.

Tabla 3. Proporción de las partes del grano del centeno (%) (Kent, 1987)

Cáscara	Pericarpio	Aleurona	Endospermo	Germen
-	10		86,5	3,5

Tabla 4. Composición media del grano del centeno (% del peso seco) (Kent, 1987)

Proteína	Grasa	Materiales	Fibra	Carbohidratos
13,4	1,8	2,1	2,6	80,1

El almidón es el principal hidrato de carbono de los cereales, y está formado por dos componentes principales: amilosa y amilopectina. La cantidad de amilosa en el almidón es de en torno al 25%. La celulosa y hemicelulosa son los principales constituyentes de la pared celular del grano de cereal, y junto con la lignina, representan la mayor parte de la fibra bruta. También existen azúcares libres en los granos de cereales (1-3 %), que tienen influencia en la fabricación del pan y en el caso de la cebada, en su malteado. En las tablas 5 y 6, se pueden apreciar la composición mineral y vitamínica del grano del centeno

Tabla 5. Composición mineral del grano del centeno (mg/100 g de peso seco) (Kent, 1987)

Ca	P	K	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Na	Si	Zn
49	428	524	138	165	4,4	0,7	2,5	10	6	2

Tabla 6. Composición vitamínica del grano del centeno (mg/kg de peso seco) (Kent, 1987)

Tiamina	Riboflavina	Ac. Pantoténico	Niacina	Piridoxina	Colina	Ac. Fólico	Biotina
4,4	2	7,2	12	3,2	450	0,6	0,05

Según el estudio de Schwarz *et al.*, (2015), la ganancia de peso diaria durante la fase de finalización en el cebo de cerdos es mayor de 100 gramos en aquellos que han sido alimentados con centeno, que en aquellos alimentados con cebada. Estos resultados ya habían sido defendidos anteriormente por otros autores (Meyer *et al.*, 2003; Meyer *et al.*, 2012; Hagemann, 2004) pero también es verdad que se habían obtenido resultados distintos en varios otros (Pusztai, 1967; Wieringa 1967; Sedlet *et al.*, 1984). Podría ser, que al haberse hecho este ensayo con la variedad nueva de centeno híbrido, estos resultados hayan mejorado.

Un determinante clave en la ganancia de peso, y por lo tanto engorde y mejora de composición de la canal, es la ingesta de alimentos y el índice de conversión de los nutrientes que contiene, para los cuales la densidad de energía metabólica de los piensos es muy importante. Los monosacáridos son la mejor fuente de energía metabólica y se absorben más fácilmente del tracto gastrointestinal que los lípidos. El centeno contiene concentraciones relativamente bajas de lípidos y fibra, lo que puede disminuir la digestibilidad de los alimentos y las tasas de absorción de otros carbohidratos, proteínas y lípidos (Schwarz *et al.*, 2015).

Alimentar ganado con centeno contaminado con aflatoxinas producidas por mohos que aparecen en los cereales durante el período de crecimiento o durante el almacenamiento del grano, es dañino para la salud de los animales. Estudios comparativos que examinan el riesgo de contaminación por *Fusarium*, indican que, entre todos los cereales que se siembran, el centeno tiene la mayor resistencia contra los mohos y el nivel más bajo de toxinas en el grano (Pieszka *et al.*, 2015).

1.1.5. Cultivo del centeno

El centeno es el más rústico de los cereales de invierno. Su cultivo se localiza en las zonas más frías, por su latitud y altitud, gracias a su alta resistencia al frío. Se siembra por encima de los 60º de latitud norte, y sólo la cebada de siembra primaveral es cultivada más al norte que el centeno de invierno. Su siembra es posible en otoño en aquellos climas no tolerados por otros cereales (López, 1991). El cultivo del centeno todavía es importante en Europa central y septentrional, donde puede sembrarse hasta cerca del círculo polar. Al principio fue considerado una mala hierba, como la cebada, y no se empezó a cultivar hasta bien entrada la Edad de Hierro. Prosperaba bien en suelos pobres donde otros cultivos no crecen o dan un rendimiento miserable (Gutiérrez-Pagès, 2006).

Se cultiva generalmente en lugares con condiciones marginales como terrenos arenosos, menos fértiles, con menor contenido en nutrientes y con menor capacidad de retención del agua. Estos lugares se ven más afectados por factores de estrés abióticos que los suelos más fértiles, particularmente por la sequía. Además, se ve una tendencia de sequía que en la última década ha sido ascendente, por lo que estas zonas todavía van a peor. Por lo tanto, siendo ya un cultivo que tolera el estrés, se necesita un centeno con una tolerancia incluso mayor cuando las condiciones son peores. De esta manera, las nuevas variedades de centeno híbrido, deben tener el potencial genético para un rendimiento superior en condiciones perfectas de crecimiento y, por otra parte, también deben producir rendimientos aceptables en entornos menos favorables (figura 4). Tal adaptación ecológica amplia proporciona un genotipo con una alta estabilidad de rendimiento (Hübner *et al.*, 2013 y Haffke *et al.*, 2015). El potencial de producción de grano y la estabilidad en diferentes ambientes, son por lo tanto, los rasgos más importantes en la cría de centeno híbrido (Haffke *et al.*, 2015).

El ciclo de crecimiento del centeno desde el encañado a la maduración del grano es más corto que el de los demás cereales de invierno. La brevedad de la fase reproductiva, permite la maduración del grano antes de las altas temperaturas del verano, aunque la precocidad de la floración puede exponerle a las heladas de primavera. Presenta una alta resistencia al frío, superior a los demás cereales. La suma de temperaturas que precisa para completar su ciclo es bastante menor que la del trigo y los otros cereales. El umbral de la temperatura de germinación y crecimiento es también inferior. Puede florecer solo a 12-14°C y madurar a 19°C. Soporta hasta -22°C durante el ahijamiento, y temperaturas superiores a 25°C. Puede soportarlas, pero afectarían negativamente al rendimiento (López, 1991).



Figura 4. Campo de ensayos naciendo. Used, 2016

Como se cultiva en zonas frías, la siembra debe realizarse muy pronto, generalmente antes de que lleguen las primeras lluvias. El centeno tiene un ciclo parecido al del trigo, y en su ciclo vegetativo se distinguen tres períodos:

- Período vegetativo. Comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.
- Período de reproducción. Desde el encañado hasta la terminación del espigado.
- Período de maduración. Comprende desde el final del espigado hasta la cosecha.

Su rusticidad excepcional le permite producir más que el trigo y la cebada en los terrenos desfavorecidos. Por ello, es un cultivo que en la región Mediterránea únicamente se siembra en zonas difíciles y marginales. Sus necesidades de agua son reducidas y le perjudica el exceso de agua en el período frío. También es sensible al encharcamiento, por lo que no es aconsejable su cultivo en suelos muy arcillosos y anegados durante el invierno.

El centeno es una planta sensible al fotoperíodo de día largo. Las variedades de primavera inician la formación de espiga en el estado de 7 hojas en días largos, haciéndolo en el estado de 25 hojas en días cortos. Los centenos de invierno tienen una larga fase de vernalización; hasta 40 días a 6°C.

Las técnicas de cultivo del centeno son muy similares a las de los demás cereales de invierno. Aunque por su carácter marginal, tanto la preparación del suelo como la fertilización y control de malas hierbas son por lo general más reducidas, y a veces, incluso ausentes (López, 1991).

Como se ha mencionado antes, Langer y Hill (1987) resalta la gran capacidad de ahijamiento del centeno convencional, y aún más, del híbrido. Es por ello que el centeno requiere una dosis de siembra mucho menor que el resto de cereales: en torno a 100 kg/ha (230 semillas/m²), mientras que el resto de cereales se siembra a unos 180-200 kg/ha (400 semillas/m²). El centeno híbrido aún precisa una densidad de siembra menor, siendo la apropiada unos 50 kg/ha (150 semillas/m²) (Cereales Teruel, 2017; La cumaga, 2017)

Uno de los principales miedos que se han tenido a lo largo de la historia en el cultivo del centeno, es la aparición del cornezuelo (*Claviceps purpurea*): un hongo parásito que produce alcaloides tóxicos (Gutiérrez-Pagès, 2006). Si este cereal es consumido por el ser humano, puede causar severos brotes de una intoxicación llamada ergotismo (Lee, 2009). Los daños por cornezuelo aumentan cuando las condiciones climáticas son adversas. La baja tolerancia a este hongo, hace que aumenten mucho los costes de limpieza en el grano que se va a destinar para alimentación humana y animal, en años que son frescos y lluviosos durante la floración; existe un límite del 0,05% y 0,1% por cada 500 gramos de grano, respectivamente, regulado por el Reglamento (UE) Nº 574/2011.

El cultivo del centeno está en regresión, especialmente en los países mediterráneos, a causa de la despoblación de las zonas marginales de montaña, la desaparición de la panificación familiar y las mayores preferencias por el pan de trigo con la mejora del nivel de vida. Otro factor de marginación del cultivo, ha sido la mejora de la fertilidad de los suelos que ha permitido la introducción de otros cereales (López, 1991).

1.1.6. Destino final en mercado

Es un cereal energético, rico en calorías, y por lo tanto se ha utilizado tradicionalmente como una planta para grano de alimentación animal, aunque en algunos países nórdicos se ha empleado también para fabricar pan. Este pan de centeno tiene la propiedad de conservarse fresco durante más tiempo, endureciéndose menos que el de trigo y también ser muy nutritivo y digestible (Marqués *et al.*, 2015).

Aunque la producción mundial de centeno es menor del 1% en el cómputo global de todos los cereales, este cultivo tiene una gran importancia para la producción de panificables en el norte y el este de Europa, produciéndose alrededor del 30% de la harina con este cereal (Pieszka *et al.*, 2015). Con la harina se elabora pan, ya que tiene suficiente gluten para permitir un precario esponjamiento de la masa. El pan hecho sólo con centeno es de poca calidad, inferior al de trigo cuyo gluten permite una panificación perfecta. Por esta razón el pan de centeno comercial contiene una elevada cantidad de harina de trigo. Antes de que el nivel de vida fuera tan alto como en la actualidad, el pan moreno de centeno era el elemento principal de la dieta de millones de personas en Europa central y del Este. Además, el centeno fermentado y destilado, da aguardientes como el whisky de centeno y el vodka (Gutiérrez-Pagès, 2006).

Otra bondad del cultivo es la elevada producción de paja debido a su bajo índice de cosecha, caracterizándose por su flexibilidad y alto contenido en celulosa, pudiéndose utilizar para diversos fines (Marqués *et al.*, 2015). Para ello, el centeno debe ser recolectado antes de su madurez y la trilla debe realizarse con cuidado (López, 1991).

En España el 100% del destino de este producto es para consumo animal; ni para elaboración de productos para el ser humano ni para biocombustibles como puede ocurrir en otros países. Además, como subproducto se obtiene paja, en torno a un 50% en peso del grano, muy útil en explotaciones ganaderas (MAPAMA, 2017).

En la cosecha del año 2014, casi la mitad (47%) del centeno producido en la EU-27 fue destinado para piensos. Con un 31% de la cuota, la alimentación humana fue el siguiente en importancia, mientras que el uso industrial se quedó bastante por detrás, con un 16%. Finalmente, tan solo un 5% de la producción se emplea para la producción de semillas.

1.2 Mejora genética en centeno

La mayor parte de los vegetales que consumimos son cultivados y es inútil buscarlos en la naturaleza con las mismas características. Sin embargo, todas las plantas cultivadas proceden de antecesores silvestres que el hombre ha transformado. Y esta transformación no es un fenómeno moderno. Hace miles de años ya se comenzaron a domesticar plantas silvestres. Pero el hombre además pretende que posea unas características particulares que aumenten su valor, como pueden ser: la calidad nutritiva, un sabor agradable, una buena digestibilidad, la posibilidad de almacenarla, el rendimiento, la facilidad de recolección o la resistencia a las plagas y a los climas extremos. Todo ello obliga al sector agronómico a buscar continuas mejoras en las plantas que cultivan (Gutiérrez-Pagès, 2006).

Resulta evidente que ante la situación actual de la agricultura en España y los cambios continuos en la política agraria europea, la búsqueda de nuevos cultivos que resulten rentables y requieran bajos inputs, sea un objetivo apremiante y prioritario, sobre todo en sistemas agrícolas de secano donde las opciones son escasas. El cultivo del centeno híbrido puede ser una opción interesante, debido a su adaptabilidad a diferentes tipos de suelos marginales, donde otros cereales se cultivan actualmente con muchos costes y escaso éxito (Cecosa, 2012; Hübner *et al.*, 2013).

El centeno es el cultivo cerealista mejor adaptado a tierras marginales, y muchas veces la alternativa en este tipo de tierras es muy complicada. Por ello, resulta evidente que es necesario investigar en este cultivo y desarrollar nuevos métodos de producción, que permitan aumentar los rendimientos y animar al sector productor a seguir adelante con el cultivo (Cecosa, 2004).

Datos estadísticos de la FAO, muestran que los cultivos en los que no se utilizan semillas híbridas tienen un rendimiento relativamente estable a lo largo de los años. El centeno desde 1985 hasta la actualidad ha pasado de 1.290 kg/ha a los 1.700 kg/ha, un aumento de en torno al 30% (FAOSTAT, 2017). Sin embargo, el ejemplo del maíz nos hace entender perfectamente la ventaja que reporta el uso de variedades híbridas: en el año 1960, cuando todavía no se sembraban híbridos de maíz, la producción registrada fue de 6.490 kg/ha y, año a año, con el desarrollo del maíz híbrido ha ido creciendo (Cecosa, 2012; FAOSTAT, 2017), llegando hasta los 11.400 kg/ha que se obtuvieron en el año 2014. Esta mejora, supone un aumento del 75% (FAOSTAT, 2017).

Un híbrido es obtenido por el cruzamiento de dos padres genéticamente distintos, mediante el cual se busca que se produzca una descendencia que muestre superioridad a los mismos en vigor de crecimiento, vitalidad, capacidad reproductiva, resistencia al estrés, adaptabilidad, resistencia a enfermedades, rendimiento y calidad del grano u otras características deseadas (Yuan *et al.*, 2001).

Al igual que el maíz y al contrario que el resto de cereales de invierno, el centeno es una planta alógama, presentando un fuerte efecto de heterosis o vigor híbrido. Esta característica permite que el margen de mejora genético sea mayor que las especies de

polinización abierta. Tiene un fuerte sistema de autoincompatibilidad polínica, que regula la fecundación cruzada (Cecosa, 2012). Cuando se cruzan dos líneas homocigóticas, sufren una depresión por consanguinidad, pero su descendencia, que es heterótica, presenta un vigor mayor. A este incremento en aptitudes de los híbridos, es a lo que ya se ha nombrado previamente como vigor híbrido (Jenkins, 1986).

Para utilizar esta heterosis en la producción comercial, es fundamental que los híbridos muestren superioridad no solo sobre su padres sino sobre una variedad testigo que sirva de control (Yuan *et al.*, 2001).

Los trabajos de obtención de variedades híbridas de centeno, comenzaron en la década de los 70 en la Universidad de Hohenheim (Alemania). No es hasta la década de los 90, después de la reunificación alemana, cuando se sacaron al mercado los primeros híbridos comerciales (Cecosa, 2012). Esta universidad vendió sus avances a tres empresas, que han sido las que hasta hoy en día han seguido desarrollando este cultivo. Dichas empresas son:

- Saaten Union GmbH
- KWS – RAGT
- Dieckmann GmbH & Co. Su producto fue comprado por la multinacional Monsanto y a éstos, finalmente, se lo compró la empresa danesa “Nordic Seed”, quien es la que actualmente sigue desarrollando este producto

Las primeras variedades híbridas se lanzaron en Alemania, Polonia y Suecia, y las actividades de investigación se están llevando a cabo sobre todo en Rusia y Australia. Todo este desarrollo del centeno híbrido está basado en la androesterilidad masculina citoplasmática (CMS, del inglés Cytoplasmic Male Sterile) detectado por Geiger y Schnell en el centeno primitivo en Argentina y recolectado por W. Gottschalk en el área de Córdoba (Miedaner *et al.*, 2005).

En este sistema de hibridación, la fertilidad es controlada tanto por el citoplasma como por el núcleo. La androesterilidad es el resultado de la interacción entre los genes estériles en el citoplasma y los genes recesivos estériles en el núcleo. Sin embargo, el gen nuclear dominante puede restaurar la fertilidad en la planta con el citoplasma macho-estéril (Yuan *et al.*, 2001).

Los cultivares comerciales de centeno siguen un tipo híbrido complejo; con un solo cruce de la reserva genética de Petkus (variedad tradicional muy popular) como semilla madre, y un sintético de dos líneas (Carena y Hallauer, 2009). Las razones principales de la complejidad de este híbrido, son la alta depresión endogámica del centeno y las limitaciones económicas de la producción de semillas: de hecho, el motivo por el que se producen híbridos sintéticos y no híbridos simples, tiene como principal fin abaratar costes en la producción de la semilla (Becker *et al.*, 1982).

La multiplicación de las líneas mantenedora y restauradora se produce de la misma forma que ocurre en las variedades convencionales; sin embargo, la producción de semillas híbridas y la multiplicación de las líneas CMS requieren métodos específicos (Yuan *et al.*, 2001).

Para desarrollar las nuevas variedades de centeno híbrido, hay 3 programas distintos de mejora genética: por un lado la línea de las hembras, por otro lado la línea de los machos (mantenedor), y por otro la línea restauradora. Como se puede ver en la figura 5, se cruzan 3 líneas distintas. La línea de las hembras se obtiene de la línea de mantenedores, por ello son líneas consanguíneas.

Para producir un híbrido simple, se siembran las líneas hembra y las líneas macho a bandas, en una proporción 80:20, y una vez producida la polinización se destruyen las líneas macho. Mediante esta operación se consigue que la cosecha obtenida sea prácticamente pura al 100%. Pero para abaratar costes, se producen muchas veces híbridos sintéticos, como con el centeno. La principal diferencia es que la siembra, en vez de producirse a bandas, se realiza con todo el material mezclado, respetando eso sí las mismas proporciones. Al realizarse de este modo la siembra, la destrucción de los machos resulta imposible, al menos en su totalidad. El resultado es la obtención de un híbrido de entre el 90 y 95% de pureza, dependiendo de la entidad comercial.

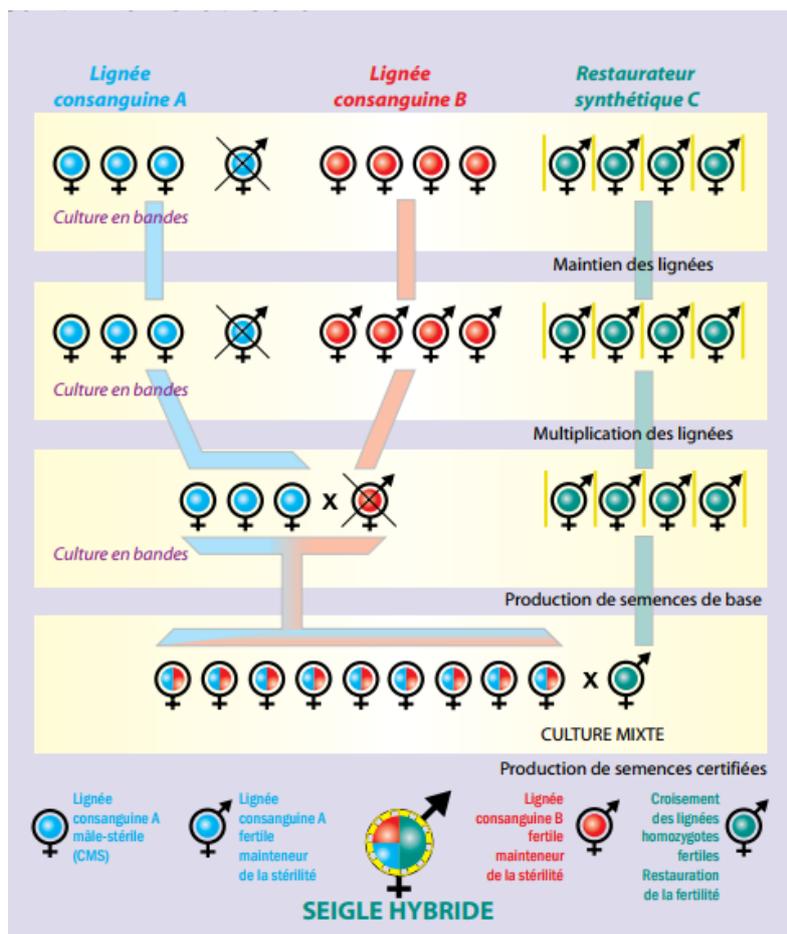


Figura 5. Proceso mediante el cual se obtiene el centeno híbrido (Deleplanque, 2017)

1. INTRODUCCIÓN

Si se siembra el grano obtenido de la cosecha de un centeno híbrido, se producirá un descenso en producción de entre el 20% y el 25%, además de presentar mermas en la resistencia a insectos, enfermedades, una maduración desuniforme, y calidades y estaturas diferentes .

La explicación se encuentra en el principio de la segregación de la segunda ley de Mendel, que dice: cuando se cruzan entre sí dos individuos heterocigotos de la primera generación, reaparecen en la descendencia los caracteres recesivos en una proporción de 3:1.

Además, el 5-10% restante por el cual la línea de híbridos sintéticos no es pura, actúa reduciendo aún más las cualidades de una posible descendencia de los híbridos. El polen que desprende la línea parental (macho), poliniza la línea androestéril, que pasa de tener únicamente un 50% de los genes parentales, a poder alcanzar en torno un 75% de dichos genes (Jenkins, 1986).

1.3 Posibles ventajas del centeno híbrido sobre el centeno convencional

Sobre el año 2000 se empezó a probar el centeno híbrido en España, más concretamente en Castilla y León, procedente de Alemania (Cecosa, 2008). Las primeras variedades cultivadas fueron la Apart y la Gamet, desarrolladas por los genetistas alemanes de Saaten Union (Hernández, 2000), y a día de hoy estas variedades ya han sido sustituidas por otras que mejoran los rendimientos (Cecosa, 2008).

El cultivo del centeno híbrido ocupa una extensión mucho menor que la cebada o el trigo en España, pero se está desarrollando últimamente bastante en la Comunidad Autónoma de Castilla y León (Villarías, 2011). En los últimos años el incremento de la demanda de este centeno ha sido considerable, claro indicador de una nueva puerta abierta al futuro de las semillas híbridas de cereal (Cecosa, 2017).

Hay muchas razones por las que este cereal esté causando tanta expectación. Es posible su cultivo en tierras donde otros cultivos no lo son, debido a que posee una gran adaptabilidad a todo tipo de terrenos (Villarías, 2011), aprovechando muy bien los recursos del suelo. Esta rusticidad la consigue, entre otras, gracias al sistema radicular que desarrolla: fasciculado, más desarrollado que el del trigo, tanto en superficie como en profundidad (Hernández, 2000).

Posee una gran capacidad de ahijamiento, llegando a los 20 hijuelos por semilla. Esto tiene la ventaja de necesitar una dosis de siembra mucho menor que el convencional, en torno a 50-60 kg/ha en secanos (Cecosa, 2011; Cecosa, 2017), prácticamente no se encama, el grano no se cae de la espiga y la planta alcanza una gran altura. Hay poca aparición de malas hierbas, gracias a su altura y capacidad de ahijamiento (Cecosa, 2004; Cecosa, 2008; Cereales Teruel, 2017; La Cumaga, 2017) y también gracias a la alelopatía con ciertas variedades de avena loca (*Avena fatua L.* o *Avena Sterilis L.*). Villarías (2011) ha comprobado que después del cultivo de centeno, los suelos quedan libres de esta mala hierba.

