



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Explotaciones Agropecuarias

Evaluación de un ensayo de nuevas variedades comerciales de cebada ubicado en la Hoya de Huesca mediante un programa de gestión de la información agronómica

Assessment of a trial of new commercial barley varieties located in Hoya de Huesca using an agronomic information software

Autor/es

Andrés García Ruiz

Director/es

Joaquín Aibar Lete

Miguel Gutiérrez López

Hugo Malón Litago

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han hecho posible la realización de este Trabajo de Fin de Grado. En especial a Joaquín Aibar, por su orientación, disposición y paciencia a lo largo de todo el proceso de investigación.

También quiero agradecer a Miguel Gutiérrez por su inestimable ayuda y colaboración en la recopilación de información y por brindarme todos los materiales y conocimientos que estaban a su alcance, sin él, la elaboración de este trabajo no hubiera sido posible.

A la Cooperativa San Ginés de Lupiñén y a la Red ARAX, que pusieron a mi disposición todas las herramientas que necesité y no dudaron en ningún momento en facilitarme su apoyo.

A todas las personas que han participado de una manera u otra, gastando su valioso tiempo en ayudarme.

Por último, pero no menos importante, agradezco a mis amigos y familiares por su apoyo incondicional y su infinita paciencia, empujando de mí cuando me daba por vencido y creyendo hasta el final. Este trabajo va dedicado a todos vosotros.

El Trabajo de Fin de Grado que presento para su exposición y defensa es original y todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo



ÍNDICE

1. RESUMEN.....	11
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1. HISTORIA DE LA CEBADA	3
2.2. TAXONOMÍA	4
2.3. MORFOLOGÍA.....	5
2.4. DESARROLLO VEGETATIVO.....	6
2.4.1 Germinación (0-0,9).....	8
2.4.2 Crecimiento de la plántula y ahijamiento (1-2,9).....	8
2.4.3 Elongación de los tallos y espiga en el zurrón (3-5,9).....	8
2.4.4 Desarrollo del grano y maduración (6-9,9)	9
2.5. FACTORES QUE REGULAN EL DESARROLLO DE LA CEBADA.....	9
2.5.1 Pluviometría	10
2.5.2 Temperatura.....	10
2.5.3 Fotoperiodo.....	11
2.5.4 Vernalización	12
2.6. IMPORTANCIA DE LA CEBADA	13
2.7. IMPORTANCIA MATERIAL VEGETAL	20
2.8. PRINCIPALES ENFERMEDADES.....	21
2.9. PROGRAMAS DE GESTIÓN DE PARCELAS.....	23
2.10. RED ARAX.....	26
3. OBJETIVOS	27
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
4.1. UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS.....	28
4.2. DATOS METEOROLÓGICOS.....	30
4.3. MATERIAL VEGETAL	35
4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA PARCELA	37
4.5. MANEJO DEL CULTIVO	38

4.5.1 Preparación de la parcela de experimentación	38
4.5.2 Siembra.....	38
4.5.3 Aplicación de insumos	39
4.5.4 Cosecha.....	40
4.6. SEGUIMIENTO DEL CULTIVO Y PARÁMETROS EVALUADOS	41
4.6.1 Desarrollo del cultivo	41
4.6.2 Parámetros agronómicos	42
4.6.3 Altura	44
4.6.4 Proteína	44
4.6.5 Peso 1000 granos	45
4.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS.....	46
4.8. MANEJO DEL PROGRAMA.....	47
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
5.1. DESARROLLO DEL CULTIVO.....	55
5.1.1. Evolución del desarrollo en las variedades de invierno	57
5.1.2. Evolución del desarrollo en las variedades de primavera	58
5.2. HELMINTHOSPORIOSIS.....	59
5.2.1. Comparativa de afección en las variedades de invierno	60
5.2.2. Comparativa de afección en las variedades primavera	60
5.3. RENDIMIENTO	61
5.3.1. Análisis estadístico del rendimiento entre las variedades de invierno.....	63
5.3.2. Análisis estadístico del rendimiento entre las variedades de primavera.....	66
5.4. HUMEDAD	68
5.4.1. Análisis estadístico de Humedad del grano entre las variedades de invierno.	70
5.4.2. Análisis estadístico de Humedad del grano entre las variedades de primavera.....	72
5.5. PESO ESPECÍFICO.....	74
5.5.1. Análisis estadístico del peso específico entre las variedades de invierno	76
5.5.2. Análisis estadístico del peso específico entre las variedades de primavera ...	78

5.6. ALTURA	80
5.6.1. Análisis estadístico de la altura entre las variedades de invierno.....	82
5.6.2. Análisis estadístico de la altura entre las variedades de primavera	84
5.7. PROTEÍNA.....	86
5.7.1. Análisis estadístico de proteína entre las variedades de invierno	88
5.7.2. Análisis estadístico de proteína entre las variedades de primavera	90
5.8. PESO 1000 GRANOS.....	92
5.8.1. Análisis estadístico del peso de 1000 granos de las variedades de invierno ..	94
5.8.2. Análisis estadístico del peso de 1000 granos de las variedades de primavera	96
5.9. PROGRAMA AGRONÓMICO	98
6. CONCLUSIONES.....	99
7. BIBLIOGRAFÍA.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detalle de las espigas de cebada (MAPA, 2021).	4
Figura 2. Comparación de las aurículas de la cebada con otras gramíneas	6
Figura 3. Escala Zadoks desde germinación a estado de bota u hoja bandera (Tottman, 1987).....	7
Figura 4. Escala Zadoks desde espigado a madurez (Tottman, 1987).....	7
Figura 5. Vista general de una de las múltiples funciones del programa EOSDA Crop Monitoring. Fuente: https://eos.com/es/blog/software-agricola/#ref-2	24
Figura 6. Imagen de la interfaz del programa Geofolia.	25
Figura 7. Extensión de la comarca de la Hoya de Huesca dividida por municipios (Hoya de Huesca, 2022).....	28
Figura 8. Ubicación de los ensayos (MAPA, 2023)	29
Figura 9. Imagen realizada con un dron de las parcelas de ensayo.....	29
Figura 10. Estación meteorológica Meteus en el municipio de Lupiñén-Ortilla.	30
Figura 11. Diferentes funciones de la aplicación móvil Meteus.	31
Figura 12. Croquis del ensayo de variedades de cebada de la red GENVCE en Lupiñén (Red ARAX, 2021).	37
Figura 13. Labores de siembra del ensayo.	38
Figura 14. Bolsas individuales para cada microparcela.	39
Figura 15. Maquinaria especializada en proceso de recolección.	40
Figura 16. Saca y operarios manejando la cosechadora.	41
Figura 17. Hoja de toma de datos en campo.	42
Figura 18. Índice de producción (%).	43
Figura 19. Coeficiente de variación (%).	43
Figura 20. Espectrómetro de infrarrojo Perten IM 9200.	45
Figura 21. Contador de granos Pfeuffer.....	46
Figura 22. Interfaz del programa Geofolia (Muñoz, 2024).....	47
Figura 23. Vista de las parcelas de una explotación (ISAGRI España, 2022).	48

Figura 24. Distribución del programa según distintos parámetros (ISAGRI España, 2022).....	49
Figura 25. Vista de la base de datos en forma de tabla (Muñoz, 2024).....	50
Figura 26. Imagen del filtro (Muñoz, 2024).	51
Figura 27. Modo de introducción de parte (ISAGRI España, 2022).....	52
Figura 28. Selección de las parcelas tratadas (ISAGRI España, 2022).....	53
Figura 29. Introducción del producto fitosanitario (ISAGRI España, 2022).....	54
Figura 30. Deficiencias en la implementación de las cebadas.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la cebada.....	4
Tabla 2. Superficie y producción de cebada en España en 2021 (MAPA, 2021) .	15
Tabla 3. Superficie y producción de cebada en los últimos años en cada Comunidad Autónoma. Adaptación de GENVCE (2021) .	16
Tabla 4. Producción, superficies y rendimiento del cultivo de cebada en Aragón 2015-2021 (Gutiérrez, 2021) .	19
Tabla 5. Principales enfermedades fúngicas de la cebada. Adaptación de MAPA (2015).....	22
Tabla 6. Condiciones meteorológicas durante el año agrícola 2020-2021.....	32
Tabla 7. Datos meteorológicos de la serie histórica 2011 a 2021.....	33
Tabla 8. Variedades de cebada analizadas en el ensayo de Lupiñén 2020-2021 (Red ARAX, 2021).....	35
Tabla 9. Producción de cada repetición de las 40 variedades en kg/ha y su respectiva variación con respecto a todas ellas y a la propia variedad.	62
Tabla 10. Resultado del análisis estadístico del rendimiento de las variedades de primavera.	64
Tabla 11. Resultado del análisis estadístico del rendimiento de las variedades de primavera.	66
Tabla 12. Humedad en cosecha de cada repetición de las 40 variedades en % .	68
Tabla 13. Resultado del análisis estadístico de la humedad en las variedades de invierno.....	70
Tabla 14. Resultado del análisis estadístico de la humedad en las variedades de primavera.	72
Tabla 15. Peso específico (Kg/hl) de las cebadas pertenecientes al ensayo experimental divididos por las cuatro repeticiones.....	74
Tabla 16. Resultados del análisis estadístico del peso específico en las variedades de invierno.....	76

Tabla 17. Resultados del análisis estadístico del peso específico en las variedades de primavera.	78
Tabla 18. Altura de las plantas de cebada de cada variedad en cm.	80
Tabla 19. Resultado del análisis estadístico de la altura en las variedades de invierno.	82
Tabla 20. Resultados del análisis estadístico de la altura en las variedades de primavera.	84
Tabla 21. Proteína (%) de las cebadas pertenecientes al ensayo experimental divididos por las cuatro repeticiones y su media.	86
Tabla 22. Resultados del análisis estadístico de proteína en las variedades de invierno.	88
Tabla 23. Resultados del análisis estadístico de proteína en las variedades de primavera.	90
Tabla 24. Peso de 1000 granos (g) de las cebadas pertenecientes al ensayo experimental divididos por las cuatro repeticiones y su media.	92
Tabla 25. Resultados del análisis estadístico del peso de 1000 granos en las variedades de invierno.	94
Tabla 26. Resultados del análisis estadístico del peso de 1000 granos en las variedades de primavera.	96

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Los principales productores de cebada del mundo desde 1994 a 2021 (FAOSTAT, 2023).....	13
Gráfica 2. Producción y superficie cosechada de cebada en el mundo desde 1994 a 2021 (FAOSTAT, 2023).....	14
Gráfica 3. Producción y rendimiento de cebada en la Unión Europea desde 1994 a 2021 (FAOSTAT, 2023).....	14
Gráfica 4. Producción y rendimiento de cebada en España (FAOSTAT, 2023). ..	15
Gráfica 5. Rendimiento de cebada por CCAA. Comparativa media 17/20-2021 (Cooperativas agro-alimentarias, 2021).....	18
Gráfica 6. Rendimiento (t/ha) de cebada en Aragón 2015-2021 (Cooperativas agro alimentarias, 2021).....	20
Gráfica 7. Comparativa de las temperaturas medias por mes en el período del ensayo (2021) y de los últimos diez años (2011-2021). a partir de la estación de la cooperativa San Ginés de Lupiñén.....	34
Gráfica 8. Comparativa de la precipitación acumulada por mes en la última década (2011-2021) y en el año del estudio (2021). Elaboración propia a partir de la estación de la cooperativa San Ginés de Lupiñén.	35
Gráfica 9. Seguimiento del cultivo de ciclo largo según la escala de desarrollo de Zadoks.	57
Gráfica 10. Seguimiento del cultivo de ciclo corto según la escala de desarrollo de Zadoks.	58
Gráfica 11. Porcentaje de plantas afectadas por Helminthosporium en las variedades de invierno.	60
Gráfica 12. Porcentaje de plantas afectadas por Helminthosporium en las variedades de primavera.	61

Gráfica 13. Distribución de la producción (Kg/ha) entre las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba T3 de Dunnett).	65
Gráfica 14. Distribución de la producción (Kg/ha) entre las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba de Kruskal-Wallis).	67
Gráfica 15. Porcentaje de humedad del grano en cosecha de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor > 0,05; Prueba de Tukey-B).	71
Gráfica 16. Porcentaje de humedad del grano en cosecha de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor > 0,05; Prueba de Tukey-B).	73
Gráfica 17. Peso específico (Kg/hl) del grano en cosecha de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba T3 de Dunnett).	77
Gráfica 18. Peso específico (Kg/hl) del grano en cosecha de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba de Tukey-B).....	79
Gráfica 19. Altura del cultivo (cm) en la fase de madurez vegetativa de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor< 0,05; Prueba de Krusal-Wallis).	83
Gráfica 20. Altura del cultivo (cm) en la fase de madurez vegetativa de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas.....	85
Gráfica 21. Cantidad de proteína (%) de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba de Tukey-B).	89
Gráfica 22. Cantidad de proteína (%) de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor > 0,05; Prueba de Tukey-B).	91
Gráfica 23. Peso de 1000 granos (g) de las variedades de ciclo largo. Letras	

diferentes indican variaciones significativas (p valor $< 0,05$; Prueba de Tukey-B).95

Gráfica 24. Peso de 1000 granos (g) de las variedades de ciclo corto. Letras

diferentes indican variaciones significativas (p valor $> 0,05$; Prueba de Tukey-B).97

1. RESUMEN

Este trabajo nace de la colaboración entre la Escuela Politécnica Superior (UNIZAR) y la Red Aragonesa de Cultivos Extensivos y Leguminosas (Red ARAX) para la coordinación y seguimiento de los denominados 'Ensayos de comportamiento agronómico de variedades de cereal de invierno en Aragón'. En la campaña 2021 se estableció uno de estos ensayos en la plataforma de trabajo de Lupiñén (Hoya de Huesca), ubicación de referencia para cultivos de cebada de secano en Aragón.

En dicho ensayo experimental, se evaluaron 40 variedades de cebada, su diseño fue en bloques al azar con 4 repeticiones, lo que conformó un marco de estudio de 160 microparcelas. El análisis de los resultados se subdividió en dos grupos para que el volumen de datos no fuera excesivo y resultará más homogéneo. Se optó, por tanto, en dividirlos por variedades de ciclo largo y corto, conformando el primer grupo 19 variedades y 21 el segundo. Además, para mejorar la toma de datos y el seguimiento, se trabajó en la implementación y puesta a punto de una plataforma para la gestión de los datos obtenidos que pueda facilitar a futuro la gestión de la información obtenida.

Los parámetros que se estudiaron fueron agronómicos y de calidad: rendimiento, humedad, peso específico, afección de enfermedades, altura, proteína y peso de 1000 granos, además del seguimiento del desarrollo vegetativo.

El rendimiento medio del ensayo se situó en 5.348Kg/ha, mucho menor que la campaña anterior, con 8.882Kg/ha. La variedad más productiva fue SY Tungsten con 6.598Kg/ha, y la menos productiva en las condiciones del ensayo fue Pixel con 3.917Kg/ha.

Palabras clave: *Hordeum vulgare* L., software agronómico, características agronómicas.

ABSTRACT

This work arises from the collaboration between the Escuela Politécnica Superior (UNIZAR) and the Red Aragonesa de Cultivos Extensivos y Leguminosas (Red ARAX) for the coordination and monitoring of the so-called 'Agronomic performance trials of winter cereal varieties in Aragon'. In the 2021 campaign, one of these trials has been established at the Lupiñen work platform (Hoya de Huesca), a reference location for barley crops in Aragon.

In this experimental trial, 40 barley varieties were evaluated in four replications, which formed a study frame of 160 microplots. The analysis of the results was subdivided into two groups so that the volume of data would not be excessive and would be more homogeneous. It was therefore decided to divide them into long-cycle and short-cycle varieties, with the first group comprising 19 varieties and the second group, 21. In addition, in order to improve data collection and follow-up, work was carried out on the implementation and fine-tuning of a platform for the management of the data obtained, which could facilitate the management of the information obtained in the future.

The parameters studied were agronomic (yield, humidity, specific weight), disease affection, height, protein and weight of 1000 grains, in addition to the monitoring of vegetative development.

The average yield of the trial was 5,348 kg/ha, much lower than the previous season, with 8,882 kg/ha. The most productive variety was SY Tungsten with 6,598Kg/ha and the least productive under the trial conditions was Pixel with 3,917 kg/ha.

Key words: *Hordeum vulgare*, agronomic software, agronomic characteristics.

2. INTRODUCCIÓN

La cebada es un cereal que, tanto en la actualidad como en el pasado, ha tenido una gran importancia debido a su adaptación en términos climatológicos y nutricionales y por sus numerosos usos que abarcan desde la alimentación tanto animal como humana a la fabricación de cerveza dada su alta calidad maltera (López, 1991). Por ello, es el cuarto cereal en importancia por detrás del maíz, el arroz y el trigo según establece la FAO (FAOSTAT, 2022).

2.1. HISTORIA DE LA CEBADA

En la antigüedad, la cebada era un bien muy importante y es considerada como la primera planta cultivada por el hombre. Esta importancia queda reflejada en multitud de religiones antiguas, como en la romana, en la que se creía que este cereal fue entregado por la diosa de la agricultura: Ceres. A través de restos arqueológicos, se creía que tenía su origen en el creciente fértil, pero posteriormente, se han descubierto restos en excavaciones realizadas en Egipto con una antigüedad alrededor del 13.000 a.C. (López, 1991). A la península ibérica es muy probable que la cebada de seis carreras llegara a través del norte de África y, por el contrario, la cebada de dos carreras se introdujera por vía terrestre desde Europa en torno al 4000 a.C., aunque es posible que fuera introducida antes por vía marítima (Molina, 1989).

La cebada fue domesticada cuando se consiguieron individuos con espigas de raquis rígido, ya que, al ser el raquis quebradizo, dificultaba su recolección al caerse el grano al suelo cuando estaba maduro. En cuanto a su evolución, hay numerosas teorías y muchos aspectos en los que hay desconocimiento, pero, en general, todas apuntan a que la cebada de dos carreras precedió a la de seis, siendo *Hordeum spontaneum* K. el más probable ancestro entre las cebadas cultivadas (López, 1991).

2.2. TAXONOMÍA

Todas las cebadas que se cultivan actualmente forman parte de la especie *Hordeum vulgare* L. *sensu lato*. Esta especie pertenece a la tribu *Triticeae*, la cual se engloba en la familia *Gramineae*. A raíz de esta especie, se encuentran las subespecies *vulgare*, que son las cebadas de seis carreras; *distichum*, siendo las de dos carreras; y, por último, la subespecie *spontaneum*, a la cual pertenecen aquellas cebadas que siguen presentando el raquis frágil y, por tanto, son las consideradas silvestres (Molina, 1989).

En la tabla 1 se puede ver la clasificación, de forma esquemática, de la taxonomía de la cebada.

Tabla 1. Taxonomía de la cebada

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Poaceae</i>
Subfamilia:	<i>Pooideae</i>
Tribu:	<i>Triticeae</i>
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>vulgare</i> L.

Las subespecies de seis y dos carreras presentan la similitud de que se insertan sobre la articulación del raquis tres flores. La primera posee una sola espiguilla fértil de esas tres y, la de seis carreras, las tres fértiles.

En la figura 1 se aprecian estas diferencias.



Figura 1. Detalle de las espigas de cebada (MAPA, 2021).

Una clasificación muy importante es la referida a su período de desarrollo, englobándose en cebadas de primavera o de invierno, siendo el ciclo de crecimiento más largo en las de invierno. Además, un carácter muy distintivo por el que se pueden dividir las cebadas es por si presentan el grano vestido o desnudo (López, 1991). En general, se puede describir la especie como autógena y hemafrodita, que presenta un ciclo de vida anual y que se extienden por zonas de clima templado (Molina, 1989).

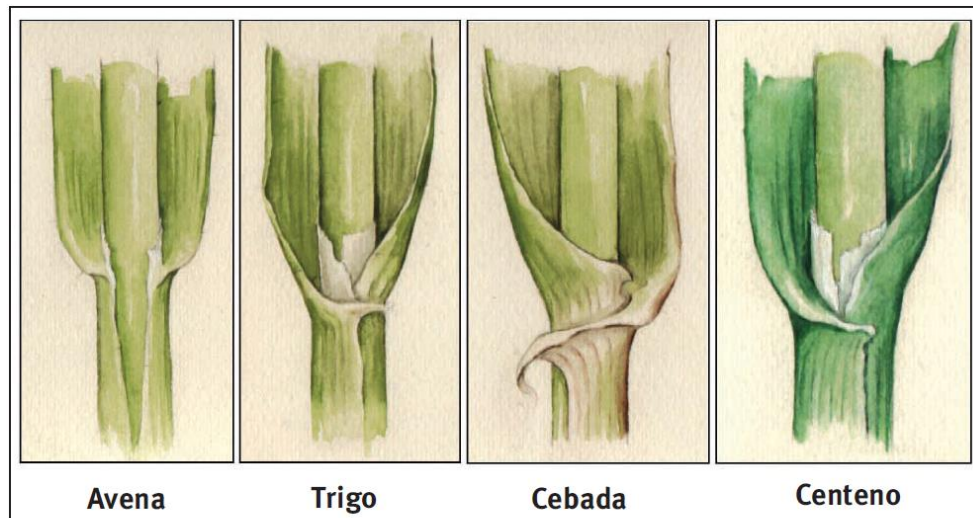
2.3. MORFOLOGÍA

Las raíces de la cebada se agrupan en un sistema fasciculado y superficial, ya que no son muy profundas, alcanzando a lo sumo los 120 cm y situándose su principal extensión hasta los 25 cm del suelo (López, 1991).

El tallo es hueco y presenta una forma cilíndrica, a lo largo del cual van sucediéndose nudos sobre los que se insertan las hojas envainadoras. En las primeras etapas de desarrollo, en la que la planta presenta un porte más rastrero y aún no ha emergido la conocida como hoja bandera, la planta presenta unos tallos falsos compuestos únicamente por las vainas de las hojas (López, 1991).

Las hojas presentan un color verde de una intensidad más clara que el trigo y una nerviación paralela, propia de la familia *poaceae*. Se dividen en dos partes bien diferenciadas: la zona basal que envuelve el tallo y el limbo. En el extremo inicial del limbo posee una lígula muy característica de esta especie, la cual se diferencia de otras gramíneas por ser bastante corta y presentar una apariencia aserrada. También presenta unas aurículas alargadas que se cruzan alrededor del tallo en forma de “abrazo”, siendo de menor longitud en la hoja primaria y prácticamente imperceptible en la hoja bandera. Esta última tiene la particularidad de envainar completamente el tallo y su limbo es extremadamente corto, ya que su principal función es proteger la futura espiga (López, 1991).

En la figura 2 se muestran las diferentes formas de las aurículas que presentan algunas gramíneas.



**Ilustración por LORDA, H. F. 1975.*

Figura 2. Comparación de las aurículas de la cebada con otras gramíneas (LORDA, 1975).

La inflorescencia de la cebada es en forma de espiguilla, lo que se traduce en la inserción de las flores en una sucesión de entrenudos a lo largo de un eje vertical o raquis. El conjunto de estas espiguillas forma la espiga. En cada espiguilla se encuentran tres flores que, dependiendo de la variedad, pueden ser ambas fértiles o únicamente la central. La variedad que presenta las tres fértiles correspondería a las cebadas de seis carreras y, la que presenta dos flores estériles y fértil la central, con las cebadas de dos carreras (López, 1991).

El grano atraviesa distintas fases de desarrollo, en las cuales van modificándose sus características morfológicas, a la vez que se va formando el embrión. En la edad más temprana, en la que el embrión presenta una fase muy prematura, el grano presenta unas cualidades lechosas. Posteriormente, adquiere una consistencia pastosa, hasta que se alcanza la madurez y, por tanto, la rigidez característica de los cereales. Este fruto final es monospermo y se encuentra vestido (López, 1991).

2.4. DESARROLLO VEGETATIVO

El desarrollo total de una planta de cebada en España es de unos 180 días para las variedades de primavera y, en torno a 270 para las de invierno.

Este desarrollo, aunque es continuo, se suele dividir en distintas fases que permiten mejorar la toma de datos y establecer un lenguaje común en términos científicos y técnicos.

Una de estas clasificaciones es la conocida como escala Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974), la cual se basa en utilizar un código concreto según la fase vegetativa en que se encuentra la plántula a partir de una apreciación visual. Esta escala, que aparece representada en las figuras 3 y 4, se desarrolló para utilizarse en la mayoría de cereales de invierno, por lo que pueden aparecer fases que difieren con la especie a la que se realiza el seguimiento (Molina, 1989).

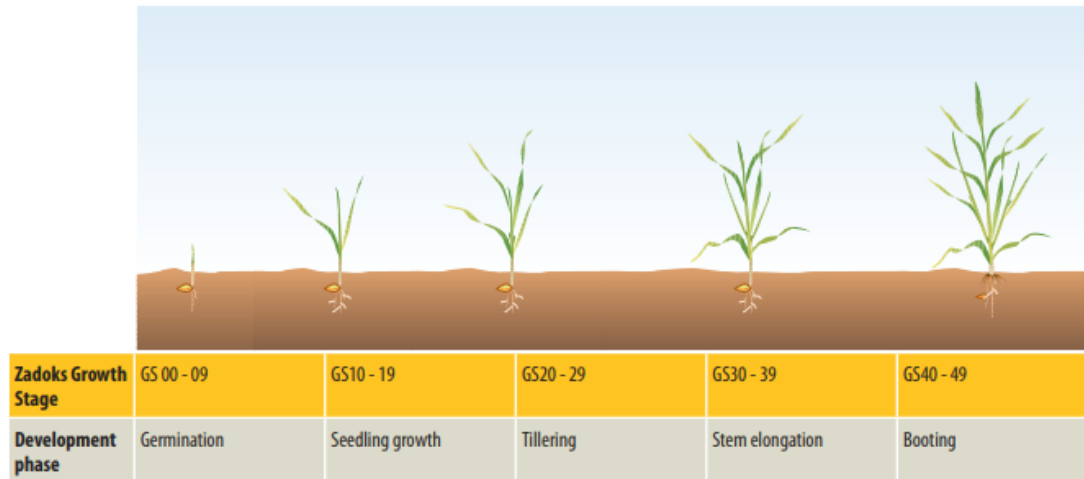


Figura 3. Escala Zadoks desde germinación a estado de bota u hoja bandera (Tottman, 1987).

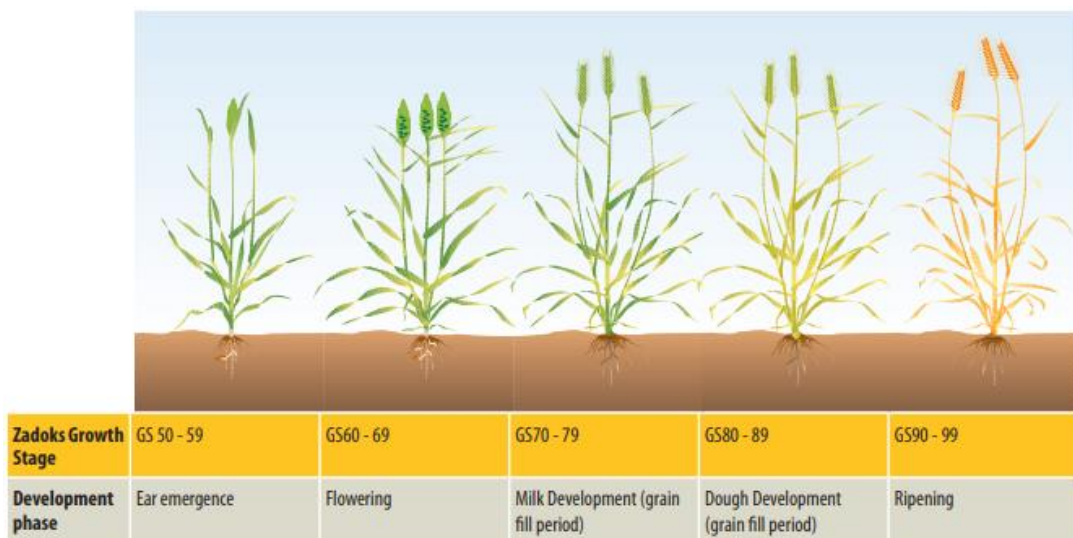


Figura 4. Escala Zadoks desde espigado a madurez (Tottman, 1987).

