



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales

**Gobierno
de Navarra**  **Nafarroako
Gobernua**



PROYECTO PILOTO DE EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA CERTIFICADA DE CEREALES (OPTICSEM)

INFORME DE RESULTADOS

Entidades participantes

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



Este proyecto se enmarca en el Programa de Desarrollo Rural de Navarra 2014-2020 y está financiado por la Unión Europea a través de los fondos FEADER en un 65% y por el Gobierno de Navarra en un 35%



Unión Europea

Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural

Europa invierte en las zonas rurales

**Gobierno
de Navarra**



**Nafarroako
Gobernua**





ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	4
2.	ACTIVIDADES REALIZADAS	7
2.1.	Monitorización de parcelas dedicadas a la obtención de semilla certificada mediante técnicas de teledetección.....	7
2.1.1.	Campaña 2020/2021: campaña de configuración	9
2.1.2.	Campaña 2021/2022: campaña de monitorización	10
2.2.	Identificación de técnicas para la eliminación de especies y variedades no deseadas	17
2.3.	Selección de semillas mediante seleccionadora óptica	19
3.	RESULTADOS.....	21
3.1.	Monitorización y procesamiento de imágenes multiespectrales e hiperespectrales	21
3.1.1.	Campaña 2020/2021: campaña de configuración	21
3.1.2.	Campaña 2021/2022: campaña de monitorización	25
3.2.	Identificación de técnicas para la eliminación de especies y variedades no deseadas	31
3.2.1.	Tratamientos fitosanitarios.....	31
3.2.2.	Prácticas culturales	31
3.2.3.	Nuevas técnicas que podrían utilizarse a futuro	34
3.2.4.	Buenas prácticas en la producción de semilla certificada	36
3.3.	Selección de semillas con seleccionadora óptica.....	37
3.3.1.	Resultados de la campaña de selección 2020/2021	37
3.3.2.	Resultados de la campaña de selección 2021/2022	48
3.3.3.	Resultados agregados campañas 2020/2021 y 2021/2022 ..	57
4.	CONCLUSIONES DEL PROYECTO	59

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El presente proyecto se plantea con el fin de evaluar e implementar las tecnologías actualmente existentes en el mercado para mejorar el proceso de certificación de semilla de cereales, tanto durante el desarrollo del cultivo, como en el proceso de selección realizado en la Cooperativa.

La normativa que regula el proceso de certificación de semillas establece unos requisitos de calidad muy exigentes, lo que en muchas ocasiones deriva en el rechazo del cereal que se pretendía certificar como semilla. Concretamente se espera proporcionar soluciones para las casuísticas que habitualmente provocan el rechazo por parte de Gobierno de Navarra para la certificación de cebadas y avenas. A continuación, se indican las causa más frecuentes de rechazo:

Rechazo tras inspección de campo: No se permite certificar semillas R2 de cebada proveniente de parcelas donde exista una planta de trigo por cada 10 m². Si la semilla de cebada que se quiere certificar es de categoría R1, la normativa fija el límite en una planta de trigo por 20 m². Dado que las rotaciones de cultivos de secano en Navarra alternan trigo y cebada, es muy frecuente que germinen plantas de trigo en cultivos de cebada, incluso en campañas donde el cultivo precedente no haya sido trigo.

En el caso de la avena la situación es todavía más complicada ya que los rechazos se producen principalmente por presencia de ballueca o avena loca (*Avena fatua*, *Avena sterilis* y *Avena ludoviciana*). La avena loca es una planta adventicia endémica en Navarra que, como su propio nombre indica, está emparentada con la avena cultivada (*Avena Sativa*), y la normativa exige que no haya una planta de esta variedad de cebada por cada 20 m², para la producción de semillas de avena R2. Esta circunstancia provoca que en Navarra no se haya conseguido certificar semillas de avena R2 durante muchos años, y que los productores ni siquiera se plantearan la posibilidad de producir semilla de avena R1, que todavía tiene unos requisitos más exigentes.

El control en campo de las parcelas destinadas a la producción de semilla se realiza habitualmente mediante inspección visual y conteo de las especies y variedades no deseadas. Este modo de control lleva mucho tiempo y es poco preciso, lo que en ocasiones provoca que los resultados de los controles internos difieran de los obtenidos por los inspectores del Gobierno de Navarra. Esto provoca que se rechacen parcelas que la cooperativa tenía previsto que cumplieran con los mínimos exigidos. Estos rechazos inesperados generan muchos problemas a las cooperativas a la hora de planificar la producción de semilla certificada que necesitan para abastecer a sus socios.



Rechazo tras el proceso de selección: Si la inspección en campo ha dado el visto bueno a las parcelas destinadas a la producción de semilla, estas se cosechan y la producción correspondiente se lleva al centro de selección para seleccionar y limpiar el grano. En este proceso se eliminan impurezas, granos y una parte importante de semillas de otras especies (cereales y no cereales) que pueda presentar el cultivo. El grano ya limpio se somete a un nuevo control de calidad donde se contabiliza el número de semillas de otras especies y de otros cereales que existen en la muestra. En el caso de las semillas de cebada R1 o R2 la presencia de 8 granos de trigo en una muestra de 500 gramos provoca el rechazo de la partida. En el caso de la avena, y al igual que sucedía en las inspecciones en campo, la normativa todavía es más estricta, y la presencia de una semilla de ballueca en una muestra de 500 gramos puede suponer el rechazo de toda la partida.