Sus altos rendimientos en comparación con otros cultivos son su principal característica, duplicando a los del centeno convencional (Hernández, 2000; Cecosa, 2011; Cecosa, 2017). Por el momento ha llegado a alcanzar entre los 7.000 y 9.000 kg/ha en regadío (Cecosa, 2017; Villarías, 2011) y produce un 40% como mínimo más que una cebada, cultivándose ambos en las mismas condiciones en zonas marginales (Sánchez, 2016; Cecosa, 2017). Además, se empieza a tener rentabilidad con menor producción de centeno que de cebada, puesto que los costes son menores (Cecosa, 2011) y hacen incluso saltar la duda si puede ser una buena alternativa para introducir en las rotaciones en regadíos (Cecosa, 2008).

Si hay un otoño malo en cuanto a precipitaciones, tanto centenos como otros cereales tienen una mala nascencia. Pero si en primavera se dan las lluvias necesarias, el centeno híbrido se recupera mucho mejor que el resto de cereales, y las plantas que consiguen sobrevivir a la sequía tienen un desarrollo casi normal, alcanzando más de un metro de altura y ocupando la parcela en su totalidad (Cecosa, 2008).

También hay que tener en cuenta su potencial en la producción de biocombustibles. Los altos rendimientos que se obtienen con este cereal hacen que sea idóneo para su transformación en bioetanol: 3,4 kg de centeno producen 1 litro de bioetanol, frente a la cebada que necesita 4,3 kg. Además este cereal no compite prácticamente desde el punto de vista de la alimentación humana, hecho que sí ocurre con la cebada o el trigo (Villarías, 2011).

Por otra parte, se están desarrollando variedades de centeno para que tengan mayor rendimiento de la materia seca. Esto es debido a su creciente interés como sustrato para la producción de biogas en Europa Central (Haffke *et al.*, 2014). Su relación paja/grano es de entre 2 y 2,5, frente a 1,5 del trigo. Esto es debido a que tienen una espiga parecida pero el tallo del centeno híbrido es mucho mayor (Hernández, 2000)

En relación al coste de la semilla de centeno híbrido, se puede hacer una aproximación con los datos de Cecosa Semillas. El coste de su semilla ronda el 1,12 €/kg frente al 0,50 €/kg de una variedad de polinización abierta certificada (Cecosa, 2012; Cereales Teruel, 2017). Sin embargo se ha de considerar que la dosis de siembra recomendada para este tipo de centeno es de 50-60 kg/ha debido a su vigor y alto potencial de ahijamiento (Cecosa, 2012), mientras que para variedades convencionales se recomiendan dosis altamente superiores (100-150 kg/ha). Además la dosis necesaria de abono es menor, y la aplicación de productos fitosanitarios, a veces, incluso es innecesaria (Cecosa, 2012 y Hernández, 2000).

En los últimos años, se ha trabajado en la genética del centeno para conseguir desarrollar variedades con concentraciones reducidas de antinutrientes. Las variedades de centeno híbrido, mediante la aplicación de la tecnología Polen Plus, han hecho descender bastante la susceptibilidad al cornezuelo. Más polen y durante más tiempo nos garantiza un mejor potencial de fecundación de las flores, lo cual se traduce en más granos, y en más cosecha final para el agricultor. La calidad del grano de las variedades con tecnología Polen Plus es superior, disminuyendo el riesgo de contaminación de la cosecha por cornezuelo (Schwarz *et al.*, 2015).

El principal inconveniente que podría encontrarse, tiene relación con el vigor híbrido. Los cereales que cuentan con este tipo de genética (como maíz, girasol o colza) pierden esta ventaja en la siguiente generación. Por lo tanto, es necesaria la adquisición de semilla todos los años. Los agricultores cerealistas de secano, tradicionalmente siembran en torno a un 70% de su superficie con semilla acondicionada por ellos mismos de la cosecha del año anterior. Adquieren semillas R-1 o incluso G-4, de tal manera que puedan disponer de semilla fiable durante 2 ó 3 años (Cereales Teruel, 2017).

Los precios de este cereal son bastante fluctuantes, variando año tras año entre los 150 y 200 € por tonelada (tn). Pero, por lo general, se vende en torno a 10 € más barato que la cebada y 20 € menos que el trigo, siempre que estos cereales vayan destinados a la fabricación de piensos (MAPAMA, 2017).

1.4 Importancia económica del centeno

1.4.1. Importancia a nivel mundial y nacional

El centeno se produce principalmente en los países del norte de Europa, Canadá, EEUU y Japón (López, 1991). Tanto la superficie cultivada como la producción total están en claro descenso a nivel mundial año tras año. Cogiendo un balance de la base de datos de FAOSTAT (2017) de los últimos 20 años disponibles (1994-2014), la superficie total empleada para este cultivo ha pasado de algo más de 11 millones de hectáreas (ha) hasta los 5,3 millones de hectáreas actuales. Como es lógico, la producción total de este cereal también ha descendido desde los casi 23 millones de tn que se producían en 1994 hasta los 15,2 millones de tn actuales. Como aspecto positivo, se puede destacar el rendimiento por hectárea de grano ya que, hace 20 años se puede situar en torno a 2.000 kg/ha mientras que actualmente (año 2014) se pueden obtener rendimientos de casi 3.000 kg/ha.

Europa es el gran productor mundial albergando el 90% de dicha producción, gracias sobre todo a países muy productores como Rusia, Polonia y Alemania (FAOSTAT, 2017), debido a que es un cereal apropiado para sus terrenos y clima (Hernández, 2000). Estos países cultivan mayoritariamente centeno híbrido, y por ello generalmente obtienen producciones tan elevadas (Cecosa, 2004). La media más alta la tienen en Alemania, produciendo 5.480 kg/ha, mientras que la más baja es en Rusia con aproximadamente 1.500 kg/ha (Haffke *et al.*, 2015). La producción en el resto de continentes es algo casi testimonial, puesto que Asia produce el 6,4%, América el 3,1% y entre África y Oceanía suman el 0,4 % (FAOSTAT, 2017).

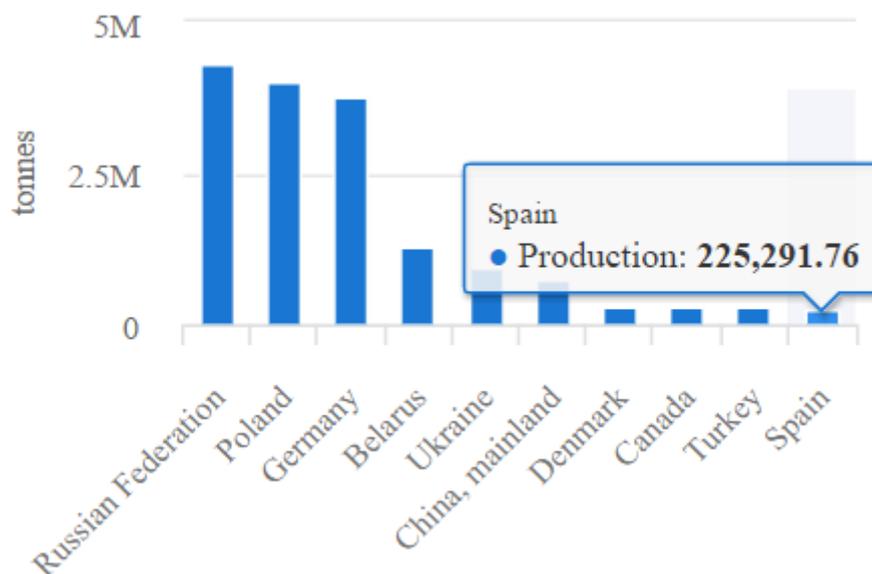


Figura 6. Producción total (t) de centeno por países en el año 2014 (FAOSTAT, 2017)

Como se puede observar en la figura 6, España ocupa el décimo lugar mundial, con una producción de 225.291,76 toneladas (t). Esta producción tuvo una regresión. Pero se puede observar en la figura 7, que durante los últimos años el área ocupada por este cereal ha ido en aumento, y por lo tanto la producción total ha ido en términos generales en línea ascendente. Este aumento en superficie, viene ligado a la introducción del material híbrido en España. Está claro que aquellos años que climatológicamente hayan sido malos, el rendimiento ha descendido (FAOSTAT, 2017).

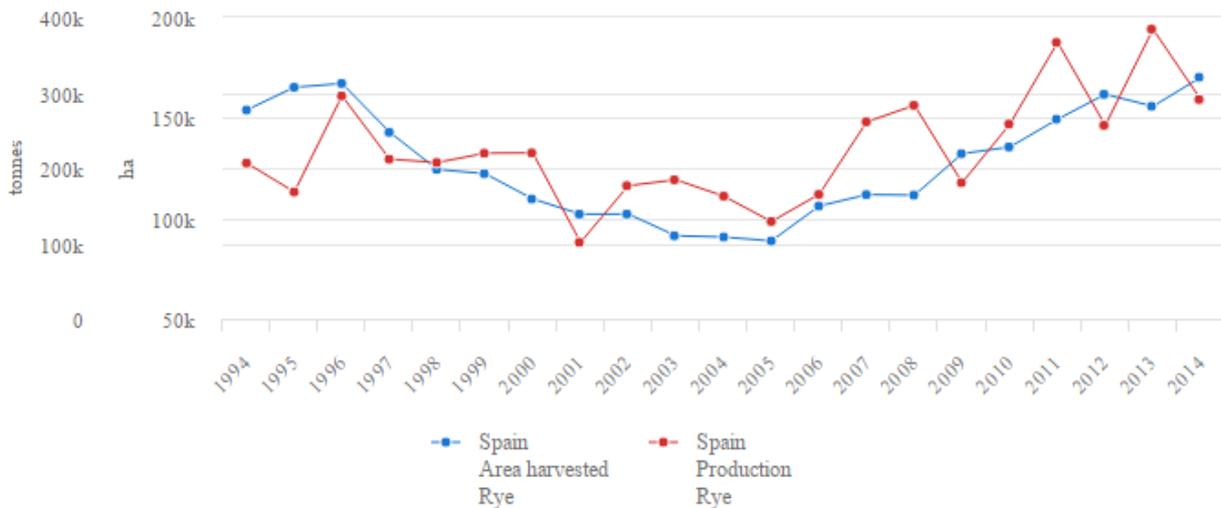


Figura 7. Superficie cultivada de centeno y producción total en España, en el período 1994-2014 (FAOSTAT, 2017)

En España, quizás incluso más que en otros países, el centeno es un cultivo que se siembra en zonas marginales y muestra de ello es la producción que se obtiene por ha. Es cierto que según el año los datos varían bastante, pero las producciones son de en torno a 1 t los años malos llegando hasta las 2,5 t en los años excepcionales según datos de FAOSTAT (2017) y MAPAMA (2017). En ningún caso se llega a las 3 t en seco que se obtienen en Europa.

En el año 2014 en España se sembraron 134.563 ha con unos rendimientos muy similares en todas partes: variando de los 1.600 kg hasta los 3.300 kg. La mayoría de la superficie se encuentra situada en Castilla: en Castilla y León hay un 67% mientras que en Castilla la Mancha hay un 15% de la superficie nacional. Aragón es la tercera comunidad en superficie y supone un 10% de la superficie total de España. En la figura 8 se puede observar la importancia por superficie de las distintas comunidades autónomas. Las que no aparecen ni mencionadas, tienen un 0,5 de cuota o incluso menos, y están todas juntas en "otros" (MAPAMA, 2017).

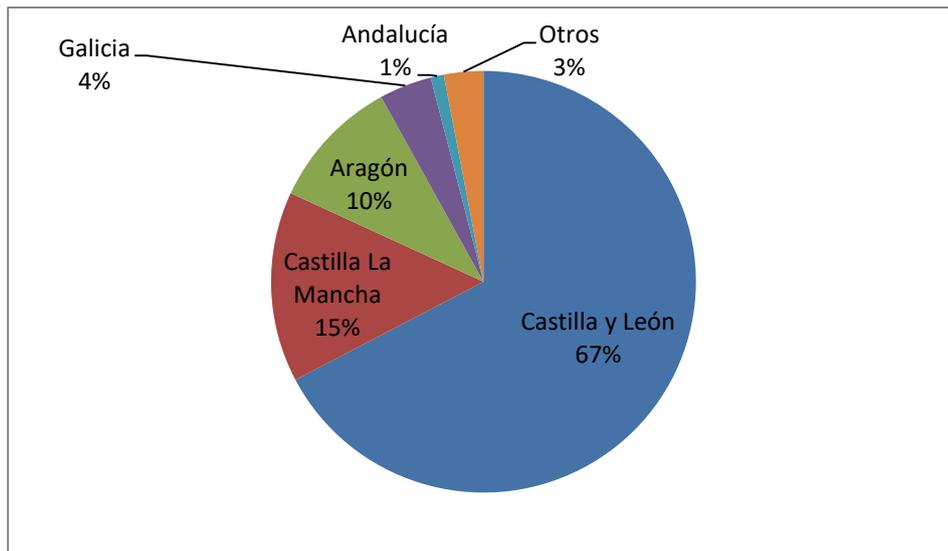


Figura 8. Porcentaje de la superficie de centeno por comunidad autónoma, comprendida en el año 2014 (MAPAMA, 2017)

A nivel de España, el centeno es el octavo cereal con mayor superficie cultivada. Como queda reflejado en la figura 9, la importancia no es muy elevada puesto que supone únicamente el 2,13 % de la superficie nacional. Tal y como viene siendo de manera tradicional, la cebada es el cultivo más importante en nuestro país, seguido del trigo blando (MAPAMA, 2017).

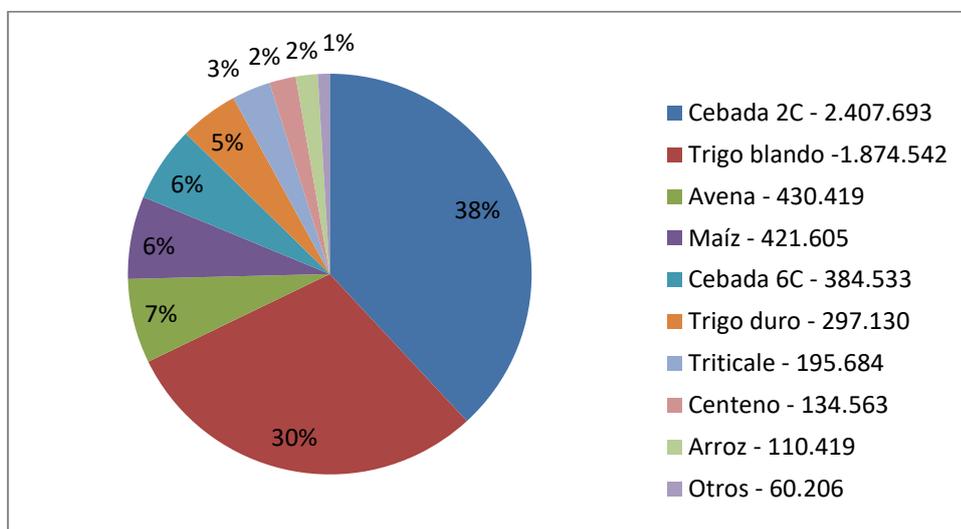


Figura 9. Superficie (ha) de los cereales más importantes, sembradas en el año 2014 en España (MAPAMA, 2017)

Bien es cierto que el centeno es el noveno cereal en cuanto a producción, puesto que el arroz tiene un rendimiento mucho mayor y por lo tanto lo supera en producción total. Como puede verse en la figura 10, se obtuvieron 233.542 t de centeno, suponiendo un 1,13% de la producción nacional (MAPAMA, 2017).

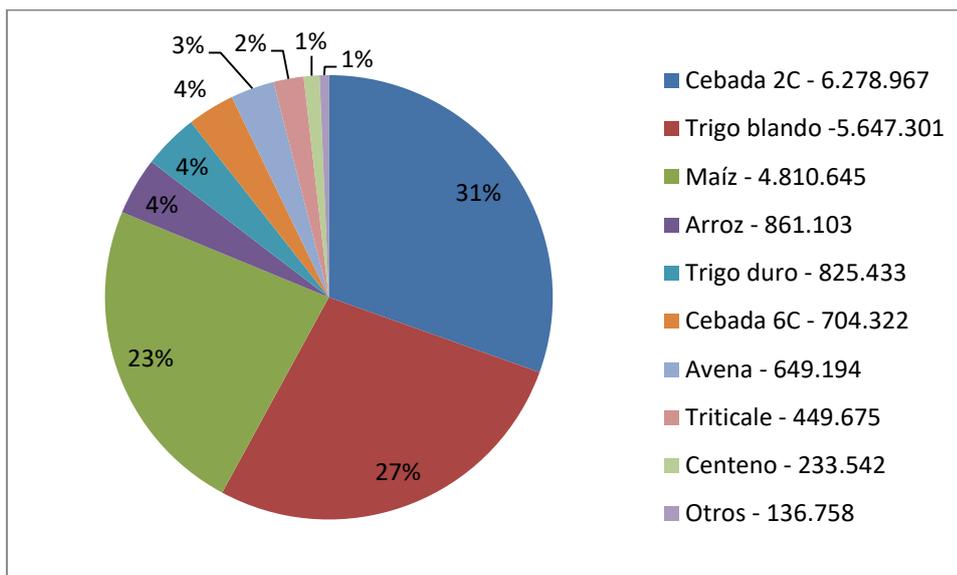


Figura 10. Producción (t) de los cereales más importantes, sembrados en el año 2014 en España (MAPAMA, 2017)

1.4.2 Producciones en Aragón

En la figura 11 se puede observar la tendencia que lleva el cereal en Aragón desde el año 1982 hasta la actualidad. Con sus subidas y bajadas, las hectáreas sembradas en secano llevan una trayectoria descendente. Bien es cierto que la producción obtenida en dicha superficie lleva un camino completamente opuesto; si se mira la trayectoria lineal, es ascendente. Hay que matizar que, lógicamente, estas producciones nunca llevan una trayectoria lineal, sino que dependiendo de la climatología que haya tenido lugar dicho año, las producciones pueden variar en cantidades enormes. Por otra parte, las hectáreas cultivadas en regadío tienen trayectoria ascendente en este período de 22 años, que se muestra en la figura 11. Cabe señalar, que hubo un período de algo más de 10 años (1993-2005), que las superficies empleadas para cereal de regadío estuvieron por debajo de la línea ascendente que hay en este período. Se puede observar cómo las producciones en los cereales de regadío tienen una variación mucho menor, puesto que no se ven tan expuestos a las condiciones meteorológicas adversas.

Los cereales en Aragón representan aproximadamente, tanto en superficie, producción y valor, el 10% del sector cerealista del estado español. Dentro de la región suponen entre el 40 y el 45% de la producción final agrícola aragonesa; es junto con los forrajes (20-22%) y frutales (22-24%) el sector más destacado en la formación de la renta agrícola aragonesa (Roldán, 2011).

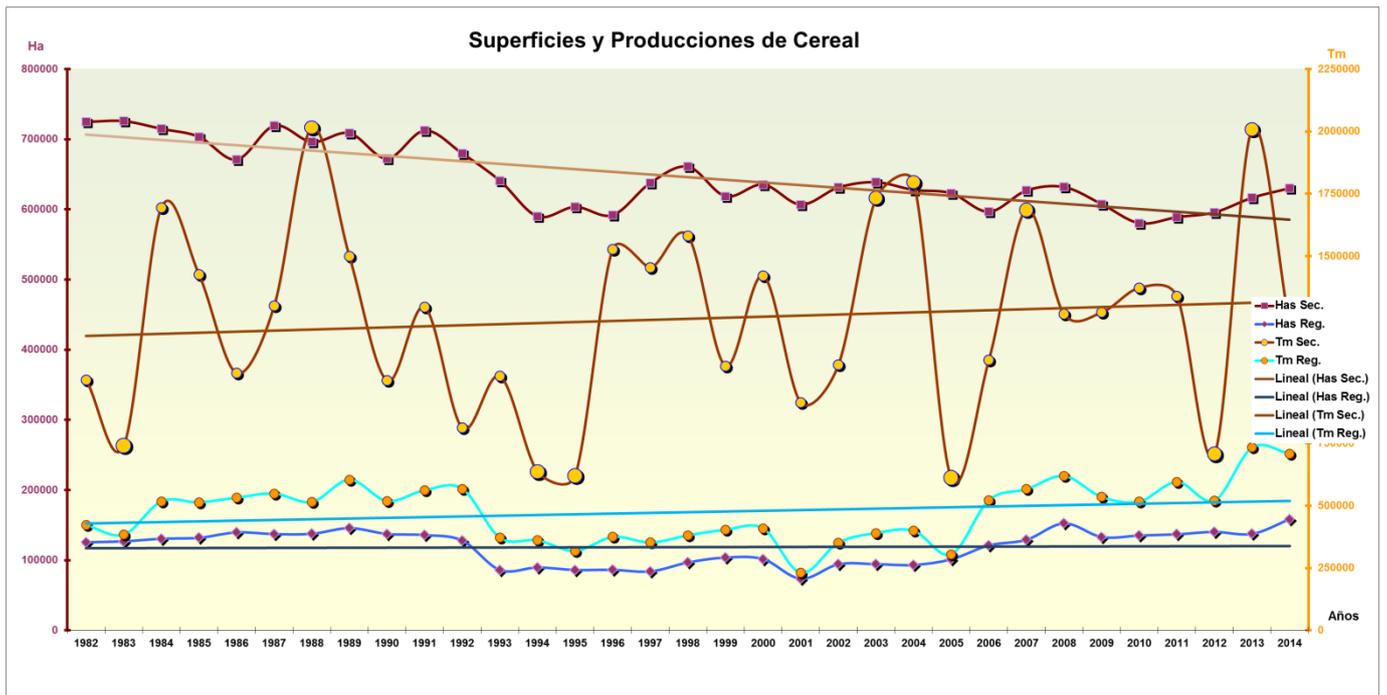


Figura 11. Superficies (ha) y producciones (t) de cereal en el período 1982-2014 en Aragón (DGA, 2017)

Este sector en Aragón tiene su producción muy condicionada a la climatología anual, debido a su condición de cereal destinado a secanos. La superficie media anual en los últimos 11 años (período 2000-2011) en el secano cerealista fue de 617.170 ha, y en el regadío 196.025 ha. En 2010, el 82% de las superficies ocupadas por cereales de invierno lo han sido en secano, mientras que las producciones allí obtenidas han sido el 68%. Los rendimientos unitarios medios para este período son de 2,1 t/ha (Roldán, 2011).

Gracias a datos proporcionados por el MAPAMA (2017) y por la DGA (2017), se puede saber que de las 782.000 ha de cereal de invierno que se pusieron en Aragón en 2014, unas 17.000 ha fueron de centeno, de tal forma que la superficie que ocupa este cultivo suponga alrededor de un 2%, como se ve en la figura 12. La cebada es el cultivo prioritario en cereales de invierno, con casi medio millón de hectáreas (62%), seguido a gran distancia de los trigos: algo más de 160.000 de trigo blando (21%) y unas 100.000 de trigo duro (13%).

La gran mayoría de la superficie de centeno en Aragón está sembrada en secano: en torno a un 97% (18.938 ha) frente a las 633 ha en regadío, según los datos declarados por los agricultores en la PAC (DGA, 2017). De nuevo vuelve a ponerse de manifiesto que es un cultivo destinado a zonas marginales, sabiendo que el 71% de la superficie con este cereal está en la provincia de Teruel, como puede observarse en la figura 14. En el año 2014, se obtuvo un rendimiento de 1.700 kg/ha en secano y unos 3.000 kg/ha en regadío, datos similares a los del resto de España (MAPAMA, 2017).