La escala Zadoks es una herramienta muy útil para el seguimiento en ensayos de variedades. Como se puede apreciar en las figuras 3 y 4, la clasificación está enumerada del 00, siendo el grano seco que acaba de ser sembrado, hasta el número 99, que corresponde con la maduración total del grano.

2.4.1 Germinación (00-09)

En esta primera fase de desarrollo se forma, en primer lugar, unas raicillas que, evidentemente, no son visibles. Posteriormente, comienza a crecer el coleóptilo hasta que este perfora la superficie del suelo (Molina, 1989).

2.4.2 Crecimiento de la plántula y ahijamiento (10-29)

Dependiendo de las condiciones ambientales y de la profundidad de la siembra, la emergencia será más tardía o ligeramente diferente. Pasada esta primera fase, y una vez que el tallo principal cuenta con unas tres hojas separadas del mismo, las plántulas comienzan la conocida como fase de ahijamiento. Este desarrollo se denomina de esta forma porque comienzan a formarse tallos secundarios a partir del nudo de ahijamiento. Además, la espiga del tallo principal comienza a desarrollarse a la vez que aparecen los hijuelos. Esta fase representa un punto crítico, ya que repercutirá directamente en el rendimiento final, al estar íntegramente ligado a los parámetros de número de espigas y de granos por espiga (Molina, 1989).

2.4.3 Elongación de los tallos y espiga en el zurrón (30-59)

La elongación de los tallos comienza con el inicio de la primavera, cuando las temperaturas son más cálidas. En primer lugar, se elonga el tallo principal y, seguidamente, aparece la banderola u hoja bandera, que marca el inicio de la formación de la espiga. Debajo del limbo se produce una hinchazón de la vaina, que se conoce como zurrón. Esta fase comprende desde la hinchazón del zurrón a la emergencia de la primera espiga e influirá en el número de granos por espiga al producirse el desarrollo de los órganos sexuales, así como la polinización, por lo que esta etapa constituye uno de los momentos más críticos que pueden afectar terriblemente al rendimiento final (Molina, 1989).

2.4.4 Desarrollo del grano y maduración (60-99)

Cuando la espiga ha emergido presenta un porte erecto, pero, a medida que los granos se van desarrollando y engordando, la espiga comienza a curvarse. El crecimiento del grano empieza siendo a lo largo y, posteriormente, se engrosa (Molina, 1989).

A la hora de la detección visual, adquiere un matiz importante la composición del endospermo, que varía conforme se desarrolla y que es apreciable por su textura. En primer lugar, una vez que el grano está formado, presenta una composición acuosa. Según va desarrollándose el grano, y coincidiendo con la formación del almidón, este aumenta su densidad y grosor y adquiere mayor dureza, tornándose su textura en una más pastosa. Tras esta última etapa se alcanza la madurez fisiológica y, con ello, una mayor dureza. A partir de este momento, y cuando las temperaturas comienzan a ser más cálidas, toda la planta comienza a virar a un tono amarillento. Por su parte, el grano irá perdiendo humedad hasta alcanzar unos valores óptimos para ser cosechado. Por último, en el preciso instante en el que la planta está totalmente seca y el grano presenta unos niveles de humedad inferiores al 12%, se le cataloga como madurez comercial (Molina, 1989).

2.5. FACTORES QUE REGULAN EL DESARROLLO DE LA CEBADA

Son muchos los aspectos que determinarán el crecimiento de la cebada, desde factores externos como la meteorología a las características propias de cada variedad.

A la hora de evaluar estos agentes, se utiliza como foco de estudio la época de floración, que marca intrínsecamente el desarrollo de la planta y su rendimiento final. Como expresó en 1939 Bell, esta época de floración está supeditada al conjunto de la fisiología, el ambiente y el genotipo. Posteriormente, Johnson y Taylor (1958) propusieron que esta fecha correspondía con un carácter cuantitativo que respondía a la interacción entre el genotipo y el ambiente, siendo influenciados directamente sobre el desarrollo por la vernalización y el fotoperiodo (Igartua *et al.*, 2008).

En general, la cebada es un cultivo que se adapta de forma óptima a las variaciones en el ambiente, debido a que tiene un desarrollo foliar y una acumulación de materia seca más rápida que otros cereales como, por ejemplo, el trigo. Esta adaptación adquiere mayor importancia al final del ciclo y en el desarrollo del grano, bajo condiciones ambientales desfavorables en términos hídricos y térmicos (Castañeda Saucedo *et al.*, 2004).

2.5.1 Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua afecta tanto al desarrollo de la planta como a la formación y crecimiento de los órganos, considerando más críticas las etapas fenológicas en las que el agua sea limitante e influya directamente en el rendimiento final y en la calidad del grano (Castañeda Saucedo *et al.*, 2004).

En zonas donde la pluviometría es escasa, como es el caso de la región mediterránea, el principal factor adaptativo es el ajuste fenológico. Para la cebada, es primordial adecuar la fecha de floración a la época en que las condiciones ambientales e hídricas son más favorables. El momento en que se produce la floración está marcado por el ambiente, que influye directamente en los genes que regulan la transición del estado de desarrollo a la fase de reproductiva. Este punto de inflexión, además, incidirá en la duración de todos los estadios de desarrollo, el número de hijuelos, espigas y granos, y en la distribución y acumulación de la materia seca a lo largo de todo el organismo (Igartua *et al.*, 2008). Un ejemplo muy claro que comenta Igartua (2008) para comprender esta importancia en el ciclo de la cebada es que “las variedades precoces normalmente se comportan mejor en zonas de bajo rendimiento, debido a la menor disponibilidad de agua al final del ciclo” y, por otro lado, apunta que: “las variedades que necesitan de mucha vernalización pueden sufrir notables retrasos en la floración en caso de falta de frío invernal, por lo que sufrirán un estrés hídrico de mayor intensidad que otras variedades que necesitan de poca o ninguna vernalización”.

2.5.2 Temperatura

El aumento de temperatura es un factor que tiene una influencia directa en todos los procesos biológicos del desarrollo de la cebada, tanto en la duración de las diferentes fases como en la tasa de iniciación de espiguillas y hojas. Además, existe una relación lineal entre el aumento de temperatura y el adelanto de la fecha de floración, dentro de un rango máximo en la precocidad y el retraso de esta (Roberts *et al.*, 1988). El grado de incidencia de la temperatura en el desarrollo de la cebada varía según el genotipo, aunque influye en todas las fases y en todos los genotipos. Esta relación lineal ha sido estudiada tradicionalmente con el concepto de la integral térmica, que contempla los grados-día acumulados y que se recoge mediante la siguiente fórmula (Igartua *et al.*, 2008):

$$\frac{1}{f} = a + bT$$

f: tiempo entre siembra y floración (días)

1/f: tasa de desarrollo

T: temperatura media diaria (°C)

a: temperatura base por debajo de la cual no se produce avance en el desarrollo

1/b: integral térmica

Cabe destacar, como comenta Igartua (2008), que “solamente si se cumple esta ecuación se puede afirmar que la floración ocurre cuando la integral térmica necesaria, diferente para cada genotipo, ha sido acumulada”.

Por otra parte, esta fórmula tiene sus limitaciones debido a que la duración del fotoperiodo puede sufrir cambios en el ámbito práctico, lo que se traduce en una variación en la tasa de desarrollo por la fenología (Klepper *et al.*, 1982). Debido a esto, se contempló una nueva relación que añade el fotoperiodo como una variable más de la ecuación. Este nuevo concepto se bautizó como integral fototérmica.

$$\frac{1}{f} = a + bT + cP$$

P: fotoperiodo (horas/día)

T: temperatura media diaria (°C)

a, b y c: constantes de cada genotipo

Los limitantes de la integral térmica radican en que la temperatura no supere los valores óptimos y en que el fotoperiodo no rebase el intervalo entre mínimos y máximos (Igartua *et al.*, 2008).

2.5.3 Fotoperiodo

El fotoperiodo comprende las variaciones de luz y oscuridad que provocan una respuesta sobre el desarrollo del organismo. Esta influencia es un factor importante en la duración de las fases de crecimiento y, por ende, en el grado adaptativo ante las condiciones ambientales (Rey de las Moras, 2010).

En el caso concreto de la cebada, al tratarse de un cereal de grano pequeño y de plantas de día largo, la época de floración está condicionada al momento en que la cantidad

de horas de luz comienza a crecer (Thomas y Vince-Prue, 1997). Dentro de esta afirmación existe un intervalo por el cual no se produce un cambio en el desarrollo. Cuando el fotoperiodo se encuentra por debajo de 8-10 horas, la floración no se producirá de ninguna manera. Por el contrario, si el rango supera las 13-18 horas, no se aprecia un incremento en el desarrollo. Este intervalo de horas/día varía en función del genotipo, permitiendo su clasificación en dos grupos: genotipos que no tienen respuesta o de forma ínfima ante un incremento del fotoperiodo y genotipos que presentan una gran sensibilidad ante variaciones (Igartua *et al.*, 2008).

La variación de las fases de luz y oscuridad son captadas por la planta a través de los fitocromos, que son unos pigmentos fotorreversibles que se encuentran en mayor cantidad en las hojas. Estos pigmentos absorben la luz infrarroja, por lo que la cantidad de absorción es la que promueve la inducción de la floración (Igartua *et al.*, 2008).

2.5.4 Vernalización

En la mayoría de genotipos de cebada, es necesario que se expongan a unas condiciones de bajas temperaturas durante un amplio intervalo de tiempo para que se induzca la floración. Esta respuesta varía mucho según el fenotipo de cada variedad, adelantando en mayor o menor medida la floración o, incluso, ser extremadamente dependiente de la vernalización (Roberts *et al.*, 1988). Por otra parte, cabe destacar que existen genotipos de cebadas de primavera con nula respuesta.

En la década de los sesenta, Salisbury (1963) descubrió que había una sustancia que se sintetizaba en la planta al estar expuesta a bajas temperaturas y que, por tanto, provocaba que la planta se tornara sensible ante la influencia del fotoperiodo. Esta sustancia se bautizó como vernalina y, actualmente, no se ha llegado a conocer su fisiología en la planta.

Para explicar esta reacción, se han elaborado multitud de modelos en gramíneas. Uno de los más esclarecedores es el que formuló Yan *et al.* (2004) sobre el trigo diploide. En él, sostiene que los genotipos con requerimiento de vernalización poseen un represor de la floración que se vuelve inactivo cuando se alcanza el número de horas de frío acumuladas suficientes, lo que permite el paso a la fase reproductiva (Igartua *et al.*, 2008).

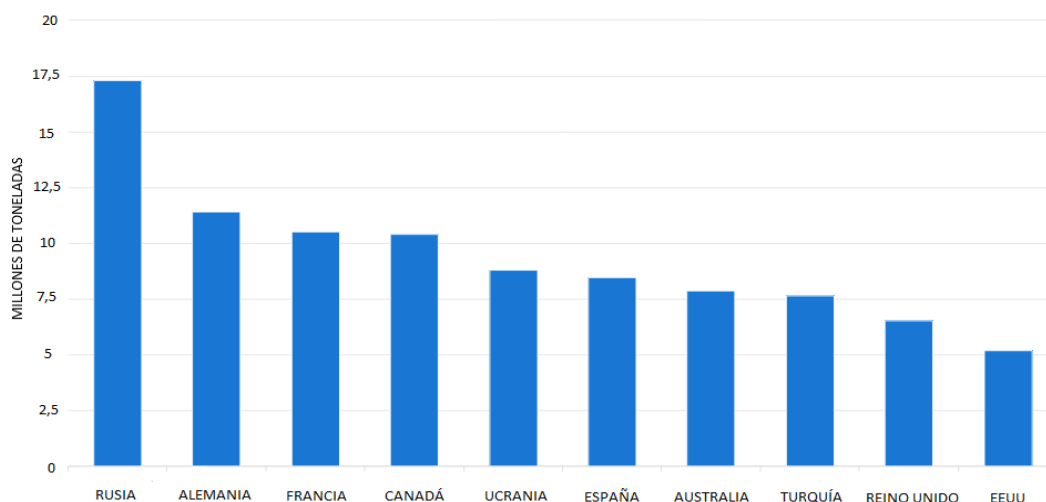
La sensibilidad de una variedad a la vernalización se puede cuantificar con el número final de hojas ya que, a diferencia de la temperatura que afecta a la tasa de iniciación de las hojas, la cantidad global se debe, íntegramente (siempre que no haya ninguna limitación del entorno), a la vernalización (Kirby *et al.*, 1985).

2.6. IMPORTANCIA DE LA CEBADA

La cebada es el cuarto cereal más importante en el mundo según la FAO. Esta afirmación está refutada en las grandes cantidades que se producen a nivel mundial.

- Producción mundial

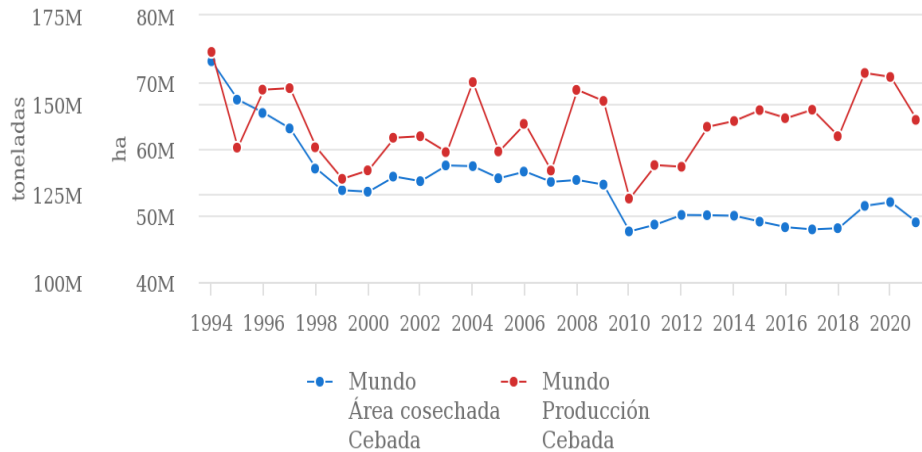
La producción total está repartida, en mayor parte, en países europeos, abarcando el 61,8% del total mundial. Por detrás, aparecen como productores menores el continente americano y Asia. En cuanto a su distribución por países, cabe destacar la ligera superioridad de Rusia, que lleva siendo el mayor productor a lo largo de la serie histórica desde que se tienen registros, con una producción media en los últimos 10 años de 17,3 millones de toneladas. Por detrás, se encuentran países que poseen una producción muy homogénea, en torno a 10 millones de toneladas. Esta tendencia se ha ido manteniendo a lo largo de los años, pero hay que remarcar que Australia ha aumentado considerablemente en el ranking, situándose muy próxima a Rusia, con unos valores cercanos a los 15 Millones en los últimos años (FAOSTAT, 2023).



Gráfica 1. Los principales productores de cebada (en promedio) del mundo en el periodo de 1994 a 2021 (FAOSTAT, 2023).

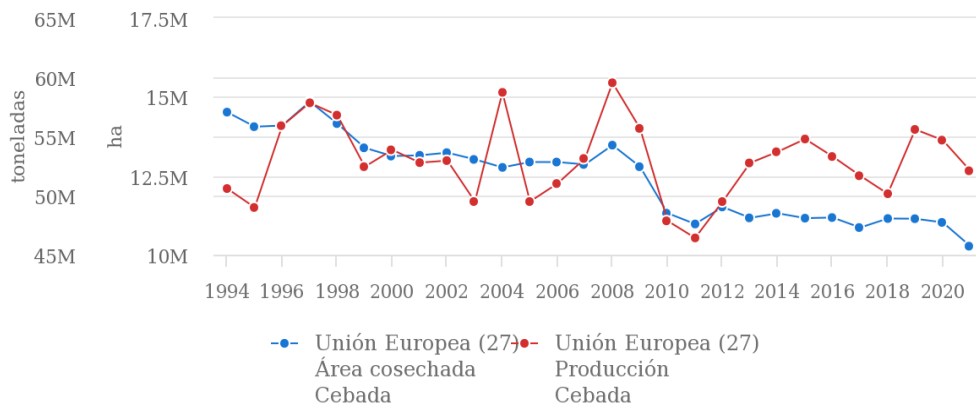
Como ha sucedido con toda la producción agrícola, el rendimiento ha sufrido una mejora sustancial debido a la mejora en las herramientas y en el desarrollo técnico y científico que se han ido produciendo a lo largo de los últimos años. Ese aumento contrasta

con la decreciente superficie cultivada, que se ha visto reducida en torno a unos 30 millones de hectáreas en todo el mundo. Este es otro indicador que refleja esa especialización en el sector. En la gráfica 2 se recoge la evolución del rendimiento y la superficie en los últimos años.



Gráfica 2. Producción y superficie cosechada de cebada en el mundo desde 1994 a 2021 (FAOSTAT, 2023).

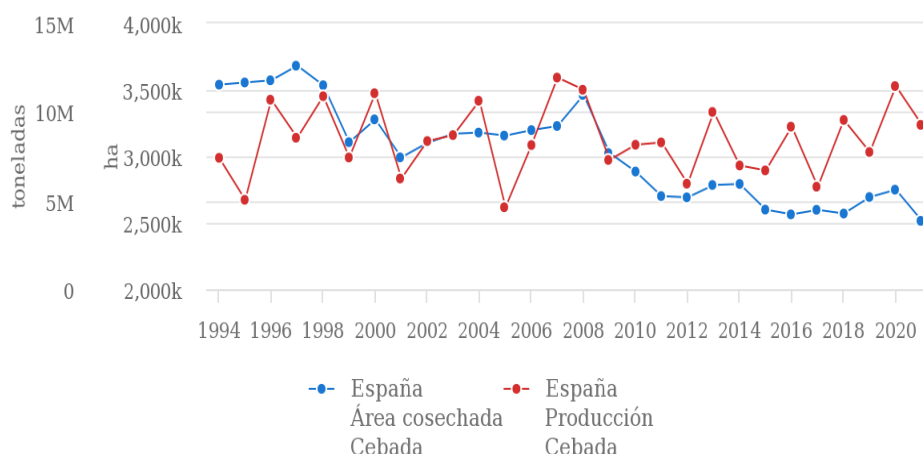
En Europa, el perfil es muy similar a la situación mundial. La gráfica 3 refleja que su superficie cultivada se ha reducido en unos 3 millones de hectáreas. La producción ha sufrido un importante aumento, con la excepción de que se ha dado una reducción en los últimos años debido a las condiciones climáticas adversas.



Gráfica 3. Producción y superficie cosechada de cebada en la Unión Europea desde 1994 a 2021 (FAOSTAT, 2023).

- Producción en España

España se sitúa actualmente en el sexto país de mayor producción mundial. Tanto la tradición cerealista como el clima favorable para su desarrollo ha propiciado que sea un cultivo muy extendido a lo largo de los años. Como se puede ver en la gráfica 4, la tendencia en cuanto a la superficie cultivada es a la baja, habiéndose perdido más de un millón de hectáreas en menos de tres décadas.



Gráfica 4. Producción y rendimiento de cebada en España (FAOSTAT, 2023).

Como refleja la tabla 2, la superficie cultivada de cebada en España en el año 2021 se situaba en 2.719,2 miles de hectáreas, siendo un 1,61% menos que el año anterior. A pesar de esta reducción, sigue siendo, por mucho, el cereal más importante en el campo español.

En cuanto a las producciones, las cantidades varían significativamente de un año a otro, debido a que la mayor cantidad de este cultivo se da en régimen de secano, por lo que está tremendamente condicionado a las precipitaciones, que suelen ser muy irregulares. En el año 2020, debido a que la pluviometría en la primavera fue bastante abundante en la mayor parte del territorio, se produjeron más de 10 millones de toneladas de cebada, siendo uno de los mayores años productivos de toda la serie histórica.

Tabla 2. Superficie y producción de cebada en España en 2021 (MAPA, 2021).

CULTIVOS	SUPERFICIES (Miles de Hectáreas)					PRODUCCIONES (Miles de Toneladas)			
	MES (1)	DEFINIT.	PROVIS.	AVANCE	2021	MES (1)	DEFINIT.	PROVIS.	AVANCE
		2019	2020	2021	2020=100		2019	2020	2021
CEREALES									
trigo blando	1	1.651,8	1.658,2	1.688,3	101,8	9	5.094,6	7.120,2	
trigo duro	1	266,6	251,3	248,6	99,0	9	704,1	819,3	
trigo total	1	1.918,4	1.909,5	1.936,9	101,4	9	5.798,7	7.939,5	
cebada de seis carreras	1	267,1	286,3	281,7	98,4	9	612,4	996,4	
cebada de dos carreras	1	2.426,4	2.477,4	2.437,5	98,4	9	6.787,5	9.964,2	
cebada total	1	2.693,5	2.763,7	2.719,2	98,4	9	7.400,0	10.960,6	
avena	1	453,4	508,6	508,9	100,1	9	808,3	1.290,4	
centeno	1	138,1	137,1	132,9	97,0	9	251,3	388,5	
triticale	1	250,8	257,6	266,2	103,4	9	576,5	763,2	
cereales otoño invierno		5.454,2	5.576,4	5.564,2	99,8		14.834,8	21.342,3	
maíz	1	356,8	345,6			1	4.184,5	4.122,6	
sorgo	12	6,6	5,6			12	25,1	24,8	
arroz (2)	11	103,4	102,0			11	787,8	783,3	

- Producción en Aragón

Nuestra comunidad autónoma es una de las más importantes en cuanto al sector agrícola se refiere, situándose como la tercera que más superficie y producción posee de cebada, solo por detrás de las dos Castillas. Estas diferencias se muestran en la tabla 3.

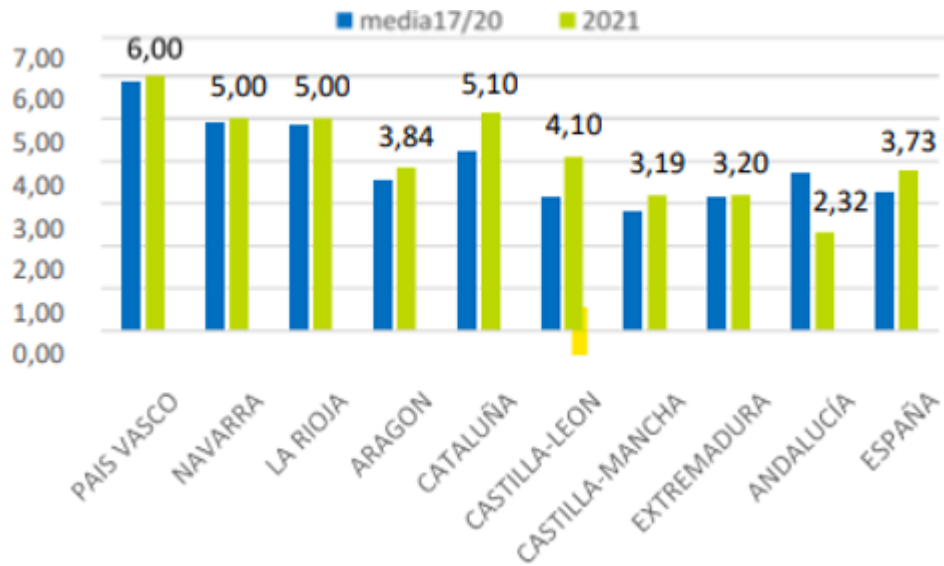
En cuanto a su extensión de siembra, hubo una tendencia alcista, llegando en el año 2020 a una superficie total del cultivo de cebada de 481.169 ha, y sufriendo un prominente descenso en 2021, situándose en 443.466ha.

Por otro lado, la producción ha experimentado unas variaciones a lo largo de los años anteriores normales, debido a la gran dependencia a las precipitaciones y a los fenómenos climáticos adversos (heladas, granizo, altas temperaturas...). Cabe destacar el año 2020, en el que se alcanzó una producción record de 1.773,69 t, ligado a las buenas condiciones ambientales y a la mayor superficie sembrada. Como contraposición, en el año 2021 se produjeron 1.592,684 t que, aunque se aleje del año anterior, representa unos buenos números, pudiéndose considerar como un buen año en términos de rendimiento en seco.

Tabla 3. Superficie y producción de cebada en los últimos años en cada Comunidad Autónoma. Adaptación de GENVCE (2021).

CC-AA	SUPERFICIES (HA)				PRODUCCIONES (1000 TM)			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
GALICIA	548	819	901	668	1,169	1,819	1,380	1,571
33 P. DE ASTURIAS								
39	127	158	152	152	0,191	0,267	0,343	0,345
PAIS	13.107	13.690	17.194	14.846	57,671	95,830	114,770	90,561
31 NAVARRA	83.360	77.253	77.718	69.193	334,378	319,902	334,378	268,105
26 LA RIOJA	17.268	17.490	20.042	17.385	87,095	84,021	105,688	79,443
ARAGÓN	454.641	476.594	481.169	443.466	1.536,653	1.466,731	1.773,690	1592,684
CATALUÑA	169.009	176.826	169.787	154.574	758,189	556,513	786,211	691,594
7 BALEARES	20.194	20.472	21.191	20.030	33,582	27,944	28,227	27,842
CASTILLA Y LEÓN	764.768	814.790	885.916	808.744	3.019,474	2.335,595	4.112,423	3100,337
28 MADRID	45.376	53.992	46.953	44.498	154,575	109,848	129,549	107,859
CASTILLA-MANCHA	781.919	803.929	792.104	742.456	2.440,648	1.927,149	2.885,093	2430,439
C. VALENCIANA	14.126	14.659	14.138	14.372	31,016	22,978	39,783	41,749
30 R. DE MURCIA	21.773	23.340	22.362	20.158	28,152	32,714	72,607	46,110
EXTREMADU	56.521	59.754	60.821	52.256	234,924	115,426	179,677	140,867
	126.552	139.594	138.491	111.660	411,573	303,038	391,760	244,076
CANARIAS	173	148	100	103	0,245	0,191	0,122	1,131
ESPAÑA	2.569.462	2.693.508	2.749.039	2.514.561,0	9.129,535	7.399,966	10.955,780	8863,659

Como se puede observar en la gráfica 5, los rendimientos en la comunidad de Aragón son relativamente más bajos que en otras zonas de España, situándose ligeramente por encima de la media del país.



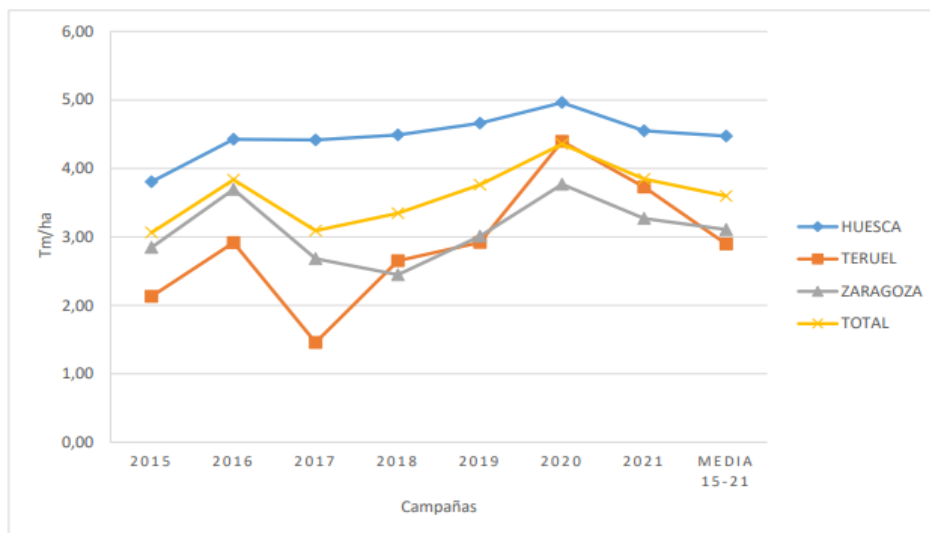
Gráfica 5. Rendimiento de cebada por CCAA. Comparativa media 17/20-2021 (Cooperativas agro-alimentarias, 2021).

En cuanto al desglose provincial de Aragón en los últimos años, la tabla 4 muestra que Huesca se postula como la región que mejores datos presenta en cuanto a producción y superficie y, además, la que mejores rendimientos obtiene de cebada. Por otro lado, Teruel presenta unos datos muy inferiores a las otras dos provincias, aunque, en el periodo de 2018 a 2021, se obtuvieron mejores rendimientos que en Zaragoza.