En lo relativo a los cereales de verano, el arroz carece prácticamente de importancia pero el maíz sí que tiene mucho protagonismo con una cuota del 8%. Aún con todo, sigue sin competir con los cereales de invierno en superficie.

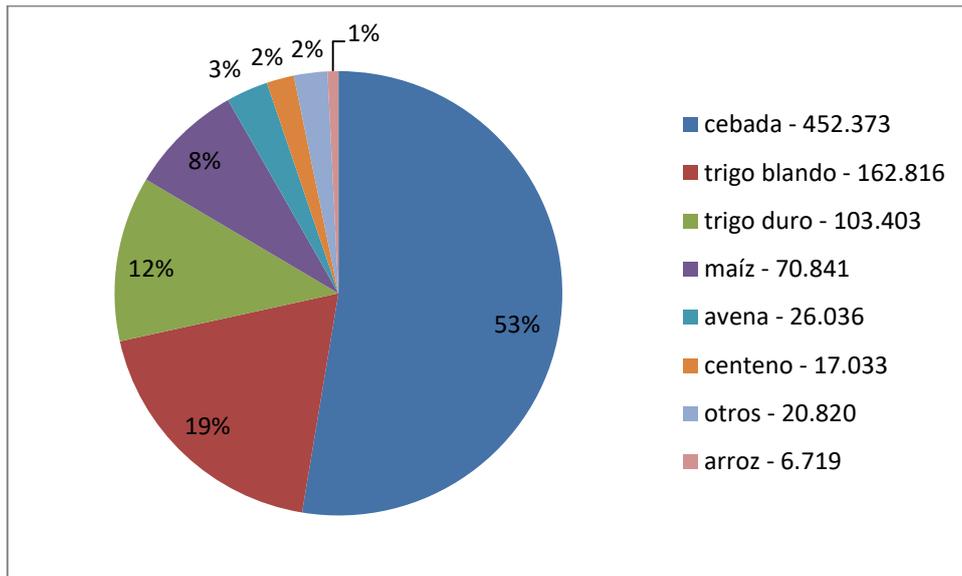


Figura 12. Superficie (ha) de los cereales más importantes, sembradas en el año 2015 en Aragón (DGA, 2017)

Si se tienen en cuenta las producciones totales, el centeno supuso un total del 2% del grano cosechado en la Comunidad Autónoma de Aragón, una importancia similar a la obtenida en superficie. El que más cambio sufre es el maíz, ya que al tratarse de un cultivo de regadío y de verano, los rendimientos por hectárea son mucho mayores que los de los cereales de invierno. Esta cuota de producción se puede observar en la figura 13.

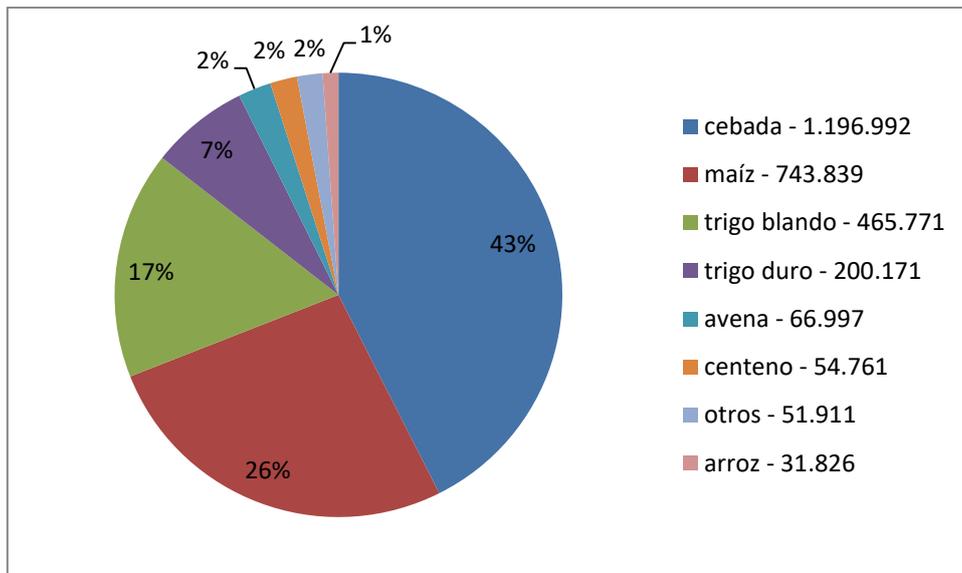


Figura 13. Producción (t) de los cereales más importantes, sembrados en el año 2015 en Aragón (MAPAMA, 2017)

Como se ha mencionado antes, la gran mayoría del centeno en Aragón se encuentra situado en la provincia de Teruel. En el año 2015, última campaña de la que se tienen datos (DGA, 2017), unas 11.000 ha de las 17.000 ha sembradas en Aragón, se situaron en la provincia de Teruel.

En la figura 14, se puede apreciar el desarrollo del centeno tanto en superficie como de producción, en Aragón y en cada una de sus tres provincias, en el intervalo de años 2000-2015. Se puede ver un gran crecimiento en este período en ambos aspectos (DGA, 2017).

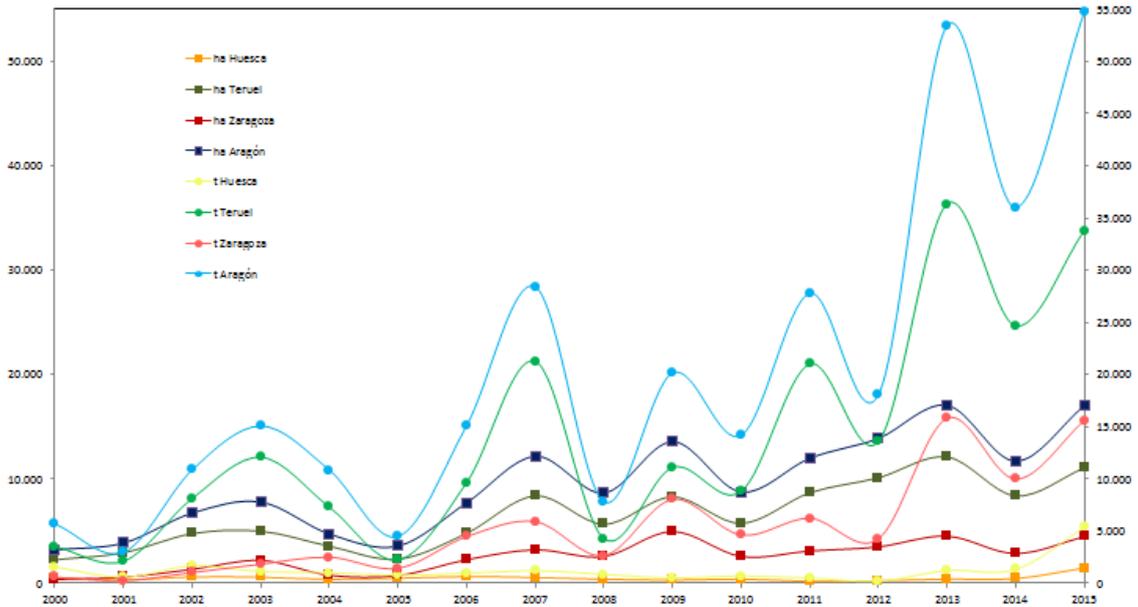


Figura 14. Superficie (ha) y producción (t) de centeno en las tres provincias de Aragón, en el período 2000-2015 (DGA, 2017)

En torno el año 2010, se comenzaron a introducir en Aragón los centenos híbridos. Desde entonces hay un aumento de los rendimientos por hectárea como se observa en la figura 15, a excepción de la campaña 2012, que presentó grandes adversidades climatológicas.

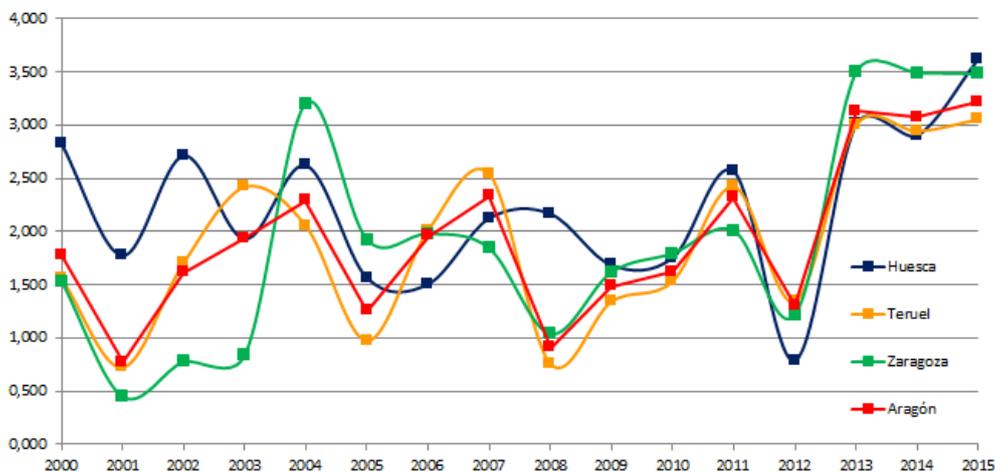


Figura 15. Rendimientos (t) del centeno en Aragón y sus provincias, entre los años 2000-2015 (DGA, 2017)

En la tabla 7, se pueden ver las superficies y producciones del centeno por comunidades. La que más hectáreas destina a este cultivo es el Jiloca, con una gran diferencia respecto al resto. Está seguida por Montalbán y la Hoya de Teruel (ambas en la provincia de Teruel) y Daroca (en Zaragoza), todas ellas con una superficie parecida.

Tabla 7. Superficie, producción y rendimiento de centeno en las distintas comunidades en el período 2000-2015 (DGA, 2017)

CENTENO 2000-2015		Has cultiv.	Tm	Rendimiento
HUESCA	Jacetania	29,1	65,2	2,24
	Sobrarbe	14,5	32,6	2,24
	Ribagorza	209,8	458,3	2,18
	Hoya Huesca	95,6	215,5	2,25
	Somontano	13,4	37,2	2,77
	Monegros	74,4	199,8	2,68
	La Litera	38,4	126,0	3,28
	Bajo Cinca	36,7	113,5	3,09
TERUEL	Jiloca	3153,8	6951,9	2,20
	S. Montalban	1268,3	2623,0	2,07
	Bajo Aragón	108,9	242,8	2,23
	S. Albarracín	258,9	555,7	2,15
	Hoya Teruel	1335,3	2881,1	2,16
	Maestrazgo	385,3	853,2	2,21
ZARAGOZA	Ejea de los C.	57,7	156,9	2,72
	Borja	44,4	102,2	2,30
	Calatayud	422,8	792,2	1,87
	La Almunia	84,4	188,3	2,23
	Zaragoza	280,8	668,2	2,38
	Daroca	1584,2	3459,9	2,18
	Caspe	37,5	93,3	2,49
HUESCA		512,0	1239,4	2,42
TERUEL		6510,5	13754,1	2,11
ZARAGOZA		2511,8	5339,7	2,13
ARAGÓN		9534,3	20362,6	2,14

La provincia de Huesca con el 35% de la superficie cultivada del cereal aragonés, produce el 45%; sin embargo Teruel con el 22% superficial produce el 17% y Zaragoza con el 42% produce el 37% (Roldán, 2011). Con estos datos se entiende porqué Teruel y Zaragoza tienen la mayor parte del centeno, por delante de Huesca.

1. INTRODUCCIÓN

En la figura 16, se muestra una distribución de distintos cultivos en la región de Aragón. Los puntos marrones claros representan el trigo, y los verdes claros la cebada. De esta forma podemos observar cómo los secanos áridos del Valle del Ebro son cultivados de trigo (especialmente duro), mientras que en los semiáridos de las provincias de Huesca y Teruel predomina la cebada. Los secanos subhúmedos son normalmente ocupados por el trigo blando. La avena (puntos azules) se practica en Teruel, especialmente en el norte de la provincia (Roldán, 2011). El centeno no cobra prácticamente importancia.

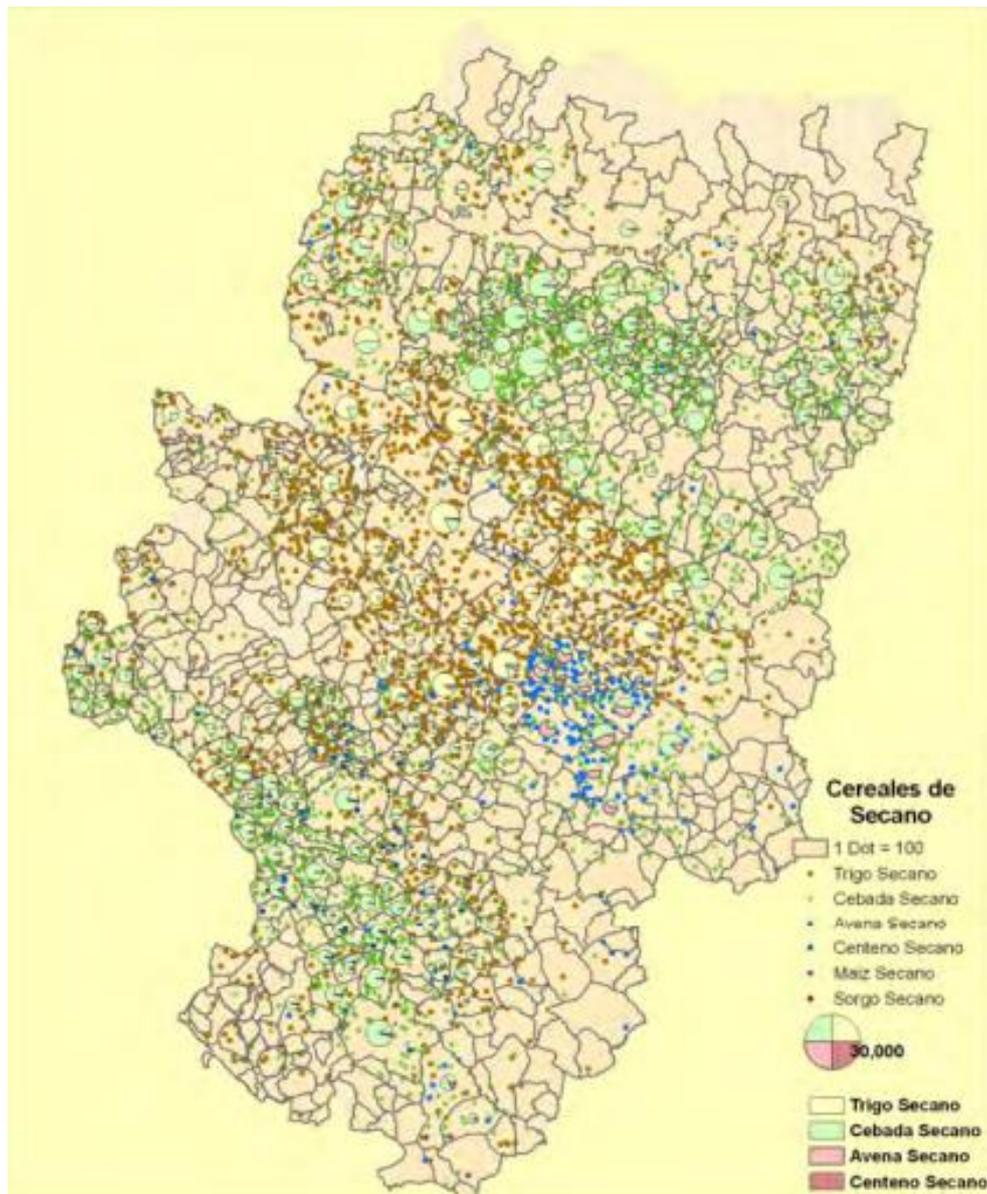


Figura 16. Densidades municipales de los diversos cereales cultivados en Aragón. Cada punto representa 100 ha sembradas en el municipio (Roldán, 2011)

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Actualmente, el centeno supone un 2% de la superficie total cultivada, tanto a nivel nacional como regional. Una superficie insignificante si se tiene en cuenta que más del 80% del cereal de invierno cultivado en Aragón es en secano, y que el centeno es principalmente un cultivo apropiado para este tipo de condiciones.

Los cereales de invierno ocupan el mayor porcentaje de la superficie de secano, y en zonas áridas y marginales todavía cobra mayor importancia. Como se ha expuesto previamente, el trigo, y en mayor parte la cebada, son los cultivos más implantados en estas zonas.

Al tener la sequía como un elemento climático muy presente en nuestra región, hay que intentar seleccionar especies y variedades lo más rústicas posibles. Debido a esta adversidad climatológica, las desviaciones medias productivas totales anuales de los secanos son de en torno a un 28%, afectando negativamente y llegando muchas veces a no producirse la recolección. Por ese motivo premian los cultivos que puedan asegurar una cierta estabilidad.

Dese hace unos pocos años se está trabajando con material genético nuevo en los centenos: los híbridos. Mediante estas nuevas variedades, se intenta potenciar la rusticidad que ya de por sí tiene el centeno e incrementar las producciones obtenidas. El centeno, al ser una planta alógama, cuenta con una gran capacidad para incrementar la producción. Esta ventaja se puede ver claramente en el maíz, que también es un cultivo alógamo.

En este trabajo se van a plasmar y comentar los resultados obtenidos en varios ensayos del Centro de Transferencia Agroalimentaria (CTA), concretamente en dos localidades: Used (Zaragoza) y Visiedo (Teruel). En el primer emplazamiento se cuenta con datos de las 4 últimas campañas, mientras que en la parcela de Visiedo se tienen resultados de las 8 últimas campañas.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Evaluar las principales características del centeno híbrido.
- Contrastar la producción de las nuevas variedades de centeno híbrido con los testigos de centeno convencional y centeno híbrido, además de con otros cultivos como la cebada, el trigo y el triticale.
- Valorar el material genético nuevo de centeno híbrido que se ha introducido en el mercado: desde las primeras variedades hasta las que se han obtenido estos últimos años.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Localización y caracterización de las parcelas de ensayo

3.1.1 Used

La localidad de Used pertenece a la Comarca del Campo de Daroca y está situada al pie de la sierra de Santa Cruz. Dista 104 km con Zaragoza y cuenta con una altitud de 1.050 metros. Su término municipal tiene una superficie de 85,3 km² y en el año 2016 su población era de 267 habitantes.

Está situada en una llanura llamada Campo de Bello. Su término linda, al norte con los de Atea, Orcajo y Balconchán, al sur con los de La Yunta y Embid de la provincia de Guadalajara en la Comunidad Autónoma de Castilla-la Mancha y Torralba de los Frailes; al este con los de Santed, Gallocanta y Las Cuerlas, y al oeste con los de Torralba de los Frailes y Cubel.

De las 8.530 ha que tiene el término municipal de Used, 6.136 ha son superficie labrada, representando un 72,1 %; 1.427 ha son superficie no labrada, siendo un 16,8 %; y por último 950 ha son de superficie improductiva, un 11,1 %.

La superficie cultivada es de secano, y se dedica principalmente al cultivo extensivo de cereal. La superficie dedicada al cultivo de regadío es testimonial y no llega al 0,1% de la superficie labrada. La superficie no cultivada es bosque, dedicado a la explotación forestal, y monte bajo poblado con especies espontáneas no arbóreas, como tomillo, romero, jara, retama, y otras especies espontáneas.

La parcela en la que se realizan los ensayos, tal y como se muestra en la figura 17, pertenece a la provincia de Zaragoza, municipio de Used y está situada en el polígono 7, parcela 19, a 1.050 metros sobre el nivel del mar.

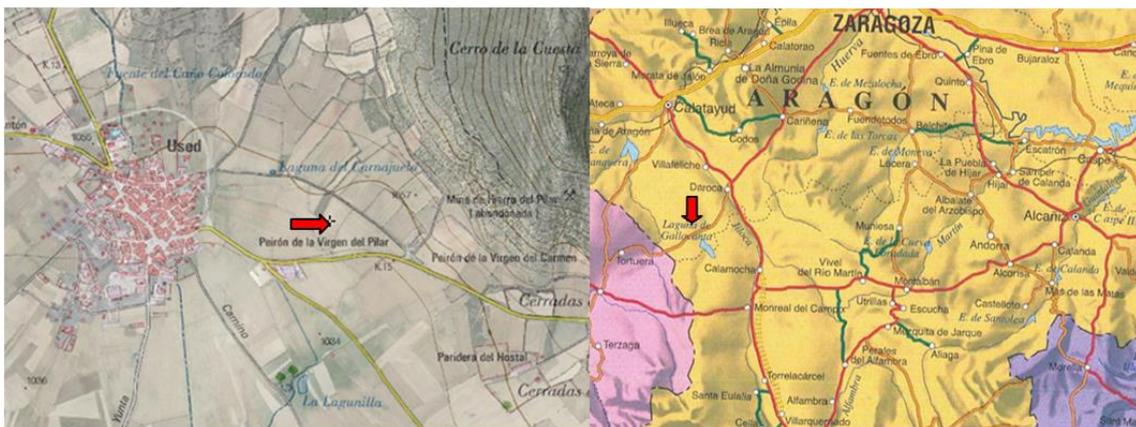


Figura 17. Emplazamiento de la parcela de Used (Fuente: SigPac)

Cuenta con una superficie de 1,85 ha y el suelo tiene una textura franca. Se realiza todos los años sobre esta misma parcela pero cambiando de localización dentro de la misma, produciéndose de esta manera la necesaria rotación.

3.1.2 Visiedo

Visiedo es una localidad y municipio de la provincia de Teruel perteneciente a la comarca de Comunidad de Teruel, en la comunidad autónoma de Aragón. Se encuentra a 47,1 km de la ciudad de Teruel y está situada a una altitud de 1.185 metros. Su término municipal tiene una superficie de 55,53 km² y en el año 2016 su población era de 138 habitantes.

En la figura 18, se puede ver el emplazamiento de la parcela en la que se realizan los ensayos de Visiedo. Ésta, pertenece a la provincia de Teruel, municipio de Visiedo y está situada en el polígono 15, parcela 25, a 1.185 metros sobre el nivel del mar.

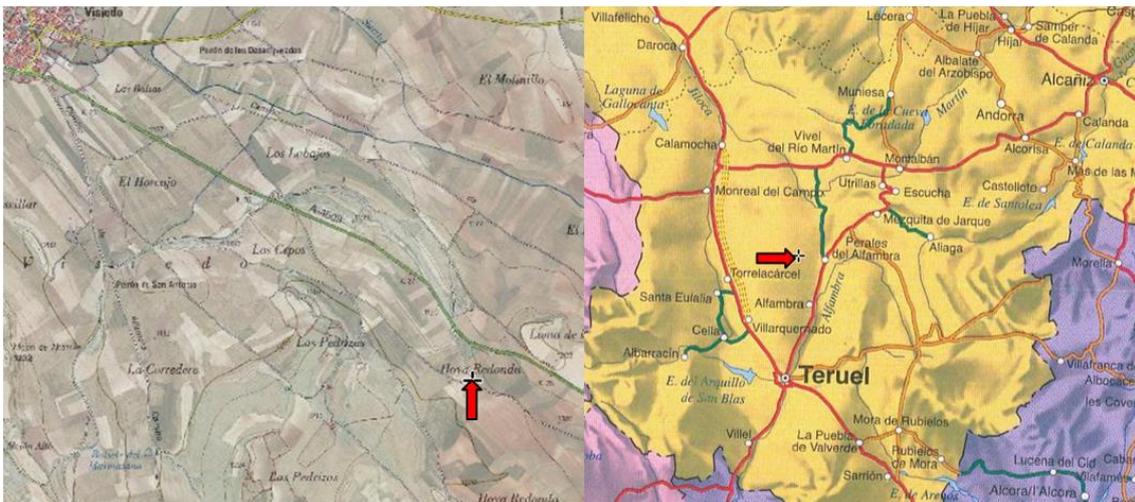


Figura 18. Emplazamiento de la parcela de Visiedo (Fuente: SigPac)

Cuenta con una superficie de 1,65 ha y el suelo es franco-arcilloso. Al igual que en Used, se realiza todos los años sobre la misma parcela, pero cambiando de localización dentro de la misma, realizando de esta manera la necesaria rotación.

3.2 Preparación de los ensayos

La Unidad Técnica de Cultivos Herbáceos del CTA, que depende del Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón, y que está dirigida por el Ingeniero Técnico Agrícola Miguel Gutiérrez, lleva a cabo, anualmente, ensayos de cereales en varias localidades de Aragón. El autor de este Trabajo Fin de Máster participó en la época de cosecha y recolección de datos de la campaña 2015-2016 y en la preparación y siembra de los ensayos de la campaña siguiente, la 2016-2017. Estos ensayos están incluidos también en la red GENVCE (Grupo para la Evaluación de las Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España).

Para el presente estudio se emplearán únicamente los datos de las parcelas de Used y Visiedo, puesto que son las que tienen el centeno híbrido.

Los ensayos tienen un diseño en bloques al azar, con 4 repeticiones por variedad. La siembra se realiza a bandas, como se muestra en la figura 19. Cada parcela tiene en torno a 14 m² (12 m largo x 1,2 m ancho). Se realiza de este modo para tener en cuenta las irregularidades que pueda tener el campo, obteniéndose así una media de la variedad más fiable. Alrededor del ensayo se siembran varias bandas del testigo a modo de bordura, para que las desventajas que puedan tener las plantas de los contornos no afecten a los resultados del ensayo.

En ambas parcelas se realiza la siembra durante el mes de noviembre, mientras que la cosecha tiene lugar la segunda quincena de julio. Como es de prever, cada año varía un poco la fecha exacta, debido tanto a condiciones meteorológicas como a la disponibilidad del equipo del CTA que se dedica a ello.

El centeno híbrido se siembra a una densidad de 260 semillas por m², mientras que el convencional tiene una densidad de siembra mayor: 400 semillas por m².

BORDURA											
1	BRANDIE	15	KWS H-172	29	SU BENDIX	43	PETKUS	57	BORDURA	71	KWS MATTINO
2	VINETO	16	BONO	30	KWS GATANO	44	RGT H150	58	PALAZZO	72	RGT KEAC
3	SU COMPOSIT	17	KWS SERAFINO	31	PALAZZO	45	KWS H-172	59	KWS GATANO	73	RGT ELEAC (trit)
4	RGT DOLARO	18	RGT H150	32	Evalo	46	RGT TRHYB	60	KWS SERAFINO	74	BONO
5	BORDURA	19	RGT KEAC	33	RGT ELEAC (trit)	47	SU COMPOSIT	61	RGT H-168	75	SU BENDIX
6	SU MEPHISTO	20	RGT H-168	34	PETKUS	48	BRANDIE	62	SU PERFORMER	76	RGT DOLARO
7	KWS MATTINO	21	SU PERFORMER	35	RGT TRHYB	49	VINETO	63	SU MEPHISTO	77	Evalo
8	Evalo	22	BRANDIE	36	RGT H-168	50	RGT DOLARO	64	PETKUS	78	KWS GATANO
9	PETKUS	23	SU COMPOSIT	37	RGT KEAC	51	RGT ELEAC (trit)	65	RGT TRHYB	79	RGT H-168
10	SU BENDIX	24	KWS GATANO	38	KWS SERAFINO	52	SU MEPHISTO	66	KWS H-172	80	PALAZZO
11	RGT H150	25	RGT ELEAC (trit)	39	VINETO	53	RGT KEAC	67	BONO	81	BRANDIE
12	PALAZZO	26	RGT TRHYB	40	RGT DOLARO	54	KWS SERAFINO	68	Evalo	82	BORDURA
13	BONO	27	SU MEPHISTO	41	KWS MATTINO	55	SU PERFORMER	69	SU COMPOSIT	83	VINETO
14	SU PERFORMER	28	BORDURA	42	KWS H-172	56	SU BENDIX	70	KWS MATTINO	84	RGT H150
BORDURA											

Figura 19. Croquis tipo de un ensayo. Este pertenece al ensayo de centeno híbrido de Visiedo de la campaña 2016/2017

3.3 Labores agrícolas realizadas

En primer lugar hay que recalcar que las parcelas en las cuales están situados los ensayos, reciben el mismo manejo que el resto de las parcelas del agricultor. Con esto se quiere dejar claro que no hay ningún trato de preferencia, de tal manera que las producciones obtenidas son muy cercanas a las que el agricultor podría recoger en su finca.

El CTA se encarga únicamente de la siembra y de la cosecha de los ensayos (figura 20). El resto de labores agrícolas las realiza el agricultor propietario de la parcela. Éste se encarga de las labores de preparación del terreno, de aplicar el abono y de aplicar los productos fitosanitarios que sean necesarios.

En ambas localidades las prácticas realizadas son muy parecidas; un año se implanta el cultivo y el siguiente se deja esa superficie en barbecho. Es el sistema de rotación de cultivos tradicional en estas condiciones, conocido como “año-vez”. El barbecho es una práctica muy habitual en las tierras de secano. Mediante éste, se consigue que el suelo acumule agua y nutrientes que el cultivo podrá aprovechar el año siguiente, y si además se produce una buena gestión de las malas hierbas, también se consigue reducirlas de manera notable.

Respecto al sistema de laboreo de las parcelas, en ambas se produce un manejo tradicional en el que se labra la tierra. En el año posterior a la cosecha, únicamente se realiza alguna labor, si se considera necesario para controlar las malas hierbas. Éstas pueden ser controladas mediante una labor de grada, o mediante el herbicida que sea necesario, dependiendo del grado de perjuicio que haya y de las prácticas que habitúe el agricultor.

Unos meses antes de sembrar, a finales de la primavera anterior, se hace una labor con la grada con el fin de voltear la tierra y enterrar la paja y las malas hierbas que pueda haber. Es importante que ésta se produzca con buen tempero para que la grada profundice debidamente. A finales del verano, se vuelve a labrar pero esta vez con el chisel, labor que no implica el volteo de la tierra. Mediante ésta, se consigue resquebrajar el terreno y matar las posibles hierbas que hayan nacido durante el verano. Poco tiempo después, en torno a finales de septiembre, se procede a abonar la tierra. Generalmente se aplican unos 200 kg/ha del compuesto 12-24-12 y acto seguido se pasa el rulo con el cultivador. Se consigue así envolver el abono, matar las hierbas que hayan podido salir en este tiempo, y dejar la tierra ya preparada para la siembra.

En el caso de las parcelas destinadas a los ensayos, se siembran siempre durante el mes de noviembre, variando un poco la fecha exacta dependiendo de las condiciones meteorológicas y de la disponibilidad del equipo del CTA que se dedica a esta labor.

Dependiendo del agricultor, cabe la posibilidad que poco después de la siembra, se realice un tratamiento fitosanitario con herbicida en pre-emergencia. En caso contrario, hasta la primavera no se vuelve a entrar al campo con el fin de realizar labores. Es a la salida de la parada invernal cuando necesitará un aporte de abono, y es el momento también de realizar una aplicación de fitosanitarios (herbicidas post-emergencia principalmente), siempre que

fuera necesario. Dependiendo de las condiciones meteorológicas y del estado del cultivo y de las malas hierbas, se aplicará antes el herbicida o el abono. Generalmente, se aplica el abono a finales de febrero o principios de marzo, mientras que con el herbicida se hace lo propio 2 ó 3 semanas después.

En el abonado, para cebadas y trigos se aplican un mínimo de 150 kg/ha de urea; si éste se realiza con nitrato, la dosis es algo mayor, unos 180 kg/ha, y su aplicación algo más tardía. En cuanto a los centenos, el abonado de cobertera es de más o menos la mitad.

Respecto a la aplicación de herbicidas, los agricultores propietarios de las parcelas en las que se realizan los ensayos, aplican 2,4-D a una dosis de 0,6-0,75 L/ha. Importante que se realice siempre con la temperatura adecuada, entre 5 y 25 °C (Cereales Teruel, 2017; La Cumaga, 2017).



Figura 20. Equipo del CTA, realizando las labores de cosecha

3.4 Climatología

Debido a los cambios que se están realizando en la Red GENVCE, para la evaluación agronómica y de la calidad de las nuevas variedades de cebada, trigo blando, trigo duro, triticale, avena y centeno en España, todas las Zonas de experimentación de las Redes de Trabajo a nivel nacional se han reestructurado en distintas zonas agroclimáticas y se han agrupado todos los resultados de estos trabajos en función de estas Zonas, con la finalidad de facilitar la interpretación de los datos teniendo en cuenta los valores de pluviometría y temperatura de cada localidad, además de intentar fortalecer el trabajo en Red como herramienta que supere el ámbito local de las recomendaciones que se elaboren en un futuro (Gutiérrez, 2017).

Las localidades en las que están situadas las parcelas quedan reflejadas en la figura 21. Visiedo tiene el número 1, mientras que Used tiene el número 3. Como está detallado a la derecha de la figura, ambas están clasificadas dentro de las tierras altas del Sistema Ibérico. La diferencia es que Used es un secano semiárido, mientras que Visiedo es un secano árido.

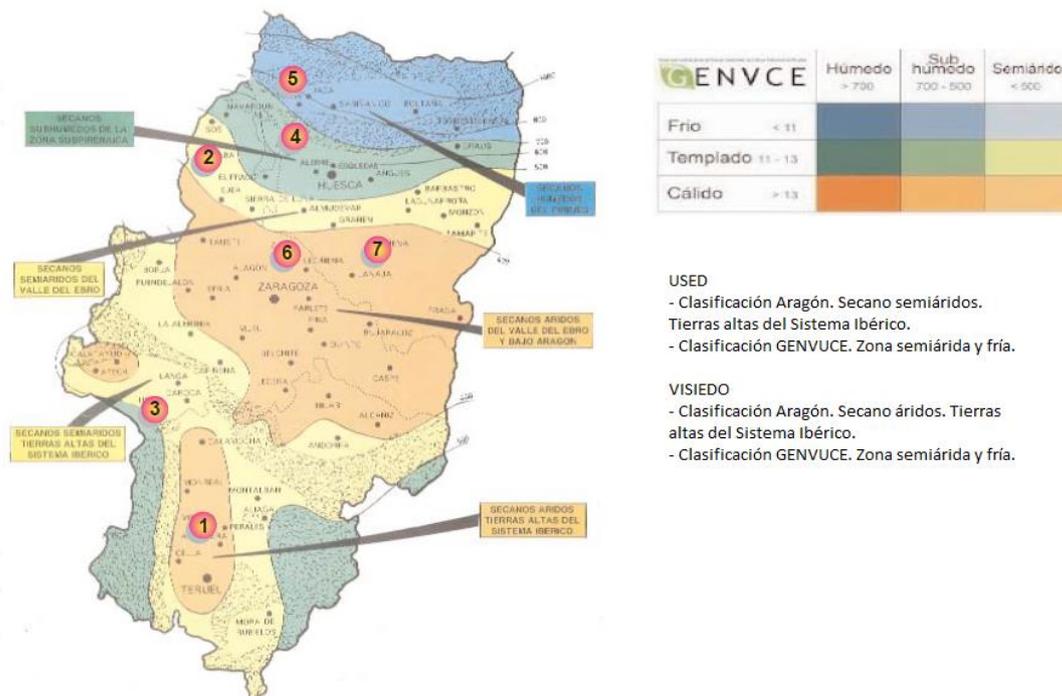


Figura 21. Distribución climática de las zonas de Aragón (Fuente: Gutiérrez, 2017)

A continuación se mostrarán los datos meteorológicos más relevantes obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), durante las campañas de ensayo en ambas localidades.

3.4.1 Used

La AEMET cuenta con tres estaciones meteorológicas cercanas a la parcela en la que se realizan los ensayos. En la siguiente tabla 8, se muestra su localización exacta.

Tabla 8. Estaciones meteorológicas cercanas a la parcela de Used (AEMET, 2017)

INDICATIVO	NOMBRE	ALTITUD	LONGITUD O	LATITUD N
9358G	TORRALBA DE LOS FRAILES	1.090	1º 39' 45''	41º 02' 09''
9390I	ORCAJO	925	1º 29' 33''	41º 06' 27''
9997E	USED	1.043	1º 33' 34''	41º 03' 08''

En la estación situada en Used, tan sólo se recogen datos pluviométricos. Para tener datos de temperaturas hay que desplazarse a Orcajo y a Torralba de los Frailes. Ambas localidades distan 9 km con Used; Torralba hacia el oeste y Orcajo hacia el noreste. Ambas con unas precipitaciones muy parecidas a las de Used: entre 350 y 450 mm. Al carecer de datos sobre las temperaturas, se toman los datos de Orcajo y se complementan con los de la estación de Torralba.

Como se ha citado anteriormente, Used es un secano semiárido debido principalmente a una precipitación anual poco abundante: la media oscila entre los 350 y los 450 mm. Está repartida irregularmente a lo largo del año, siendo los períodos más húmedos de abril a junio y de septiembre a noviembre.

Todos estos datos se han expresado en los distintos climogramas que pueden verse en el anejo 1. Se puede observar cómo noviembre, por lo general, es el mes con mayor precipitación. Un dato importante si se cumpliera siempre, debido a que se aseguraría la siembra. En la tabla 9, se muestra la pluviometría mensual de los 4 años de los que se tienen resultados de los ensayos, y también de la total de la campaña, variando entre los 300 y los 400 mm.

Tabla 9. Datos pluviométricos (mm) en campaña en la localidad de Used (AEMET, 2017)

	SEP	OCT	NOV	DIC	S-D	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	E-J	TOTAL
2013-2014	20,5	8	43,8	25	97,3	43,5	25	35	34	18,5	78	234	331,3
2014-2015	34,5	10,5	82,5	39,5	167	24	23,5	63,7	23,5	13	77	225	391,7
2015-2016	18,5	23,5	41,5	0	83,5	50,5	68	64,5	32	28,5	13	257	340
2016-2017	9	35,5	71,5	9	125	18,5	20,5	37,5	19	23,5	53	172	297

3.4.2 Visiedo

Para la obtención de datos de Visiedo, se han tenido en cuenta las estaciones meteorológicas detalladas en la tabla 10.

Tabla 10. Estaciones meteorológicas cercanas a la parcela de Visiedo (AEMET, 2017)

INDICATIVO	NOMBRE	ALTITUD	LONGITUD O	LATITUD N
8362	ARGENTE	1.252	1º 09' 21''	40º 41' 16''
8362G	VISIEDO	1.185	1º 05' 41''	40º 41' 16''
9382E	PANCRUDO	1.285	1º 01' 59''	40º 45' 42''

Se vuelve a tener la presencia de una estación meteorológica en el lugar del ensayo, pero sólo se dispone de datos hasta el año 2007. A partir de esta fecha, se tienen datos de las estaciones de Argente y Pancrudo. Ambas localidades están muy próximas a Visiedo: Argente se encuentra a tan sólo 6 km de distancia hacia el oeste, mientras que Pancrudo dista unos 10 km en dirección noreste. En el período de 8 años en el que se ha realizado la comparación entre estas tres estaciones, tanto Argente como Pancrudo tienen una precipitación media anual de unos 50 mm superior que la de Visiedo.

Lo observado en la comparación de la serie de años 2000 a 2007, es que las temperaturas máximas de Visiedo son en comparación con las de Pancrudo 1 °C superior, mientras que las mínimas son 1 °C inferior. En cuanto a las precipitaciones, esta vez hay datos hasta la actualidad tanto de Argente como de Pancrudo. Con estos datos a nuestro alcance, se ha realizado una media de la pluviometría de ambas localidades

Debido a la disponibilidad de los datos de la AEMET, los climogramas realizados que se pueden ver en el anejo 2 para Visiedo, han sido completados con los datos pluviométricos de la estación perteneciente a Argente y con temperaturas de Pancrudo. En la tabla 11 puede verse la pluviometría acumulada en campaña en Argente en el período de los 8 años que se cuenta con ensayos, que varía de unos 300 mm hasta los casi 500 mm. Habría que tener en cuenta lo citado anteriormente, que en Visiedo tienen una pluviometría 50 mm inferior.

Tabla 11. Datos pluviométricos (mm) en campaña en la localidad de Visiedo (AEMET, 2017)

	SEP	OCT	NOV	DIC	S-D	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	E-J	TOTAL
2009-2010	49,6	11,2	20,4	63,3	145	46,3	28,9	47,3	75,6	71,7	70,9	341	485,2
2010-2011	33,8	47,7	20,6	18,4	121	6,9	24,6	57,2	66	12	48,9	216	336,1
2011-2012	2,9	8	83,8	4	98,7	14,6	6,6	13,3	56	26,7	59,5	177	275,4
2012-2013	32,4	73,9	73,9	2,6	183	32,7	37,5	53,6	53,9	52,8	48,6	279	461,9
2013-2014	16,3	7,2	43,5	17,7	84,7	48	35	45,1	32,3	31,8	24,6	217	301,5
2014-2015	48,5	21,6	59	31,4	161	30,8	34,7	62	11,1	31,4	56,7	227	387,2
2015-2016	11,4	18,4	42,1	63,7	136	27,3	39,2	47,9	31	18,9	38,1	202	338
2016-2017	11,5	24,8	63,7	56	156	51,5	14,7	39,9	30,9	76,1	53,5	267	422,6

3.5 Variedades de centeno ensayadas

En las tablas 12 y 13, aparecen las variedades tanto de centeno convencional como de centeno híbrido, que se han empleado en los ensayos de las localidades de Used y de Visiedo. Además, está detallado en qué año se ha empleado cada variedad.

Tabla 12. Variedades de centeno convencional y centeno híbrido, entidad que las comercializa y años en las que han sido incluidas en los ensayos en Used (Gutiérrez, 2014; 2015; 2016; 2017)

CENTENO CONVENCIONAL					
Variedad	Entidad comercial	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Amber	Agrusa	X			
Petkus	Agrusa	X	X	X	X

CENTENO HÍBRIDO					
Variedad	Entidad comercial	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Askari	Agrar	X	X		
Bono	RAGT Ibérica	X	X	X	X
Brandie	Agrar		X	X	X
Brasetto	KWS	X	X		
Dellgano	RAGT Ibérica	X	X		
Dolaro	RAGT Ibérica		X	X	X
Evoló	RAGT Ibérica	X	X	X	X
Fabreo	RAGT Ibérica		X	X	
Guttino	KWS	X	X		
Helltop	Agrusa	X	X		
KWS BINNTO	KWS		X	X	
KWS DANIELLO	KWS	X	X	X	
KWS ETERNO	KWS		X	X	
KWS FLORANO	KWS		X	X	
KWS GATANO	KWS	X	X	X	X
KWS H158	KWS			X	
KWS H161	KWS			X	
KWS H163	KWS			X	
KWS H172	KWS				X
KWS LIVADO	KWS	X	X	X	
KWS MATTINO	KWS				X
KWS SERAFINO	KWS				X
Nikko	RAGT Ibérica		X		
Palazzo	RAGT Ibérica	X	X	X	X
RAHR 139	RAGT Ibérica	X			
RAHR 142	RAGT Ibérica	X			
RAHR 143	RAGT Ibérica	X			
RGT H-150	RAGT Ibérica			X	X
RGT H-168	RAGT Ibérica				X
RH 150	RAGT Ibérica		X		
Sandy	Battle	X	X		

Su-Bendix	Agrar			X	X
Su-Composit	Rocalba				X
Su-Mephisto	Agrar		X	X	X
Su-Performer	Rocalba		X	X	X
Tur	Agrusa		X		
Vineto	RAGT Ibérica				X

Tabla 13. Variedades de centeno convencional y centeno híbrido, entidad que las comercializa y años en las que han sido incluidas en los ensayos en Visiedo (Gutiérrez, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)

CENTENO CONVENCIONAL									
Variedad	E. comercial	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17
Amber	Agrusa				X	X			
Caroass	Agrusa	X							
Heracles	Agrusa	X	X						
Petkus (T)	Agrusa	X	X	X	X	X	X	X	X

CENTENO HÍBRIDO									
Variedad	E. comercial	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17
Agronom	Cecosa	X							
Askari	Agrar	X	X	X	X	X	X		
Bono	RAGT Ibérica				X	X	X	X	X
Brandie	Agrar						X	X	X
Brasetto	KWS	X	X		X	X	X		
Dellgano	RAGT Ibérica				X	X	X		
Dolaro	RAGT Ibérica						X	X	X
Evolo (T)	RAGT Ibérica	X	X	X	X	X	X	X	X
Fabreo	RAGT Ibérica						X	X	
Fugato	Cecosa	X							
Guttino	KWS	X	X			X	X		
Helltop	Agrusa	X	X	X	X	X	X		
Hellvus	Agrusa	X							
KWS BINNTTO	KWS						X	X	
KWS DANIELLO	KWS					X	X	X	
KWS ETERNO	KWS						X	X	
KWS FLORANO	KWS						X	X	
KWS GATANO	KWS					X	X	X	X
KWS H158	KWS							X	
KWS H161	KWS							X	
KWS H163	KWS							X	
KWS H172	KWS								X
KWS LIVADO	KWS					X	X	X	
KWS MATTINO	KWS								X
KWS SERAFINO	KWS								X

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Nikko	RAGT Ibérica						X		
Palazzo	RAGT Ibérica			X	X	X	X	X	X
RAHR 139	RAGT Ibérica					X			
RAHR 142	RAGT Ibérica					X			
RAHR 143	RAGT Ibérica					X			
RAHR 09306	RAGT Ibérica	X	X						
RAHR SS-029	RAGT Ibérica	X	X	X					
RAHR LL-031	RAGT Ibérica		X	X					
RAHRZZ 030	RAGT Ibérica	X	X						
RGT H-150	RAGT Ibérica							X	X
RGT H-168	RAGT Ibérica								X
RH 150	RAGT Ibérica						X		
Sandie	Battle					X	X		
Su-Alesi	Disasem				X				
Su-Bendix	Agrar							X	X
Su-Composit	Battle								X
Su-Mephisto	Agrar						X	X	X
Su-Performer	Rocalba						X	X	X
Tur	Agrusa						X		
Vinetto	RAGT Ibérica								X

Además, en las tablas 14 y 15, aparece el número de variedades presentes de cada cereal en cada ensayo. Cuando durante el trabajo se hable de las producciones de un cereal, se referirá a la media de todas las variedades de dicho cereal.

Tabla 14. Número de variedades de cada cereal por año, en Used (Gutiérrez, 2014; 2015; 2016; 2017)

	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
CENTENO HÍBRIDO	15	23	19	16
CENTENO CONVENCIONAL	2	1	1	1
CEBADA	24	22	16	24
TRIGO BLANDO	30	30	30	28
TRIGO DURO	25	28	23	22

Tabla 15. Número de variedades de cada cereal por año, en Visiedo. El triticale no se añadió hasta la campaña 13/14. Todas aquellas que están con “-”, es porque el ensayo se anuló ese año (Gutiérrez, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17
CENTENO HÍBRIDO	11	9	6	8	15	23	19	16
CENTENO CONVENCIONAL	3	2	1	2	2	1	1	1
CEBADA	28	-	19	37	-	-	15	-
TRIGO BLANDO	24	27	21	30	-	-	30	-
TRITICALE					14	-	14	14

4 . RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producciones medias de los cereales

En las tablas 16 y 17, se detallan las producciones obtenidas en ambos ensayos. Se especifican las producciones de los distintos cereales que ha habido implantados cada año. Todos los resultados empleados en este trabajo de ambas localidades (Used y Visiedo), han sido obtenidos de los trabajos publicados sobre cereales de invierno por el CTA. En las tablas 14 y 15, se han mostrado anteriormente el número de variedades ensayadas por cada cereal.