Tabla 4. Producción, superficies y rendimiento del cultivo de cebada en Aragón 2015-2021 (Gutiérrez, 2021).

CEBADA		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Media 15-21
Producción (t)	HUESCA	680.936	778.693	768.645	852.546	806.814	899.940	731.385	792.401
	TERUEL	222.374	258.619	145.531	243.502	303.949	452.476	394.603	289.203
	ZARAGOZA	467.644	566.700	446.771	416.210	585.618	731.909	572.371	544.891
	TOTAL	1.370.954	1.604.011	1.360.947	1.512.258	1.696.381	2.084.325	1.698.359	1.626.495
Superficie (ha)	HUESCA	178.968	175.962	174.107	189.934	173.136	181.431	160.753	179.126
	TERUEL	104.402	88.698	99.879	91.848	104.092	102.968	105.846	100.593
	ZARAGOZA	164.325	153.473	166.672	170.119	194.557	194.252	175.150	172.363
	TOTAL	447.695	418.133	440.658	451.901	471.786	478.652	441.749	452.082
Rendimiento (t/ha)	HUESCA	3,80	4,43	4,41	4,49	4,66	4,96	4,55	4,42
	TERUEL	2,13	2,92	1,46	2,65	2,92	4,39	3,73	2,87
	ZARAGOZA	2,85	3,69	2,68	2,45	3,01	3,77	3,27	3,16
	TOTAL	3,06	3,84	3,09	3,35	3,76	4,35	3,84	3,60

A continuación, se puede observar en la gráfica 6 la evolución de los rendimientos, siendo muy homogéneos en Huesca y altamente variables en las provincias de Zaragoza y Teruel.



Gráfica 6. Rendimiento (t/ha) de cebada en Aragón 2015-2021 (Cooperativas agroalimentarias, 2021).

2.7. IMPORTANCIA MATERIAL VEGETAL

En la producción agraria hay numerosos factores que determinan todas las fases del cultivo, desde las condiciones ambientales durante el crecimiento, hasta las labores que se realizan y que, posteriormente, marcarán los objetivos más importantes: rendimiento y calidad. Sin embargo, una de estas variables ha ido afianzándose como una de las más influyentes, debido a la especialización e investigación en el sector agrario. Se trata del material vegetal. Este es el primer paso que debe tomar el agricultor al iniciar la campaña y será el que permita que; se obtengan buenos rendimientos, se utilicen menos fitosanitarios por la resistencia a patógenos, se obtenga un mayor rendimiento por su mayor adaptabilidad al medio, o se pueda realizar una mejor comercialización debido al aumento de calidad. En definitiva, el uso de una variedad determinada y de un material vegetal adecuado permite una buena respuesta ante la producción agraria actual (MAPA, 2022).

Hay numerosas variedades de cebada en el mercado y cada una dispone de unas características diferentes, que pueden ser determinantes a la hora de que el cultivo termine su ciclo en unas condiciones óptimas. Las hay que destacan por su rusticidad, de manera que tienen una adaptación mayor a territorios en que las condiciones ambientales son más duras y sufren menos afecciones por enfermedades. Esta rusticidad suele ir ligada a una

producción menor, en comparación con otras cebadas que destacan en ese punto. Por ello, es importante seleccionar un buen material vegetal, que se adapte al territorio y que, de una buena producción, sin olvidar la rentabilidad en cuanto a aplicación de insumos como fertilizantes y productos fitosanitarios.

De esta filosofía nace la red Genvce (Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España), el cual comprende un grupo de trabajo integrado por técnicos de centros e institutos de investigación de las Comunidades autónomas, del MAPA y de empresas del sector privado que tienen como objetivo ofrecer al sector agrícola información sobre la adaptación y la calidad de nuevas variedades de cereales y cultivos extensivos en España (Genvce, 2024).




2.8. PRINCIPALES ENFERMEDADES

El ataque de patógenos y la competencia que pueden generar la presencia de malas hierbas afecta directamente al rendimiento potencial del cultivo. Por ello, es importante conocerlas para mantener un control efectivo y respetuoso con el medio ambiente (MAPA, 2015).

Las principales enfermedades que afectan a la cebada (tabla 5) suelen estar presentes en la parte aérea y están causadas por hongos. Cuando hay un alto grado de ataque, pueden mermar drásticamente el cultivo, por lo que es imperativo mantenerlas controladas. Para luchar contra estas patologías se recurre a métodos preventivos, que consisten en el uso de fungicidas para evitar el correcto desarrollo de los hongos y evitar así su proliferación masiva (MAPA, 2015).

Tabla 5. Principales enfermedades fúngicas de la cebada. Adaptación de MAPA (2015).

Nombre común	Nombre científico	Foto representativa	Breve descripción
Helminthosporiosis rallada de la cebada	<i>Dreschlera graminea</i> Rabenh		<p>Exclusiva de la cebada.</p> <p>Se transmite por semillas infectadas.</p> <p>Su formación en las hojas presenta una apariencia de manchas longitudinales y alargadas que con el tiempo pasan a ser estrías de color marrón y violeta</p>
Helminthosporiosis reticular de la cebada	<i>Pyrenophora teres</i> Drechsler		<p>Afecta principalmente a cebada.</p> <p>El viento es su vector de dispersión.</p> <p>Produce conidiosporas en rastrojos y restos de poda.</p>
Oidio de los cereales	<i>Blumeria (Erysiphe) graminis</i> DC		<p>Produce ascosporas que son diseminadas por el viento.</p> <p>La sintomatología se presenta en hojas en forma de manchas verdes alrededor de zonas amarillentas.</p> <p>Produce pelusas blancas.</p>

Rincosporiosis	<i>Rhynchosporium secalis</i> (Oudem) Davis		Su principal foco de ataque se centra en hojas y glumas. Presenta un aspecto de manchas romboidales de color verde claro que va variando a un verde cenizo.
Roya parda	<i>Puccinia spp.</i>		Más frecuente en trigos. Forma pústulas de color anaranjado que deja escapar un polvo cuando es manipulado.
Ramularia o salpicado necrótico	<i>Ramularia collo-cygni</i>		Ataca principalmente a cebada. Muy parecida a helminthosporium. Provoca grandes daños en el tejido verde y en la calidad del grano.

2.9. PROGRAMAS DE GESTIÓN DE PARCELAS

En la última década ha habido un gran auge en el desarrollo de software agrícola, el cual pretende revolucionar el sector primario mediante una transformación digital. Con estas herramientas, los agricultores pueden mejorar en la toma de decisiones y aprovechar al máximo los recursos para aumentar los rendimientos, y todo ello a partir de datos recogidos directamente en campo (Kogut, P., 2023).

El sector de programas agrícolas recoge multitud de herramientas destinadas a diferentes finalidades, ya sea enfocada a la agricultura de precisión como a la gestión financiera o al seguimiento de las actividades realizadas en campo (Kogut, P., 2023).

A la hora de escoger una de las múltiples opciones que hay en el mercado, es importante tener en cuenta las opciones que ofrecen y el procesamiento de datos, tanto actuales como de series históricas. Además, es imperativo que posea una adecuada escalabilidad, de manera que se adapte de una forma flexible al tamaño de la explotación y al volumen de negocio (Kogut, P., 2023).

Algunos de los programas más populares que se encuentran actualmente en el mercado son:

-EOSDA Crop Monitoring:

Desarrollado por EOS Data Analytics. Es un software basado en la nube que recopila e interpreta datos satelitales. Su principal función es el monitoreo de la productividad mediante mapas productivos y de vegetación (Kogut, P., 2023).

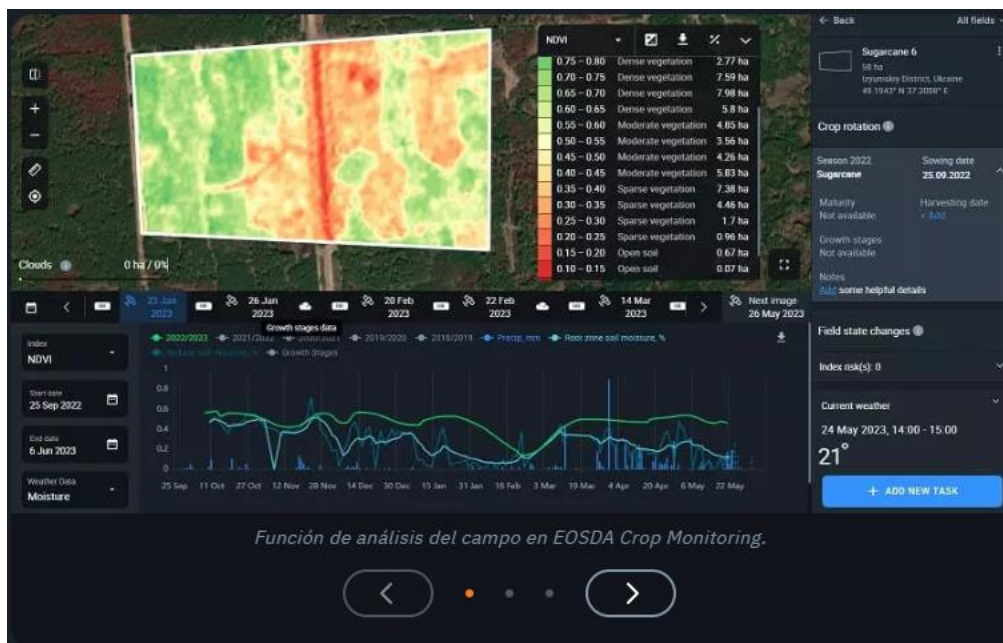


Figura 5. Vista general de una de las múltiples funciones del programa EOSDA Crop Monitoring. Fuente: <https://eos.com/es/blog/software-agricola/#ref-2>.

-Trimble:

Trimble Geospatial es un programa que ofrece flujos de trabajo productivos e intercambio de información. La tecnología que posee se basa en sensores integrados, aplicaciones en campo, comunicaciones en tiempo real y análisis de datos, modelado y procesamiento. Mediante sus múltiples herramientas se puede obtener datos espaciales más precisos y transformarlos para obtener una mayor productividad y una mejor toma de decisiones (Trimble Geospatial, 2023).

-Geofolia:

Geofolia es un programa patentado por la empresa ISAGRI que facilita el seguimiento de las parcelas de las explotaciones, tanto en el plano técnico como económico. Presenta un diseño y una interfaz sencilla e intuitiva, ideal para registros concretos. Esta sencillez es perfecta para un público que carezca de altos conocimientos informáticos (Kogut, P., 2023).



Figura 6. Imagen de la interfaz del programa Geofolia.

Fuente: <https://eos.com/es/blog/software-agricola/#ref-2>.

2.10. RED ARAX

La Red Aragonesa de Cultivos Extensivos y Leguminosas, conocida como Red ARAX, es una agrupación de trabajo público-privada que desarrolla y coordina diferentes trabajos en campo con el objetivo de potenciar la transferencia de información en el sector de cultivos extensivos en Aragón. Su distribución operativa se basa en una estructura de equipos de trabajo por localización y características agroclimáticas y de temática similares. Una vez que se ha recogido toda la información de dichos ensayos, la Red ARAX elabora un dossier en el cual se aglutinan todos los datos y análisis de los trabajos experimentales de los ensayos de transferencia de cereal de invierno y de otros cultivos extensivos. Estos dossieres se realizan junto con las cooperativas agro-alimentarias y con la colaboración del Centro de Transferencia Agro-alimentaria del Gobierno de Aragón.

En la campaña 2020-2021 se llevaron a cabo once diseños experimentales de cereal de invierno a lo largo de todo el territorio aragonés, en lo que se buscó una distribución heterogénea de las condiciones ambientales y de las características del suelo, así como de las prácticas agronómicas que se llevan a cabo en cada territorio.

3. OBJETIVOS

El presente trabajo busca evaluar las principales variedades comerciales de cebada de la red Genvce y Pre-Genvce en un secano subhúmedo de la Hoya de Huesca mediante un ensayo llevado a cabo por la Red ARAX, con el fin de transmitir dicha información a los agricultores y expertos del sector, determinando cuales disponen de mejor comportamiento. Como objetivo paralelo, se ha llevado a cabo un seguimiento del ensayo con un programa informático para determinar si se puede mejorar la toma de datos y el procesamiento de la información.

Para abordar estos objetivos principales, se seguirán otros más específicos:

- Mostrar las diferencias de las 40 variedades analizadas de su desarrollo y su comportamiento agronómico, mediante el estudio del rendimiento, la humedad, el peso específico, la altura antes de cosecha, el peso de 1000 granos, la fecha de espigado, la proteína del grano y su resistencia a enfermedades fúngicas.
- Evaluar la eficacia del programa para llevar el registro del ensayo. Se estudiará tanto su simplicidad como el abanico de opciones que ofrece.

El marco principal del presente trabajo está influenciado por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales se recogen en la agenda 2030. En concreto, con el desarrollo del TFE, se intenta buscar solución al objetivo nº 2 (Hambre cero), el objetivo nº 13 (Acción por el clima) y el nº 15 (Vida de ecosistemas terrestres). Para contribuir con estos objetivos marcados por la ONU, la experimentación con nuevas variedades mejor adaptadas y con mayores resistencias, promueve el aumento de la producción y el rendimiento para cumplir el objetivo de conseguir un mayor aprovechamiento de los recursos naturales y así poder erradicar el hambre. Además, elegir un buen material vegetal favorece que las aplicaciones de insumos, como pueden ser los abonos o fitosanitarios, se reduzcan, minimizando las emisiones y la contaminación del entorno. Por último, uno de los mayores problemas que se han agravado con el tiempo es el que recoge el nº15, el cual estipula que se está agravando la desertificación y la degradación de las tierras debido a las malas praxis en agricultura. Para intentar subsanar este punto, el uso del programa informático puede facilitar la toma de decisiones y evitar realizar labores innecesarias o disminuirlas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS

El ensayo se sitúa en el término municipal de Lupiñén-Ortilla, en la comarca de la Hoya de Huesca. Este municipio presenta una superficie de 109,9 km² y una distancia a la capital de la provincia de 20 km. En la figura 7 se puede apreciar su ubicación.



Figura 7. Comarca de la Hoya de Huesca dividida por municipios (Hoya de Huesca, 2022).

Como se puede apreciar en la figura 8, la parcela experimental se encuentra muy próxima a la localidad de Lupiñén, a unos 750m de su centro urbano.

Sus coordenadas geográficas son: 42° 10' 7" N 0° 34' 50" W.



Figura 8. Ubicación de los ensayos (MAPA, 2023)

Las parcelas de ensayo cuentan con numerosas parcelas de experimentación de distintas variedades de cebada y trigo blando. Para poder conocer la magnitud del proyecto y de sus grandes dimensiones, en la figura 9 se plasma, a vista de dron, el emplazamiento.



Figura 9. Imagen realizada con un dron de las parcelas de ensayo.

Fuente: Miguel Gutiérrez.

4.2. DATOS METEOROLÓGICOS

Para conocer de forma detallada todos los factores meteorológicos que inciden tanto en el cultivo como en la óptima realización de las labores, se cuenta con una avanzada estación meteorológica situada a 1,5 km de las parcelas de experimentación y a una altitud de 471m.



Figura 10. Estación meteorológica Meteus en el municipio de Lupiñén-Ortilla.

Mediante este dispositivo se pueden conocer, al momento (en el dispositivo móvil, teniendo instalada la correspondiente aplicación), múltiples variables como temperatura, pluviometría, insolación, velocidad del viento... y así, tomar decisiones en consecuencia. Además, dispone de un historial de datos y de múltiples herramientas.

En la figura 11 se muestran imágenes de las distintas funciones que presenta la aplicación móvil Meteus, en la cual se recogen los datos que toma en campo la estación meteorológica.



Figura 11. Diferentes funciones de la aplicación móvil Meteus.

Los datos mostrados en la tabla 6 corresponden con el período del 1 de enero de 2021 al 31 de julio de ese mismo año, debido a que la colaboración con la empresa comenzó a la entrada del año. Para poder estudiar el efecto de las precipitaciones y la temperatura en la época de siembra y de la posterior nascencia del cultivo, se han añadido datos meteorológicos aportados por la cooperativa de San Ginés de Lupiñén, que se encuentra a 400m de los ensayos.

Cabe destacar que en enero de 2021 se produjo la borrasca Filomena. Este hecho excepcional fue favorable para el cultivo, que no sufrió daños por las bajas temperaturas y preparó la tierra con buena humedad para que se pudiera desarrollar el cultivo. Por el contrario, la primavera fue muy seca, con un mes de marzo en el que no se dieron precipitaciones en el momento en que más demanda solicitaba la planta para poder iniciar la fase reproductiva. Este bache se solventó ligeramente con el retorno de las lluvias en abril, pudiéndose recuperar, pero no alcanzando su pico reproductivo que se dio, por ejemplo, el año pasado. Las temperaturas, por su parte, vinieron acompañadas en la primavera con heladas tardías que dañaron relativamente el grano que se encontraba en una fase delicada, pero en general, fueron propicias.

La precipitación acumulada durante la campaña 2020-2021 fue de 446,5mm.

Tabla 6. Condiciones meteorológicas durante el año agrícola 2020-2021.

Fuente: Elaboración propia a partir de la estación de la cooperativa San Ginés de Lupiñén.

Fecha	Tª media (°C)	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Precipitación (mm)
nov-20	11,0	25,5	0	38,1
dic-20	5,5	15,0	-4,0	55,3
ene-21	6,0	20,5	-5,0	63,2
feb-21	8,5	17,5	-1,5	77,4
mar-21	9,0	21,0	-5,0	0
abr-21	11,0	24,0	-3,5	90,4
may-21	15,5	30	-1	44,2
jun-21	18	36	6,5	60,7
jul-21	20,5	37,5	6,5	17,2
				446,5

Además, para poder evaluar la meteorología anual de forma analítica, se han agrupado en la tabla 7 los datos meteorológicos históricos de la zona, recogidos por la cooperativa desde el año agrícola 2011 al 2021.

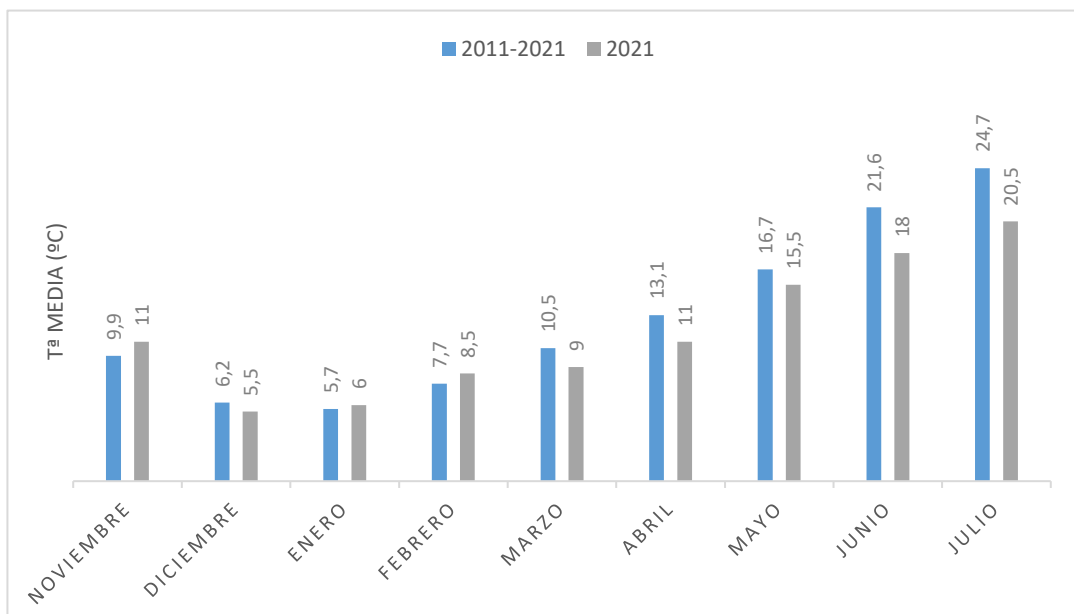
La media de precipitación acumulada en esta década se situó en 380,9mm.

Tabla 7. Datos meteorológicos de la serie histórica 2011 a 2021.

Fuente: Elaboración propia a partir de la estación de la cooperativa San Ginés de Lupiñén.

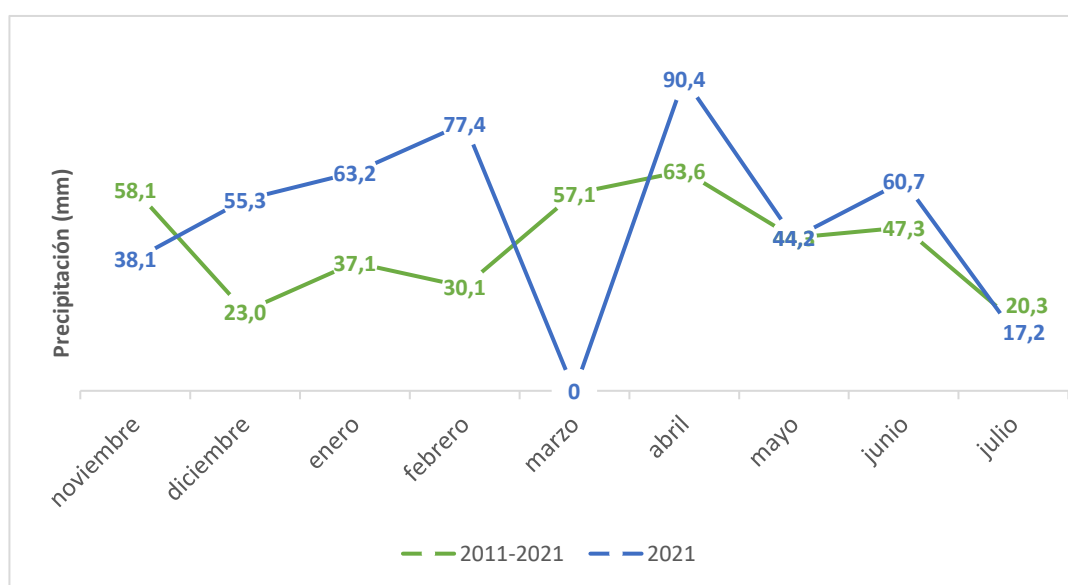
Fecha	T ^a media (°C)	T ^a máxima (°C)	T ^a mínima (°C)	Precipitación (mm)
noviembre	9,9	20,6	-0,1	58,1
diciembre	6,2	16,0	-0,3	23,0
enero	5,7	17,3	-3,4	37,1
febrero	7,7	18,6	-2,6	30,1
marzo	10,5	22,9	-0,4	57,1
abril	13,1	25,3	1,5	63,6
mayo	16,7	30,7	3,6	44,3
junio	21,6	35,9	8,3	47,3
julio	24,7	37,6	11,0	20,3
				380,9

A continuación, se refleja en la gráfica 7 las variaciones significativas en cuanto a la temperatura media del año de estudio y de la serie histórica de la última década. Como se puede observar, las temperaturas han sido bastante menores en cuanto a los meses de primavera, debido a la presencia de bajas temperaturas que incluso han llegado a alcanzar los grados negativos. En cuanto a los meses de junio y julio (época de recolección de la zona), los valores medios se encontraron considerablemente por debajo de la media normal por la presencia de lluvias, hecho que afectó a la maduración final y a la recolección, que presentaron unos porcentajes de humedad ligeramente altos.



Gráfica 7. Comparativa de las temperaturas medias por mes en el período del ensayo (2021) y de los últimos diez años (2011-2021). a partir de la estación de la cooperativa San Ginés de Lupiñén.

La precipitación en el año 2021 fue copiosa, con la excepción del mes de marzo, en el que no se recogieron ni un litro de agua. En la gráfica 8 se puede observar que ha sido un año generoso en cuanto a agua, pero sin llegar a ser un año a remarcar. Las posteriores lluvias abundantes en el mes de abril y mayo favorecieron la recuperación de los cultivos y que terminaran su ciclo de manera aceptable. En cuanto al balance de precipitación acumulada durante la campaña agrícola, el año de estudio (2020-2021) fue más abundante que la serie histórica, con 65,6mm más.



Gráfica 8. Comparativa de la precipitación acumulada por mes en la última década (2011-2021) y en el año del estudio (2021). Elaboración propia a partir de la estación de la cooperativa San Ginés de Lupiñén.

4.3. MATERIAL VEGETAL

En el ensayo se experimentó con un total de 40 variedades de cebada de diferentes casas comerciales. De todas ellas, 19 pertenecen al grupo denominado variedades de invierno y, las 21 restantes, a variedades de primavera.

Para poder cuantificar la capacidad de adaptación y sus características, se tomaron como testigos de referencia cuatro de ellas, que son unas de las más conocidas e implantadas en la zona. Estas variedades seleccionadas son, en cuanto a las variedades de invierno: Hispanic y Meseta; y, por la contraparte de ciclo de primavera: Pewter y Planet.

Tabla 8. Variedades de cebada analizadas en el ensayo de Lupiñén 2020-2021 (Red ARAX, 2021).

Variedad	Casa comercial	Procedencia	Ciclo
17 WB 518	FLORIMOND DESPREZ	GENVCE	INVIERNO
BIDASOA	FLORIMOND DESPREZ	GENVCE	INVIERNO
ELLINOR	NEXO GLOBAL	GENVCE	PRIMAVERA
FABIOLA	MAS SEEDS	DGA	PRIMAVERA
FANDAGA	MAS SEEDS	GENVCE	PRIMAVERA
FÁTIMA	SEMILLAS BATLLE	DGA	PRIMAVERA
FOCUS	AGRUSA	GENVCE	PRIMAVERA
HISPANIC	FLORIMOND DESPREZ	TESTIGO	INVIERNO
KLARINETTE	MAS SEEDS	GENVCE	PRIMAVERA
KWS CHRISSIE	KWS	PREGENVCE	PRIMAVERA
KWS FANTEX	KWS	GENVCE	PRIMAVERA
LEANDRA	SEMILLAS BATLLE	GENVCE	PRIMAVERA
LG AITANA	LIMAGRAIN	GENVCE	INVIERNO
LG AMPARO	LIMAGRAIN	GENVCE	INVIERNO
LG BELCANTO	LIMAGRAIN	GENVCE	PRIMAVERA
LG CASTING	LIMAGRAIN	GENVCE	INVIERNO
LG CENTELLA	LIMAGRAIN	GENVCE	INVIERNO
LG MINERVA	LIMAGRAIN	GENVCE	INVIERNO
LG NABUCO	LIMAGRAIN	GENVCE	PRIMAVERA
LG ROSELLA	LIMAGRAIN	GENVCE	INVIERNO
MESETA	FLORIMOND DESPREZ	TESTIGO	INVIERNO
ORIONE	MAS SEEDS	GENVCE	INVIERNO
PEWTER	AGRUSA	TESTIGO	PRIMAVERA
PIXEL	AGRUSA	GENVCE	INVIERNO
RAGT PLANET	RAGT IBERICA	TESTIGO	PRIMAVERA
RGT ALCANTARA	RAGT IBERICA	GENVCE	INVIERNO
RGT ASTEROID	RAGT IBERICA	GENVCE	PRIMAVERA
RGT ATOCHA	MAS SEEDS	DGA	INVIERNO
RGT GAGARIN	RAGT IBERICA	PREGENVCE	PRIMAVERA
RGT ORBITER	RAGT IBERICA	GENVCE	PRIMAVERA
RGT SEGONTIA	RAGT IBERICA	DGA	INVIERNO
RGT ZANCARA	RAGT IBERICA	GENVCE	INVIERNO
RP18015	RAGT IBERICA	DGA	PRIMAVERA
RUBIANA	SEMILLAS BATLLE	GENVCE	INVIERNO
SPAZIO	AGRUSA	PREGENVCE	INVIERNO
SU RUZENA	DISASEM	PREGENVCE	INVIERNO
SY SOLAR	SYNGENTA	PREGENVCE	PRIMAVERA
SY STANZA	SYNGENTA	GENVCE	PRIMAVERA
SY TUNGSTEN	SYNGENTA	GENVCE	PRIMAVERA
VALÉRIAN	AGRUSA	PREGENVCE	PRIMAVERA

4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL ENSAYO

A la hora de planificar el ensayo se tomó como referencia las directrices que sigue la Red ARAX para todas las parcelas de experimentación.