En los siguientes apartados, se valorarán los distintos resultados obtenidos.

Tabla 16. Producciones (kg/ha) obtenidas en el ensayo de Used. Se detalla cada especie por cada año (Gutiérrez 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)

	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	Media cultivo
C. HÍBRIDO	4.689	4.332	3.649	2.830	3.875
CENTENO	3.714	3.415	2.804	2.389	3.081
CEBADA	3.813	3.220	3.924	1.699	3.164
TRIGO BLANDO	3.640	2.385	3.764	1.458	2.812
TRIGO DURO	2.429	1.687	2.271	1.062	1.862

Tabla 17. Producciones (kg/ha) obtenidas en el ensayo de Visiedo. Se detalla cada especie por cada año. Todas aquellas que están con "-", es porque no hubo ensayo ese año, mientras que las que tienen "0" es porque se anuló el ensayo (Gutiérrez 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)

	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	Media cultivo
C. HÍBRIDO	4.371	4.251	3.388	4.189	2.725	2.515	3.501	2.548	3.436
CENTENO	3.211	3.514	2.809	2.957	2.337	1.954	2.568	1.825	2.647
CEBADA	3.699	0	2.985	4.436	0	0	4.209	0	1.916
T BLANDO	3.458	2.949	2.744	4.002	0	0	3.355	0	2.064
TRITICALE	-	-	-	-	2.281	0	2.275	1.185	1.435

4.2 Producciones de los centenos híbridos

En las tablas 18 y 19, pueden verse detalladas las producciones anuales de cada variedad de centeno híbrido, tanto en la localidad de Used como en la localidad de Visiedo.

Tabla 18. Producciones anuales (kg/ha) en la localidad de Used (Gutiérrez 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)

CENTENO HÍBRIDO					
Variedad	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	Media variedad
Askari	4746	4205			4476 ± 383
Bono	5009	4860	3292	2815	3994 ± 1105
Brandie		4058	3106	2947	3370 ± 601
Brasetto	3998	4784			4391 ± 556
Dellgano	4525	4230			4378 ± 209
Dolaro		4506	3755	2954	3738 ± 776
Evoló	4358	3737	4045	2652	3698 ± 742
Fabreo		4946	3671		4309 ± 902
Guttino	4778	4134			4456 ± 455
Helltop	4538	3993			4266 ± 385
KWS BINNTO		4654	3548		4101 ± 782
KWS DANIELLO	5204	4073	3507		4261 ± 864
KWS ETERNO		4442	3732		4087 ± 502
KWS FLORANO		4826	3659		4243 ± 825
KWS GATANO	5598	4504	3973	3193	4317 ± 1010
KWS H158			3632		3632 ± 0
KWS H161			3979		3979 ± 0
KWS H163			3710		3710 ± 0
KWS H172				2881	2881 ± 0
KWS LIVADO	4951	4261	3593		4268 ± 679
KWS MATTINO				2816	2816 ± 0
KWS SERAFINO				2738	2738 ± 0
Nikko		4158			4158 ± 0
Palazzo	2955	3953	3456	2947	3328 ± 480
RAHR 139	4914				4914 ± 0
RAHR 142	5117				5117 ± 0
RAHR 143	5169				5169 ± 0
RGT H-150		4605	3893	2502	3667 ± 1070
RGT H-168				2858	2858 ± 0
Sandy	4472	4234			4353 ± 168
Su-Bendix			3446	2719	3083 ± 514
Su-Composit				2838	2838 ± 0
Su-Mephisto		4593	3339	2650	3527 ± 985
Su-Performer		4230	3990	2766	3662 ± 785
Tur		3643			3643 ± 0
Vineto				3005	3005 ± 0
	4689 ± 623	4332 ± 355	3649 ± 258	2830 ± 164	3873 ± 650

Tabla 19. Producciones anuales (kg/ha) en la localidad de Visiedo (Gutiérrez 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017)

CENTENO HÍBRIDO									
Variedad	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	Media
Agronom	3573								3573 ± 0
Askari	4193	4354	3660	2479	3011	1864			3260 ± 985
Bono				5518	2845	2737	3631	2830	3512 ± 1178
Brandie						2036	3108	2632	2592 ± 537
Brasetto	5634	4011		4651	2448	2485			3846 ± 1385
Dellgano				5071	2844	2652			3522 ± 1345
Dolaro						2861	4112	2380	3118 ± 894
Evoló	4548	4605	3652	5075	2683	2600	3420	2229	3602 ± 1058
Fabreo						2688	3642		3165 ± 675
Fugato	3905								3905 ± 0
Guttino	4372	4222			2651	2354			3400 ± 1045
Helltop	4594	3585	3229	4037	2885	2207			3423 ± 846
Hellvus	3691								3691 ± 0
KWS BINNTO						2503	3272		2888 ± 544
KWS DANIELLO					2708	2462	3585		2918 ± 590
KWS ETERNO						3012	3643		3328 ± 446
KWS FLORANO						2452	3230		2841 ± 550
KWS GATANO					3378	3274	3730	2859	3310 ± 359
KWS H158							3554		3554 ± 0
KWS H161							3226		3226 ± 0
KWS H163							3884		3884 ± 0
KWS H172								2451	2451 ± 0
KWS LIVADO					2866	2434	3712		3004 ± 650
KWS MATTINO								2282	2282 ± 0
KWS SERAFINO								2567	2567 ± 0
Nikko						2418			2418 ± 0
Palazzo			3277	3852	1193	2347	2828	2576	2679 ± 904
RAHR 139					2737				2737 ± 0
RAHR 142					2804				2804 ± 0
RAHR 143					3022				3022 ± 0
RAHR 09306	4538	4943							4741 ± 286
RAHR SS-029	4524	4041	3075						3880 ± 738
RAHR LL-031		4048	3435						3741 ± 433
RAHRZZ 030	4507	4446							4477 ± 43
RGT H-150						2928	3486	2564	2993 ± 464
RGT H-168								2597	2597 ± 0
Sandy					2798	2539			2669 ± 183
Su-Alesi				2828					2828 ± 0
Su-Bendix							3323	2299	2811 ± 724
Su-Composit								2624	2624 ± 0
Su-Mephisto						2351	3475	2809	2878 ± 565
Su-Performer						2253	3650	2334	2746 ± 784
Tur						2384			2384 ± 0
Vineto								2732	2732 ± 0
	4371 ± 556	4251 ± 394	3388 ± 237	4189 ± 1099	2725 ± 472	2515 ± 313	3501 ± 294	2548 ± 202	3436 ± 557

Used es una localidad con un clima algo más favorable que el existente en Visiedo. Tanto en anejos 1 como en anejos 2, puede verse en los climogramas. Como consecuencia de ello, se puede apreciar que la media sale algo mayor. Unos 400 kg, que con estos rendimientos supone alrededor de un 10% más de producción. De hecho, tanto en la figura 24 como en la 26, queda claramente reflejado, puesto que hay varios años que diversos cultivos ni se han cosechado en Visiedo por la pésima situación en la que se encontraban. En cambio, en la localidad Zaragozaana de Used no ha ocurrido ningún año: se han cosechado todos los cultivos todos los años.

4.3 Centeno híbrido frente al centeno convencional

En las figuras 22 y 23, se compara el testigo del centeno convencional (Petkus) y el testigo del centeno híbrido (Evoló). En ellas queda perfectamente reflejado cómo la mejora genética que se aporta en un centeno híbrido tiene su resultado en cuanto a producciones.

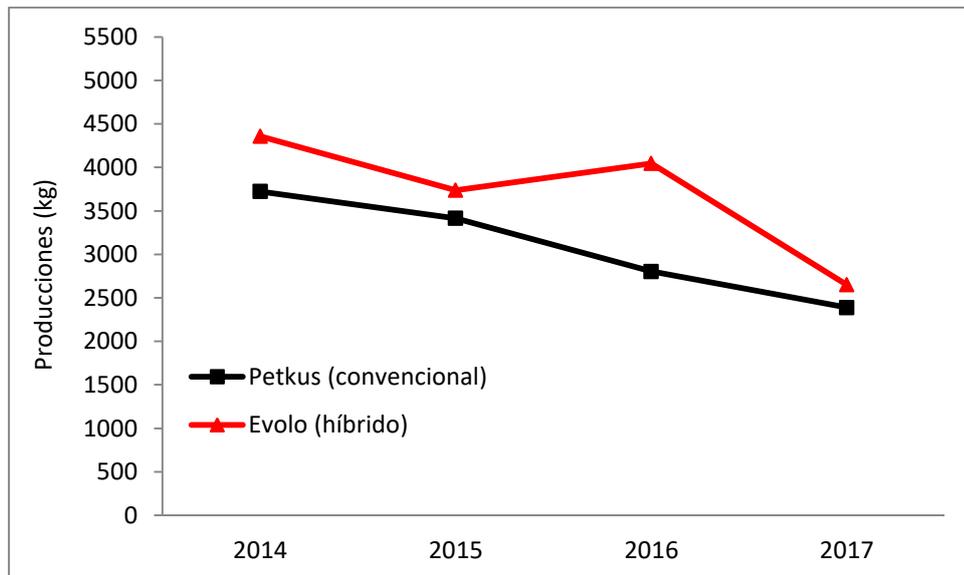


Figura 22. Comparación de las producciones de los testigos del centeno convencional e híbrido en Used

En ambas localidades las producciones son claramente superiores en el híbrido que en el convencional. Incluso los años que son más favorables meteorológicamente (cosechas del 2013 y del 2016), este potencial genético puede verse expresado aún más, siendo las diferencias de producción mayores.

En Used el testigo del centeno híbrido produce entre un 20 y un 30% más, mientras que en Visiedo las producciones de dicho testigo se ven incrementadas entre un 20 y un 40%.

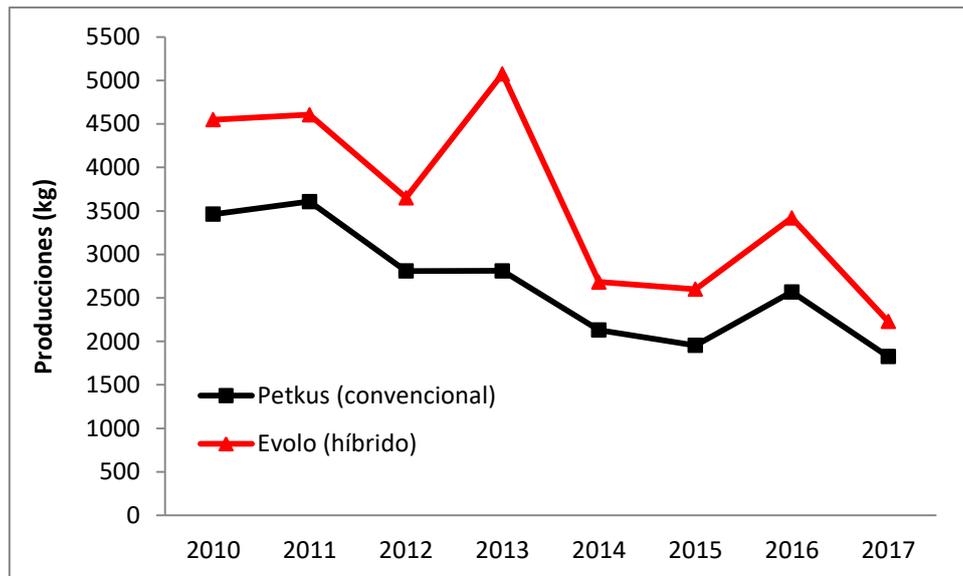


Figura 23. Comparación de las producciones de los testigos del centeno convencional e híbrido en Visiedo

Se ha calculado un índice de producción en relación con el testigo de centeno convencional (Petkus). A continuación (tabla 20), se detallan las variedades con mejor comportamiento en los microensayos.

Tabla 20. Índices de las variedades con mejores comportamientos en los microensayos, tanto en Used como en Visiedo

USED				VISIEDO			
VARIEDAD	MED (kg)	ÍND.	AÑOS	VARIEDAD	MED (kg)	ÍND.	AÑOS
KWS GATANO	4.371	1,39	4	Bono	3.512	1,53	5
Dolaro	3.738	1,30	3	KWS GATANO	3.310	1,57	4
Fabreo	4.309	1,38	2	Dellgano	3.522	1,50	3
KWS	4.243	1,36	2	Dolaro	3.118	1,46	3
KWS ETERNO	4.087	1,32	2	RGT H-150	2.993	1,42	3
KWS BINNTO	4.101	1,31	2	KWS ETERNO	3.328	1,48	2
KWS H161	3.979	1,42	1	KWS H163	3.884	1,51	1
RAHR 143	5.169	1,39	1	Vineto	2.732	1,50	1
RAHR 142	5.117	1,37	1	Su-Composit	2.624	1,44	1
KWS H163	3.710	1,32	1	RAHR 143	3.022	1,42	1
KWS H158	3.632	1,30	1	RGT H-168	2.597	1,42	1

Es de destacar que, de nuevo, el centeno híbrido destaca su rusticidad en Visiedo más que en Used. Por ejemplo, la variedad KWS GATANO produce un 57% más que la Petkus en Visiedo, mientras que en Used esta diferencia es de un 39%.

4.4 Centeno híbrido frente a otros cereales

En este apartado se va a realizar un estudio inter-especies, viendo los rendimientos obtenidos en ambas localidades.

Tradicionalmente, la cebada es el cultivo por excelencia de los secanos de nuestra comunidad: ha representado en los últimos 11 años (período 2000-2011) el 54% de la superficie cultivada cerealista y el 65% de la producción total alcanzada; el trigo ocupa el 41% de la superficie y obtiene el 31% de la producción física total de cereales en secano. El 5% restantes lo ocupan cultivos como centeno, triticale o avena (Roldán, 2011).

En España hay varias redes experimentales como el CTA. Todas ellas tienen el mismo objetivo: evaluar las características y comportamiento agronómico y productivo del nuevo material vegetal introducido por las entidades comerciales, comprobando la adaptación a diversas zonas. Así, pueden ofrecer esta información a agricultores y técnicos, y con ella puedan complementar información para decidir sobre las variedades a sembrar en campaña (Villamayor y Aparicio, 2015).

Se han cotejado informaciones del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), del Instituto Regional de Investigación y desarrollo agroalimentario y Forestal de Castilla la Mancha (IRIAF) y del Instituto de Investigación de la Generalitat Catalunya (IRTA), habiéndose realizado todos estos ensayos en secano.

4.4.1 Used

En la figura 24 puede verse una gráfica que muestra los rendimientos obtenidos de cada cultivo de manera anual. Cabe destacar que el centeno híbrido se mantiene (prácticamente) siempre como líder de producción, mientras que el trigo duro es siempre el cultivo con los rendimientos más bajos. De hecho, este año ya no se ha sembrado trigo duro en esta finca por falta de interés agronómico.

La campaña 2013-14 comienza con una siembra correcta y un desarrollo del cultivo bueno. Hasta la primavera. Es en abril, con temperaturas elevadas y en mayo, con precipitaciones escasas, cuando se complica un poco la situación de los cultivos. Estas condiciones afectan a la formación y el llenado del grano. Aún con estas adversidades, las producciones no fueron nada malas. En los cinco cultivos, las producciones superan las medias que se han obtenido durante estos años.

La siguiente campaña es un poco más desfavorable que la del año anterior, de hecho todas las producciones obtenidas son inferiores. El comienzo fue bueno, ya que gracias a un noviembre con una pluviometría generosa, el cultivo fue capaz de implantarse satisfactoriamente. Pero de nuevo en la primavera se complicó el porvenir de los cultivos. Tanto abril como mayo fueron bastante cálidos y secos, y lógicamente el llenado del grano no

se completó como es debido. Por otra parte, cabe destacar que fue un año con bastantes enfermedades fúngicas. Por consiguiente, se obtuvieron mejores producciones en las nuevas variedades, que tienen mayor tolerancia a dichos hongos.

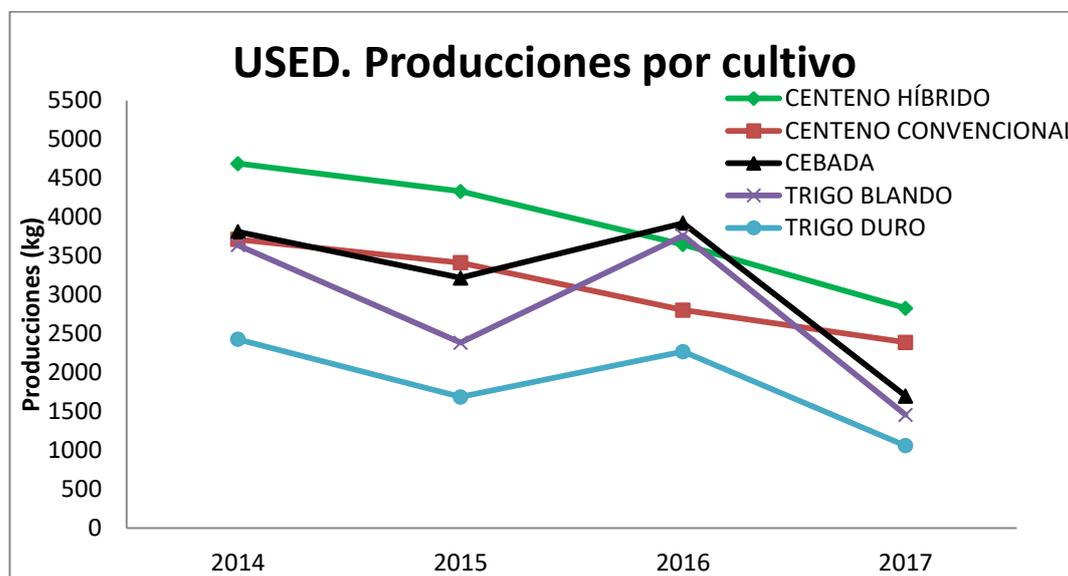


Figura 24. Gráfica lineal de las producciones anuales de cada cultivo en Used

En general, la cosecha de cereales de invierno de la campaña 2016 ha sido la segunda cosecha histórica, después de la importante campaña 2013 y dentro del periodo 1990-2016 (Gutiérrez, 2016). De hecho, tanto en ambos trigos como en la cebada, es el año que mejores producciones se obtienen desde que se cuenta con los ensayos. Quizás en Used la época de siembra no tuvo las condiciones deseadas puesto que las lluvias fueron algo escasas. Pero en primavera se contó con unas temperaturas suaves y unas precipitaciones regulares y generosas. Como ya se ha comentado en apartados anteriores, en estas situaciones de bondad meteorológica, las producciones de los cereales son más parecidas. Este mismo año en los ensayos en Albaladejito (tabla 25) del IRIAF, 2016, se encuentra un panorama parecido: todos los cereales suben considerablemente sus producciones y el centeno híbrido no se queda atrás en absoluto. La situación es similar en Zamadueñas (tabla 23) en la campaña 2014-2015, y en Santa Eulalia de Riuprimer (tabla 24) en la campaña 2016-2017.

Esta última campaña en general fue bastante mala, y no se salvó la zona de Used. Las buenas condiciones de siembra y el buen desarrollo de los cultivos hasta el mes de marzo, con lluvias en invierno y a comienzos de primavera, que anunciaban buenas condiciones iniciales para que la campaña fuera buena, se cortaron en el mes de abril con una ausencia total de precipitaciones y con unas temperaturas extremas y calurosas, que adelantaron las cosechas en todo el territorio. En Used se cosechó a finales de junio, unas 3 semanas antes de lo habitual. La mayor parte de provincia de Teruel y las comarcas zaragozanas de Calatayud y Campo de Daroca, por ser zonas más tardías, sufrieron de sequía extrema y heladas a mitad del mes de mayo, que fueron en muchos casos la puntilla a la campaña (Gutiérrez, 2017). Puede verse reflejado en las pésimas producciones recogidas. Al darse una situación completamente opuesta a la campaña anterior, ante estas situaciones deplorables, es cuando el centeno híbrido muestra su mejor característica: la rusticidad.

En la tabla 21, se muestra el incremento de producción en porcentaje que se obtiene de producción del centeno híbrido frente a los otros cereales ensayados en Used. Excepto en la cosecha del 2016, un año recordado históricamente por las excelentes condiciones meteorológicas existentes, el resto de años el centeno híbrido tiene unas producciones muy ventajosas respecto al resto de cultivos. En la campaña 2016-17 es cuando se obtienen peores rendimientos por las condiciones meteorológicas tan malas que existen. Es aquí cuando se puede observar cómo el centeno híbrido no se ve tan afectado cómo el resto de cultivos: produce un 67% más que la cebada, un 94% más que el trigo blando, mientras que al trigo duro le supera en un 166%.

Tabla 21. Incremento de producción (%) del centeno híbrido frente a otros cereales en Used

	2014	2015	2016	2017
CENTENO CONVENCIONAL	26,2	26,8	30,1	18,5
CEBADA	23,0	34,5	-7,0	66,6
TRIGOBLANDO	28,8	81,6	-3,1	94,1
TRIGODURO	93,0	156,8	60,7	166,5

En la figura 25, se puede observar una gráfica de cajas en la que salen marcadas las producciones anuales de cada cultivo y su media. De nuevo es destacable la rusticidad, del centeno y de su híbrido. Mientras que la cebada y el trigo blando varían mucho sus producciones dependiendo de las condiciones meteorológicas, tanto el centeno como el centeno híbrido se mantienen más estables que la cebada y los trigos. La varianza en las producciones de trigo duro es verdad que son menores, pero también cuenta con unas producciones muy inferiores.

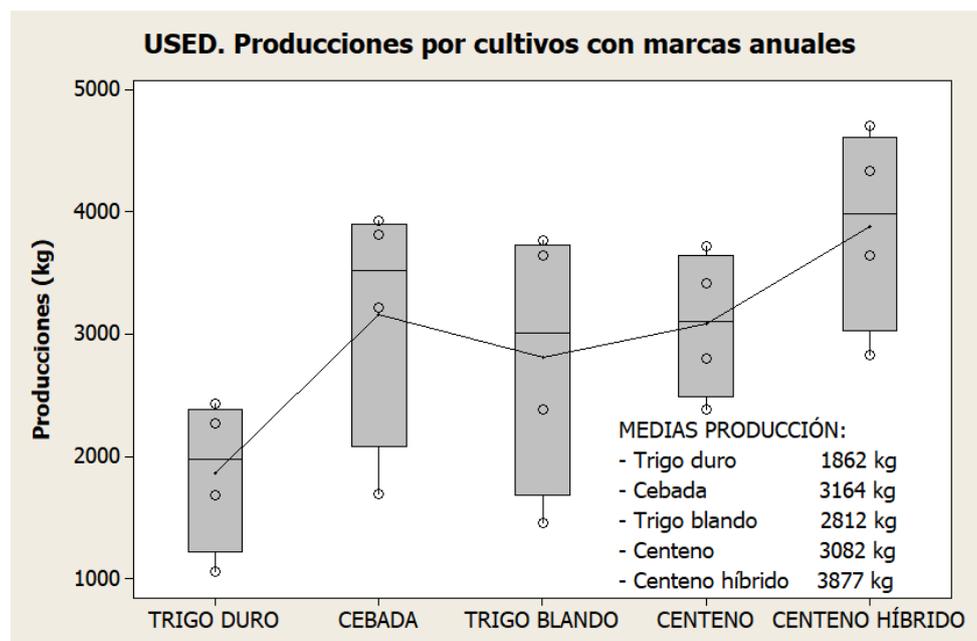


Figura 25. Gráfica de cajas de las producciones anuales de cada cultivo en Used

Aunque la cebada o el trigo blando puedan tener topes productivos mayores, al final lo importante en estas zonas tan áridas, es tener siempre un rendimiento asegurado; y eso el centeno híbrido, lo proporciona.

Las estadísticas de la comarca del Campo de Daroca son similares a las citadas por Roldán (2011). Según La Cumaga (2017), en torno a la mitad de la superficie va destinada para cebada y el trigo ocupa un 35%. El centeno va al alza, llegando a ocupar algo más de un 10%. Con estos datos, se puede ver el cambio importante que ha tenido este cereal desde el 2011 hasta la actualidad. Ahora varía la superficie destinada según las condiciones meteorológicas del año, y de las cosechas del anterior. En La Cumaga se comenzó a vender en el 2009 la variedad Askari, y actualmente se venden en torno a 2.000 dosis, siendo Gattano y Brasetto las más importantes.

4.4.2 Visiedo

Las condiciones climatológicas de la campaña 2009-10, en principio adversas, no tuvieron un efecto muy negativo sobre la cosecha. La siembra fue tardía debido a que no hubo prácticamente precipitaciones hasta mitad de diciembre. Además, a esto le siguió un invierno frío y largo pero no excesivamente extremo, con precipitaciones intermitentes y superiores a lo normal, produciendo retrasos en el desarrollo de los cultivos (Gutiérrez, 2010). Se pueden ver en la figura 26 unas producciones muy aceptables, todas en un rango de entre 3.000 y 4.500 kg.

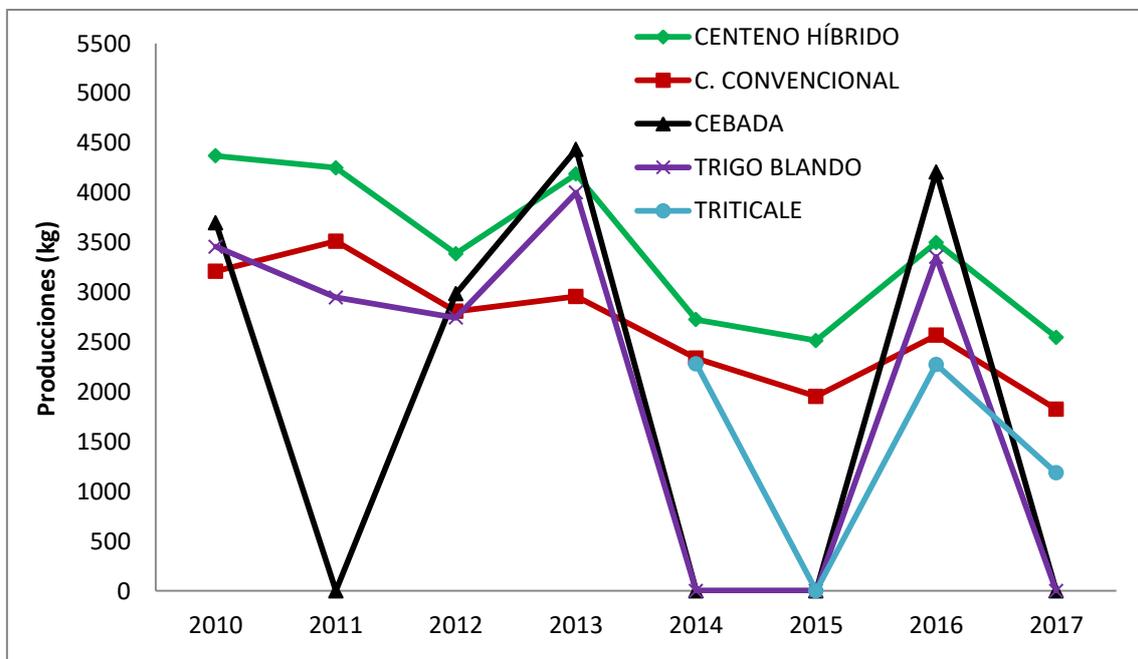


Figura 26. Gráfica lineal de las producciones anuales de cada cultivo en Visiedo

En la campaña 2010-11 hubo malas condiciones tanto en siembra, como después todo el cultivo (Gutiérrez, 2011). Como puede verse en el climograma que está en anejos 2, en el momento de la siembra no se contó prácticamente con precipitaciones y las temperaturas fueron muy bajas. Debido a ello, el ensayo de cebadas tuvo que anularse. Las producciones del resto de cereales fueron muy similares a las del año anterior.

La siguiente campaña fue algo peor. Se contó con buenas condiciones de siembra puesto que llovió y las temperaturas fueron moderadas. Pero a partir de diciembre las condiciones fueron malas: frío hasta febrero y calor en primavera, además de una sequía prolongada hasta abril, mes en el que volvió a llover (Gutiérrez, 2012). Para rematar la campaña, la segunda quincena de mayo fue muy cálida, factor que afectó al llenado del grano. Todas las producciones fueron muy similares y algo escasas.

Según Cooperativas Agroalimentarias, a finales de agosto del 2013 se preveía un aumento histórico de la cosecha en cereal de invierno en España del 154 % con respecto a la pasada campaña, con un 130 % más que la media considerada desde 1990. Este fue producido por el aumento de los rendimientos en todos los cereales considerados, teniendo en Aragón especial relevancia, superando a la media de rendimientos del resto de las Comunidades Autónomas. Fue año record en producciones desde el 1990 hasta la actualidad (Gutiérrez, 2013). Incluso siendo tan excelente este año, el centeno híbrido se mantiene casi líder de producción en Visiedo, siendo solo superado por la cebada.

Las dos siguientes campañas fueron completamente opuestas a la vivida anteriormente. Con primaveras cálidas y secas, el llenado del grano se produjo con mucha mayor dificultad. Se obtuvieron medias muy inferiores a la del 2013, pero en la media del último quinquenio (Gutiérrez, 2014; Gutiérrez, 2015). Tanto la cebada como el trigo situados en los ensayos en Visiedo, ni se cosecharon. No de manera tan drástica, pero en el ensayo situado en Albaladejito (tabla 25) en la campaña 2016-2017, puede verse también como ante una situación desfavorable, el cultivo puntero es el centeno híbrido.

En la campaña del 2016 se volvió a tener un repunte en cuanto a las producciones. Únicamente superado por el 2013, es la mejor campaña desde el año 1990. Aunque es cierto que en Visiedo no fue tan bueno como en el resto de Aragón; durante el período de producción no hubo prácticamente lluvias y las temperaturas medias fueron demasiado altas (Gutiérrez, 2016). Aún con todo lo citado anteriormente, las producciones recogidas en el ensayo fueron bastante buenas como se puede ver en la figura 26. De nuevo, en un año con buenas producciones, el centeno híbrido es superado únicamente por la cebada.

Esta última campaña volvió a ser bastante mala. Situación que se repite por tercera vez en el período de los últimos 4 años en la provincia de Teruel. Se tuvieron muy buenas condiciones hasta marzo (Gutiérrez, 2017). Como consecuencia de ello, los agricultores abonaron más los campos, factor que haría empeorar aún más la situación en una primavera seca y calurosa. Con las heladas en mayo y las lluvias de junio, acabó de completarse una primavera pésima. Como consecuencia de ello se anularon los ensayos de cebadas y trigos en

Visiedo, mientras que los centenos y los centenos híbridos sufrieron una bajada importante en sus producciones.

Al igual que en la localidad de Used, aquí se ha realizado la tabla 22, en la que se muestra el porcentaje superior que se obtiene de producción del centeno híbrido frente a los otros cereales ensayados. Excepto en las cosechas del 2013 y del 2016, las dos mejores campañas desde 1990, en la que la cebada rinde más que el centeno híbrido, el centeno híbrido supera en rendimiento a todos los cultivos.

Tabla 22. Incremento de producción (%) del centeno híbrido frente a otros cereales en Visiedo

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CENT. CONVENCIONAL	36	21	21	42	17	29	36	40
CEBADA	18	∞	13	-6	∞	∞	-17	∞
T BLANDO	26	44	23	5	∞	∞	4	∞
TRITICALE	-	-	-	-	19	-	54	115

Al ser Visiedo una localidad con un clima todavía más adverso que Used, hay varias campañas en las que tanto cebada como trigo ni se cosechan. En la figura 27 esto queda reflejado perfectamente. En condiciones buenas, sobre todo la cebada, puede llegar a rendir más que el centeno híbrido. Pero en años menos favorables, que en esta zona son la mayoría, se obtienen unas producciones de centeno híbrido con las que poder amortizar la inversión realizada. El mínimo de producción alcanzada de centeno híbrido han sido 2.500 kg/ha. Por el contrario, estos años más duros meteorológicamente, la cebada y el trigo no llegan ni a cosecharse. En el período en el que se tienen datos de ensayos (8 años), 4 años no se ha cosechado la cebada mientras que en 3 no se ha cosechado el trigo. Tanto el centeno como el centeno híbrido han producido todos los años.

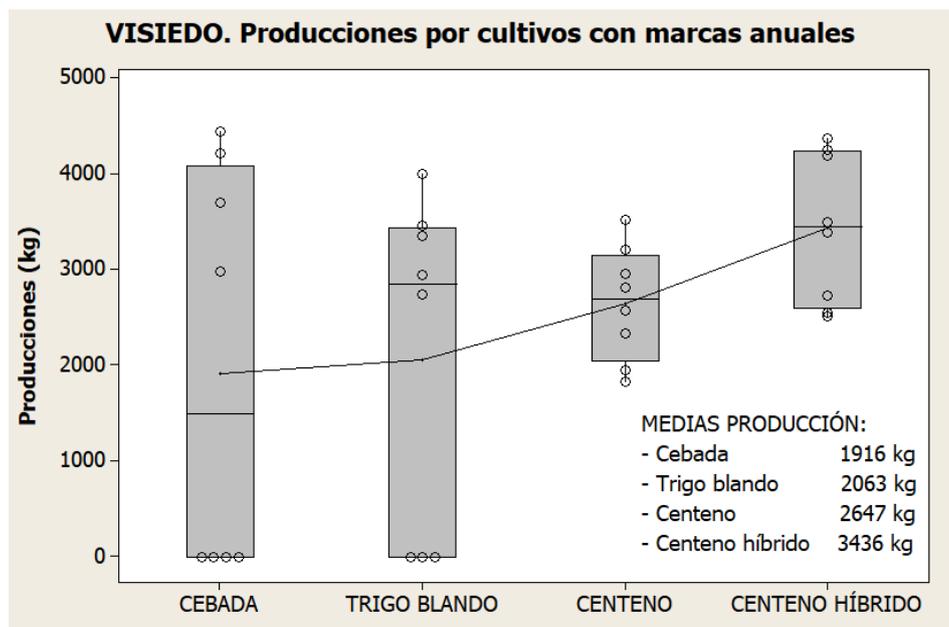


Figura 27. Gráfica de cajas de las producciones anuales de cada cultivo en Visiedo

Sin embargo, los agricultores de la provincia de Teruel siguen apostando por la cebada como cultivo principal: supone en torno a un 70% del cereal sembrado en esta provincia. Está seguido del trigo que cuenta con un porcentaje mucho menor, en torno al 20%. Por último, el triticale y el centeno se reparten el porcentaje restante a medias, con un 5% de la cuota cada uno, eso sí, presentando un porcentaje ascendente (Roldán, 2011). Ambos cultivos han subido en los últimos años ya que hace unas campañas eran prácticamente inexistentes en esta zona. En Cereales Teruel, sociedad cooperativa que colabora en los ensayos con el CTA, el centeno híbrido se empezó a comercializar en el 2009, con una cantidad prácticamente testimonial de sacos. En esta campaña de siembra del 2017, se han alcanzado casi las 6.000 dosis, siendo Evolo la principal variedad. En el 2015 se alcanzó el máximo de dosis vendidas debido al éxito del año anterior, en la que se facturaron prácticamente 9.000 sacos (Cereales Teruel, 2017).

Por último se expondrán en las tablas 23, 24 y 25, los datos citados anteriormente de los diversos ensayos realizados en España por otros organismos públicos.

El ITACyL tiene situado varios ensayos por toda la Comunidad de Castilla y León. En los últimos años, únicamente cuenta con un ensayo en el que estén incluidos todos los cereales de invierno, el de la campaña 2014-15. Está en su centro, en Zamadueñas (Valladolid) (Villamayor y Aparicio, 2015). Al final, en estos ensayos no cuenta tanto la producción obtenida sino la comparación entre especies.

Tabla 23. Rendimientos (kg/ha) de distintos cereales en Zamadueñas (Valladolid) en un campo de ensayos del ITACyL en la campaña 2014-2015 (Villamayor y Aparicio, 2015)

CULTIVO	2014-15
Cebada de invierno	6.390
Cebada de primavera	7.481
Trigo de invierno	8.731
Trigo de primavera	6.787
Trigo duro	7.473
Avena	4.338
Triticale	8.282
Centeno híbrido	8.134

Como se expone a continuación en la tabla 24 en el ensayo del IRTA (2017), y en la tabla 25 en el ensayo del IRIAF (2016), corroboramos lo dicho previamente: a pesar de la rusticidad del centeno híbrido, ante situaciones meteorológicas favorables, expresa su potencial genético con unas producciones que tienen poco que envidiar al resto de cereales.

Tabla 24. Rendimientos (kg/ha) de distintos cereales en Santa Eulalia de Riuprimer (comarca de Osona, Barcelona) en un campo de ensayos del IRTA en la campaña 2016-2017 (IRTA, 2017)

CULTIVO	2016-17
Cebada de invierno	6.272
Trigo de invierno	8.777
Centeno híbrido	8.813

Albaladetiyo (Cuenca) es el lugar en el que el centro de investigación agroforestal tiene sus instalaciones. La campaña 2015-2016 estuvo condicionada por la inexistente lluvia entre septiembre y diciembre afectando a la nascencia de la mayoría de cereales. Aunque a partir de enero hubo lluvias regulares y abundantes, con lo que permitió un desarrollo de los cultivos en líneas generales muy bueno, consiguiéndose una cosecha en el año 2016 algo superior a campañas pasadas (IRAF, 2016). La cosecha del 2017 fue bastante peor, puesto que aunque se implantaron muy bien los cultivos, la primavera fue muy seca y hubo alguna helada tardía (IRAF, 2017).

Tabla 25. Rendimientos (kg/ha) de distintos cereales en Albaladetiyo (Cuenca) en un campo de ensayos del IRIAF en las campañas 2015-2016 y 2016-2017 (IRIAF, 2016; 2017)

CULTIVO	2015-16	2016-17
Cebada de invierno	9.115	2.978
Cebada de primavera	9.370	1.995
Trigo de invierno	7.226	1.671
Trigo de primavera	5.980	749
Avena	7.046	1.475
Triticale	7.167	2.141
Centeno híbrido	7.571	3.033

4.5 Evolución del material genético introducido de centeno híbrido

Para estimar la evolución de las nuevas variedades introducidas de centeno híbrido, se han hecho 3 grupos de variedades, llamándolas antiguas, intermedias y nuevas, con periodos respectivos de 3, 2 y 3 años. De tal forma, las variedades “antiguas” son aquellas que se han introducido en los ensayos en las siembras del 2009, 2010 y 2011; las introducidas en los años 2012 y 2013 están en el grupo de las variedades intermedias; y por último, las variedades nuevas son aquellas que han sido incluidas en las siembras de los años 2014, 2015 y 2016. En la figura 28, pueden verse la cantidad de variedades que hay en cada grupo en ambas localidades. Se aprecia un incremento en el número de variedades introducidas en el periodo último de 3 años, lo cual connota que se está llevando a cabo una tarea de investigación importante con el fin de sacar nuevas variedades al mercado

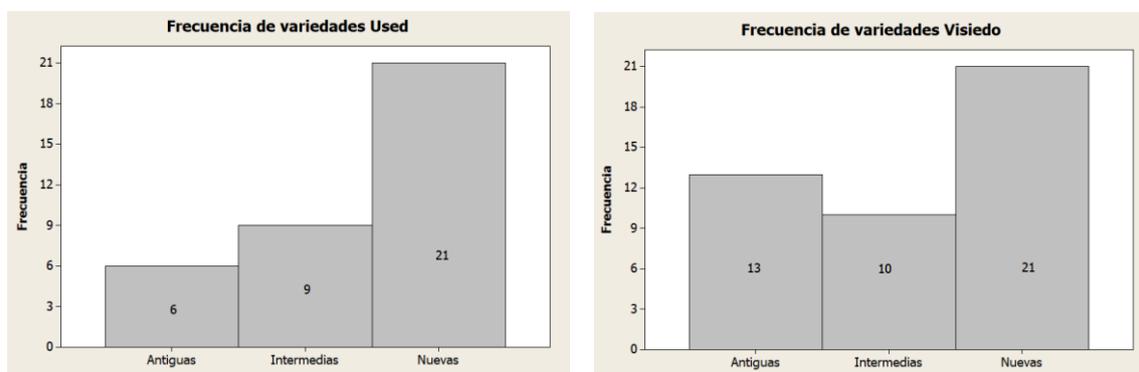


Figura 28. Frecuencia de variedades de centeno híbrido en Usado (2013-2017) y Visado (2011-2017)

Se ha hecho una comparación de estas variedades nuevas, con 2 variedades que han sido empleadas como testigos: la variedad de centeno convencional Petkus, y la variedad de centeno híbrido Evolo, que lleva en los ensayos desde la primera campaña 2009-2010.

En la tabla 26 se ven las producciones de los testigos de centeno convencional (Petkus) y de centeno híbrido (Evolu) en Usado, además de las medias anuales de las variedades calificadas como “antiguas”, “intermedias” y “nuevas”. Estos datos son los que se han empleado para analizar la variación de la producción respecto a los testigos (tabla 27).

Tabla 26. Producciones (kg) de los centenos de Usado, empleadas para el análisis de incremento de producciones

		2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
PRODUCCIONES TESTIGOS	Evolu (T)	4.358	3.737	4.045	2.652
	Petkus (T)	3.722	3.415	2.804	2.389
PRODUCCIONES CENTENOS HÍBRIDOS	ANTIGUAS	4.203	4.214	3.456	2.947
	INTERMEDIAS	4.995	4.360	3.591	3.004
	NUEVAS		4.424	3.651	2.806

Tabla 27. Incremento de producción del centeno híbrido en Used, en función de los años de introducción en los ensayos del CTA. Primero sobre el testigo de centeno híbrido (Evoló), y después sobre el testigo de centeno convencional (Petkus)

		2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
VS TESTIGO CENTENO HÍBRIDO	ANTIGUAS	96%	113%	85%	111%
	INTERMEDIAS	115%	117%	89%	113%
	NUEVAS		118%	90%	106%
VS TESTIGO CENTENO CONVENCIONAL	ANTIGUAS	113%	123%	123%	123%
	INTERMEDIAS	134%	128%	128%	126%
	NUEVAS		130%	130%	117%

El mismo procedimiento que se ha realizado para Used, se ha efectuado para Visiedo. En las tablas 28 y 29, quedan reflejadas tanto las producciones de testigos y medias de las variedades “antiguas”, “intermedias” y “nuevas”, como los datos de la variación de la producción respecto a los testigos.

Tabla 28. Producciones (kg) de los centenos de Visiedo, empleadas para el análisis de incremento de producciones

		09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
PRODUCCIONES TESTIGOS	Evoló (T)	4.548	4.605	3.652	5.075	2.683	2.600	3.420	2.229
	Petkus (T)	3.463	3.608	2.809	2.810	2.130	1.954	2.568	1.825
PRODUCCIONES CENTENOS HÍBRIDOS	ANTIGUAS	4.353	4.206	3.335	3.755	2.438	2.251	2.828	2.576
	INTERMEDIAS				4.473	2.889	2.727	3.665	2.845
	NUEVAS						2.535	3.508	2.523

Tabla 29. Incremento de producción del centeno híbrido en Visiedo, en función de los años de introducción en los ensayos del CTA. Primero sobre el testigo de centeno híbrido (Evoló), y después sobre el testigo de centeno convencional (Petkus)

		09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
VS TESTIGO CENTENO HÍBRIDO	ANTIGUAS	96%	91%	91%	74%	91%	87%	83%	116%
	INTERMEDIAS				88%	108%	105%	107%	128%
	NUEVAS						98%	103%	113%
VS TESTIGO CENTENO CONVENCIONAL	ANTIGUAS	126%	117%	119%	134%	114%	115%	110%	141%
	INTERMEDIAS				159%	136%	140%	143%	156%
	NUEVAS						130%	137%	138%

Tanto las producciones de Used como las de Visiedo, respaldan lo dicho por Yuan *et al.*, 2001: la heterosis es eficaz cuando el híbrido resultante no es solo superior a sus padres, sino sobre una variedad testigo que sirva de control. En ambas tablas se puede ver, cómo los resultados de los centenos híbridos superan siempre a las producciones del centeno convencional. Todas las comparaciones realizadas con el testigo del centeno convencional, dejan al centeno híbrido, lógicamente, como un cultivo superior en cuánto a rendimientos.

Tanto en la tabla 26 como en la 28, puede observarse un hecho que puede parecer extraño: las variedades “nuevas” no superan en índice productivo a las variedades “intermedias”. En Used, estos índices son muy parecidos, y en Visiedo, incluso las variedades “intermedias” superan a las “nuevas”.

La explicación se puede encontrar en la forma en la que se desarrolla la investigación de los cultivos híbridos. Presentan un crecimiento que sería como una escalera. Es decir, con unas producciones estables y, coincidiendo con la mejora de uno de los parentales, un aumento de producción grande. Este aumento, de una manera lógica, repercute directamente en un crecimiento exponencial en los híbridos.

En la tabla 30 se comparan los resultados obtenidos en GENVCE (2017), con los resultados de Used y Visiedo para este mismo año. Este grupo presenta los resultados productivos y de calidad de distintos ensayos repartidos por España. El informe aquí presentado incluye 8 ensayos, 2 de los cuales son los de Aragón.

Tabla 30. Rendimientos e índices productivos de las variedades de centeno híbrido de la red GENVCE (GENVCE, 2017)

VARIEDAD	GENVCE		USED		VISIEDO	
	MED (kg)	ÍNDICE	MED (kg)	ÍNDICE	MED (kg)	ÍNDICE
KWS BONO	5.128	128,0	2.815	117,8	2.830	155,0
KWS GATANO	5.089	127,1	3.193	133,7	2.859	156,6
KWS SERAFINO	5.068	126,5	2.738	114,6	2.567	140,6
KWS MATTINO	5.051	126,1	2.816	117,9	2.282	125,0
RGT DOLARO	4.856	121,2	2.954	123,7	2.380	130,4
SU MEPHISTO	4.821	120,4	2.650	110,9	2.809	153,9
SU BENDIX	4.712	117,6	2.719	113,8	2.299	125,9
BRANDIE	4.700	117,4	2.947	123,4	2.632	144,2
SU COMPOSIT	4.686	117,0	2.838	118,8	2.624	143,8
SU PERFORMER	4.532	113,2	2.766	115,8	2.334	128,0
PETKUS (T)	4.005	100,0	2.389	100,0	1.825	100,0

4.6 Valoración económica

El balance económico final es uno de los factores que más va a influir en el agricultor, para decantarse por un cultivo u otro. Se ha hecho un estudio económico de los costes de un cereal en secano. En los anejos 3, se detallan en las tablas 35, 36 y 37 cómo se ha estimado el coste por hectárea de cada cereal. Se han tenido en cuenta tanto las labores, como los productos que son necesarios para el correcto desarrollo del cultivo en estas zonas en concreto. No se ha tenido en cuenta el proceso de amortización de la tierra, ni el coste de arrendamiento si lo hubiera. Tampoco está incluido en el balance el ingreso de la PAC, cuestión que se aclarará al final del apartado.