Para ello, las 40 variedades citadas anteriormente se repartieron de forma aleatoria en cuatro bloques o repeticiones distribuidas al azar, con parcelas de 14 m², pasillos de unos 3 metros de ancho y una separación con las parcelas contiguas de unos 50 cm. Como resultado, se obtuvo una disposición que aparece representada en la figura 12.

BORDURA															
1	LG CENTELLA	21	LG AITANA	41	PEWTER	61	SU RUZENA	81	RUBIANA	101	RGT GAGARIN	121	FÁTIMA	141	RGT SEGONTIA
2	ELLINOR	22	LG BELCANTO	42	RGT ATOCHA	62	LG ROSELLA	82	LG CASTING	102	RGT ASTEROID	122	SU RUZENA	142	HISPANIC
3	HISPANIC	23	SY STANZA	43	KWS FANTEX	63	RGT GAGARIN	83	SPAZIO	103	LG AMPARO	123	LG MINERVA	143	KWS CHRISSIE
4	RGT ORBITER	24	FABIOLA	44	RGT ALCANTARA	64	RP18015	84	PIXEL	104	PEWTER	124	PLANET	144	LG BELCANTO
5	LG AMPARO	25	FANDAGA	45	FÁTIMA	65	VALÉRIAN	85	LG ROSELLA	105	LG NABUCO	125	FABIOLA	145	SY SOLAR
6	SY TUNGSTEN	26	MESETA	46	PIXEL	66	RGT ASTEROID	86	RGT ZANCARA	106	LG AITANA	126	KWS FANTEX	146	KLARINETTE
7	BIDASOA	27	LG MINERVA	47	LG NABUCO	67	RGT SEGONTIA	87	RP18015	107	LEANDRA	127	ELLINOR	147	MESETA
8	PLANET	28	17 WB 518	48	LG CASTING	68	KLARINETTE	88	LG CENTELLA	108	FANDAGA	128	FOCUS	148	SY STANZA
9	RGT ZANCARA	29	RUBIANA	49	KWS CHRISSIE	69	FOCUS	89	BIDASOA	109	RGT ORBITER	129	ORIONE	149	VALÉRIAN
10	SY SOLAR	30	ORIONE	50	LEANDRA	70	SPAZIO	90	17 WB 518	110	RGT ATOCHA	130	SY TUNGSTEN	150	RGT ALCANTARA
11	ORIONE	31	RGT ATOCHA	51	HISPANIC	71	LG CENTELLA	91	RGT GAGARIN	111	ELLINOR	131	SPAZIO	151	LG AITANA
12	17 WB 518	32	SY SOLAR	52	RGT ASTEROID	72	FÁTIMA	92	KLARINETTE	112	PIXEL	132	FANDAGA	152	ORIONE
13	VALÉRIAN	33	RGT SEGONTIA	53	SY TUNGSTEN	73	LG AITANA	93	LG AMPARO	113	SU RUZENA	133	MESETA	153	LG NABUCO
14	SU RUZENA	34	RGT ORBITER	54	RUBIANA	74	LEANDRA	94	SY SOLAR	114	RGT ALCANTARA	134	PEWTER	154	FOCUS
15	KWS CHRISSIE	35	LG CASTING	55	ELLINOR	75	FANDAGA	95	PLANET	115	VALÉRIAN	135	LG ROSELLA	155	RUBIANA
16	LG NABUCO	36	SPAZIO	56	SY STANZA	76	PLANET	96	LEANDRA	116	BIDASOA	136	17 WB 518	156	KWS FANTEX
17	LG BELCANTO	37	FOCUS	57	BIDASOA	77	MESETA	97	RGT ATOCHA	117	LG MINERVA	137	RGT ZANCARA	157	RGT ASTEROID
18	RGT GAGARIN	38	PIXEL	58	FABIOLA	78	RGT ZANCARA	98	KWS CHRISSIE	118	SY STANZA	138	RGT ORBITER	158	SY TUNGSTEN
19	PEWTER	39	RP18015	59	KLARINETTE	79	LG MINERVA	99	FABIOLA	119	LG CENTELLA	139	RGT SEGONTIA	159	LG CASTING
20	LG ROSELLA	40	KWS FANTEX	60	LG AMPARO	80	RGT ALCANTARA	100	LG BELCANTO	120	FÁTIMA	140	HISPANIC	160	RP18015
BORDURA															

CEBADAS GENVCE

Figura 12. Croquis del ensayo de variedades de cebada de la red GENVCE en Lupiñén (Red ARAX, 2021).

4.5. MANEJO DEL CULTIVO

A continuación, se exponen todas las intervenciones que se llevaron a cabo a lo largo del ensayo.

4.5.1 Preparación de la parcela de experimentación

Las primeras labores que se llevaron a cabo para la realización del ensayo consistieron en trabajos de preparación del suelo. Para ello, se realizó una pasada de chisel en el mes de octubre y dos pasadas de cultivador y ruello el 29/10/2020 y el 15/11/2020.

Además, en el mes de marzo se prepararon los pasillos y se delimitaron las 160 parcelas, las cuales constaron de 13,2 m².

4.5.2 Siembra

La siembra se realizó el 17 de noviembre de 2020, mediante el uso de una sembradora tradicional especialmente adaptada para la implantación de microparcels de ensayo. El mecanismo de este apero consiste en que el operario, que va sentado encima de la misma, va introduciendo las semillas desde bolsas individuales pesadas previamente para que todas las parcelas cuenten con la misma dosis de siembra de 350 semillas/m².



Figura 13. Labores de siembra del ensayo.

La cantidad de semilla que contienen estas bolsas viene determinada por el peso de 1000 semillas de esa variedad y son preparadas previamente en las instalaciones de la Red ARAX (Figura 14)



Figura 14. Bolsas individuales para cada microparcela.

4.5.3 Aplicación de insumos

A lo largo del ciclo del cultivo se realizaron distintas intervenciones para mejorar la nutrición y la sanidad de la planta, además de para evitar la competencia de especies silvestres que perjudican drásticamente el óptimo desarrollo del cultivo.

En primer lugar, el 16 de octubre de 2020 se realizó un abonado de fondo con fosfato diamónico (DAP) 18-46-0, a 175 kg/ha.

Posteriormente, el 18 de febrero, con unas condiciones ambientales más favorables para el desarrollo y encontrándose el cultivo en la fase de ahijado, se procedió a realizar un abonado de cobertera con urea Sulfamid 46% a 170 kg/ha. Esta aplicación se realizó debido a la creciente demanda de la planta en cuanto a nutrientes.

Por otra parte, debido a la elevada presencia de arvenses dicotiledóneas, se realizó una pulverización de herbicida Intensity a 33 g/ha (Aminopirialid sal potásica 300 g e.a./kg (30% p/p) + Florasulam 150 g/kg (15% p/p)). Este tratamiento se aplicó el 12 de marzo de 2021.

Por último, cuando las condiciones ambientales comenzaron a ser favorables para el desarrollo de hongos fitopatógenos en la parte aérea del cultivo y, habiéndose detectado una presencia bastante alta de *Helminthosporium*, se tomó la decisión de tratar con el fungicida Priaxor (Fluxapiraxad 7,5% + Piraclostrobin 15% p/v. EC) a 1 l/ha el 7 de abril.

4.5.4 Cosecha

La recolección del grano se llevó a cabo el 12 de junio de 2021, dentro de las fechas normales en la zona. Si bien no hubo problemas durante los trabajos, al final del proceso el tiempo se volvió inestable, formándose una tormenta y descargando algunas gotas de agua que, por fortuna, no afectaron a los parámetros analizados.

Para este proceso se dispuso de una cosechadora de última generación especializada en ensayos de parcelas pequeñas (Figura 15). Esta máquina, que fue contratada a una empresa externa, dispone de sensores y calibración propia, de manera que, al recolectar una parcela individual, esta realiza una pesada y analiza otros parámetros. Como resultado, nos facilitará los valores de rendimiento, peso específico y humedad.



Figura 15. Maquinaria especializada en proceso de recolección.

A parte de los datos que la propia cosechadora obtuvo mediante el análisis durante la recolección, también se seleccionaron sacos de pequeño tamaño de cada parcela. Con estas muestras, posteriormente, se llevaron a laboratorio para determinar otros parámetros de calidad como el peso de mil granos o la proteína. En la figura 16, se pueden apreciar las dimensiones de dichas sacas y el operario (derecha) encargado de obtenerlas.



Figura 16. Saca y operarios manejando la cosechadora.

4.6. SEGUIMIENTO DEL CULTIVO Y PARÁMETROS EVALUADOS

4.6.1 Desarrollo del cultivo

Para conocer el comportamiento de las distintas variedades en campo, se realizaron visitas periódicas a las parcelas de ensayo. Con estas tareas se pretendía conocer la evolución del cultivo, desde la nascencia hasta la maduración. Estas visitas se llevaron a cabo a intervalos de dos semanas, desde que se catalogó la total implementación de las plántulas y, posteriormente, una vez por semana a partir de febrero, cuando el cultivo comenzó un desarrollo exponencial.

El seguimiento se registró mediante notas en papel con el croquis de la parcela (Figura 17) y su posterior procesamiento en una hoja de cálculo para realizar el análisis estadístico. Esta recogida de datos se basó en el método con el que trabajan en la Red ARAX, con un reconocimiento visual y siguiendo la escala de desarrollo de cereales de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974).

A partir de la producción (kg/ha) de cada parcela se determinó el rendimiento medio de cada variedad. Seguidamente, para conocer la variabilidad de cada variedad con los resultados medios del ensayo, se calculó el índice de producción (%) mediante la fórmula de la figura 18. Con este valor, se expone de manera más nítida si la producción ha sido superior o inferior a la media y, en qué grado. Esta variable se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{índice de producción (\%)} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ medio por variedad}}{\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ media de todas las variedades}} * 100$$

Figura 18. Índice de producción (%).

Además, para comprobar la variabilidad que presenta cada variedad en sus cuatro repeticiones, se calculó el coeficiente de variación (%) con la ecuación de la figura 19:

$$\text{coeficiente de variación (\%)} = \frac{\text{desviación}}{\text{media}} * 100$$

Figura 19. Coeficiente de variación (%).

El peso específico es una variable que se toma como referencia de calidad, ya que, una cebada que cuente con unos porcentajes bajos, puede sufrir una depreciación en el precio final de venta. Este indicador de la densidad del grano, que se mide en kilos por hectolitro (Kg/hl), depende principalmente de la genética, pero diferentes factores externos como el clima o la nutrición pueden variarlo.

Para poder determinar el peso específico, se suele disponer de un aparato especializado en el que se introduce una determinada cantidad de granos, indicando en unos minutos sus valores. En el presente ensayo, el cálculo de esta variable se realizó automáticamente en la recolección mediante la cosechadora de microparcels, al disponer de un software indicado para ello.

4.6.3 Altura

Aunque la altura no es una variable tan importante como el rendimiento o la proteína, en algunos casos puede ser un factor limitante a la de escoger una variedad. Esto es debido a uno de los problemas conocido como encamado del tallo, en los que la cebada, debido a las inclemencias ambientales, sumado a rasgos fenotípicos de la variedad y a un abonado de nitrógeno excesivo, provoca que la cebada no pueda mantenerse erguida.

Los efectos de este proceso pueden afectar a la producción del grano, dependiendo de la severidad y del tiempo de ocurrencia. En fases tempranas puede no afectar gravemente, debido a la rápida recuperación de la planta, pero en épocas cercanas a la maduración vegetativa, puede causar pérdidas debido a que la recolección no pueda llevarse a cabo de forma óptima por encontrarse la espiga muy cercana al suelo. Por ello, las fases del desarrollo críticas se encuentran durante el espigado y en el engrosamiento del grano (Carrillo, 2008).

La calidad del grano también se puede ver afectada, debido a que el encamado puede provocar el incremento de alfa amilasa, lo que se traduce en una reducción de la cantidad de malta que se podrá extraer en el proceso de producción de cerveza (Mabuchi, 1993).

Como comenta Carrillo, J.M. (2008), la longitud o altura del tallo está claramente relacionada con el encamado, por lo que plantas altas tienen mayor tendencia a sufrir encamado que plantas bajas, aunque no siempre se ha hallado una correlación directa entre dichos caracteres.

Para definir la altura se dispuso de un metro de mano, con el que se midieron de forma aproximada, la media de cada parcela, sin tener en cuenta las barbas, desde el suelo hasta el extremo final de la espiga.

4.6.4 Proteína

Otro de los indicadores de calidad que puede medirse para seleccionar una buena cebada es la proteína. En el mercado de procesamiento de alimentos para personas y animales es preferible unos niveles de proteína altos. Sin embargo, en la industria cervecera se busca un grano que posea baja proteína, debido a que contenidos altos, provocan una bajada de glúcidos solubles y la parte insoluble produce turbidez en la cerveza (Giménez *et al.*, 2007).

Para la cuantificación, se dispuso de un Perten Inframatic 9200 (figura 20). Este espectrómetro de infrarrojo cercano (NIR) por transmisión permite la determinación rápida

de distintos parámetros en cereales integrales y frutos oleaginosos. Introduciendo la muestra por el orificio superior de la derecha y seleccionando las variables que se quieren medir y el cereal que se está analizando, el espectrómetro nos extrae, como resultado, su valor en %. Esta máquina fue cedida por la cooperativa San Ginés de Lupiñén.



Figura 20. Espectrómetro de infrarrojo Perten IM 9200.

4.6.5 Peso 1000 granos

Esta medida que se utiliza en multitud de cultivos de cereal, proporciona información sobre cómo es el tamaño y la calidad del grano. Basándose en este parámetro, el agricultor evalúa la viabilidad y el potencial para su uso como semilla y, además, es esencial para poder determinar la dosis de siembra.

La medición de esta variable se realizó con una herramienta de conteo que pertenece al Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Esta máquina, que aparece representada en la figura 21, basa su funcionamiento en un conteo de granos, es decir, se introduce una cantidad de granos por la parte superior y, paulatinamente van cayendo mientras el aparato los va contando. Una vez que se llega a

los 1000 granos, esta se detiene y se recogen por la parte de abajo para pesarlos a parte en una báscula. Mediante este mecanismo se ahorra mucho tiempo para poder realizar la determinación de los 160 sacos.



Figura 21. Contador de granos Pfeuffer.

4.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

A partir de los datos que se han ido recogiendo en el ensayo y, posteriormente aglutinados en una hoja de cálculo Excel, se ha realizado un análisis estadístico mediante el programa SPSS, con la versión 29.0.1.0.

En primer lugar, se determinó si las variables tenían una distribución normal a través de una prueba con un test de Kolmogorov-Smirnov y, en caso afirmativo, se realizó la comprobación de homocedasticidad con la prueba de Levene, la cual nos informa si las varianzas son iguales. A continuación, se aplicó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA) para comprobar si existían diferencias significativas. Por otro lado, en el caso de que el análisis de la homogeneidad fuera positivo, se trataron los datos con un test de Tukey-b. En cambio, si la determinación comprobaba que las muestras no eran homogéneas, se aplicó el test de Dunnett.

Para finalizar, si la distribución no era normal, se intentó corregir mediante la transformación de los datos y, en caso de fracaso, el análisis consistió en aplicar el método de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis.

4.8. MANEJO DEL PROGRAMA

Como punto final del presente trabajo, se estudió el impacto que un software de gestión agrícola de parcelas podía tener en el seguimiento del ensayo. En concreto, se buscaba una solución a la toma de datos y a la exportación de estos para el posterior análisis estadístico. Para este cometido se dispuso del programa Geofolia®, que ha sido desarrollado por la empresa Isagri.

En el momento de realización del ensayo, el programa no contaba con aplicación para móvil o Tablet, por lo que la toma de datos se llevó a cabo con papel y bolígrafo y posteriormente se introdujeron en el programa mediante un ordenador de sobremesa en casa. Sin embargo, actualmente ya cuenta con esta tecnología.

En primer lugar, como se puede ver en la figura 22, la interfaz de inicio del programa es muy sencilla, con unos pocos iconos para evitar una saturación y que sea más cómodo. A partir de aquí, hay que navegar por los distintos botones como el referido a la explotación, en el que podemos visualizar las parcelas que hayamos cargado en el programa.

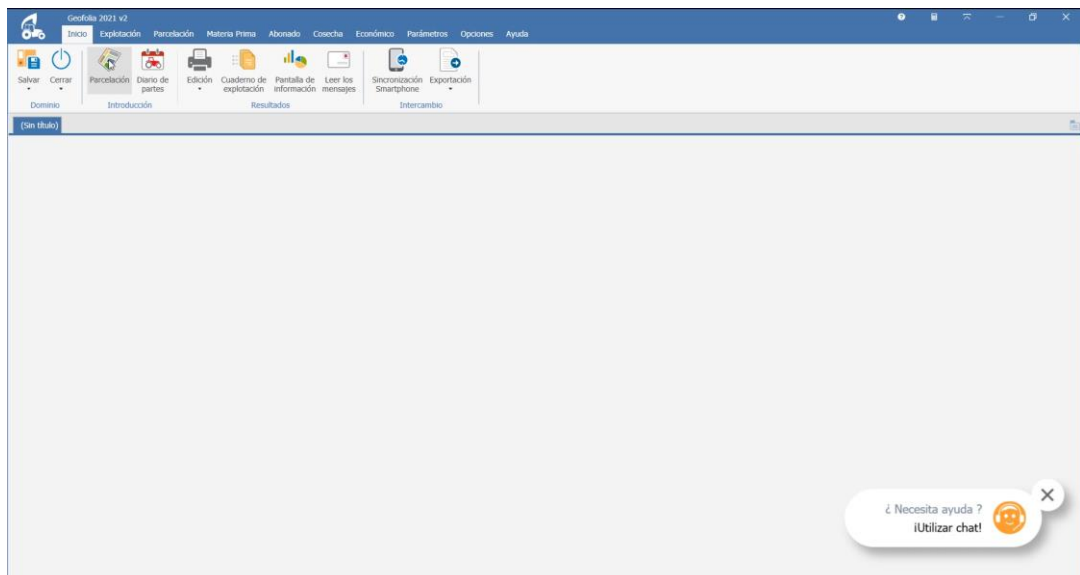


Figura 22. Interfaz del programa Geofolia (Muñoz, 2024).

El siguiente paso, que se muestra en la figura 23, aparecen las parcelas que se han desarrollado, las cuales están perfiladas con respecto a una ortofoto para poder tener una distribución lo más realista posible. Cada una de estas parcelas se pueden modificar para poder darles una distinción según el cultivo que sea, las variedades, el tipo de suelo, ... etc.

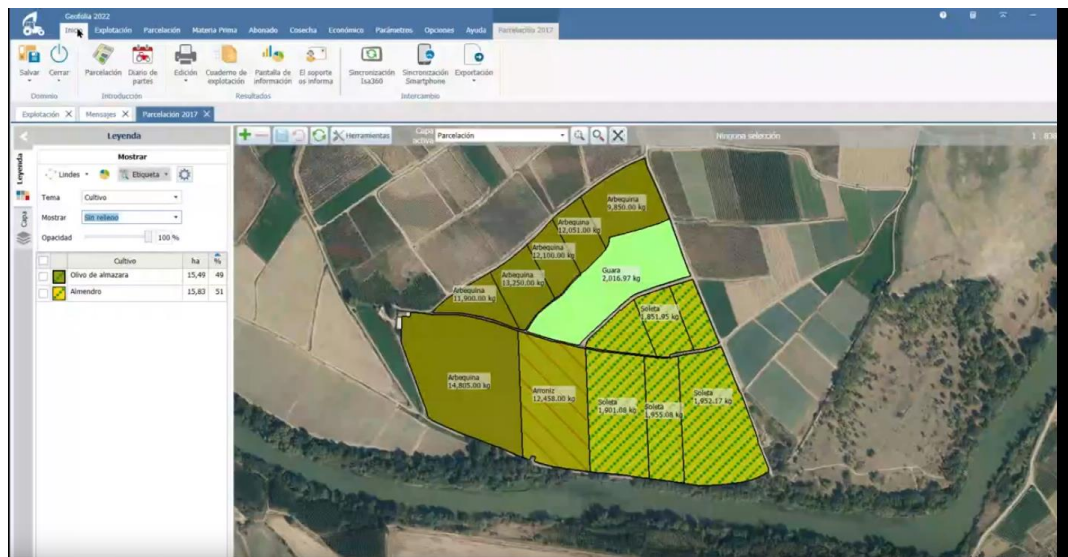


Figura 23. Vista de las parcelas de una explotación (ISAGRI España, 2022).

A continuación, se puede observar en la figura 24 el desplegable que nos permite navegar por las diferentes categorías que hemos aplicado, otorgándole el programa un color diferente según las variedades que hay.

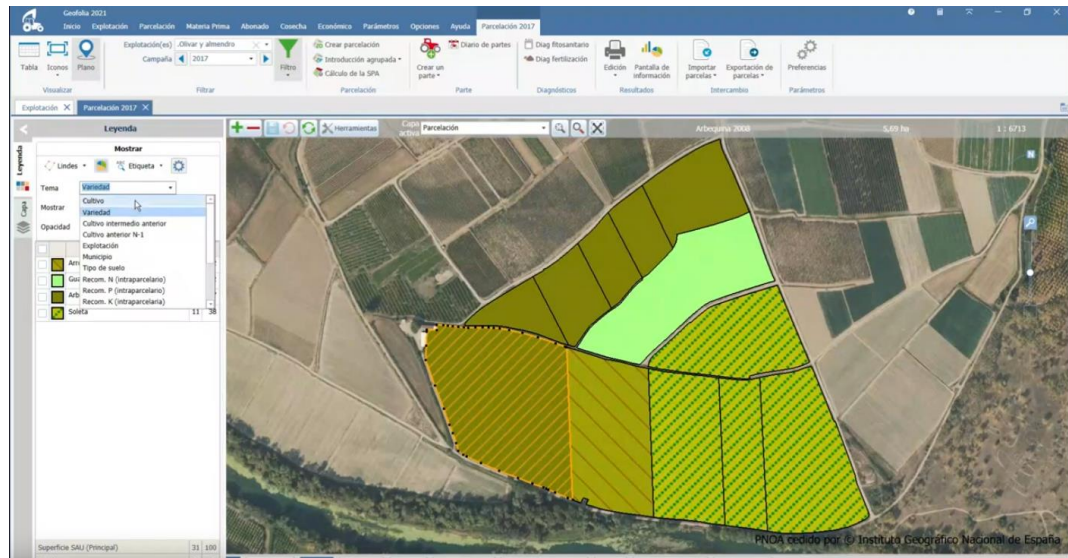


Figura 24. Distribución del programa según distintos parámetros (ISAGRI España, 2022).

Para poder observar mejor los datos de los que disponemos y los que vamos introduciendo, podemos seleccionar en la esquina superior derecha el icono de tabla, mostrándonos el programa una pestaña como la que aparece en la figura 25. Además, mediante esta interfaz, podemos agrupar la información de la que disponemos según distintos parámetros con la opción de filtro y, así poder filtrar mejor toda la base de datos.

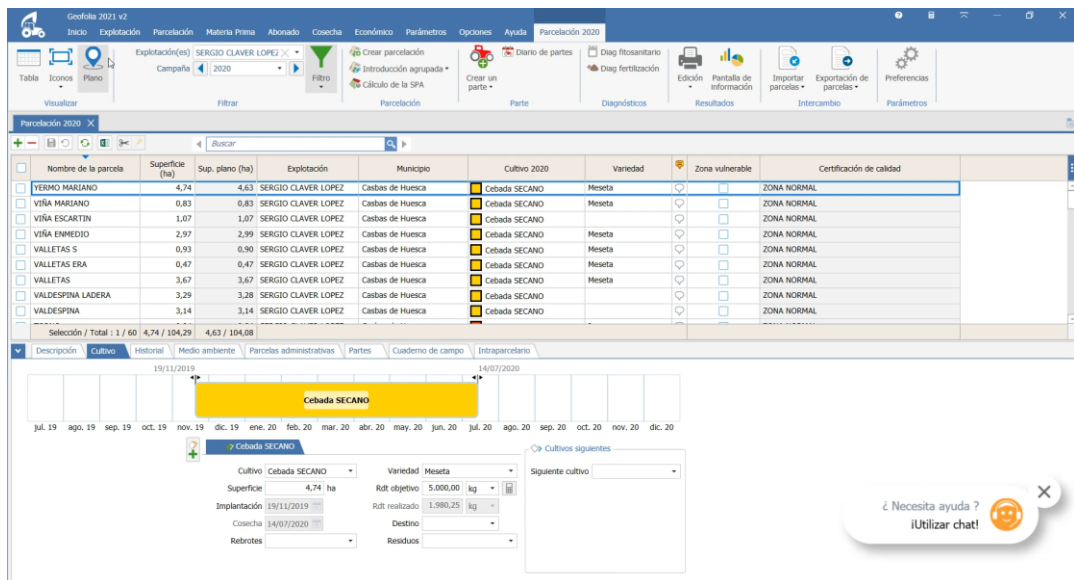


Figura 25. Vista de la base de datos en forma de tabla (Muñoz, 2024).

En la figura 26 se puede visualizar el menú de filtro, en el que podemos seleccionar muchas categorías, desde la fecha en que se introdujo el parte hasta el tipo de cultivo o el tipo de tarea que nos interese.

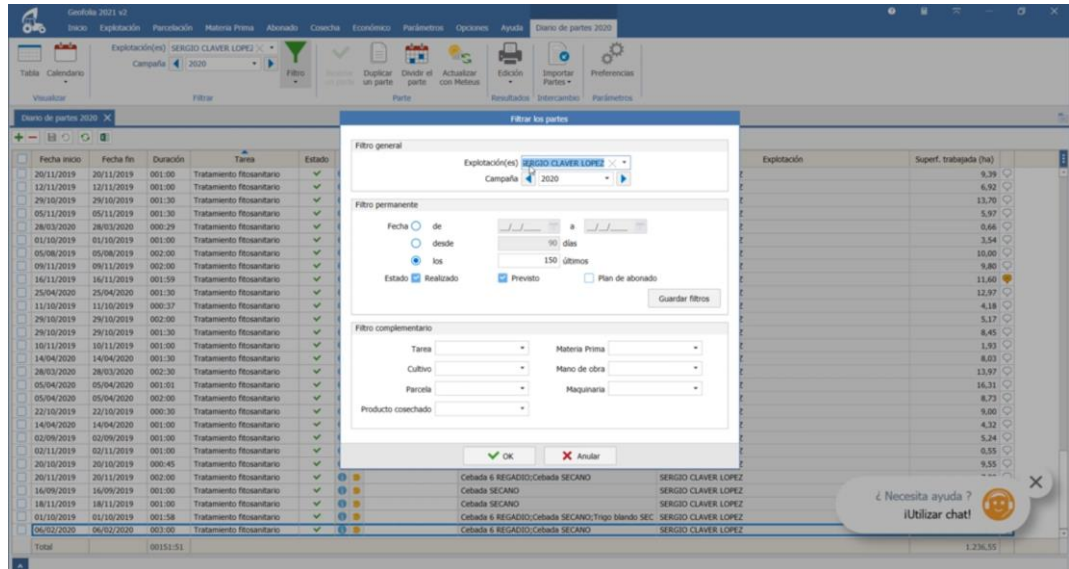


Figura 26. Imagen del filtro (Muñoz, 2024).

Para poder introducir los datos que se han ido recogiendo en campo, se debe acudir a “crear un parte” y seleccionar el tipo de este. Para los trabajos más básicos como los referidos a la siembra o fertilización, por ejemplo, se cuenta con un acceso rápido que facilita su registro.

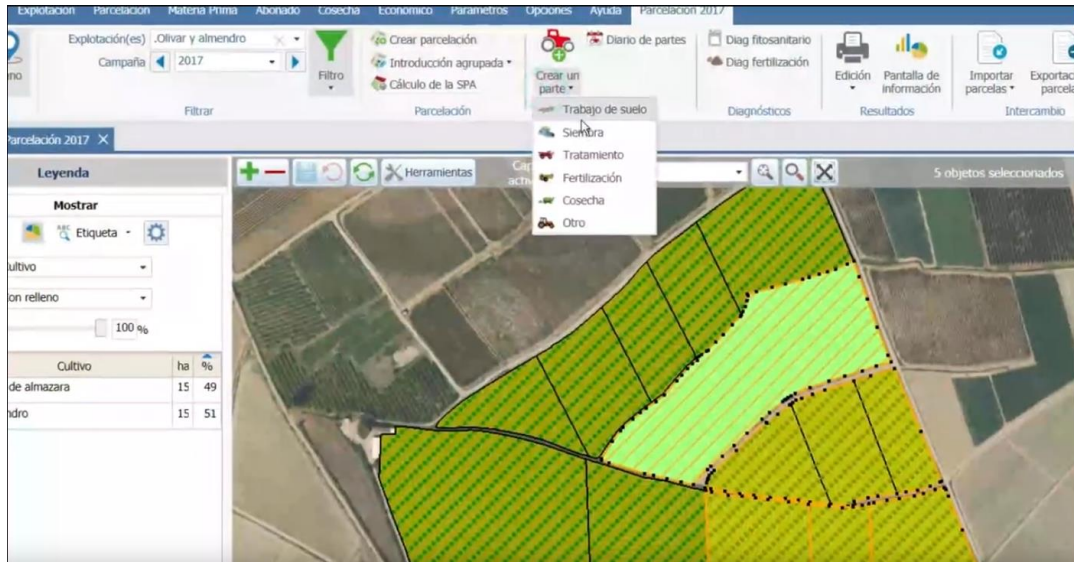


Figura 27. Modo de introducción de parte (ISAGRI España, 2022).

Una vez hemos avanzado en el paso anterior seleccionando la introducción de un parte de tratamiento fitosanitario, nos aparece una pestaña en la que debemos introducir los datos más relevantes. Para ello, incluyen diferentes apartados según el tipo de información. En la siguiente imagen aparece la opción de seleccionar una o varias parcelas según donde se haya realizado el tratamiento.

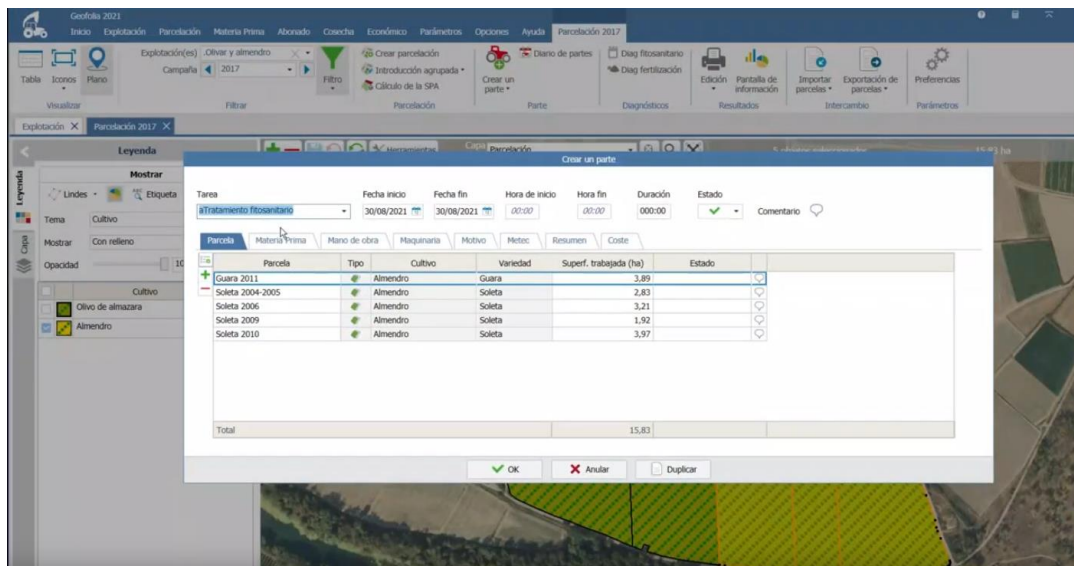


Figura 28. Selección de las parcelas tratadas (ISAGRI España, 2022).

Como aspecto relevante del programa, este cuenta con una base de datos de multitud de productos fitosanitarios, lo que facilita la introducción de datos e incluso avisa si las variables de aplicación de la materia prima son erróneas. Basta con elegir el producto utilizado y el volumen de caldo para que nos aparezcan el volumen de caldo a emplear y la cantidad.

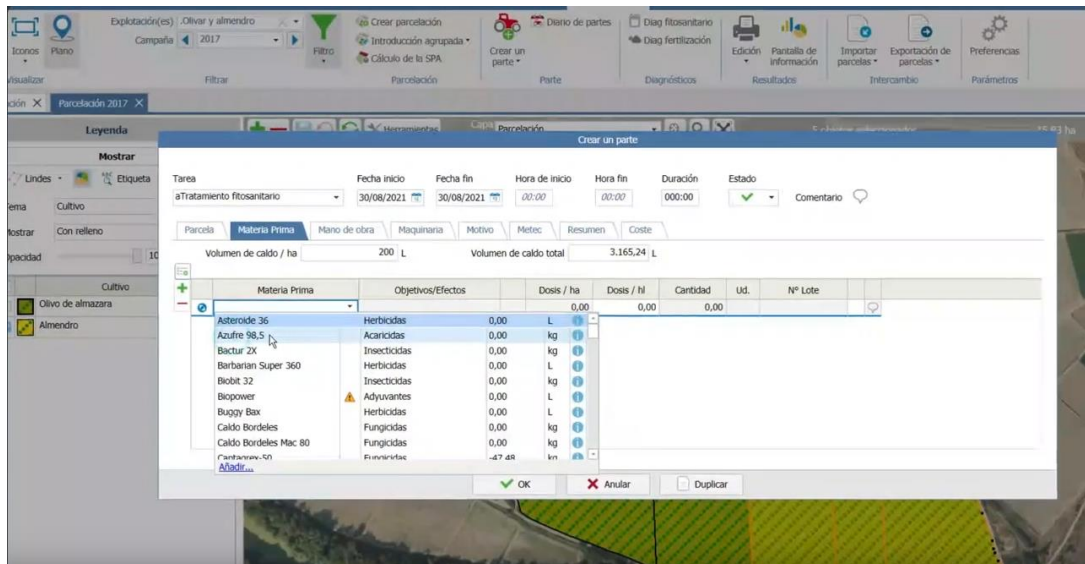


Figura 29. Introducción del producto fitosanitario (ISAGRI España, 2022).

Por último, cabe destacar que el software no cuenta con una opción de exportar los datos introducidos, por lo que su función principal consiste en un registro de las actuaciones realizadas en cada parcela.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exponen los análisis de los parámetros más destacados en cuanto al ensayo se refiere. Debido a la gran cantidad de información que se manejaba y para poder plasmarlos de una forma más visual e intuitiva, se ha optado por realizar las comparaciones en dos grupos relevantes como son los subgrupos de variedades de ciclo largo y corto (invierno y primavera respectivamente). Además, como comentaremos posteriormente en los respetivos apartados, el análisis estadístico global de todas las variedades ofrecía una distribución sin normalidad, lo que provocaba problemas de interpretación.

De esta manera, se pueden apreciar diferencias significativas en algunos casos.

5.1. DESARROLLO DEL CULTIVO

En primer lugar, se analizó el crecimiento del cultivo en sus diferentes fases. La nascencia fue problemática, con graves afecciones en algunas parcelas y repercutiendo en la correcta implantación, como se constata en la figura 30.



Figura 30. Deficiencias en la implementación de las cebadas.

Posteriormente, la borrasca Filomena y la abundante precipitación del mes de febrero propiciaron que el cultivo se recuperara y solventara esta problemática. Por otra parte, debido a la grave anomalía que se sufrió en el mes de marzo, en el que no se produjo

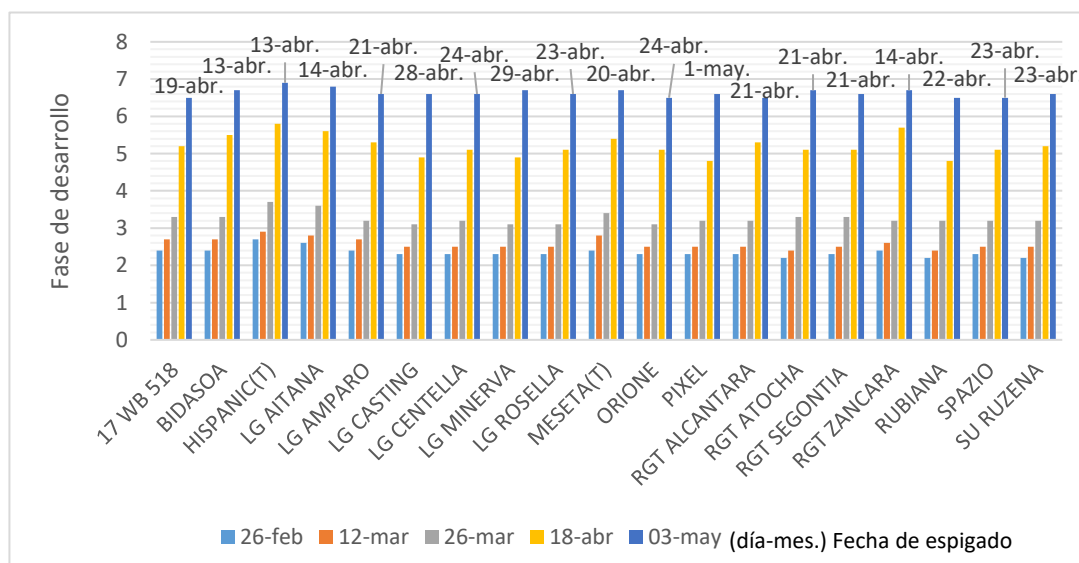
ninguna acumulación de lluvias, hizo mella en el correcto desarrollo del cultivo. A pesar de este contratiempo, el mes de abril continuó con unas precipitaciones abundantes, sumándose un mes de mayo en el que se recogieron más de 40 litros y el cultivo se pudo recuperar, aunque, en ambos meses, se recogieron temperaturas bajo cero, siendo la de mayo de un grado negativo durante pocas horas. En esta zona las heladas tardías son recurrentes y por ello, es importante elegir una variedad que tenga una fecha de espigado no temprana.

5.1.1. Evolución del desarrollo en las variedades de invierno

En la gráfica 9 se recoge el desarrollo vegetativo de las 19 variedades de ciclo largo del ensayo según la escala de Zadoks *et al.* (1974).

Las primeras fases, como es normal, siguen una distribución idéntica, pero es a partir del encañado, debido al aumento de temperaturas, cuando el crecimiento sufre un desarrollo exponencial, comenzándose a ver diferencias en algunas variedades, siendo la Hispanic la que más adelantada se encuentra.

Las barras amarillas representan la toma de datos que se realizó el 18 de abril, en el que la mayoría de variedades ya se encontraban en la fase de emergencia de la inflorescencia. Las fechas de espigado que aparecen en el extremo superior comprende el momento en que más de la mitad de las plantas de las parcelas estudiadas presentaban espigas. La última helada que se produjo en el mes de abril se da el 19 de abril, por lo que la totalidad de las variedades sufrieron esta afección, aunque en diferente grado. Por último, cabe remarcar la gran diferencia que existe en las fechas de espigado, con más de quince días de separación entre las cebadas más tempranas y las del extremo opuesto, destacando Pixel y LG Minerva como las más tardías.



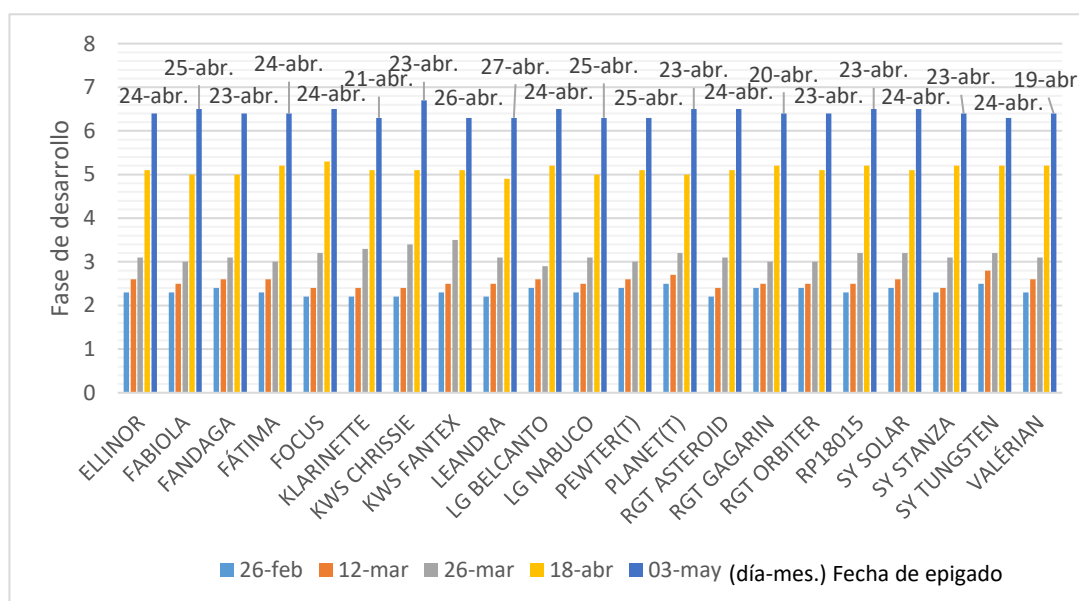
Gráfica 9. Seguimiento del cultivo de ciclo largo según la escala de desarrollo de Zadoks.

5.1.2. Evolución del desarrollo en las variedades de primavera

Debido a que su ciclo de desarrollo es más corto que el de las variedades de invierno, estas presentan un crecimiento más retardado.

Como se ilustra en la gráfica 10, el crecimiento comienza a diferenciarse en las primeras semanas de marzo, siendo la variedad KWS Fantex la que presenta mayor desarrollo. Esta ventaja se recortará en fechas posteriores, quedándose por detrás, como se refleja con la fecha de espigado, en la que destaca por su tremenda precocidad la variedad Valérian, superando incluso a algunas cebadas de ciclo largo.

En cuanto a la fecha de espigado, la distribución es muy homogénea, con un intervalo de diferencia de menos de una semana. En este aspecto cabe mencionar a Valérian como la más precoz, muy seguida de RGT Gagarin; y en el extremo opuesto a Leandra y KWS Fantex. Esta última, como comentamos anteriormente, era la que mayor desarrollo presentaba en las primeras fases del cultivo, pero, paradójicamente, se quedó rezagada a las últimas posiciones en cuanto a la emergencia de la inflorescencia.



Gráfica 10. Seguimiento del cultivo de ciclo corto según la escala de desarrollo de Zadoks.

5.2. HELMINTHOSPORIOSIS

La afección de enfermedades tuvo un impacto muy bajo en el cultivo. Como se comentó anteriormente, la escasa precipitación en la primavera propició que no se desarrollaran las enfermedades fúngicas como en otros años. Además, se realizó una aplicación de fungicida el 7 de abril, controlando de manera óptima los hongos fitopatógenos.

Por otro lado, sí que se detectó un ligero brote de *Helminthosporium* en la gran mayoría de las variedades, aunque fue una afección que no produjo merma en la producción ni en la sanidad de la planta al encontrarse por debajo del umbral de daños.

La toma de datos se llevó a cabo en una única repetición en el mes de mayo, con el objetivo de conocer de manera simplificada si había presencia de hongos. Para representar los datos, se aplicó un rango de incidencia del hongo *Helminthosporium*. Para ello, se registró la cantidad de plantas afectadas en cada repetición y valorando posteriormente el grado de afectación de la parcela en porcentaje (%).

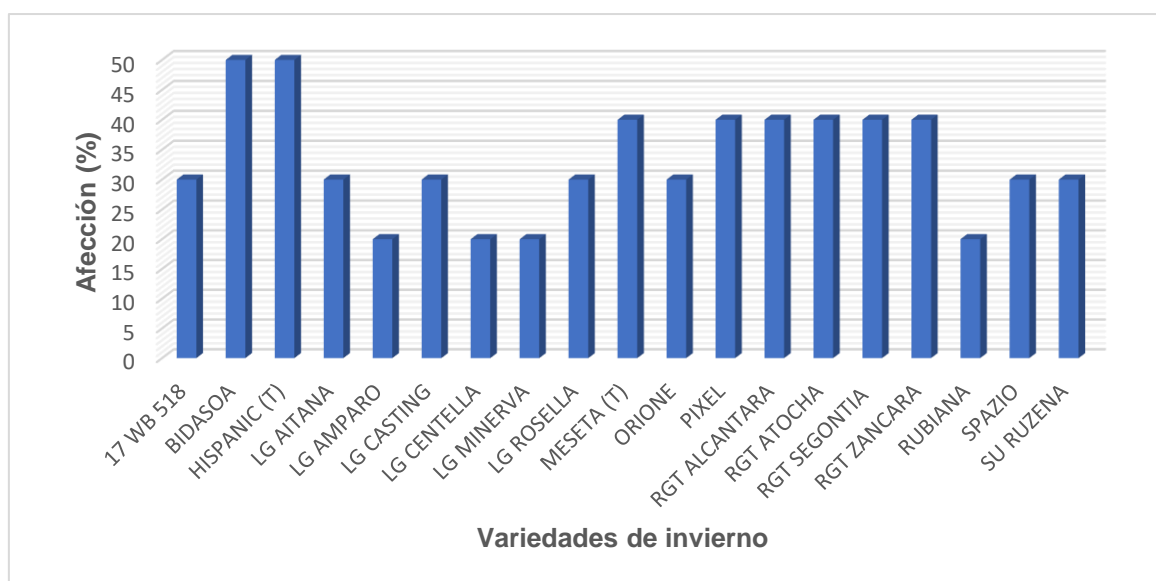
5.2.1. Comparativa de afección en las variedades de invierno

Las cebadas de ciclo largo tuvieron una afección muy variable, con variedades que sí que sufrieron un ataque bastante alto, hasta del 50% de plantas afectadas y un número más amplio que solamente se detectaron un 20% con enfermedad.

Hispanic y Bidasoa fueron las que más grado de incidencia tuvieron, con la mitad de la parcela afectada. En el otro extremo, se encuentran LG Amparo, LG Centella, LG Minerva y Rubiana, con una afectación mínima de solo un 20% de plantas enfermas.

El resto de variedades se agruparon entre el 30 y el 40 por ciento.

Comparando los datos aportados en la gráfica 11 con los publicados en el dossier de la campaña de 2019/2020 de la Red ARAX (2020), este año la incidencia ha sido mayor, ya que en la campaña anterior muchas variedades no sufrieron nada de enfermedad o muy poca.



Gráfica 11. Porcentaje de plantas afectadas por Helminthosporium en las variedades de invierno.

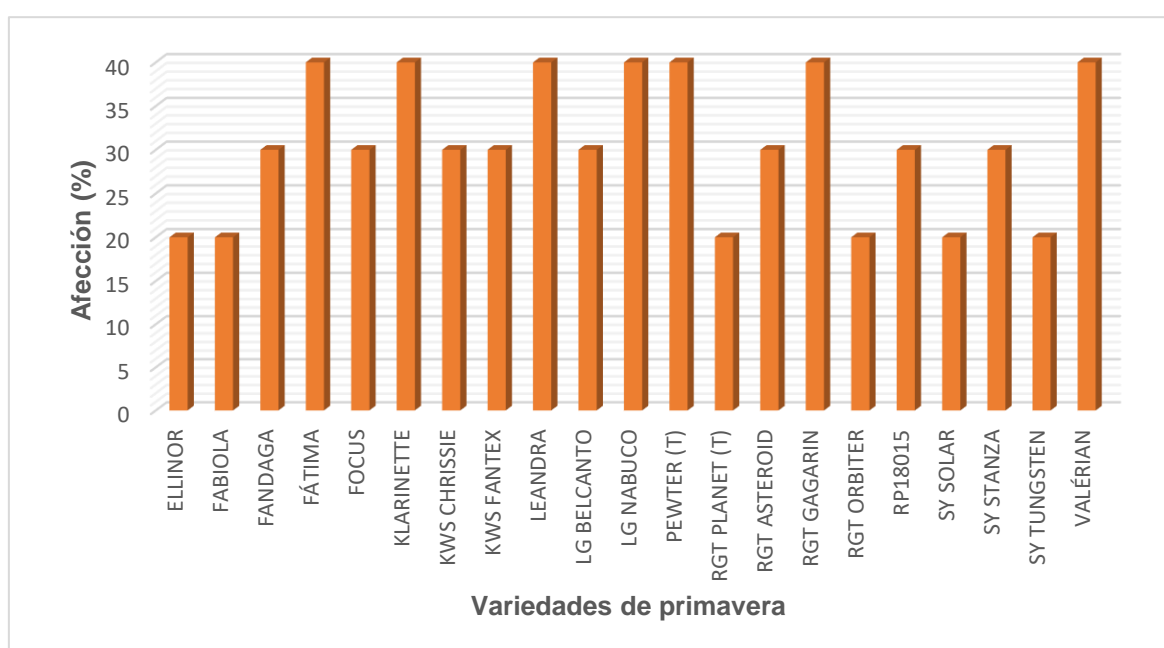
5.2.2. Comparativa de afección en las variedades primavera

La incidencia en las variedades de ciclo corto fue ligeramente similar que en sus homónimas de invierno. Aunque el grado de enfermedad no llega a los picos que alcanzaron Hispanic y Bidasoa, muchas de estas llegaron a alcanzar el 40 por ciento de las plantas afectadas. En este grupo destaca, como variedad testigo, Pewter, que en

anteriores ensayos suele aparecer como una de las que menos resistencias a enfermedades fúngicas posee.

RGT Planet, la otra variedad testigo de las variedades de primavera, se encuentra en el grupo con menor incidencia. Esto concuerda con los datos de la Red ARAX (2020) en el que su incidencia fue de 15%, situándose en una de las que menos sufrió la afección de *Helminthosporium*.

El último grupo que se puede ver en la gráfica 12 se engloba en una incidencia intermedia con respecto a los otros, con un bajo grado de 30%, siendo el que más variedades contiene y representando la media de la afección por el hongo fitopatógeno.



Gráfica 12. Porcentaje de plantas afectadas por *Helminthosporium* en las variedades de primavera.

5.3. RENDIMIENTO

La producción media que se obtuvo en el ensayo de las 40 variedades de cebada se recogen en la tabla 9. Además, se incluyen los rendimientos que presentaron cada una de las cuatro repeticiones y sus respectivos índices de producción entre todo el ensayo y el coeficiente varietal, el cual refleja la variabilidad que presenta cada una de ellas con respecto a los valores de cada bloque.

Tabla 9. Producción de cada repetición de las 40 variedades en kg/ha y su respectiva variación con respecto a todas ellas y a la propia variedad.

Variedad	Bloque1 kg/ha	Bloque2 kg/ha	Bloque3 kg/ha	Bloque4 kg/ha	Media kg/ha	Índice productivo %	CV. variedad
17 WB 518	6.848	6.106	5.500	6.136	6.148	110%	9,0%
BIDASOA	5.447	5.152	5.121	4.712	5.108	92%	5,9%
HISPANIC (T)	5.242	5.652	5.697	5.530	5.530	99%	3,7%
LG AITANA	4.742	5.015	5.076	4.962	4.949	89%	2,9%
LG AMPARO	6.129	5.303	5.045	4.909	5.347	96%	10,2%
LG CASTING	5.697	5.159	4.174	5.295	5.081	91%	12,7%
LG CENTELLA	5.212	5.061	5.015	5.591	5.220	94%	5,0%
LG MINERVA	4.697	4.394	4.545	3.848	4.371	78%	8,5%
LG ROSELLA	5.652	5.379	4.932	5.795	5.439	98%	7,0%
MESETA (T)	4.970	5.273	5.530	4.879	5.163	93%	5,8%
ORIONE	6.447	5.955	4.742	4.879	5.506	99%	15,1%
PIXEL	3.515	4.000	3.697	4.455	3.917	70%	10,5%
RGT ALCANTARA	5.136	4.636	5.424	4.318	4.879	88%	10,2%
RGT ATOCHA	5.773	5.152	4.379	5.227	5.133	92%	11,2%
RGT SEGONTIA	6.015	4.735	5.182	5.303	5.309	95%	10,0%
RGT ZANCARA	5.364	4.561	4.705	4.326	4.739	85%	9,4%
RUBIANA	5.697	5.742	5.530	5.485	5.614	101%	2,2%
SPAZIO	5.439	4.235	4.682	5.364	4.930	89%	11,7%
SU RUZENA	4.545	3.326	4.848	3.591	4.078	73%	18,0%
ELLINOR	6.167	5.545	6.114	5.447	5.818	104%	6,4%
FABIOLA	6.061	5.091	5.303	5.417	5.468	98%	7,6%
FANDAGA	6.083	5.924	5.992	6.000	6.000	108%	1,1%
FÁTIMA	5.159	4.902	5.636	4.318	5.004	90%	11,0%
FOCUS	5.508	5.394	5.561	6.000	5.616	101%	4,7%
KLARINETTE	5.288	5.871	5.894	5.303	5.589	100%	6,1%
KWS CHRISIE	6.924	6.212	5.712	5.182	6.008	108%	12,3%
KWS FANTEX	5.394	4.742	5.242	5.402	5.195	93%	6,0%
LEANDRA	5.045	5.106	4.894	5.409	5.114	92%	4,2%
LG BELCANTO	5.394	5.530	5.098	5.000	5.256	94%	4,7%
LG NABUCO	5.742	5.455	5.470	5.409	5.519	99%	2,7%
PEWTER (T)	5.364	5.379	5.591	5.288	5.405	97%	2,4%
RGT PLANET (T)	7.242	6.455	5.485	5.530	6.178	111%	13,6%
RGT ASTEROID	5.182	5.129	5.182	5.939	5.358	96%	7,2%
RGT GAGARIN	5.947	5.303	5.780	4.455	5.371	96%	12,5%
RGT ORBITER	6.341	5.485	5.318	5.909	5.763	103%	8,0%
RP18015	5.530	5.394	5.030	6.227	5.545	100%	9,0%
SY SOLAR	6.439	6.136	5.485	5.159	5.805	104%	10,1%
SY STANZA	5.591	5.758	6.015	5.106	5.617	101%	6,8%
SY TUNGSTEN	6.924	6.212	6.667	6.591	6.598	118%	4,5%
VALÉRIAN	5.909	5.053	5.030	5.000	5.248	94%	8,4%
Medias	5.645	5.273	5.258	5.217	5.348		

De entre todas las variedades del ensayo, destaca SY Tungsten, siendo la que mayor rendimiento posee, con una media entre las cuatro repeticiones de 6.598 Kg/ha. Muy cerca de esta aparece RGT Planet, siendo una de las cebadas testigo y con 6.178 Kg/ha de media.

En el otro extremo, Pixel con 3.917 Kg/ha y SU Ruzena con 4.078 Kg/ha, se presentan con la producción más baja entre las 40 cebadas estudiadas.

Estos dos grupos se caracterizan porque los primeros se agrupan en las cebadas de ciclo corto y, estas últimas, en el de ciclo largo, reflejando una tendencia de mayor producción en las variedades de primavera.

Los datos que se recogieron en la campaña anterior por la Red ARAX (2020) demuestran que este año la producción ha sufrido una merma considerable ya que, en la campaña 2019-2020, se llegaron a alcanzar unos rendimientos muy altos, con un pico de 10.553 Kg/ha en la variedad LG Belcanto y 10.110 Kg/ha en RGT Planet. La variedad RGT Atocha fue la que menos produjo, con 6.595 Kg/ha.

Por último, apuntar la variación que han presentado las variedades testigo en estos dos años:

- Hispanic: 7.945 Kg/ha (2020) / 5.530 Kg/ha (2021)
- Meseta: 8.665 Kg/ha (2020) / 5.163 Kg/ha (2021)
- RGT Planet: 10.110 Kg/ha (2020) / 6.178 Kg/ha (2021)
- Pewter: 8.001 Kg/ha (2020) / 5.405 Kg/ha (2021)

Con la comparativa mostrada anteriormente se desgrana a simple vista la gran merma en la producción que se ha dado este año.