Para saber las producciones medias se ha empleado el documento del MAPAMA, 2017. Para el trigo, cebada y centeno convencional, se han cogido las medias del período del 2000 al 2015. Para Used se han mirado los datos de la comarca de Daroca, mientras que para Visiedo, las de la Hoya de Teruel. En cuanto al centeno híbrido, únicamente se han tenido en cuenta los datos del período del 2010 hasta el 2015, puesto que ha sido el período en el que se han empleado.

En la tabla 31, se detallan los ingresos que se tendrían en cada localidad dependiendo también del cultivo escogido. El precio se ha estimado teniendo en cuenta la Lonja de Toledo (2017). Se ha hecho una media estimada, debido a que los precios fluctúan semanalmente.

Tabla 31. Ingresos en ambas localidades teniendo en cuenta producciones medias de cada cultivo (2000-2015) (DGA, 2017)

	PRECIO LONJA (€)	USED		VISIEDO	
		PRODUCCIÓN (kg)	INGRESOS (€)	PRODUCCIÓN (kg)	INGRESOS (€)
CENTENO HÍBRIDO	153	3.240	496	2.770	424
CENTENO	153	1.923	294	1.912	293
CEBADA	163	2.640	430	2.020	329
TRIGO	173	2.550	441	1.880	325

En la tabla 32, se pueden ver las ganancias por hectárea que tendría el agricultor. Como se ha comentado al principio del apartado, todavía no se tienen en cuenta los ingresos por la PAC. De esta manera puede apreciarse cuánto sería el margen sin las ayudas europeas.

Tabla 32. Beneficios obtenidos en ambas localidades por cultivo utilizando semilla certificada y sin tener en cuenta los ingresos de la PAC (€)

	COSTES	USED		VISIEDO	
		INGRESOS	MARGEN	INGRESOS	MARGEN
CENTENO HÍBRIDO	398	496	98	424	26
CENTENO	363	294	-69	293	-70
CEBADA	407	430	23	329	-78
TRIGO	407	441	34	325	-82

Esta primera estimación se ha realizado teniendo en cuenta que se haya realizado la siembra con semilla certificada. Las densidades de siembra empleadas son:

- Centeno híbrido. 2 sacos/ha. Cada saco lleva 750.000 semillas y un peso aproximado de entre 24 y 30 kg.
- Centeno convencional. 100 kg/ha
- Cebada y trigo. 160 kg/ha

En Visiedo los resultados son pésimos para cualquier cultivo. El único que proporcionaría alguna ganancia sería el centeno híbrido, aunque mínima. En la localidad de Used, al tratarse de una zona menos desfavorecida climáticamente, no se producen las pérdidas que hemos encontrado en Visiedo. Cabe destacar que con el centeno híbrido se tienen unas ganancias considerables. Tanto con la cebada como con el trigo ocurre la misma situación: los ingresos son mínimos y se reducirán a los que se ingresan por la PAC. Por último se ve la situación del centeno convencional, el cultivo menos favorecido de los 4.

Se ha tenido en cuenta también una práctica muy extendida entre los cerealistas de secano: acondicionar el grano obtenido de la cosecha de la campaña anterior para sembrar. Es un factor importante puesto que el centeno híbrido no permite su puesta en práctica; al ser un híbrido, esta ventaja genética se perdería. Dicha práctica está muy extendida entre los agricultores: en torno a un 70% de la semilla sembrada en cereales de invierno en secanos, es acondicionada. Por ello, se ha realizado la tabla 33 en la que no se tiene en cuenta los costes de adquisición de la semilla convencional, tan solo la del centeno híbrido. Sí que se ha descontado una producción del 5% en centeno convencional, cebada y trigo, ya que se ha considerado que sería el coste del acondicionamiento de la semilla (Cereales Teruel, 2017).

Tabla 33. Beneficios obtenidos en ambas localidades por cultivo sin utilizar semilla certificada y sin tener en cuenta los ingresos de la PAC (€)

	COSTES	USED		VISIEDO	
		INGRESOS	MARGEN	INGRESOS	MARGEN
CENTENO HÍBRIDO	400	471	71	403	3
CENTENO	325	279	-46	278	-47
CEBADA	350	408	58	313	-37
TRIGO	350	419	69	309	-41

Por último, se debe mencionar el aporte que supone la PAC para el agricultor. De hecho, como se puede comprobar en las tablas anteriores, el margen de beneficio que se tiene por la venta del cereal es mínimo o incluso negativo en algún caso. En la tabla 34, se muestran los beneficios totales del agricultor por cultivo y en cada localidad, ya calculándose con el aporte recibido de la PAC.

Según la orden AAA/1747/2016, del 26 de octubre de 2016, se pueden saber los valores medios del pago básico según la localización. Used se encuentra en la región 601, mientras que Visiedo, en la 301. Conociendo estos datos, se pueden calcular los derechos de pago básico: en Used se reciben de media unos 180 €/ha, mientras que en Visiedo unos 120 €/ha. Se han tenido en cuenta también los ingresos por el pago verde, considerándose que se reciben prácticamente en la totalidad de los casos.

Tabla 34. Beneficios totales por cada cultivo en ambas localidades utilizando semilla certificada y teniendo en cuenta la PAC (a diciembre del año 2017) (€)

	USED	VISIEDO
CENTENO HÍBRIDO	278	146
CENTENO	111	50
CEBADA	203	42
TRIGO	214	38

Además de ser Visiedo una zona menos productiva que Used, también cuenta con una ayuda por hectárea menor. Por lo tanto, las ganancias en la localidad turolense son menores que en la zaragozana, y las diferencias que suponen los ingresos del centeno híbrido con el resto de cultivos, son más destacables.

5 . CONCLUSIONES

Todos los resultados obtenidos por el CTA durante estos años, han permitido realizar este estudio y corroborar un hecho que se viene defendiendo: el centeno y especialmente el centeno híbrido, es un cultivo a tener muy en cuenta en secanos áridos y semiáridos, tanto de nuestra región como a nivel nacional.

- Su principal característica queda fuertemente reforzada: la rusticidad. Se puede comprobar cómo es un cultivo con el que asegurar prácticamente siempre una producción mínima; mientras que ha habido años que la cebada o el trigo no se han cosechado debido a las pésimas condiciones meteorológicas, el centeno híbrido siempre ha dado un mínimo de producción.
- El centeno híbrido es una alternativa clara frente a cebadas y trigos. Teniendo en cuenta el panorama actual en el que las sequías están muy presentes, el centeno híbrido es el cultivo más fiable.
- El centeno híbrido ha conseguido las mejores producciones medias en los ensayos realizados. Pero hay que tener en cuenta que los agricultores siembran el centeno híbrido en las peores tierras, allí donde otros cereales resultarían poco productivos. Por ello, cuando se ven los datos oficiales de rendimientos de los distintos cereales, el centeno nunca está entre los mejores.
- En campañas con condiciones meteorológicas favorables, el centeno híbrido también tiene producciones elevadas. Por lo tanto, esta característica, le abre las puertas para ser cultivado en una mayor variedad de situaciones.
- En los ensayos realizados, se comprueba cómo, lógicamente, el centeno híbrido supera siempre al centeno convencional.
- Las nuevas variedades de híbridos de centeno, superan en producción a las antiguas. Las introducidas en los últimos años, tienen mejores rendimientos que el testigo Evolo. Sin embargo, las que se han catalogado en este trabajo como “nuevas” no superan en rendimientos a las “intermedias”. Esto es debido a que la mejora de los híbridos se produce de forma escalonada, y hasta que no se obtiene un nuevo parental, no ocurre este aumento en la producción.
- Se ha puesto de manifiesto la viabilidad económica del cultivo de este cereal. En Visiedo, el centeno híbrido es el cultivo más rentable por delante del resto de los cereales de invierno. En Used, al ser una zona menos árida que Visiedo, el centeno híbrido tiene una rentabilidad muy similar a la de la cebada o el trigo.

6 . BIBLIOGRAFÍA

- AEMET (2017). Comunicación personal.
- AGUADO, M., MARTÍNEZ, M. (1959). *Estudio morfológico y anatómico de los centenos españoles*. Ed. INIA. Madrid. 227 pp.
- BECKER, H. C., GEIGER, H. H., MORGENSTERN, K. (1982). Performance and phenotypic stability of different hybrid types in winter rye. *Crop Science*, vol. 22, no 2, 340-344.
- BOTANICAL ONLINE (2017). [Consulta en línea: 15 de noviembre de 2017]. Disponible en: http://www.botanical-online.com/cereales_partes.htm
- CARENA, M. J., HALLAUER, A. R. (2009). *Cereals, Hand Book of Plant Breeding*. Ed. Springer.
- CECOSA SEMILLAS (2004). Cecosa introduce con gran éxito en España el centeno híbrido. *Vida rural*, nº 193, 19-22.
- CECOSA SEMILLAS (2006). Cecosa Semillas apuesta por el centeno híbrido como fuente de energía. *Vida rural*, nº 233, 12-13.
- CECOSA SEMILLAS (2008). Cecosa Semillas avanza con el cultivo del centeno híbrido por otras regiones españolas. *Vida rural*, nº 274, 10-13.
- CECOSA SEMILLAS (2011). El porqué del éxito del centeno híbrido de Cecosa Semillas. *Vida rural*, nº 332, 14-15.
- CECOSA SEMILLAS (2012). El centeno híbrido de Cecosa Semillas muestra un comportamiento excepcional incluso en condiciones climáticas desfavorables. *Vida rural*, nº 348, 12-14.
- CECOSA SEMILLAS (2017). [Consulta en línea: 17 de enero de 2017]. Disponible en: <http://www.cecosasemillas.es/centeno-hibrido/>
- CEREALES TERUEL (2017). Comunicación personal.
- DELEPLANQUE (2017). [Consulta en línea: 18 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://www.deleplanque.fr/pdf/brochure-seigle%2007%202012.pdf>
- DGA (2017). Departamento de desarrollo rural y sostenibilidad. Estadísticas agrarias [Consulta en línea: 24 de enero de 2017]. Disponible en: http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/DesarrolloRuralSostenibilidad/AreasTematicas/EstadisticasAgrarias/ci.ESTADISTICAS_AGRICOLAS_detalleDepartamento?channelSelected=1cfbc8548b73a210VgnVCM100000450a15acRCRD
- FAOSTAT (2017). [Consulta en línea: 16 de enero de 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- GEIGER, H. H., MIEDANER, T. (1996). Genetic basis and phenotypic stability of male-fertility restoration in rye. Hohenheim University, Stuttgart (Germany). Institute of Plant Breeding. Seed Science and Population Genetics. Vorträge für Pflanzenzüchtung

- GEIGER, H. H., MORGENSTERN, K. (1975). Angewandt-genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. *Theoretical and applied genetics*, vol. 46, n° 6, p. 269-276.
- GENVCE (2017). Evaluación agrónoma y de la calidad de las nuevas variedades de cebada, trigo blando, trigo duro, triticale, avena y centeno híbrido en España. Red GENVCE. 76 pp
- GRIN (2017). USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network – (GRIN) [Base de Datos en Línea]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. [Consulta en línea: 16 de enero de 2017]. Disponible en: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?id=33443>
- GUTIÉRREZ, M. (2010). Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. *Cosecha 2010*. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 20 pp
- GUTIÉRREZ, M. (2011). Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. *Cosecha 2011*. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 21 pp
- GUTIÉRREZ, M. (2012). Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. *Cosecha 2012*. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 24 pp
- GUTIÉRREZ, M. (2013). Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. *Cosecha 2013*. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 21 pp
- GUTIÉRREZ, M. (2014). Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. *Cosecha 2014*. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 17 pp
- GUTIÉRREZ, M. (2015). Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. *Cosecha 2015*. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 28 pp
- GUTIÉRREZ, M. (2016). Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. *Cosecha 2016*. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 30 pp
- GUTIÉRREZ, M. (2017). Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. *Cosecha 2017*. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 25 pp
- GUTIÉRREZ-PAGÈS, L. (2006). Plantas útiles para el hombre: historia natural y cultural de las plantas comestibles.
- HAFFKE, S., KUSTERER, B., FROMME, F.J., ROUX, S., HACKAUF, B. & MIEDANER T. (2014). “Analysis of Covariation of Grain Yield and Dry Matter Yield for Breeding Dual Use Hybrid Rye.” *Bioenergy Research* 7, n°. 1: 424–29.
- HAFFKE, S., WILDE, P., SCHMIEDCHEN, B., HACKAUF, B., ROUX, S., GOTTWALD, M., & MIEDANER, T. (2015). Toward a Selection of Broadly Adapted Germplasm for Yield Stability of Hybrid Rye under Normal and Managed Drought Stress Conditions. *Crop Science*, vol. 55, no 3, 1026-1034.

- HAGEMANN, L. (2004). Roggen: preiswerte Alternative in der Schweinemast. Veredlungsproduktion, vol. 2, 44-45.
- HERNÁNDEZ, O. (2000). Espectaculares resultados de nuevas variedades de centeno híbrido. Vida rural, n° 116, vol 7, 28-30.
- HÜBNER, M., WILDE, P., SCHMIEDCHEN, B., DOPIERALA, P., GOWDA, M., REIF, J. C., & MIEDANER, T. (2013). Hybrid rye performance under natural drought stress in Europe. *Theoretical and applied genetics*, vol. 126, n° 2, 475-482.
- INSTITUTO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGROALIMENTARIO Y FORESTAL DE CASTILLA LA MANCHA (IRIAF), (2017). Ensayos de cultivos de invierno (variedades de cereales, técnicas de manejo, leguminosas y cultivos alternativos) campaña 2016-2017. [Consulta en línea: 14 de noviembre de 2017]. Disponible en: http://pagina.jccm.es/agricul/albaladejito/pdf/RESULTADOS_CULTIVOS_OTONO_INVIE_RNO_2016-2017.pdf
- IRTA (2017). Instituto de Investigación de la Generalitat Catalunya. [Consulta en línea: 14 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://www.irta.cat/ca-ES/RIT/V/V3/Pagines/Avaluacio-varietats-cultius-extensius-Catalunya.aspx>
- JENKINS, J.B. (1986). Genética. Ed. Reverte S.A. 666 pp
- KENT, N. L. (1987). Composición química de los cereales. Tecnología de los cereales. Zaragoza: Editorial Acribia, 27-48.
- KOLE, C. (2007). Genome mapping and molecular breeding in plants, Volume 1. Heidelberg: Springer.
- LA CUMAGA (2017). Comunicación personal.
- LANGER, R.H.M.; HILL, G.D. (1987). Plantas de interés agrícola: introducción a la botánica agrícola. Acribia.
- LEE, Mr. (2009). The history of ergot of rye (*Claviceps purpurea*) I: from antiquity to 1900. J R Coll Physicians Edinb. Vol. 39 (2):179-84.
- LONJA DE TOLEDO (2017). [Consulta en línea: 8 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://www.fedeto.es/lonja/cereales.htm>
- LÓPEZ, L. (1991). Cultivos herbáceos Vol. 1: Cereales. Ed. Mundi-Prensa.
- MARQUÉS, G., PEDÓ, T., GARBIN, M., ZANATTA, A., & AMARAL, V. (2015). Effect of soil waterlogging stress on the physiological performance of seeds and on the productivity of rye plants. *Agrociencia* (Montevideo), 19(1), 41-47.
- MEYER, A., SCHÖN, A., BRADE, A., & KÖHLER, P. (2003). Wie wirkt sich Mischfutter mit Roggen als alleiniger Getreidekomponente auf die Leistung und Fettqualität von Mastschweinen aus. En *Forum angewandte Forschung in der Rinder-und Schweinefütterung*, Fulda, Tagungsunterlage. p. 104-105.

- MEYER A, VON GAGERN W, SCHWARZ T, PIESZKA M, ŁOPUSZA_NSKA-RUSEK M, KAMYCZEK M, HEUER CH. (2012). Rye in Pig and Cattle Feed. Rye Belt Growing Perspective Brochure, KWS Lochow GmbH.
- MIEDANER, T.; WILDE, P.; WORTMANN, H. (2005). Combining ability of non-adapted sources for male-fertility restoration in Pampa CMS of hybrid rye. *Plant breeding*, vol. 124, n° 1, 39-43.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAPAMA) (2017). Anuario de estadística 2015. [Consulta en línea: 16 de enero de 2017]. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2015/AE15.pdf>
- PIESZKA, M., KAMYCZEK, M., & RUDZKI, B. (2015). Evaluation of the usefulness of hybrid rye in feeding Polish Holstein-Friesian dairy cows in early lactation. *Annals of Animal Science*, vol. 15, n° 4, 929-943.
- PUSZTAI, A. (1967). Trypsin inhibitors of plant origin, their chemistry and potential role in animal nutrition. *Nutrition abstracts and reviews*. 1-9.
- ROLDÁN, L. (2011). La producción cerealista en Aragón. *Surcos de Aragón*, n° 119, 14-18.
- SÁNCHEZ, C. (2016). Centeno híbrido, el cereal de otoño en auge. *Vida rural*, n° 418, 52-54.
- SEDLER, K.; MATHIAS, M.; LORENZ, K. (1984). Growth depressing effects of 5-n-pentadecylresorcinol: A model for cereal alkylresorcinols. *Cereal Chem*, vol. 61, 239-241.
- SCHWARZ, T., KULETA, W., TUREK, A., TUZ, R., NOWICKI, J., RUDZKI, B., & BARTLEWSKI, P. M. (2015). Assessing the efficiency of using a modern hybrid rye cultivar for pig fattening, with emphasis on production costs and carcass quality. *Animal Production Science*, vol. 55, n° 4, 467-473.
- SIGPAC (2017). Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas. [Consulta en línea: 3 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>
- VILLAMAYOR, G.; APARICIO, N. (2015). Evaluación de nuevas variedades de cereal de invierno en Castilla y León. Restulados de la campaña 2014/2015. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL).
- VILLARÍAS, J.L. (2011). Plantas indeseables que invaden el cultivo del centeno híbrido en los campos de Castilla y León. *Vida rural*, n° 324, 58-61.
- WEIPERT, D. (1989). Verarbeitungswert der in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Winterroggensorten. *Getreide, Mehl und Brot*, vol. 43, 131-137.
- WIERINGA, G. W. (1967). On the occurrence of growth inhibiting substances in rye. Tesis Doctoral. Veenman.
- YUAN, L. F., YUAN, X. L. & FU, X. (2001). Tecnología para la producción de arroz híbrido. FAO.

7 . ANEJOS

ANEJO 1. Meteorología de Used. Climograma anual, climograma de las medias y gráfica de barras con precipitaciones anuales

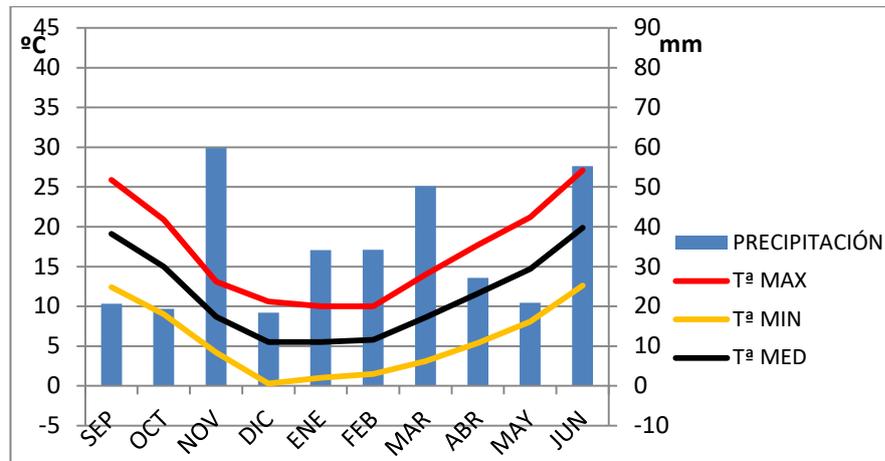


Figura 29. Climograma Used. Media años 2013-2017 (AEMET, 2017).

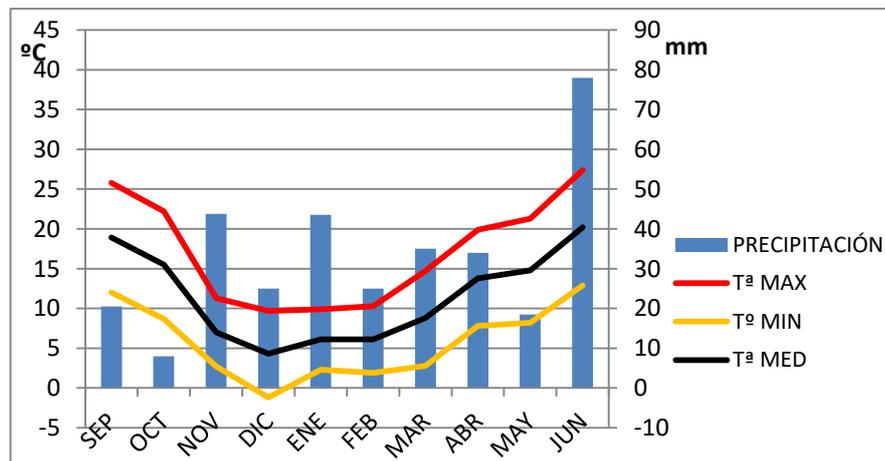


Figura 30. Climograma Used. Campaña 2013-2014 (AEMET, 2017).

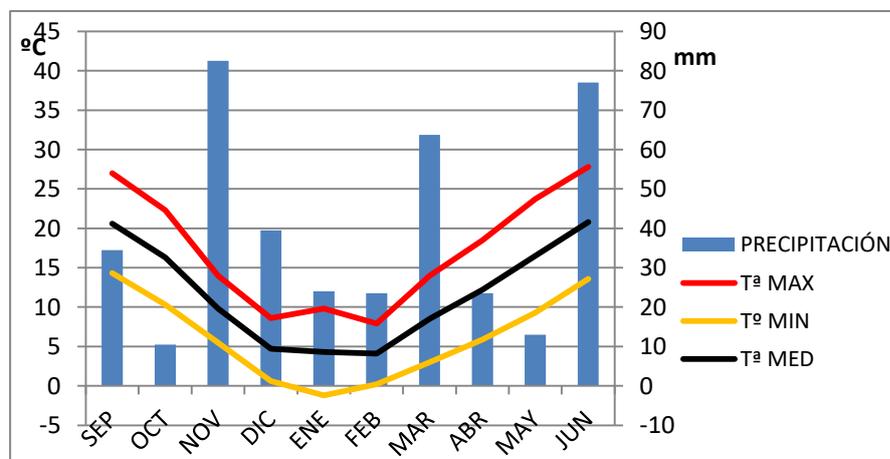


Figura 31. Climograma Used. Campaña 2014-2015 (AEMET, 2017).

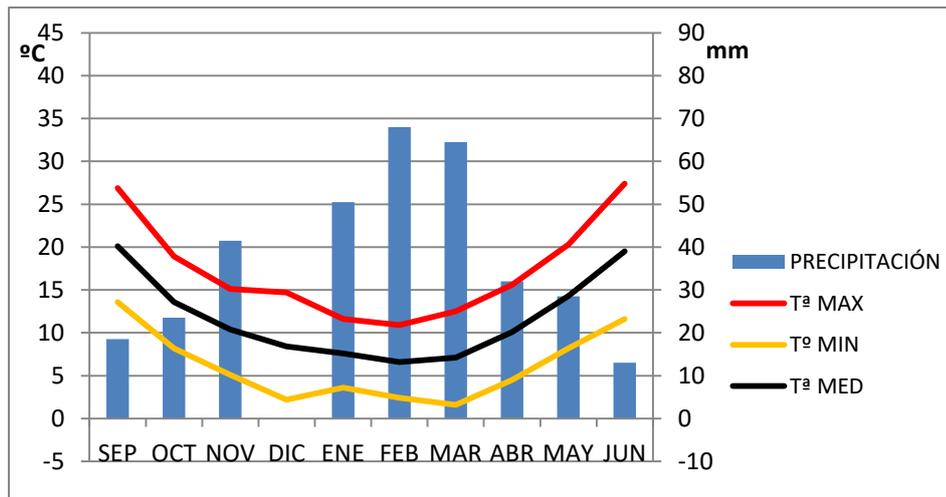


Figura 32. Climograma Used. Campaña 2015-2016 (AEMET, 2017).