5.3.1. Análisis estadístico del rendimiento entre las variedades de invierno

Para poder comparar los datos recogidos durante el ensayo experimental de una forma más realista y óptima, se aplicó un análisis estadístico el cual se refleja en la gráfica 13. A la hora de realizar la comprobación se tuvo que transformar los datos para que los valores tuvieran una buena distribución ya que, si se utilizaban los datos normales, las

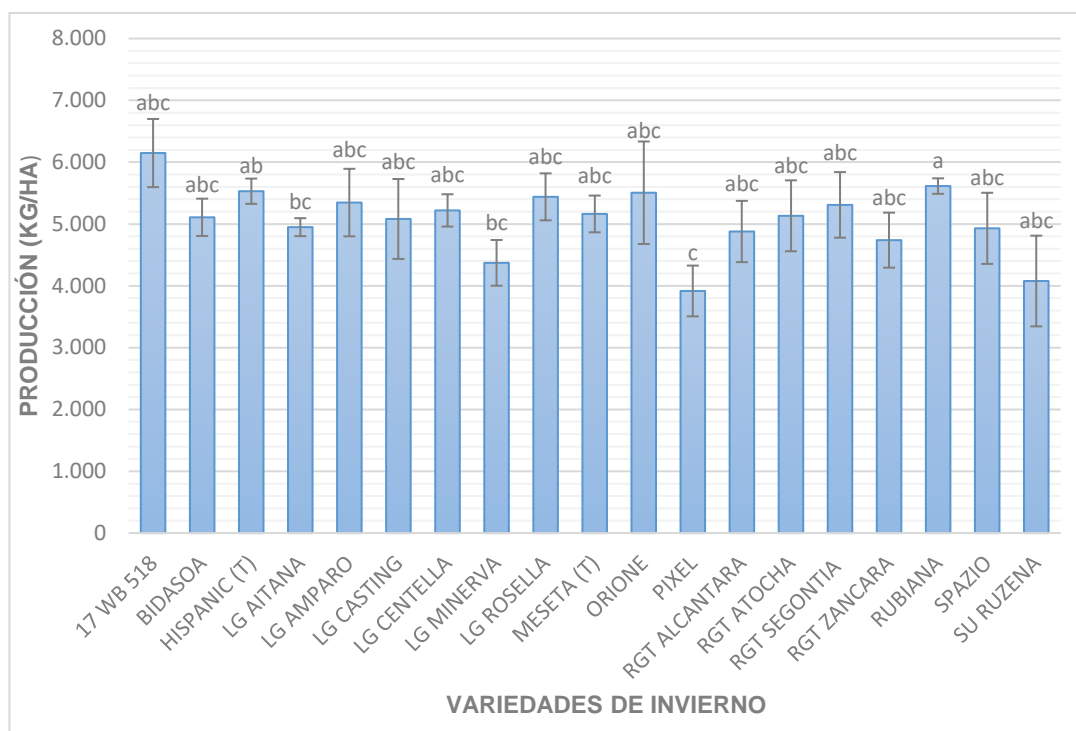
pruebas devolvían un resultado irreal. Para ello, se invirtieron los datos y se les aplicó una transformación mediante el cuadrado de estos.

En primer lugar, se comprobó si el conjunto de los datos poseía una distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual arrojó un p valor = 0,200, siendo mayor que la significación (alfa=0,05) y, por tanto, confirmando que hay normalidad. Posteriormente, la prueba de Levene obtuvo un p valor = 0,007, siendo inferior a la significación y demostrando que las varianzas entre las variedades no son iguales.

Tabla 10. Resultado del análisis estadístico del rendimiento de las variedades de primavera.

ANOVA					
Rendimiento					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3458,904	18	192,161	4,267	<,001
Dentro de grupos	2566,714	57	45,03		
Total	6025,619	75			

La ANOVA, con un p valor = 0,001, indicó que existían variaciones significativas, por ello, para poder conocer entre qué variedades existían estas diferencias y al ser las variaciones distintas, la prueba post-hoc T3 de Dunnett permitió la configuración de la gráfica 13.



Gráfica 13. Distribución de la producción (Kg/ha) entre las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor $< 0,05$; Prueba T3 de Dunnett).

Como se observa en la gráfica 13, se encontraron diferencias entre tres grupos de variedades. Destacando la que mayor producción de las cebadas de ciclo largo: 17WB518 y, la que menos: pixel, con una diferencia de más de 2.000 kilos por hectárea. Además, Rubiana, que es la segunda que más rendimiento ha obtenido, tiene una variabilidad muy pequeña, con una desviación ínfima comparada con Orione.

5.3.2. Análisis estadístico del rendimiento entre las variedades de primavera

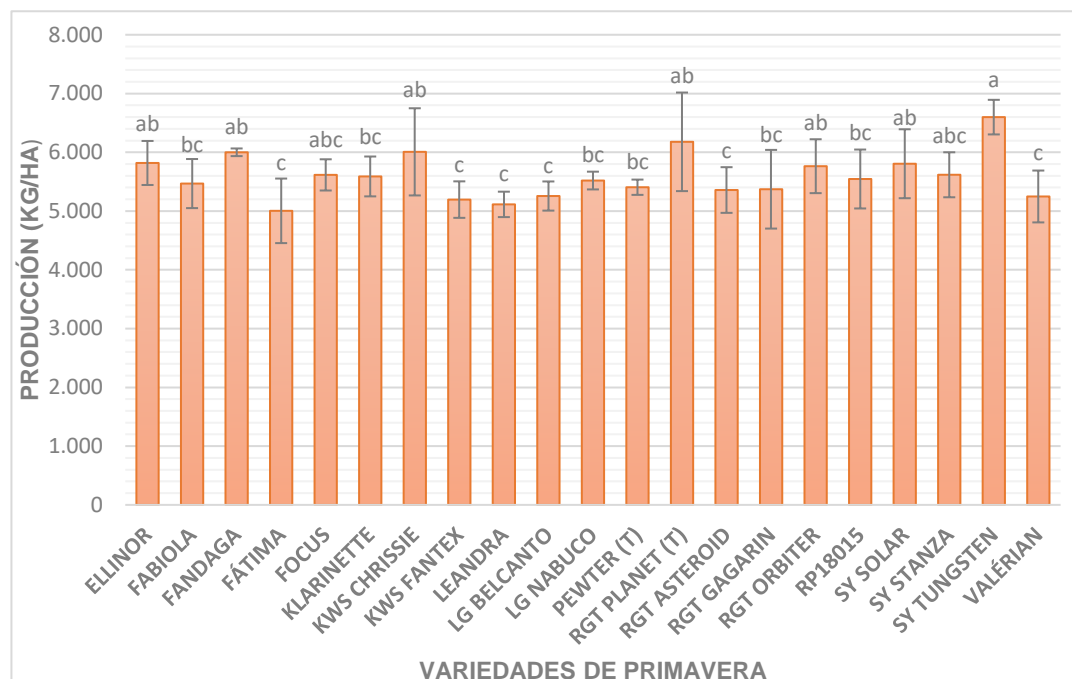
La estadística en las variedades de ciclo corto fue totalmente opuesta a lo analizado anteriormente. En este caso, se comprobó que no existía normalidad entre este grupo de datos, refutándose en el p valor = 0,004 de Kolmogorov-Smirnov. Debido a esto, se tuvo que realizar un análisis de varianza no paramétrico mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 11. Resultado del análisis estadístico del rendimiento de las variedades de primavera.

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La distribución de Rendimiento es la misma entre categorías de VARIEDADES DE PRIMAVERA.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,007	Rechace la hipótesis nula.
a. El nivel de significación es de ,050.				
b. Se muestra la significancia asintótica.				

Este análisis obtuvo un p valor = 0,007, indicando que existen diferencias significativas entre algunas variedades.

A continuación, se presenta en la gráfica 14 los resultados estadísticos.



Gráfica 14. Distribución de la producción (Kg/ha) entre las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba de Kruskal-Wallis).

Mediante la información que nos aporta el análisis, podemos observar cómo se distribuye la variabilidad entre tres grupos claros. Destaca el grupo c, en él se encuentran las variedades con menor rendimiento, como Fátima o Leandra, marcando esta última claramente el grupo debido a poseer, a parte de una baja producción, escasa variabilidad.

El grupo a, encabezado por la variedad que más producción ha cosechado: SY Tungsten, se desmarca claramente de las variedades con menor rendimiento y de aquellas con una media estándar.

5.4. HUMEDAD

Los datos de humedad que se recogieron mediante la cosechadora especializada durante la recolección aparecen en la tabla 12. Los bloques representan las repeticiones de cada variedad mediante la distribución que se hizo en el diseño experimental del ensayo. Además, se recoge la desviación estándar de las cuatro repeticiones en la columna de la media.

Tabla 12. Humedad en cosecha de cada repetición de las 40 variedades en %.

Variedad	Bloque1 (%)	Bloque 2 (%)	Bloque 3 (%)	Bloque 4 (%)	Media (%)
17 WB 518	10,10	9,50	9,80	11,00	10,10 ± 0,65
BIDASOA	10,20	9,20	9,80	10,80	10,00 ± 0,67
HISPANIC (T)	9,90	9,20	8,90	9,80	9,45 ± 0,48
LG AITANA	10,90	10,30	10,10	9,80	10,27 ± 0,46
LG AMPARO	10,40	10,20	10,60	10,50	10,42 ± 0,17
LG CASTING	9,30	10,30	10,20	9,10	9,72 ± 0,61
LG CENTELLA	10,80	9,40	9,90	9,70	9,95 ± 0,60
LG MINERVA	10,00	7,60	10,20	9,90	9,42 ± 1,22
LG ROSELLA	10,30	9,90	10,10	10,60	10,22 ± 0,30
MESETA (T)	10,10	10,90	10,00	10,80	10,45 ± 0,47
ORIONE	10,50	8,40	9,70	6,60	8,80 ± 1,70
PIXEL	8,90	7,60	9,30	8,90	8,67 ± 0,74
RGT ALCANTARA	9,90	9,60	9,30	10,40	9,80 ± 0,47
RGT ATOCHA	10,40	10,00	9,90	10,50	10,20 ± 0,29
RGT SEGONTIA	10,20	10,60	10,40	10,10	10,32 ± 0,22
RGT ZANCARA	9,40	6,90	9,80	8,10	8,55 ± 1,32
RUBIANA	9,20	10,90	11,10	11,10	10,57 ± 0,92
SPAZIO	9,10	10,20	9,90	9,50	9,67 ± 0,48
SU RUZENA	10,50	9,60	9,80	10,10	10,00 ± 0,39
ELLINOR	10,70	10,50	10,10	10,50	10,45 ± 0,25
FABIOLA	10,10	9,90	10,20	9,60	9,95 ± 0,26
FANDAGA	10,30	10,70	10,10	9,70	10,20 ± 0,42
FÁTIMA	10,30	10,20	10,90	10,70	10,525 ± 0,33
FOCUS	9,90	11,00	10,40	10,60	10,47 ± 0,46
KLARINETTE	10,20	10,80	10,40	10,20	10,40 ± 0,28
KWS CHRISSIE	9,90	10,30	10,60	9,50	10,08 ± 0,48
KWS FANTEX	10,60	10,30	10,30	10,60	10,45 ± 0,17

LEANDRA	9,70	10,70	10,30	10,40	10,28 ± 0,42
LG BELCANTO	10,90	10,60	10,20	10,20	10,48 ± 0,34
LG NABUCO	10,10	10,90	10,50	10,80	10,58 ± 0,36
PEWTER (T)	11,20	10,20	10,80	11,00	10,80 ± 0,43
RGT PLANET (T)	10,30	11,10	10,70	10,70	10,70 ± 0,33
RGT ASTEROID	10,20	9,90	10,80	10,80	10,43 ± 0,45
RGT GAGARIN	10,50	10,40	11,00	10,00	10,48 ± 0,41
RGT ORBITER	10,50	10,60	9,90	11,20	10,55 ± 0,53
RP18015	10,50	10,50	10,30	10,40	10,43 ± 0,10
SY SOLAR	10,00	9,80	10,30	10,70	10,20 ± 0,39
SY STANZA	10,60	11,10	9,90	11,10	10,68 ± 0,57
SY TUNGSTEN	10,40	10,60	10,30	10,90	10,55 ± 0,26
VALÉRIAN	10,30	10,70	10,10	11,10	10,55 ± 0,44

Los parámetros de humedad presentan unos valores muy homogéneos, con valores que normalmente rondan entre el 9% y el 11%. Este porcentaje es apto para la recolección y por tanto para el almacenaje, contando, por ejemplo, con los márgenes que tienen en la propia cooperativa de San Ginés de Lupiñén, en la que se aplica una reducción exponencial en el precio del grano que entra en los almacenes a partir de 12% de humedad.

Una de las variedades que se recolectó con menor humedad fue Orione, que en la cuarta repetición presentó un valor de 6,6%, siendo un porcentaje muy bajo comparado con los parámetros mínimos de este cultivo y del resto del ensayo.

5.4.1. Análisis estadístico de Humedad del grano entre las variedades de invierno

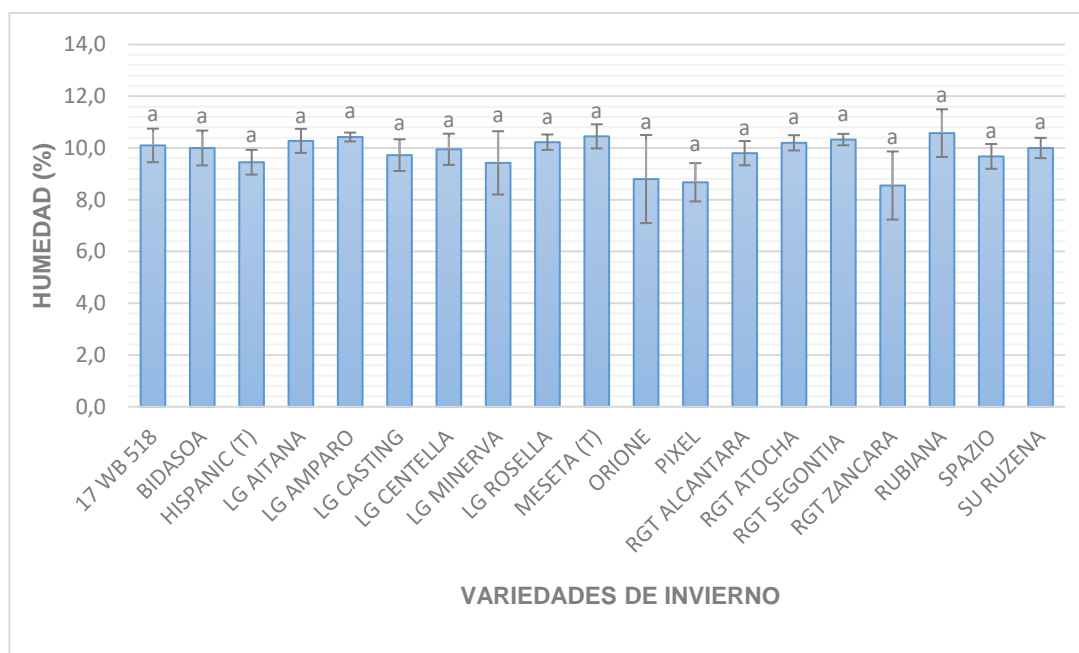
Las variedades de ciclo largo tuvieron una distribución homogénea, sin variaciones que destacar.

En primer lugar, Kolmogorov-Smirnov señaló que la distribución de los datos tenía normalidad, con un p valor = 0,200. Posteriormente, la prueba de Levene, con p valor = 0,716, indicaba que se cumplía el criterio de homocedasticidad. Sabiendo que las varianzas eran iguales, se analizó con ANOVA y se confirmó con Tukey si existían diferencias significativas entre algunas variedades.

Tabla 13. Resultado del análisis estadístico de la humedad en las variedades de invierno.

ANOVA					
Humedad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,467	18	0,026	1,086	0,39
Dentro de grupos	1,315	55	0,024		
Total	1,782	73			

Como resultado, siendo la ANOVA mayor a la singularidad (0,05), se extrajo la conclusión de que existe un grupo único y que no hay una variabilidad suficiente que destacar.



Gráfica 15. Porcentaje de humedad del grano en cosecha de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor $> 0,05$; Prueba de Tukey-B).

La distribución que presentan todas las variedades concuerda con el resultado que se obtuvo en el análisis estadístico, en el que no existe una variación suficiente para justificar diferencias en los resultados.

Pixel destaca como la variedad que menor grado de humedad presentó y con una variabilidad muy pequeña, pudiendo llegar a tener alguna diferencia amplia con aquellas variedades con mayor grado y menor variación como LG Rosella y RGT Segontia.

RGT Zancara y Orione, con poca humedad, sufrieron una mayor dispersión de los resultados, con una diferencia grande de error.

En general, la media de humedad en la recolección ha sido baja y dentro de los parámetros óptimos de almacenaje.

5.4.2. Análisis estadístico de Humedad del grano entre las variedades de primavera

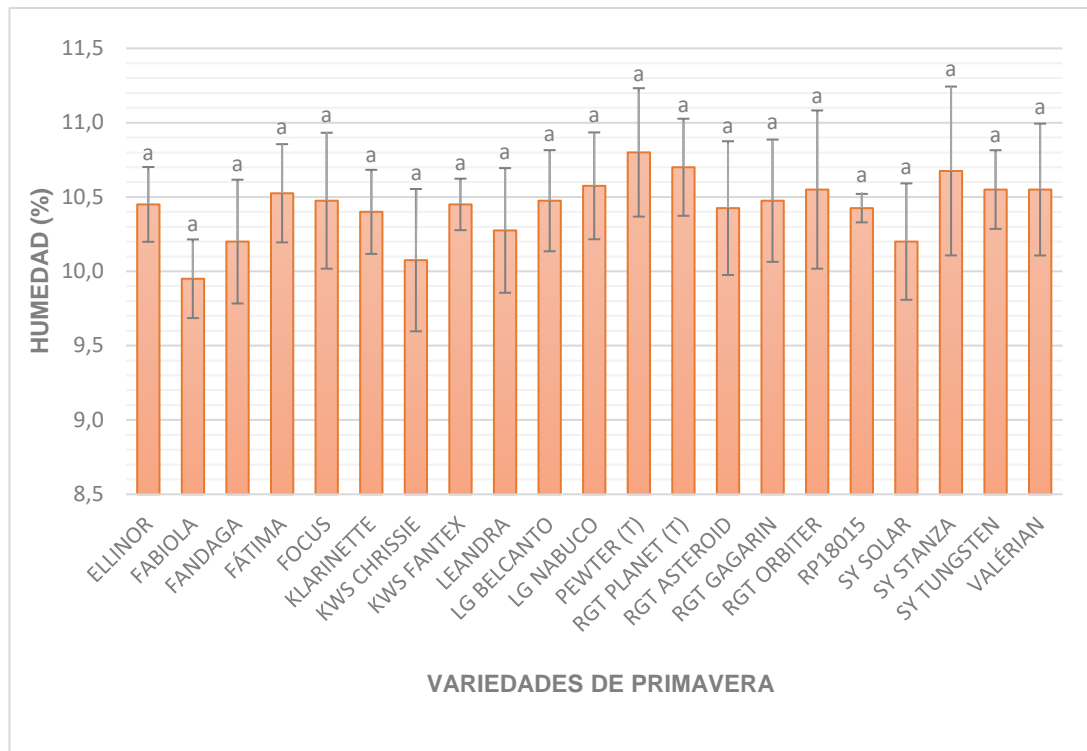
En el caso de las cebadas de ciclo corto, la variación entre ellas fue más reducida, con un rango que se sitúa entre el 10 el 11 %.

En la gráfica 16 aparece la síntesis de la estadística. Para llegar a estos resultados, en primer lugar, se analizó la normalidad, obteniéndose un p valor = 0,082 con Kolmogorov-Smirnov, afirmando la hipótesis nula. Posteriormente, la prueba de Levene confirmó, con p valor = 0,617, que las varianzas son iguales.

Tabla 14. Resultado del análisis estadístico de la humedad en las variedades de primavera.

ANOVA					
HUMEDAD					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,418	20	0,171	1,194	0,289
Dentro de grupos	9,017	63	0,143		
Total	12,436	83			

Debido a este resultado, se procedió a comprobar si existe alguna diferencia entre las variedades estudiadas mediante la ANOVA, la cual, con un p valor = 0,289, no halló ninguna. La prueba Post-hoc de tukey lo refutó, con un solo subgrupo homogéneo.



Gráfica 16. Porcentaje de humedad del grano en cosecha de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor $> 0,05$; Prueba de Tukey-B).

Aunque, como se comentó anteriormente, no hay mucha variación entre los resultados, la variedad Fabiola aparece como la que menos humedad en cosecha presenta, con un 9,95%.

En cambio, la variedad testigo Pewter presentó la mayor humedad entre todas las de primavera, con 10,8%.

La variabilidad varietal también ha sido muy lineal, con una dispersión similar para todas las variedades.

5.5. PESO ESPECÍFICO

En la tabla 15 se recogen los datos del peso específico que obtuvieron las cuatro repeticiones de cada variedad y su respectiva media con la desviación estándar. Estos valores se recogieron con la cosechadora especializada de ensayos y tienen como valor de medida Kg/hl.

Tabla 15. Peso específico (Kg/hl) de las cebadas pertenecientes al ensayo experimental divididos por las cuatro repeticiones.

Variedad	Bloque1 (Kg/hl)	Bloque2 (Kg/hl)	Bloque3 (Kg/hl)	Bloque4 (Kg/hl)	Media (Kg/hl)
17 WB 518	59,1	63,2	61	63	61,6 ± 1,93
BIDASOA	63,4	53,2	60,4	60,4	59,4 ± 4,34
HISPANIC (T)	60	55,5	54,1	55,4	56,3 ± 2,58
LG AITANA	60,9	59,9	61,8	60,2	60,7 ± 0,84
LG AMPARO	65,1	55,7	63,8	61,9	61,6 ± 4,16
LG CASTING	54	57,9	56,8	51,7	55,1 ± 2,80
LG CENTELLA	60	56	59,5	54,5	57,5 ± 2,68
LG MINERVA	60,1	43,9	50,7	59,3	53,5 ± 7,69
LG ROSELLA	59,3	54	61,9	59,8	58,8 ± 3,36
MESETA (T)	62,4	60,4	61,1	64,1	62,0 ± 1,63
ORIONE	62,2	50,3	55,3	45,7	53,4 ± 7,07
PIXEL	47,7	62	48,9	48,3	51,7 ± 6,87
RGT ALCANTARA	56,4	51,3	53,7	58,3	54,9 ± 3,07
RGT ATOCHA	58,8	61,1	60,3	55,2	58,9 ± 2,61
RGT SEGONTIA	61,5	63,4	57,8	55,8	59,6 ± 3,45
RGT ZANCARA	59,9	47,1	61,4	50,1	54,6 ± 7,09
RUBIANA	54,8	64,5	64,7	64,1	62,0 ± 4,82
SPAZIO	51,2	51,3	56,9	54,3	53,4 ± 2,73
SU RUZENA	56,1	55,1	52	56,2	54,9 ± 1,96
ELLINOR	64,7	61,4	62,1	63,7	63,0 ± 1,50
FABIOLA	61,9	57,9	64,3	55,1	59,8 ± 4,10
FANDAGA	63,3	60,9	62,2	61	61,9 ± 1,13
FÁTIMA	65,3	65,1	65,4	61,6	64,4 ± 1,84
FOCUS	61,7	62,2	64,4	63	62,8 ± 1,18
KLARINETTE	64,7	61	65,7	64,5	64,0 ± 2,05
KWS CHRISSIE	61,8	61,2	65,1	54,4	60,6 ± 4,49
KWS FANTEX	62,5	55,4	63,9	59	60,2 ± 3,81

LEANDRA	59,3	60,9	63,8	57,3	60,3 ± 2,75
LG BELCANTO	61,9	57,5	60	55,2	58,7 ± 2,92
LG NABUCO	62,1	61,2	65,6	63,2	63,0 ± 1,90
PEWTER (T)	65,7	58,4	68	67,1	64,8 ± 4,37
RGT PLANET (T)	65,3	64,2	66,7	63,3	64,9 ± 1,47
RGT ASTEROID	63,1	61,9	63,8	59,8	62,2 ± 1,75
RGT GAGARIN	63,6	59,5	63,6	61,5	62,1 ± 1,97
RGT ORBITER	64,8	60,4	62,5	62,4	62,5 ± 1,80
RP18015	64,8	59,5	65,1	59,8	62,3 ± 3,06
SY SOLAR	62	59,9	63,4	62,8	62,0 ± 1,53
SY STANZA	64,6	62,7	60,7	62,2	62,6 ± 1,61
SY TUNGSTEN	65,2	61,8	64,5	61,8	63,3 ± 1,78
VALÉRIAN	65	65,9	65	65,3	65,3 ± 0,42

Los datos que se recogen en la tabla 15 muestran resultados muy dispares, con pesos específicos normales y otros muy bajos. Aunque gran cantidad de estas variedades superan el umbral mínimo considerado para una buena calidad de 58Kg/hl para las variedades de dos carreras y 56Kg/hl para las de seis (González González *et al*,2016). Por otro lado, la lonja del Ebro sitúa este límite de calidad en 64 Kg/hl.

Destacan con el menor peso Pixel (remarcando que es una cebada de seis carreras) con una media de 51,7Kg/hl y Spazio y Orione, obteniendo las dos un peso específico de 53,4Kg/hl únicamente.

En todo el ensayo, sobresale con el mayor peso específico, situándose en solitario, la variedad Valérian con 65,3Kg/hl. Otras cebadas a destacar con valores próximos son las variedades testigo Pewter y RGT Planet, con 64,8Kg/hl y 64,9Kg/hl respectivamente.

Comparando los datos de este ensayo con los aportados por la Red ARAX (2020), se puede extraer a simple vista que el peso específico en la campaña anterior tuvo una tendencia más regular que la del ensayo, con valores cercanos al valor mínimo de calidad fijado por la lonja del Ebro. Por otro lado, ninguna variedad obtuvo un pico tan alto como en esta campaña.

La variedad Pixel, con la media más baja del ensayo, contó con un valor mucho mayor (59,1Kg/hl) y Pewter y RGT Planet se quedaron más cerca de los 60Kg/hl que de los 65Kg/hl de la campaña estudiada.

Por último, apuntar la variación que han presentado las variedades testigo en estos dos años:

- Hispanic: 59,3Kg/hl (2020) / 56,3Kg/hl (2021)
- Meseta: 55,7Kg/hl (2020) / 62Kg/hl (2021)
- RGT Planet: 60,8Kg/hl (2020) / 64,9Kg/hl (2021)
- Pewter: 61,6Kg/hl (2020) / 64,8Kg/hl (2021)

5.5.1. Análisis estadístico del peso específico entre las variedades de invierno

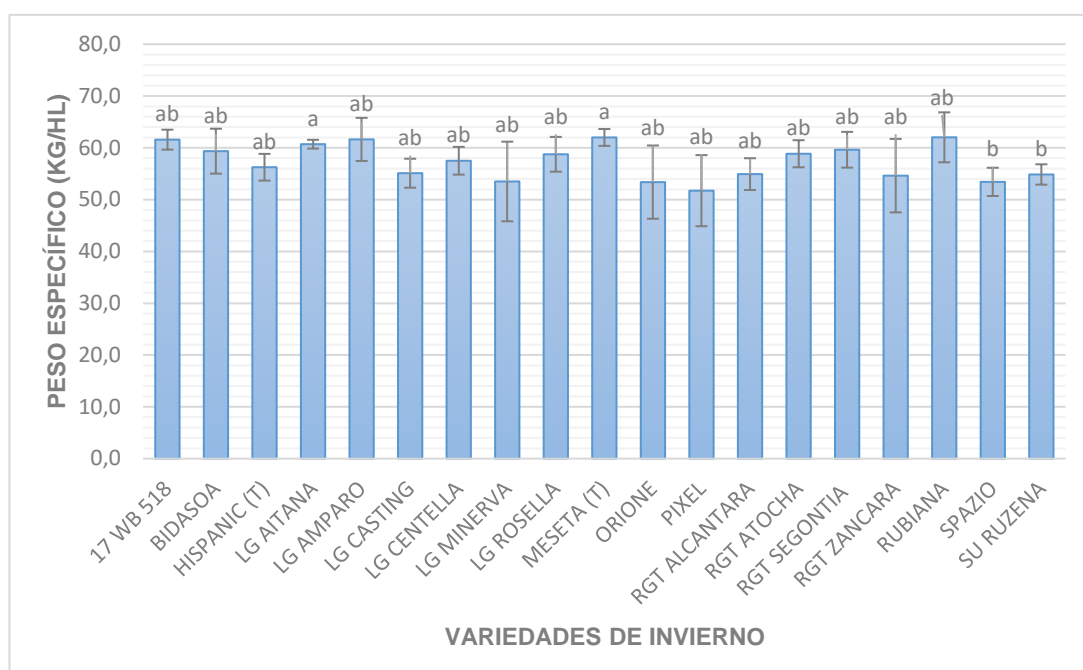
La estadística del peso específico en las cebadas de ciclo largo estuvo condicionada por la ausencia de normalidad en los datos. Para poder subsanar esta deficiencia, se recurrió a una inversión de los datos, debido a que la asimetría que nos presentaba el análisis descriptivo era negativa. Gracias a esta conversión y, transformándolos posteriormente mediante el cuadrado de estos, se consiguió que existiera normalidad con un p valor de 0,200. Una vez que se conoció que la distribución era normal, Levene reveló que las varianzas no eran iguales (p valor = 0,014) y, por tanto, se tuvo que muestrear mediante una prueba Post-Hoc T3 de Dunnett.