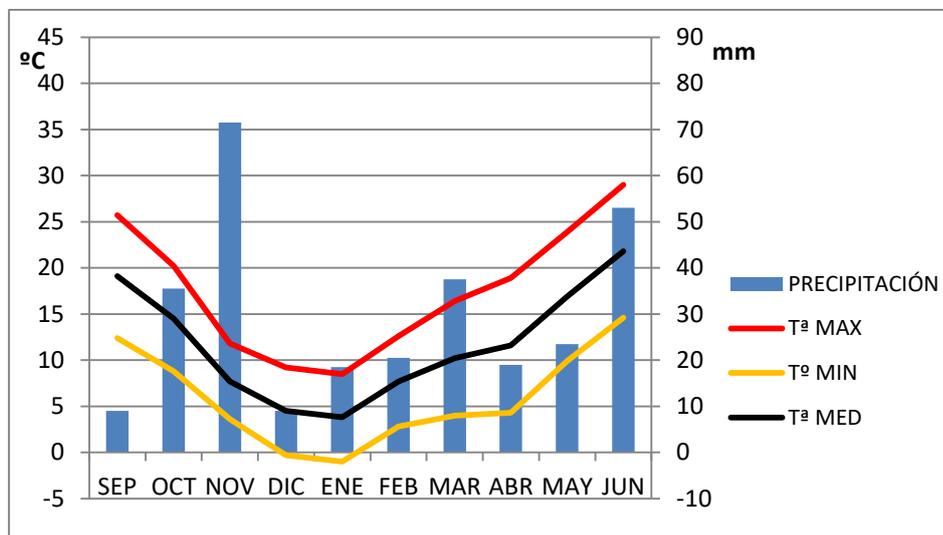


Figura 33. Climograma Used. Campaña 2016-2017 (AEMET, 2017).

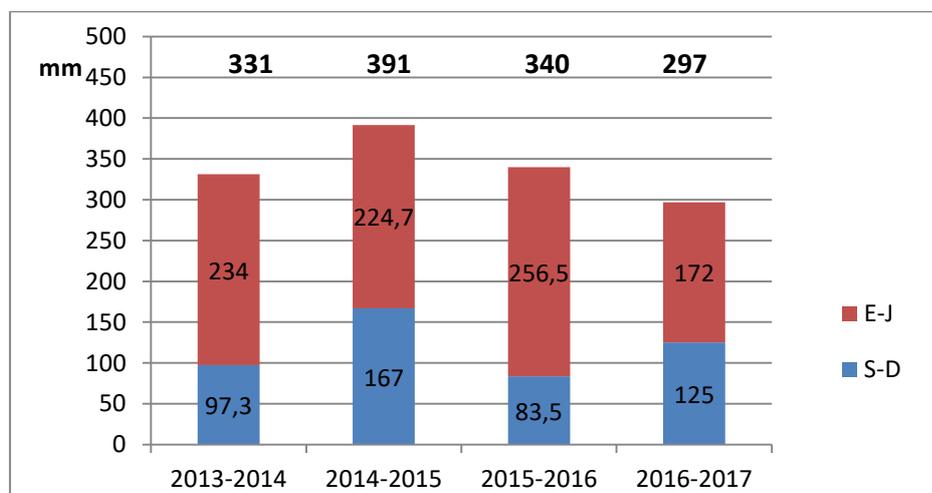


Figura 34. Gráfica de barras con precipitaciones anuales (Used). De la campaña 2013-14 a la 2016-17. Diferenciando de septiembre a diciembre y de enero a junio (AEMET, 2017).

ANEJO 2. Meteorología de Visiedo. Climograma anual, climograma de las medias y gráfica de barras con precipitaciones anuales

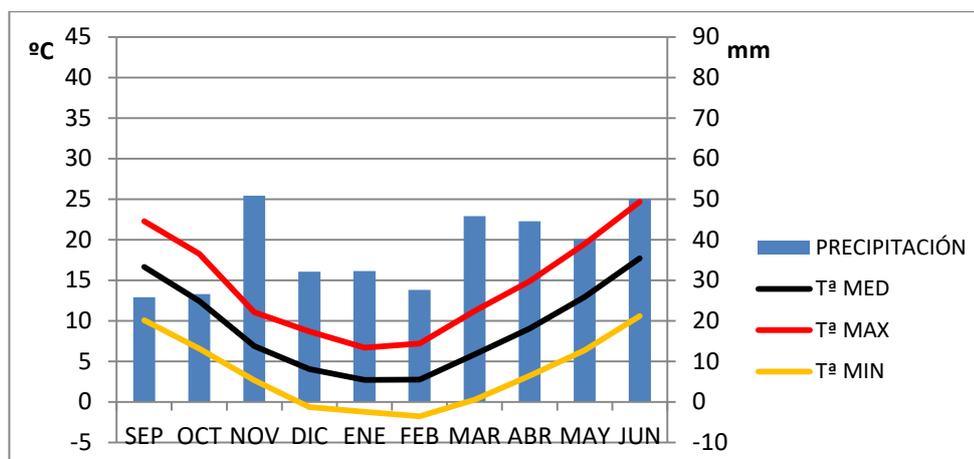


Figura 35. Climograma Visiedo. Media años 2009-2017 (AEMET, 2017).

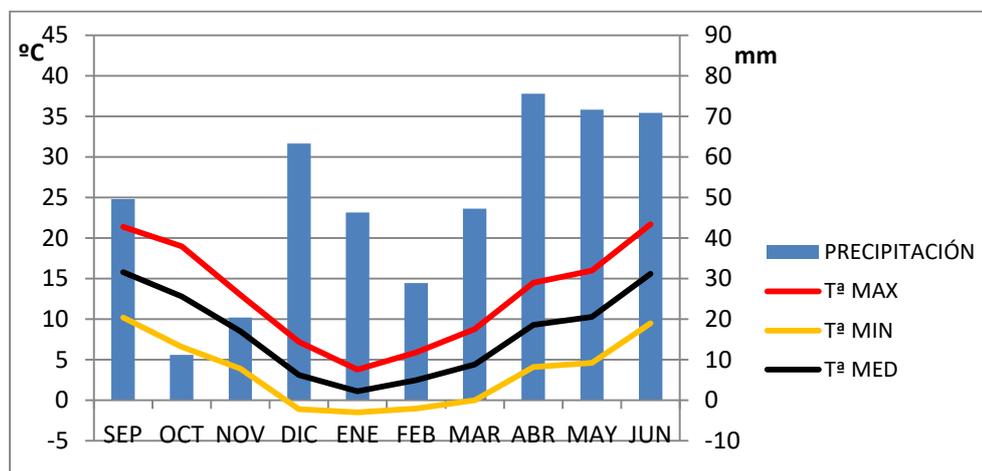


Figura 36. Climograma Visiedo. Campaña 2009-2010 (AEMET, 2017).

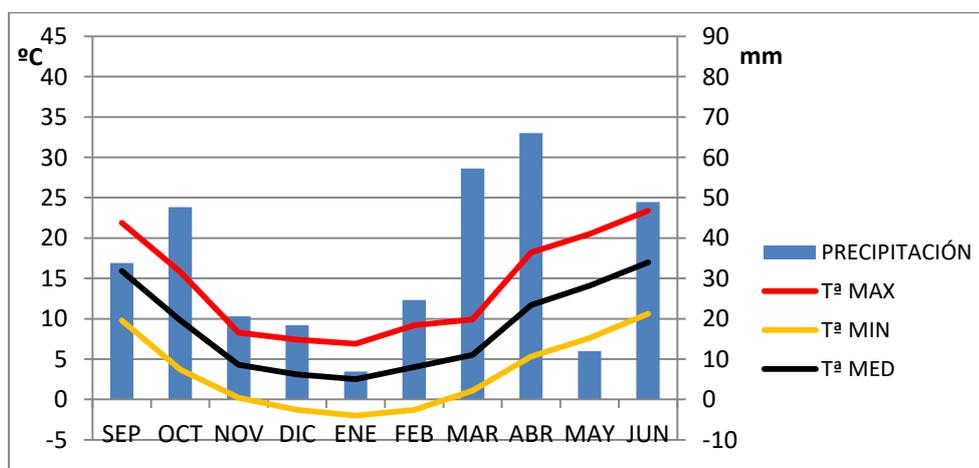


Figura 37. Climograma Visiedo. Campaña 2010-2011 (AEMET, 2017).

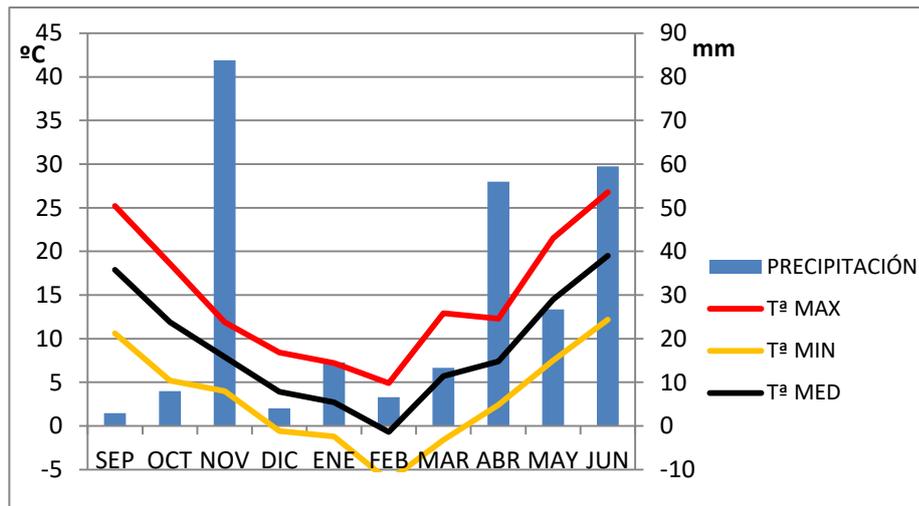


Figura 38. Climograma Visiedo. Campaña 2011-2012 (AEMET, 2017).

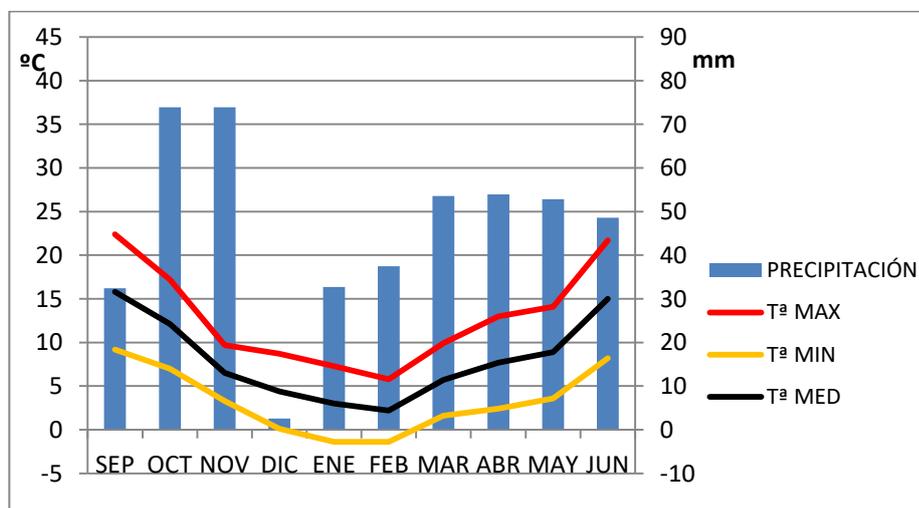


Figura 39. Climograma Visiedo. Campaña 2012-2013 (AEMET, 2017).

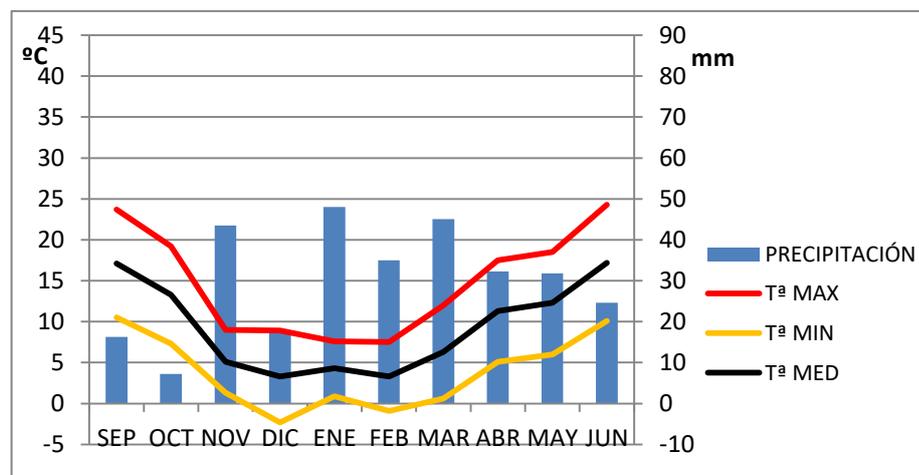


Figura 40. Climograma Visiedo. Campaña 2013-2014 (AEMET, 2017).

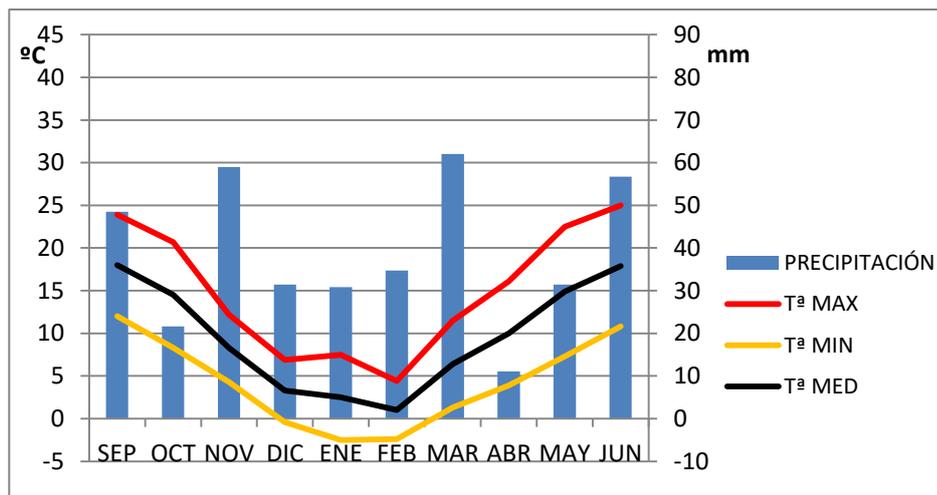


Figura 41. Climograma Visiedo. Campaña 2014-2015 (AEMET, 2017).

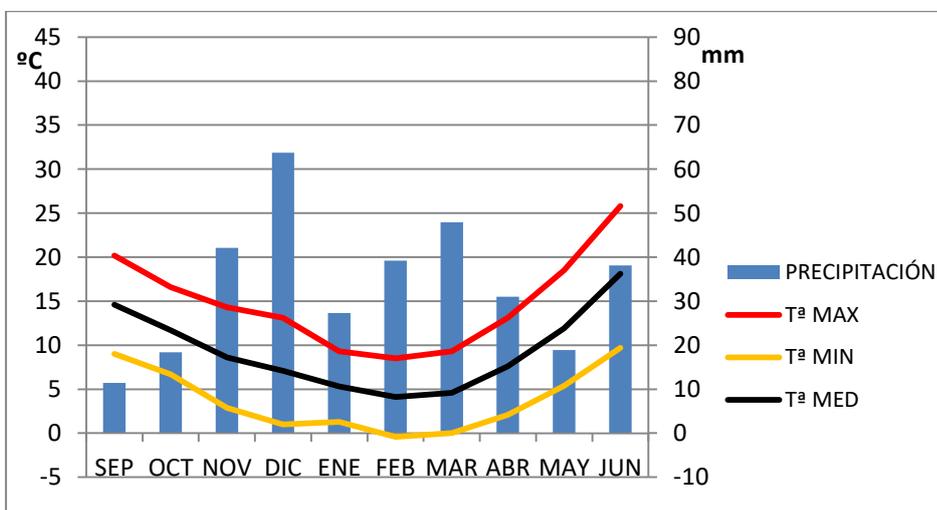


Figura 42. Climograma Visiedo. Campaña 2015-2016 (AEMET, 2017).

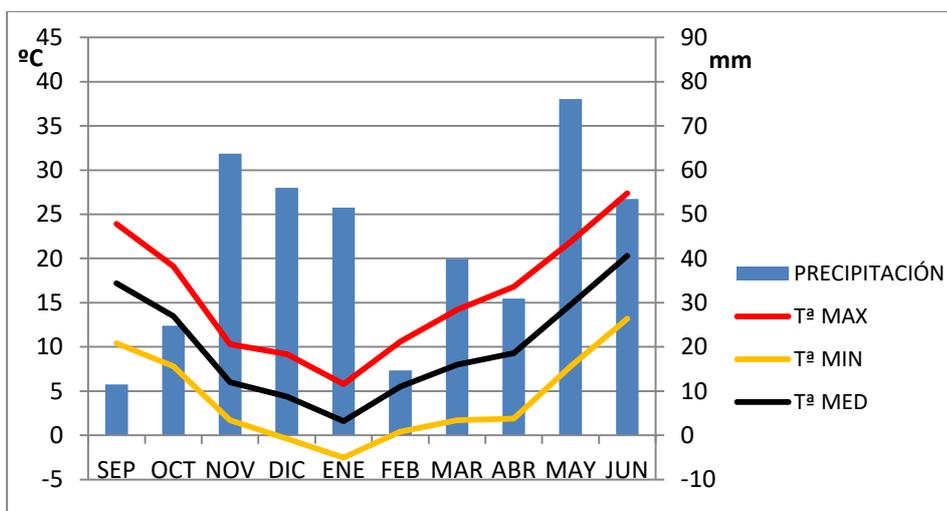


Figura 43. Climograma Visiedo. Campaña 2016-2017 (AEMET, 2017).

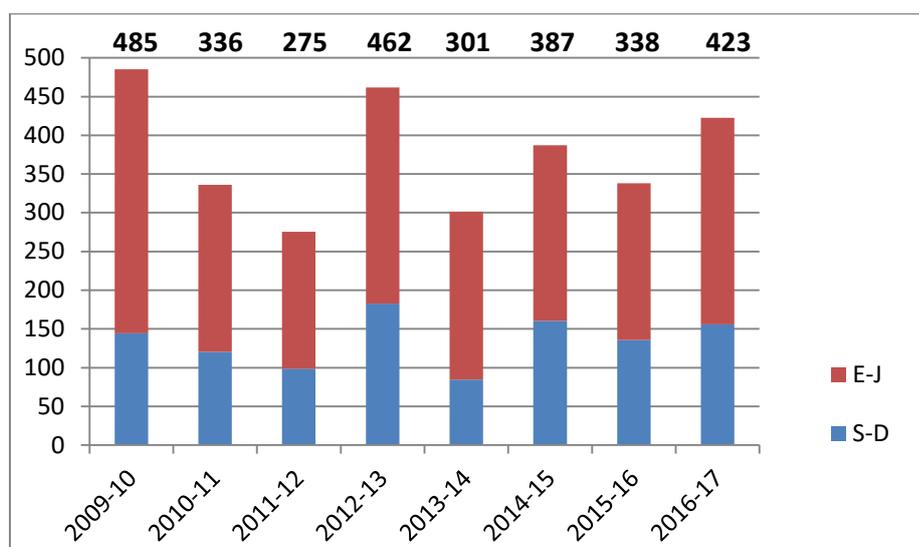


Figura 44. Gráfica de barras con precipitaciones anuales (Visiedo). De la campaña 2009-10 a la 2016-17. Diferenciando de septiembre a diciembre y de enero a junio (AEMET, 2017).

ANEJO 3. Costes producción cereal

Tabla 35. Costes cereal convencional seco

	Requiere		COSTES		
			€/ud	TOTAL	
Labores de campo					
Grada de discos	0,90	horas/ha	48,00	43,20	€
Chisel	0,80	horas/ha	48,00	38,40	€
Abonado de fondo	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Cultivador + rodillo	0,50	horas/ha	48,00	24,00	€
Siembra	0,60	horas/ha	48,00	28,80	€
Tratamiento herbicida	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Abonado de cobertera	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Transporte	0,50	horas/ha	48,00	24,00	€
Recolección	0,50	horas/ha	72,00	36,00	€
				COSTE TOTAL LABORES	230,40
Materias primas					
Abono de fondo (12-24-12)	200	kg/ha	0,32	64,00	€
Abono de cobertera (urea)	180	kg/ha	0,24	43,20	€
Semilla convencional	160	kg/ha	0,375	60	€
Herbicida (2,4-D)	0,75	litros/ha	13,00	9,75	€
				COSTE TOTAL MATERIAS PRIMAS	176,95
				COSTE TOTAL/ha	407,35

Tabla 36. Costes centeno convencional seco

Labores de campo	Requiere		COSTES		€
			€/ud	TOTAL	
Grada de discos	0,90	horas/ha	48,00	43,20	€
Chisel	0,80	horas/ha	48,00	38,40	€
Abonado de fondo	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Cultivador + rodillo	0,50	horas/ha	48,00	24,00	€
Siembra	0,60	horas/ha	48,00	28,80	€
Tratamiento herbicida	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Abonado de cobertera	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Transporte	0,50	horas/ha	48,00	24,00	€
Recolección	0,50	horas/ha	72,00	36,00	€
				COSTE TOTAL LABORES	230,40
Materias primas					
Abono de fondo (12-24-12)	200	kg/ha	0,32	64,00	€
Abono de cobertera (urea)	90	kg/ha	0,24	21,60	€
Semilla convencional	100	kg/ha	0,375	37,5	€
Herbicida (2,4-D)	0,75	litros/ha	13,00	9,75	€
				COSTE TOTAL MATERIAS PRIMAS	132,85
				COSTE TOTAL/ha	363,25

Tabla 37. Costes centeno híbrido seco

Labores de campo	Requiere		COSTES		€
			€/ud	TOTAL	
Grada de discos	0,90	horas/ha	48,00	43,20	€
Chisel	0,80	horas/ha	48,00	38,40	€
Abonado de fondo	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Cultivador + rodillo	0,50	horas/ha	48,00	24,00	€
Siembra	0,60	horas/ha	48,00	28,80	€
Tratamiento herbicida	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Abonado de cobertera	0,25	horas/ha	48,00	12,00	€
Transporte	0,50	horas/ha	48,00	24,00	€
Recolección	0,50	horas/ha	72,00	36,00	€
				COSTE TOTAL LABORES	230,40
Materias primas					
Abono de fondo (12-24-12)	200	kg/ha	0,32	64,00	€
Abono de cobertera (urea)	90	kg/ha	0,24	21,60	€
Semilla híbrido	2	sacos/ha	36	72,00	€
Herbicida (2,4-D)	0,75	litros/ha	13,00	9,75	€
				COSTE TOTAL MATERIAS PRIMAS	167,35
				COSTE TOTAL/ha	397,75