Tabla 16. Resultados del análisis estadístico del peso específico en las variedades de invierno.

ANOVA					
Peso específico					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	26,236	18	1,458	2,788	0,002
Dentro de grupos	29,798	57	0,523		
Total	56,034	75			

En primer lugar, La ANOVA, con un p valor = 0,002, indicó que existían diferencias significativas entre algunas variedades.

En la gráfica 17 se muestran los resultados finales, indicando aquellas que presentan diferencias mediante letras diferentes.



Gráfica 17. Peso específico (Kg/hl) del grano en cosecha de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor $< 0,05$; Prueba T3 de Dunnett).

Como se puede observar en la gráfica 17, existen dos variedades que comparten diferencias significativas con otras dos. Esto es debido, principalmente, a la escasa variabilidad que presentan las del grupo a y, a el bajo valor de peso específico del grupo b.

En el primer grupo se encuentran LG Aitana y la variedad testigo Meseta. En el grupo b, Spazio y SU Ruzena.

Aunque las variedades de invierno no aparecen entre las que más peso específico obtuvieron de todo el ensayo; Rubiana, Meseta, LG Amparo y 17WB518 con alrededor de 62Kg/hl, poseen un valor alto.

Destacar también que las variedades que menor valor tienen pertenecen a este grupo de cebadas de ciclo largo.

5.5.2. Análisis estadístico del peso específico entre las variedades de primavera

Como en el caso de las variedades de invierno, la estadística de los datos sufría de ausencia de normalidad, lo que provocó que se tuvieran que corregir para que el análisis fuera más claro y conciso. Para ello, se recurrió a los mismos pasos, es decir, a invertir los resultados y, posteriormente, transformarlos mediante el cuadrado de estos. De esta forma, se consiguió arreglarlos y las tablas adjuntadas en el anejo lo confirman.

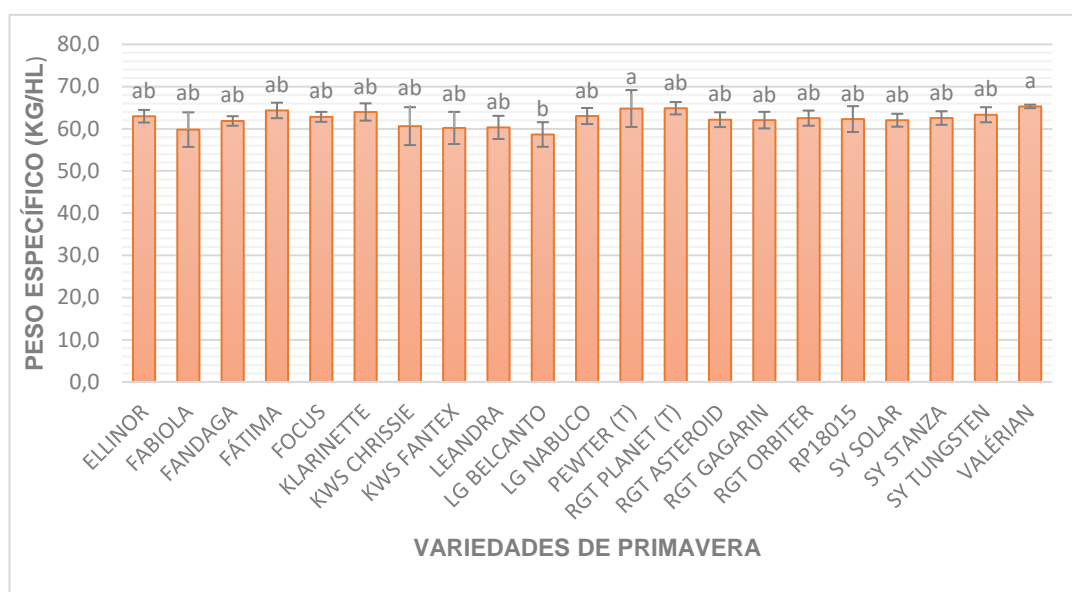
El p valor = 0,200 de Kolmogorov-Smirnov arrojaba una normalidad positiva. En el caso de la prueba de Levene, se obtuvo un p valor = 0,088, mostrando que las varianzas tenían una distribución idéntica, a diferencia de las de ciclo largo.

Tabla 17. Resultados del análisis estadístico del peso específico en las variedades de primavera.

ANOVA					
Peso específico					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9,828	20	0,491	2,138	0,012
Dentro de grupos	14,48	63	0,23		
Total	24,308	83			

Debido a esto se analizó mediante la prueba Post-hoc de Tukey, a consecuencia de que la ANOVA (p valor = 0,012) encontró diferencias significativas entre algunas variedades.

Según el análisis final, se comprobó que existen dos subgrupos homogéneos, como se muestra en la gráfica 18:



Gráfica 18. Peso específico (Kg/hl) del grano en cosecha de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba de Tukey-B).

Aunque la gráfica 18 muestra una distribución muy regular, el análisis encontró diferencias entre las variedades Valérian y la testigo Pewter con LG Belcanto, siendo esta última la que menos peso específico tuvo con 58,7Kg/hl, situándose todas las variedades de ciclo corto, por tanto, por encima del límite mínimo de calidad.

Cabe destacar que la variedad RGT Planet, con uno de los pesos específicos más altos y una distribución muy pequeña, no obtuvo diferencias significativas con LG Belcanto. Este resultado se demuestra en el análisis aportado en el anejo correspondiente.

5.6. ALTURA

La altura que se estudió sobre dos repeticiones de cada variedad, se recoge en la tabla 18, con sus respectivas medias y su desviación estándar. Al disponer de únicamente dos datos, la estadística que se analizará posteriormente dio muchos fallos, siendo imposible corregirla, por lo que se tuvo que recurrir a un análisis no paramétrico para poder comparar los resultados entre variedades.

Tabla 18. Altura de las plantas de cebada de cada variedad en cm.

Variedad	Bloque 1 (cm)	Bloque 2 (cm)	Media (cm)
17 WB 518	50	60	55 ± 7,07
BIDASOA	60	50	55 ± 7,07
HISPANIC (T)	60	60	60 ± 0,00
LG AITANA	50	45	48 ± 3,54
LG AMPARO	60	50	53 ± 7,07
LG CASTING	60	60	60 ± 0,00
LG CENTELLA	55	45	45 ± 7,07
LG MINERVA	65	40	53 ± 17,68
LG ROSELLA	40	50	45 ± 7,07
MESETA (T)	60	50	55 ± 7,07
ORIONE	45	60	53 ± 10,61
PIXEL	65	60	63 ± 3,54
RGT ALCANTARA	55	50	55 ± 3,54
RGT ATOCHA	50	60	55 ± 7,07
RGT SEGONTIA	50	60	55 ± 7,07
RGT ZANCARA	70	50	60 ± 14,14
RUBIANA	60	50	55 ± 7,07
SPAZIO	50	50	50 ± 0,00
SU RUZENA	50	60	55 ± 7,07
ELLINOR	55	55	55 ± 0,00
FABIOLA	50	50	50 ± 0,00
FANDAGA	55	50	53 ± 3,54
FÁTIMA	50	50	50 ± 0,00
FOCUS	45	50	48 ± 3,54
KLARINETTE	40	45	43 ± 3,54
KWS CHRISSIE	60	55	58 ± 3,54
KWS FANTEX	55	50	53 ± 3,54

LEANDRA	50	40	45 ± 7,07
LG BELCANTO	50	55	53 ± 3,54
LG NABUCO	60	50	55 ± 7,07
PEWTER (T)	50	50	50 ± 0,00
RGT PLANET (T)	55	45	50 ± 7,07
RGT ASTEROID	50	55	53 ± 3,54
RGT GAGARIN	50	45	48 ± 3,54
RGT ORBITER	60	50	55 ± 7,07
RP18015	50	50	50 ± 0,00
SY SOLAR	55	50	53 ± 3,54
SY STANZA	50	50	50 ± 0,00
SY TUNGSTEN	60	55	58 ± 3,54
VALÉRIAN	50	60	55 ± 7,07

La variedad que mayor altura ha desarrollado entre las 40 que pertenecen al ensayo es Pixel, con una media total entre todas las plantas y entre las dos repeticiones de 63 cm.

Por el contrario, Klarinette presenta el porte más bajo, con solo 43 cm. Esto hace que el rango de la altura en todo el ensayo oscile más de 20 cm, siendo una diferencia bastante holgada.

5.6.1. Análisis estadístico de la altura entre las variedades de invierno

La estadística fue compleja en las variedades de ciclo corto, en las que se intentó corregir los datos de varias formas sin éxito, ya que la normalidad siempre salía negativa, con unos valores muchos más bajos que la singularidad (p valor $< 0,05$).

Con un p valor = 0,001 de Kolmogorov-smirnov, se confirmó que no hay normalidad en los resultados, por lo que hubo que analizar los datos mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Tabla 19. Resultado del análisis estadístico de la altura en las variedades de invierno.

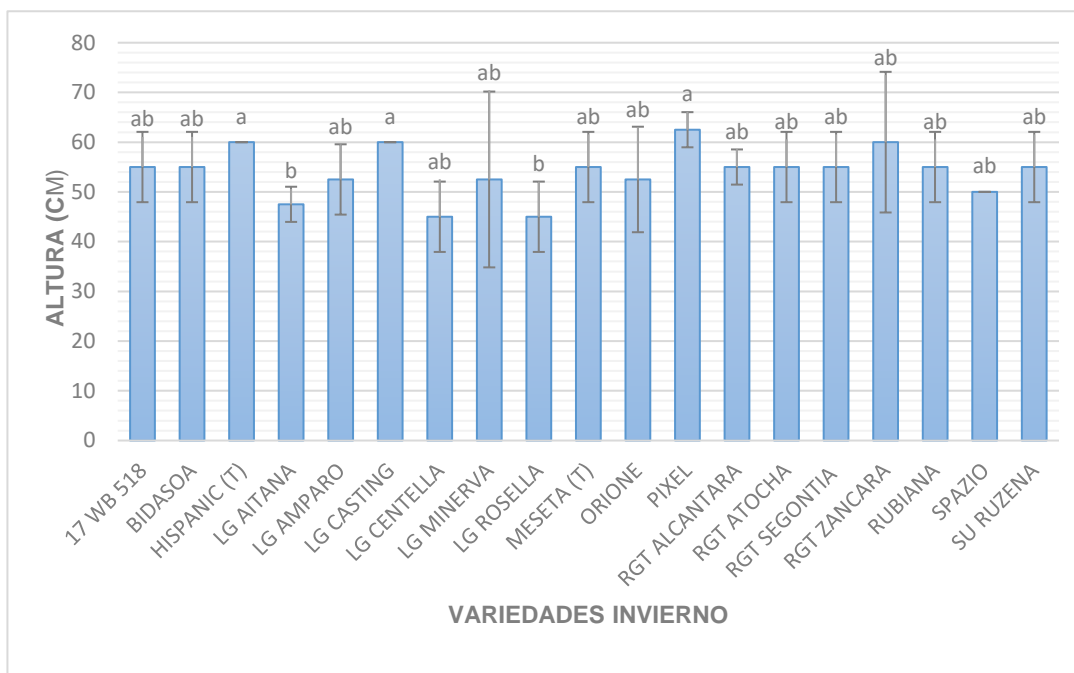
Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La distribución de ALTURA es la misma entre categorías de VARIEDADES.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,049	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de ,050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Esta obtuvo un p valor = 0,049, indicando que existen diferencias significativas.

Los resultados del análisis se representan en la gráfica 19:



Gráfica 19. Altura del cultivo (cm) en la fase de madurez vegetativa de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba de Krusal-Wallis).

Las letras nos indican qué variedades presentan diferencias entre sí. Aquellas que tienen distintas letras poseen distinta variabilidad. En el primer grupo diferenciado aparecen las que más altura poseen, como son Pixel, LG Casting e Hispanic. Estas tres difieren del otro grupo que cuentan con menor envergadura. Son LG Aitana, LG Rosella y LG Centella.

5.6.2. Análisis estadístico de la altura entre las variedades de primavera

Como en el caso de las variedades de invierno, la estadística no pudo realizarse con datos corregidos, ya que incluso transformando los datos se seguía obteniendo una normalización nula.

La prueba de normalización reveló un p valor = 0,001 y, en consecuencia, se buscaron diferencias significativas entre variedades individualmente una con otra con Krusal-Wallis.

Tabla 20. Resultados del análisis estadístico de la altura en las variedades de primavera.

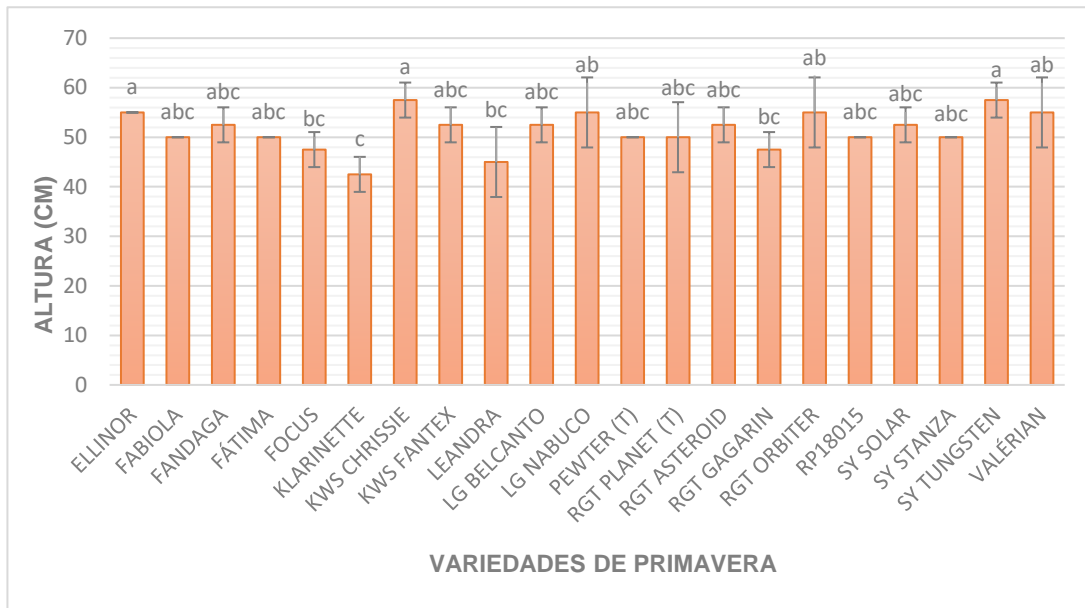
Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La distribución de ALTURA es la misma entre categorías de VARIEDADES.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,021	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de ,050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Esta prueba confirmó con el respectivo análisis, con p valor = 0,021, que sí que existían diferencias.

En la gráfica 20 se representan esas discrepancias en forma de letras diferentes:



Gráfica 20. Altura del cultivo (cm) en la fase de madurez vegetativa de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas

(p valor < 0,05; Prueba de Krusal-Wallis).

La variedad Klarinette, con la menor altura entre todas las cebadas, constituyó un grupo que se diferencia enormemente con la media del ensayo y las de mayor altura. En el grupo intermedio, caracterizados con la letra b, se encuentran la mayor parte de las variedades y, por último, el grupo a, con la representación de Ellinor, KWS Chrissie y SY Tungsten.

5.7. PROTEÍNA

Los resultados de proteína que se obtuvieron mediante el espectrómetro de infrarrojo Perten IM 9200 se muestran en la tabla 21. Los bloques representan el valor medio que presentó el análisis de las sacas estudiadas de cada repetición. Además, el intervalo que aparece en el apartado de las medias corresponde con la desviación estándar correspondiente a los valores de las cuatro repeticiones.

Tabla 21. Proteína (%) de las cebadas pertenecientes al ensayo experimental divididos por las cuatro repeticiones y su media.

Variedad	Bloque 1 (%)	Bloque2 (%)	Bloque3 (%)	Bloque4 (%)	Media (%)
17 WB 518	10,8	10,9	11	11,4	11,025 ± 0,26
BIDASOA	10,6	12	11,2	11,4	11,3 ± 0,58
HISPANIC (T)	12,4	13,2	12,2	11,6	12,35 ± 0,66
LG AITANA	11,8	12,3	11,8	13,1	12,25 ± 0,61
LG AMPARO	12,1	12,6	11,9	12,1	12,175 ± 0,30
LG CASTING	11,7	10,9	12,2	11	11,45 ± 0,61
LG CENTELLA	12,4	13,2	11,4	11,5	12,125 ± 0,85
LG MINERVA	11,6	13,7	13,1	12,3	12,675 ± 0,92
LG ROSELLA	12,4	12,7	12,2	11,3	12,15 ± 0,60
MESETA (T)	11,6	12,6	13,9	12,3	12,6 ± 0,96
ORIONE	11,1	12,3	12,9	14	12,575 ± 1,21
PIXEL	12	12,3	12,1	11,3	11,925 ± 0,43
RGT ALCANTARA	11,7	12,8	14,3	11,6	12,6 ± 1,26
RGT ATOCHA	13	12	11,4	13,1	12,375 ± 0,82
RGT SEGONTIA	12,9	11,6	13,6	12,6	12,675 ± 0,83
RGT ZANCARA	12,5	13	12,3	13,3	12,775 ± 0,46
RUBIANA	12,2	10,9	11,4	10,7	11,3 ± 0,67
SPAZIO	14	12	13,4	12,8	13,05 ± 0,85
SU RUZENA	14,8	12,1	12,8	11,2	12,725 ± 1,53
ELLINOR	10,8	10,9	10,4	9,9	10,5 ± 0,45
FABIOLA	10,1	11,7	11,8	12,6	11,55 ± 1,05
FANDAGA	10	11,8	10,2	11,6	10,9 ± 0,93
FÁTIMA	10,8	11,9	11,2	10,6	11,125 ± 0,57
FOCUS	12,5	11,3	11	11,4	11,55 ± 0,66
KLARINETTE	11,5	11,7	12,1	10,7	11,5 ± 0,59
KWS CHRISSIE	11,8	10,8	11,7	11	11,325 ± 0,50

KWS FANTEX	11,2	11,9	11,1	10,8	11,7 ± 0,47
LEANDRA	12,6	11,3	10,1	10,8	11,2 ± 1,06
LG BELCANTO	11,1	11,9	12,3	11,5	11,7 ± 0,52
LG NABUCO	10,9	11,4	10,4	10,8	10,875 ± 0,41
PEWTER (T)	12,9	11,7	10,6	11,5	11,675 ± 0,95
RGT PLANET (T)	9,8	10,6	10,2	11,3	10,475 ± 0,64
RGT ASTEROID	11,1	11,6	11	10,6	11,075 ± 0,41
RGT GAGARIN	10,5	10,6	10,8	10,6	10,625 ± 0,13
RGT ORBITER	10,1	10,4	10,3	10,4	10,3 ± 0,14
RP18015	10,9	11,2	10,3	10,3	10,675 ± 0,45
SY SOLAR	10,5	10,9	11,5	10,2	10,775 ± 0,56
SY STANZA	10,1	10,7	12,1	10,4	10,825 ± 0,88
SY TUNGSTEN	9,8	11,5	12,1	10,4	10,95 ± 1,04
VALÉRIAN	10,9	9,8	12,3	9,7	10,675 ± 1,21

La proteína del ensayo experimental de cebadas estuvo marcada dentro de un rango de entre 10% y 13%. Estos valores, como comenta Giménez (2017), entran dentro de los óptimos para destino de la industria cervecera, marcando el límite óptimo máximo en 12%, aunque por debajo de 13% son aptos y, el límite mínimo en torno al 10%.

Para el caso de la industria de procesamiento de alimentos para animales y humanos es preferible contar con un porcentaje de proteína mucho mayor, por lo que todas las variedades no serían tan convenientes para esta finalidad.

La variedad que cuenta con mayor grado de proteína, con 13,05% es Spazio, seguida de cerca por RGT Zancara (12,775%) y SU Ruzena (12,725%).

En el otro extremo, se presenta RGT Orbiter con 10,3% y Ellinor con 10,5%.

De lo anteriormente comentado, destaca que las variedades que presentan altos contenidos de proteína se recogen en el grupo de variedades de invierno, mientras que las que menos poseen, son aquellas pertenecientes a las cebadas de primavera.

Comparando los resultados de la campaña anterior mediante el dossier que la Red ARAX (2020) redactó, podemos sacar la conclusión de que, en esta campaña, los niveles de proteína medios de todo el ensayo han sido superiores. En ese borrador, la variedad con menor porcentaje de proteína se situó en 8,1%, y la mayoría del ensayo se situó en un rango entre 8% y 9%. Cabe destacar que hubo una variedad que alcanzó los 12,4%, y alguna otra los 11 y 10 por ciento.

Por último, apuntar la variación que han presentado las variedades testigo en estos dos años:

- Hispanic: 11,2% (2020) / 12,35% (2021)
- Meseta: 9,5% (2020) / 12,6% (2021)
- RGT Planet: 8,7% (2020) / 10,475% (2021)
- Pewter: 10,5% (2020) / 11,675% (2021)

Esto confirma la tendencia general comentada anteriormente de que esta campaña, los valores han sido mayores.

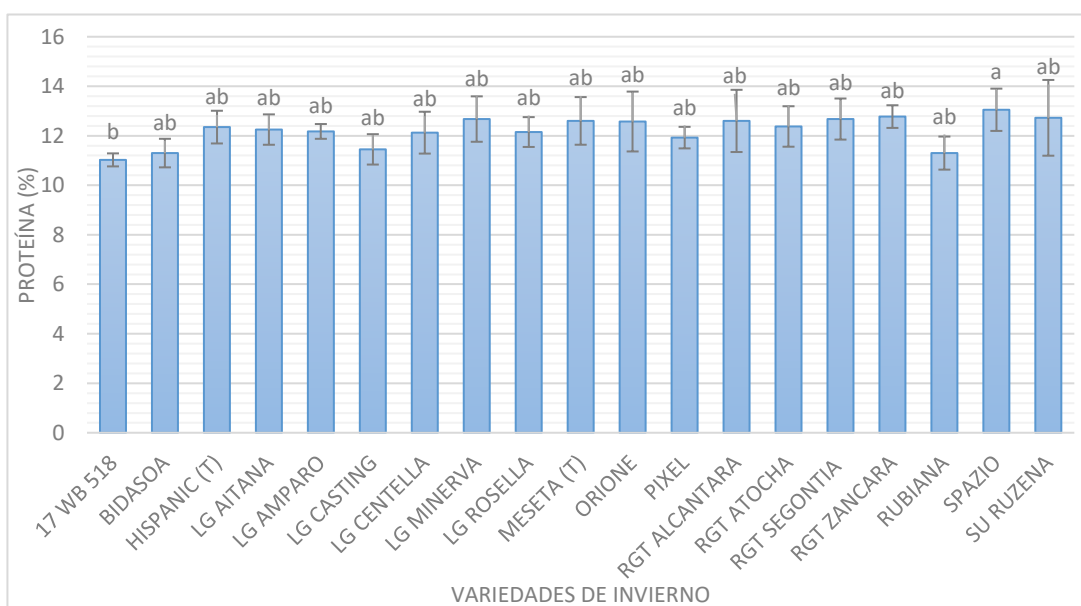
5.7.1. Análisis estadístico de proteína entre las variedades de invierno

Siguiendo la tónica general de los resultados estudiados en el presente trabajo, la variable de proteína también sufrió de problemas de normalidad en la estadística. De este modo, se requirió una transformación de estos para poder corregirlos y así analizarlos de una forma más óptima. Para solventar este problema, se realizó una transformación recíproca de los datos ($1/(x+1)$). De esta manera, se consiguió que hubiera normalidad (p valor = 0,200 de Kolmogorov-Smirnov). Posteriormente, la prueba de Levene, con un p valor = 0,410, informó que las varianzas eran iguales y que, por tanto, se podían buscar diferencias en subgrupos mediante la prueba de Tukey.

Tabla 22. Resultados del análisis estadístico de proteína en las variedades de invierno.

ANOVA					
Proteína					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,001	18	0	2,191	0,013
Dentro de grupos	0,002	57	0		
Total	0,003	75			

La ANOVA confirmó la presencia de diferencias significativas (p valor = 0,013) y, con la prueba Post-Hoc de Tukey, se afianzó que existen dos subgrupos homogéneos, como se muestra en la gráfica 21:



Gráfica 21. Cantidad de proteína (%) de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba de Tukey-B).

Mediante la interpretación de los resultados del análisis que aparecen en la gráfica 21, vemos como hay dos variedades que presentan diferencias entre ellas y que conforman los dos subgrupos. En primer lugar, aparece la variedad Spazio, que cuenta con el mayor porcentaje de proteína de todas las cebadas de ciclo largo (13,05%) y, por otro lado, la

variedad 17WB518, con 11,025% y un grado de variación varietal muy pequeño. Este rango que conforman las dos variedades de los máximos y mínimos muestra una tendencia de grado de proteína relativamente alto, por lo que no serían las cebadas más indicadas con destino a la industria maltera.

5.7.2. Análisis estadístico de proteína entre las variedades de primavera

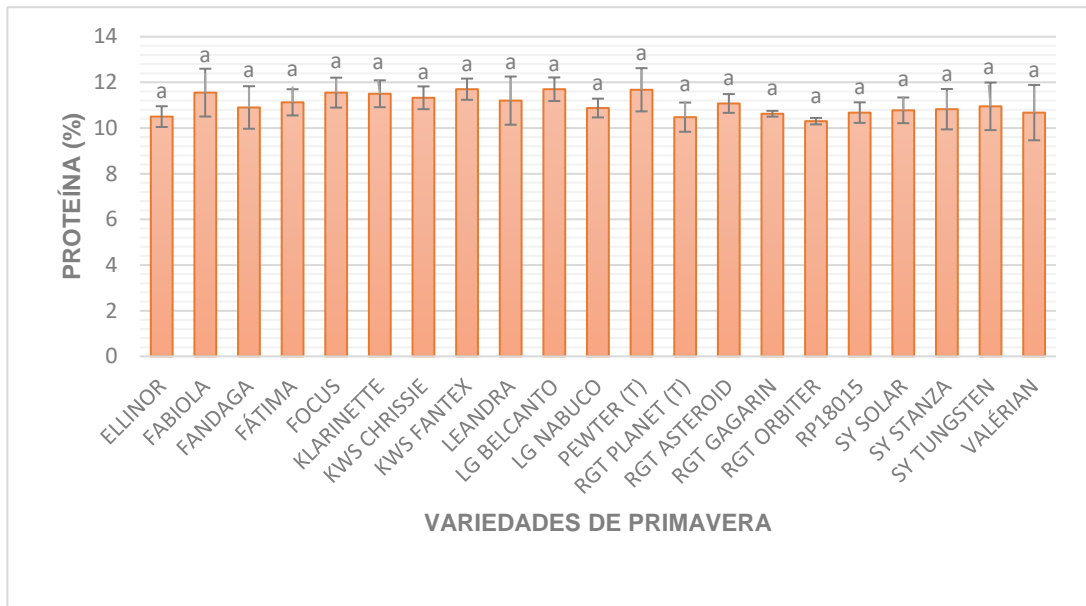
Los resultados de las variedades de ciclo corto presentaban una distribución normal, por lo que no se requirió de ninguna corrección ni transformación para poder analizarlos, aunque mostró que la normalidad estaba cerca del límite, debido a que la prueba de Kolmogorov-Smirnov indicaba un p valor = 0,086. Con la prueba de Levene se confirmó que las varianzas presentaban varianzas iguales al presentar un p valor = 0,066, siendo mayor a la significación (0,05). Debido al resultado de la prueba anterior, se utilizó la prueba Post-Hoc de Tukey-B para poder conocer si existían diferencias entre algunas de las cebadas del ensayo.

Tabla 23. Resultados del análisis estadístico de proteína en las variedades de primavera.

ANOVA					
PROTEÍNA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,975	20	0,699	1,377	0,168
Dentro de grupos	31,963	63	0,507		
Total	45,938	83			

La ANOVA (p valor = 0,168) indicaba que no encontró discrepancias y, la prueba de Tukey-B, lo confirmó, mostrando un único subgrupo.

Los resultados del análisis se muestran resumidos en la gráfica 22.



Gráfica 22. Cantidad de proteína (%) de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor > 0,05; Prueba de Tukey-B).

La gráfica 22 plasma la distribución homogénea que han obtenido las cebadas de primavera. Cabe destacar que el porcentaje de proteína se ha mantenido en un rango muy óptimo para su uso en malta de cebada, con valores próximos a 10% y nunca por encima de 12%. Las que más cantidad de proteína contienen son Pewter (11,675%), LG Belcanto (11,7%) y KWS Fantex (11,7%).

Con el menor porcentaje, situándose en el límite óptimo recomendado para elaborar una buena cerveza, aparecen RGT Orbiter con 10,3% y Ellinor con 10,5%.

5.8. PESO 1000 GRANOS

Los pesos que se midieron mediante el contador de granos Pfeuffer se recogen en la tabla 24. En ella se distribuyen los valores que se analizaron de las 160 sacas pertenecientes a sus respectivas parcelas del ensayo. En la derecha aparece la media de las cuatro repeticiones, con su respectiva desviación estándar.

Tabla 24. Peso de 1000 granos (g) de las cebadas pertenecientes al ensayo experimental divididos por las cuatro repeticiones y su media.

Variedad	Bloque1 (g)	Bloque2 (g)	Bloque3 (g)	Bloque4 (g)	Media (g)
17 WB 518	38,65	34,35	29,36	32,7	33,765 ± 3,86
BIDASOA	29,3	32,55	30,15	32,45	31,1125 ± 1,64
HISPANIC (T)	34,35	36,6	31,85	39,3	35,525 ± 3,18
LG AITANA	28,1	33,4	32,5	33,65	31,9125 ± 2,59
LG AMPARO	34,85	28,3	33,05	35,8	33 ± 3,33
LG CASTING	31,3	33,85	32,25	28,1	31,375 ± 2,42
LG CENTELLA	30,32	31,6	32,2	34,5	32,155 ± 1,75
LG MINERVA	26,2	28,3	30,95	27,6	28,2625 ± 1,99
LG ROSELLA	36,05	35,6	39,9	39,9	37,8625 ± 2,36
MESETA (T)	32,7	31,55	26,25	30,6	30,275 ± 2,82
ORIONE	34,4	32,35	31,86	31,1	32,465 ± 1,41
PIXEL	22,25	19,2	19,45	22,7	20,9 ± 1,83
RGT ALCANTARA	30,85	31,9	33	33	32,1875 ± 1,03
RGT ATOCHA	29,65	33,2	25,4	31,3	29,8875 ± 3,32
RGT SEGONTIA	31,5	40,85	27,35	35,45	33,7875 ± 5,75
RGT ZANCARA	42,7	41,4	38,6	35,5	39,05 ± 3,20
RUBIANA	35,85	28,25	27,8	32,35	31,8125 ± 3,79
SPAZIO	28,85	28,9	23,9	32,7	28,5875 ± 3,61
SU RUZENA	25	30,1	28,25	30,45	28,45 ± 2,49
ELLINOR	34,45	36,65	32,75	35,3	34,7875 ± 1,63
FABIOLA	32,65	31,1	33,1	29,6	31,6125 ± 1,59
FANDAGA	33,75	33,5	36,05	36,05	34,8375 ± 1,40
FÁTIMA	33,2	33,85	27,45	32,25	31,6875 ± 2,90
FOCUS	32,3	33,65	36,5	33,2	33,9125 ± 1,81
KLARINETTE	33,2	31,15	33,15	30,7	32,05 ± 1,31
KWS CHRISSIE	33,9	35,65	26,95	41,05	34,3875 ± 5,82

KWS FANTEX	27,75	32,4	25,6	32,9	29,6375 ± 3,57
LEANDRA	35	30,45	24,75	33,7	30,975 ± 4,57
LG BELCANTO	31,4	32,65	28,6	27,55	30,05 ± 2,38
LG NABUCO	29,25	34,6	33,8	29,55	31,8 ± 2,79
PEWTER (T)	24,1	35,3	32,45	32,85	31,175 ± 4,88
RGT PLANET (T)	33,5	35,9	25,4	35,85	32,6625 ± 4,97
RGT ASTEROID	31,6	31,05	32	33,2	31,9625 ± 0,91
RGT GAGARIN	28,95	32,45	28,4	32	30,45 ± 2,07
RGT ORBITER	29,7	31,8	27,65	36,6	31,4375 ± 3,84
RP18015	30,35	32,3	25	33,6	30,3125 ± 3,79
SY SOLAR	35,3	35,05	35,05	31,6	34,25 ± 1,77
SY STANZA	28,95	30,2	26,15	35,35	30,1625 ± 3,85
SY TUNGSTEN	32,95	29,1	33	35,15	32,55 ± 2,52
VALÉRIAN	32,5	30,1	33,3	36,8	33,175 ± 2,77

Los pesos que se obtuvieron en esta campaña muestran una distribución que, en el cómputo general, se encuentran en un rango homogéneo, en torno a los 29g/1000granos y 34g/1000granos.

Por otro lado, hay tres variedades que se desmarcan totalmente de esta tónica principal del ensayo y, casualmente, son las que se encuentran en los dos extremos.

Destaca Pixel con unos ínfimos 20,9g/1000granos, muy alejado de la segunda cebada con menor peso, que cuenta con 28,265g/1000granos (LG Minerva) y, en el otro caso, RGT Zancara con 39,05g/1000granos y LG Rosella con 37,8625g/1000granos, mostrando una variabilidad enorme, con casi el doble de peso, aunque cabe volver a apuntar que la variedad Pixel es una cebada de 6 carreras.

Comparando los resultados de esta campaña con los que se obtuvieron en la anterior según el dossier que elaboró la Red ARAX (2020), se puede ver la gran diferencia en cuanto a pesos. En el 2020 muchas variedades llegaron a contar con más de 40g/1000grano, con RGT Planetet como la variedad que más peso alcanzó (52,1g/1000granos), aunque algunas obtuvieron pesos de 28g/1000granos e incluso, de 21,2g/1000granos.

A continuación, se exponen los resultados que presentaron las variedades testigos en los dos años:

-Hispanic: 37,9g/1000granos (2020) / 35,525 g/1000granos (2021)

-Meseta: 36,8 g/1000granos (2020) / 30,275 g/1000granos (2021)

-RGT Planet: 52,1 g/1000granos (2020) / 32,662 g/1000granos (2021)

-Pewter: 36g/1000granos (2020) / 31,175 g/1000granos (2021)

Como podemos ver en la comparativa, la norma ha sido de una bajada general en los pesos, siendo en algunos casos muy grandes y en otras no tanto, con alguna excepción, en la que esos pesos se han mejorado.

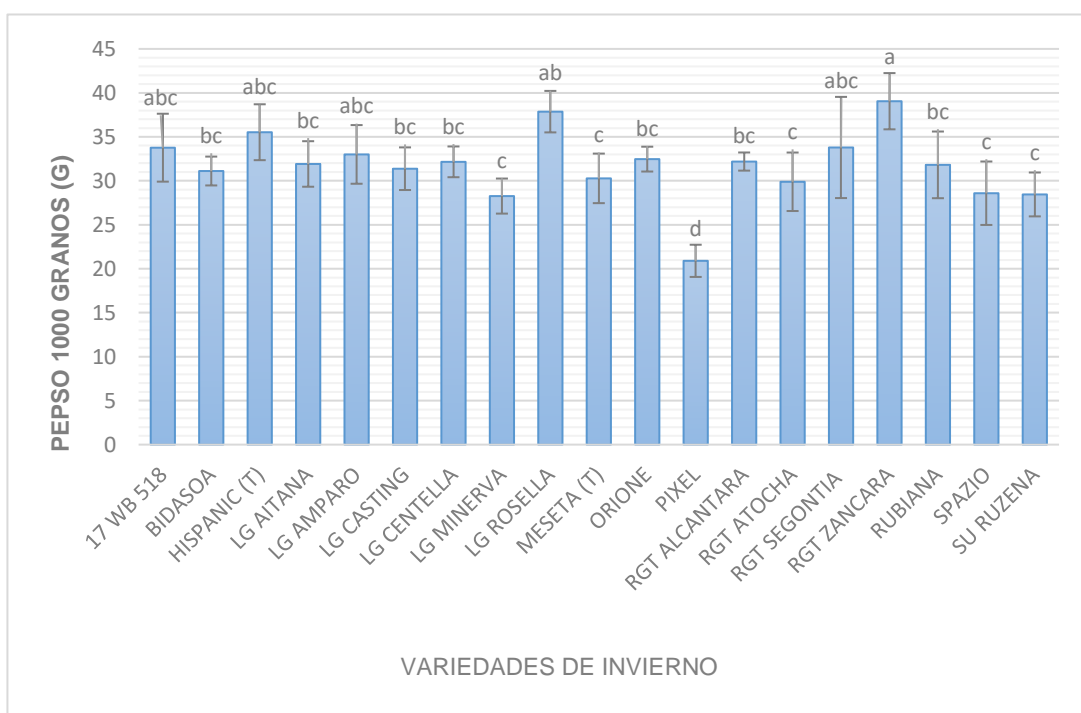
5.8.1. Análisis estadístico del peso de 1000 granos de las variedades de invierno

La estadística de las variedades de ciclo largo se pudo realizar de forma sencilla gracias a que los resultados contaban con normalidad. En el primer estudio que se hizo, se obtuvo un p valor = 0,200 en la prueba de Kolmogorov-Smirnov, por lo que la distribución que poseían era normal. Con la prueba de Levene, obteniendo un p valor = 0,319, atestiguó que las varianzas entre todos los valores eran iguales. Por ello, se procedió a realizar el análisis con la prueba Post-Hoc de Tukey-B.

Tabla 25. Resultados del análisis estadístico del peso de 1000 granos en las variedades de invierno.

ANOVA					
PESO 1000 GRANOS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1121,75	18	62,319	7,119	<,001
Dentro de grupos	499,01	57	8,755		
Total	1620,761	75			

Previamente, la ANOVA (tabla 25) encontró diferencias significativas con un p valor muy pequeño, de 0,001. Esto se acabó confirmando con Tukey, que indicó que existían cuatro subgrupos homogéneos. Estas diferencias se muestran en la gráfica 23.



Gráfica 23. Peso de 1000 granos (g) de las variedades de ciclo largo. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor < 0,05; Prueba de Tukey-B).

Como se ha comentado anteriormente, la estadística encontró diferencias que se distribuyeron en cuatro grupos homogéneos. Como se refleja en la gráfica 23, la variedad Pixel conformó un único grupo debido a su gran diferencia de peso con las demás cebadas.

Ocurre lo mismo con el grupo a, que si bien entran dentro de él las tres variedades con mayor peso, la que mayor resultado obtuvo (RGT Zancara) se desmarca de los otros subgrupos. En el siguiente escalón, conformó el grupo b la variedad LG Rosella, la cual compartía similitudes con la mayoría del ensayo, pero se quedó desmarcada de aquellas que contaron con unos valores bajos. Por último, destacar el grupo c, que aglutinó todas las que obtuvieron pesos bajos, pero no se situaron en un escalón tan bajo como Pixel.

La conformación de tantos subgrupos nos da a entender que la variable de peso de 1000 granos cuenta con una variabilidad muy alta en la presente campaña, influenciado claramente por pertenecer al grupo de las cebadas de ciclo largo, las variedades con mayor y menor peso de todo el ensayo.

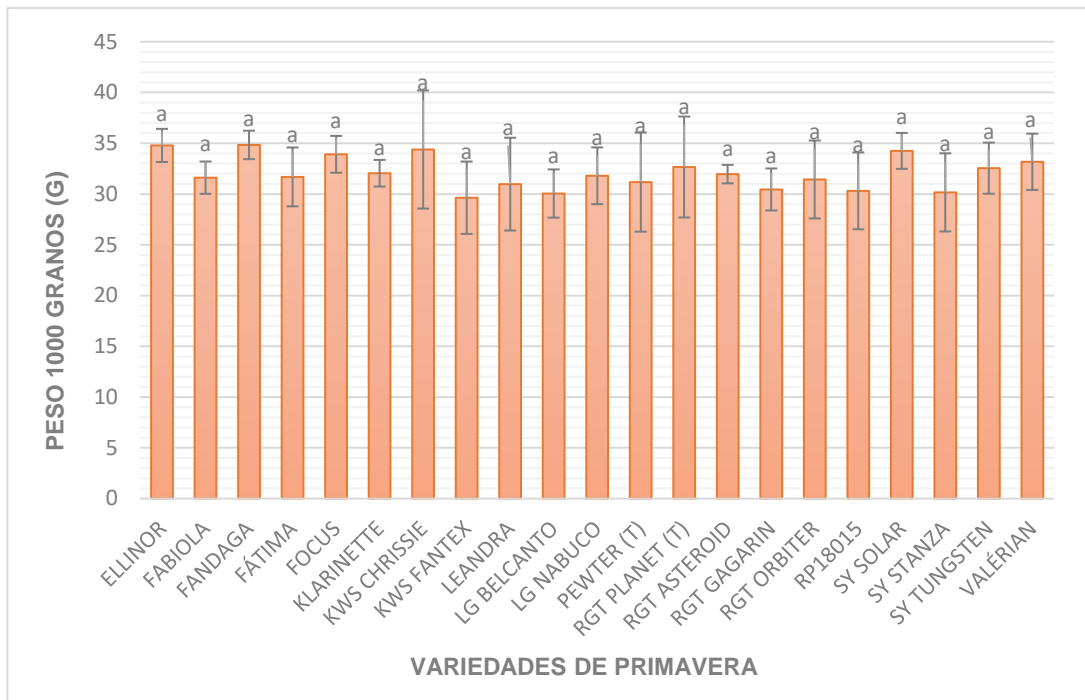
5.8.2. Análisis estadístico del peso de 1000 granos de las variedades de primavera

Para llevar a cabo la estadística, en primer lugar, se comprobó que existía normalidad en el conjunto de los resultados. Una vez hecha esta comprobación, y saliendo afirmativa, la prueba de homocedasticidad de Levene arrojó un valor de 0,255, por lo que mostraba que las muestras son homogéneas y, por tanto, las varianzas son iguales.

Tabla 26. Resultados del análisis estadístico del peso de 1000 granos en las variedades de primavera.

ANOVA					
PESO 1000 GRANOS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5,967	20	0,298	1,1	0,372
Dentro de grupos	17,087	63	0,271		
Total	23,055	83			

Una vez estudiado estos parámetros, ya se pudo analizar los resultados mediante la prueba de Tukey-B, en la que mostró que no había diferencias, agrupando todas las variedades en un mismo subgrupo. El resultado de 0,372 en la ANOVA ya vaticinó este resultado, pero mediante la prueba Post-Hoc se confirmó.



Gráfica 24. Peso de 1000 granos (g) de las variedades de ciclo corto. Letras diferentes indican variaciones significativas (p valor $> 0,05$; Prueba de Tukey-B).

La gráfica 24 refleja el resultado del análisis, en el que se puede observar como no hay diferencias significativas entre ninguna variedad, mostrando este resultado mediante la indicación de la letra a, conformando un mismo grupo homogéneo.

Esta pequeña variabilidad se plasma también en el rango en el que se distribuyen los valores, en cual abarca de unos 30g a 35g. La variabilidad varietal ha sido normal, aunque en algunas variedades como KWS Chrissie y RGT Planet fue mucho mayor.

Las cebadas de primavera han obtenido unos pesos bastante altos y parecidos, siendo Ellinor la variedad de ciclo corto con mayor peso con 34,8375g/1000granos.

5.9. PROGRAMA AGRONÓMICO

El proceso que se siguió para el seguimiento del ensayo constó, en primer lugar, de la observación y toma de datos en campo. Este paso se llevó a cabo mediante la utilización de croquis de las parcelas impresos y realizando las anotaciones con bolígrafo, debido a que el programa, en su momento, carecía de aplicación de móvil. Posteriormente, los datos recogidos *in situ*, se introducían de forma manual en el programa, lo que conllevó un trabajo muy costoso, debido a que cada anotación se tenía que implementar como un parte, por lo que cada día de observación de la parcela, implicaba introducir 160 partes solo del seguimiento del desarrollo. Si, además, había que documentar alguna otra incidencia como la afección de enfermedades fúngicas, se perdía demasiado tiempo.

Otro aspecto negativo que destacar es el hecho de que toda esa información que se ha ido recopilando no se puede exportar directamente a otras aplicaciones, por lo que para poder agrupar las variables y realizar el análisis estadístico se tuvo que realizar de nuevo manualmente.

Los puntos fuertes que presenta el programa recaen en su sencillez y en la forma en la que se estructura la información que introducimos, pudiendo alternar entre la agrupación de las variables en tablas que pueden estructurarse por la selección que escojamos y de la vista de las parcelas, aportando un seguimiento más gráfico y fácil de seguir. La pestaña de las tablas tiene gran valor para poder organizar la información entre diferentes aspectos que nos interesen, como clasificarlos por variedades o filtrar todos los datos que disponemos de una única variedad. Este aspecto es muy positivo ya que, al estar trabajando con volúmenes muy altos de datos, puede haber errores de transcripción o que cueste mucho tiempo el encontrar un registro específico.

Para terminar, cabe destacar que la finalidad principal de este programa está enfocada en el seguimiento de explotaciones agrarias con parcelas grandes, y es ahí donde de verdad se puede extraer todo su potencial. Por ello, es una opción muy recomendable para técnicos y agricultores que manejen muchas extensiones de cultivo. Además, con el auge del cuaderno de campo, esta herramienta facilitaría a los expertos su correcta aplicación.

En el caso que nos compete con respecto a su implementación para el seguimiento de ensayos experimentales de microparcels, recomiendo buscar otras herramientas que estén más enfocadas en este tipo de experimentos, ya que las deficiencias que se han comentado que posee, son demasiado limitantes.

6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados aportados en el presente trabajo, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las variedades de primavera han obtenido mejores características de calidad que las cebadas de invierno.
- Las variedades que presentan mayor precocidad son Bidasoa e Hispanic, entrando en la fase de espigado el 13 de abril.
- Pixel registró la fecha de espigado más tardía (1 de mayo).
- Las variedades con más afección por *Helminthosporium* son Bidasoa e Hispanic, con un 50% de plantas afectadas.
- La variedad que mayor rendimiento obtuvo de todo el ensayo fue SY Tungsten, con 6.598Kg/ha.
- El menor rendimiento lo presentó Pixel con 3.917Kg/ha.
- El mayor grado de humedad en cosecha, con 10,8%, se halló en Pewter.
- RGT Zancara obtuvo el menor porcentaje de humedad (8,55%).
- La variedad con mayor peso específico fue Valérian con 65,3Kg/hl.
- Pixel presentó el menor peso específico (51,7Kg/hl).
- En cuanto a la altura, Pixel fue la mayor (63cm) y Klarinette la menor (43cm).
- Spazio fue la variedad con mayor contenido en proteína (13,05%).
- La variedad RGT Orbiter presentó el menor porcentaje de proteína con 10,3%.
- El mayor peso de 1000 granos lo presentó la variedad RGT Zancara (39,05g/1000granos).

- Pixel fue la variedad que menos peso de 1000 granos presentó, con 20,9g/1000granos.
- RGT Plantet ha presentado el mejor comportamiento agronómico, siendo una de las que más rendimiento obtuvo y mayor peso específico. Además, su contenido de proteína rondó los 10,5%, siendo muy apta para la industria cervecera.
- El programa de gestión de parcelas fue un tremendo fracaso, ya que la toma de datos se tiene que realizar de forma externa al programa y no se pueden transformar los resultados ni exportarlos. Su nicho funcional se enfoca en gestionar explotaciones, donde de verdad se aprovechan todas sus facetas positivas. Su uso a la hora de registrar las actuaciones lo hacen un programa ideal para ayudar a los gestores y agricultores en la confección del cuaderno de campo, pero en la aplicación del seguimiento de ensayos experimentales de variedades, carece de valor.

7. BIBLIOGRAFÍA

Bell, G.D.H. (1939). *A study on the date of ear emergence in barley*. J, Agric, Sci, 29: 175–228.

Bellido, L. (1991). *cereales (cultivos herbáceos vol. 1)*. mundiprensa.

Borthwick, H.A., Parker, M.W. and P.H. Heinze. (1941). Effect of photoperiod and temperature on development of barley. *Botanical Gazette* 103: 326-341.

Carrillo Becerril, J. M. (2008). Resistencia al encamado. Departamento de biotecnología, Universidad Politécnica de Madrid.

Castañeda Saucedo, M. C., López Castañeda, C., Molina Moreno, J., Colinas León, T. B., & Livera Hernández, A. (2004). Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(2),167-175. ISSN: 0187-7380. Recuperado 2021, de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61027207>

Cooperativas agro-alimentarias (2021). *Cereales 2021. Cosecha de cereales*. Recuperado 2022 de <https://www.agroalimentariasclm.coop/images/06435.pdf>

CSCV (2017). Enfermedades de los cereales de invierno. Centro de sanidad y certificación vegetal, Gobierno de Aragón. Recuperado 2023, de https://www.aragon.es/documents/20127/674325/agma_cscv_itecnica_cerealesinvierno_2017.pdf/00f0c85a-1593-24b2-1083-0af565fd3cde

Ellis, R.H., Roberts, E.H., Summerfield, R.J. and Cooper, J.P. (1988). Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Rate of development as a function of temperature and photoperiod and its modification by low-temperature vernalization. *Ann. Bot.* 62: 145-158.

FAOSTAT (2022). Recuperado 2022, de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

Fountas, S. et al. (2015). Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 115, 40-50.

Gimenez, F. (2017). Ganancia Genética en Cebada Cervecera (*Hordeum vulgare* L.) en Argentina durante el período 1931-2007. Tesis doctoral. Recuperado de: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9555/INTA_CRBsAsSur_EE_ABordenave_Gimenez_FJ_Ganancia_cebada_cervecera.pdf?sequence=1

GENVCE (2021). *Informe GENVCE Cereal de Invierno 2020-2021*. Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España. Recuperado 2021, de <https://genvce.org/wp-content/uploads/2021/12/Informe-GENVCE-cereal-invierno-2021.pdf>

GENVCE (2024). *Portal web de la red Genvce*. Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España. Recuperado 2024, de <https://genvce.org/>

González González, M., Zamora Díaz, M., & Solano Hernández, S. (2016). Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, Vol. 7, p. 159-171. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n1/2007-0934-remexca-7-01-00159.pdf>

Gutiérrez, M. (2021). *Orientaciones varietales para las siembras de cereales en Aragón. Transferencia de resultados. Cosecha 2021*. Centro de Transferencia Agroalimentaria (CTA). Recuperado 2022, de https://www.aragon.es/documents/20127/77519864/IT_281-21.pdf/6315e530-c141-e18b-04cd-3a901302077b?t=1633505833131

GR&DC (2005). *Cereal growth stages* (informe publicado como parte de un proyecto de transferencia tecnológica financiado por Grains Research & Development Corporation).

Hoya de Huesca (2022). Municipios. Recuperado 2023, de <https://hoyadehuesca.es/es/datos-de-la-comarca/municipios>

Igartua E, Cuesta-Marcos A, Lasa JM, Gracia MP, Yahiaoui S, Molina-Cano JL, Ciudad FJ, Casas AM. Fenología y adaptación de la cebada. En: La adaptación al ambiente y los estreses abióticos en la mejora vegetal, pp.: 159-182. Junta de Andalucía, Dirección General de Planificación y Análisis de Mercados, Servicio de Publicaciones y Divulgación. Sevilla (2008) .

ISAGRI España. (2022). *Geofolia de ISAGRI: el programa para la gestión de parcelas* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=dZJWOdh6DNA>.

Johnson, L.P.V. and Taylor, A.R. (1958). *Note on the effect of photoperiod and temperature on the development of spike primordia in barley*. Can. J. Plant Sci. 39: 122-123.

Klepper, B., Rickman, R.W. and Peterson, C.M. (1982). Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. *Agron. J.* 74: 789-792.

Kogut, P. (2023). *Software Agrícola: Las Mejores Soluciones Ya Listas*. EOS Data Analytics. Recuperado 2023, de <https://eos.com/es/blog/software-agricola/#ref-2>

LORDA, H. F. (1975). *Material gráfico inédito de la Cátedra de Forrajicultura*, Facultad de Agronomía de la UNLPam. Santa Rosa, La Pampa.

Mabuchi, T (1993). *Studies on the dormancy-awakening and dormancy-breaking in the 2-rowed barley seed. 3. The dormancy-awakening of seeds obtained from plants affected by flooding and lodging during the ripening period*. Japan. J. Crop Sci. 62: 496-501.

MAPA (2015). *Guía de gestión integrada de plagas: Cereales de invierno*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado 2023, de https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIA%20de%20CEREALES%20WEB_tcm30-57956.pdf

MAPA (2021). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado 2021, de https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/cuaderno_enero2021_tcm30-559744.pdf

MAPA (2021a). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado 2021, de <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=1484>

MAPA (2021b). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado 2021, de <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=1485>

MAPA (2022). *Material vegetal*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado 2022, de <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=1330#:~:text=La%20cebada%20se%20emplea%20en,En%20destiler%C3%ADa%20para%20obtener%20alcohol>

MAPA (2022a). *Condiciones y criterios de ensayo RVC de cereales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado 2022, de https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/condicionesycriteriosdeensayorvcdecereales_tcm30-635983.pdf

MAPA (2023). *Aplicación SIGPAC*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado 2023, de <https://sigpac.mapa.gob.es/fega/visor/>

Molina-Cano, J.L. (1989). *La Cebada*. Coedición ediciones Mundi-Prensa y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Servicio de Extensión Agraria. Madrid.

Muñoz, J. (2024). *Introducciones agrupadas de campos*. Tutoriels En Ligne. <https://tutoriales.isagri.es/video/9WK/introducciones-agrupadas-de-campos>

Red ARAX (2020). *Dossier técnico de la campaña de cultivos herbáceos de invierno de la Red Aragonesa de Cultivos Extensivos y Leguminosas (Red ARAX) 2019-2020*. Red Aragonesa de Cultivos Extensivos y Leguminosas. Recuperado 2024, de <https://www.redarax.com/wp-content/uploads/2021/01/DOSSIER-CEREAL-INVIERNO-RED-ARAX-2019-2020.pdf>

Red ARAX (2021). *Dossier técnico de la campaña de cultivos herbáceos de invierno de la Red Aragonesa de Cultivos Extensivos y Leguminosas (Red ARAX) 2020-2021*. Red Aragonesa de Cultivos Extensivos y Leguminosas. Recuperado 2021, de <https://www.redarax.com/wp-content/uploads/2021/10/DOSSIER-CEREAL-INVIERNO-RED-ARAX-2020-2021.pdf>

Rey de las Moras, M. C. (2010). Factores que afectan al desarrollo: El fotoperiodo. *Agricultura revista agropecuaria*, ISSN: 0002-1334. Recuperado 2023, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_2008_913_920_922.pdf

Roberts, E.H., Summerfield, R.J., Cooper, J.P. and Ellis, R.H. (1988). Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). Photoperiod limits to long-day responses, photoperiod-insensitive phases and effects of low temperature and short-day vernalization. *Ann. Bot.* 62: 127-144.

Thomas, B. and Vince-Prue, D. (1997). *Photoperiodism in plants*. Academic Press, New York, NY. 244 pp.

Tottman, D.R. (1987). The decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Annals of Applied Biology*. Volume 110, Issue 2, 441-454.

Trimble Geospatial (2023). *Soluciones para topografía y mapeo*. Recuperado 2023, de <https://es-la.geospatial.trimble.com/>

Zadoks, J. C. ; Chang, T. T. ; Konzak, C. F. (1974). *Weed Research*. Vol.14 No.6 pp.415-421 ref.15.