Las máquinas de selección utilizadas habitualmente por parte de los productores de semilla certificada permiten limpiar y seleccionar la semilla únicamente en base al peso y tamaño de los granos. El uso de tecnología óptica sin embargo permite realizar la selección en base al color, forma y textura de los granos, lo que puede mejorar de manera notable la eficacia del proceso.

Hasta la fecha, con las técnicas de monitoreo en campo y con los equipamientos con los que cuentan las máquinas de selección la cantidad de rechazos que se produce es muy alta. En la S. Coop. URLUSA en concreto, en función de la climatología de la campaña, entre el 30% y el 50% de la producción para obtener semilla certificada es rechazada.

Las medidas que se han implementado durante los últimos años para reducir el número de rechazos, principalmente orientadas a la elección de las parcelas para la siembra cuyo cultivo precedente no haya sido cereal, no han sido suficientes para reducir de manera sustancial el porcentaje de partidas rechazadas. Estos problemas se acentúan en el caso de avena, ya que las semillas de ballueca permanecen varios años en el suelo en estado de latencia y dormición. Todo ello pone de manifiesto que únicamente con las rotaciones de cultivo establecidos hasta la fecha no es suficiente. Es por ello que se considera imprescindible evaluar e implementar mejoras tanto en el monitoreo en campo, para la detección y eliminación temprana de especies y variedades no deseadas, como en el proceso de selección de semilla, con el objeto de reducir de manera sustancial el número de rechazos.



Por tanto, dada la problemática existente en el sector para la producción de semillas certificadas de cereal, los objetivos establecidos para este proyecto son los siguientes:

- Mejorar la calidad de la semilla de cebada y avena suministrada a los agricultores.
- Introducir mejoras en la producción de un cultivo de mayor valor añadido.
- Reducir el número de parcelas rechazadas para la obtención de semilla certificada de cereales por la presencia de otras especies y/o variedades.
- Reducir el número de partidas de cereal rechazadas tras el proceso de selección por la presencia de otras especies y/o variedades.
- Desarrollar prácticas y procesos que permitan la producción de semilla certificada de avena en zonas donde la ballueca es una mala hierba endémica.

2. ACTIVIDADES REALIZADAS

2.1. Monitorización de parcelas dedicadas a la obtención de semilla certificada mediante técnicas de teledetección

Tal y como se ha indicado en el apartado anterior, uno de los objetivos del proyecto es el de tratar de reducir el número de parcelas rechazadas para la obtención de semilla certificada de cereales por la presencia de otras especies y/o variedades, lo que necesariamente pasa por una **detección precisa y lo más temprana posible de estas infestaciones**. Habitualmente esta detección se realiza mediante inspecciones *in situ* realizadas por técnicos de campo, que visitan las parcelas destinadas a la obtención de semilla certificada en distintas fases de desarrollo del cultivo.

Hoy en día el uso de la teledetección desde plataformas aéreas está permitiendo maximizar la información sobre el desarrollo del cultivo en sus distintos estadios de crecimiento. Además, los avances en el desarrollo de las cámaras que equipan los aviones y drones, fundamentalmente desde el punto de vista de la resolución espectral, permiten definir el comportamiento espectral de cada cultivo y variedad con una precisión cada vez mayor, lo que está posibilitando identificar las zonas donde se están desarrollando especies no deseadas. Por ello, uno de los objetivos específicos del proyecto se ha centrado en evaluar la utilidad de distintas cámaras o sensores para realizar una detección temprana de trigo en parcelas de cebada y ballueca en parcelas avena, aunque su presencia sea escasa, de forma que se esté a tiempo de realizar acciones en campo que permitan eliminar dichas especies y variedades, y de esta manera evitar el rechazo de estas parcelas para la obtención de semilla certificada.

Para dar respuesta a este objetivo específico, se han monitorizado distintas parcelas de cebada y avena, utilizando para ello tres sensores con distinta resolución: a) una cámara comercial RGB Sony A6000, que permite obtener información en las tres bandas del visible; b) una cámara multiespectral Parrot-Sequoia que permite obtener información en las bandas verde y roja del visible, así como en el red-edge (RE) y en Infrarrojo Cercano (IRc) (figura 1) y c) una cámara multiespectral más completa, MicaSense RedEdge-MX Dual, que permite obtener información en 10 bandas espectrales, 6 en el visible, 3 en la región del red-edge y 1 en el IRc (figura 2). En principio estaba prevista la monitorización con una cámara hiperespectral Nano-Hyperespec, subcontratada a la Universidad de Córdoba, pero un imprevisto por avería del sistema GPS de la cámara hizo que finalmente los vuelos se realizaran con la MicaSense Dual, a través de la subcontratación a dicha Universidad.

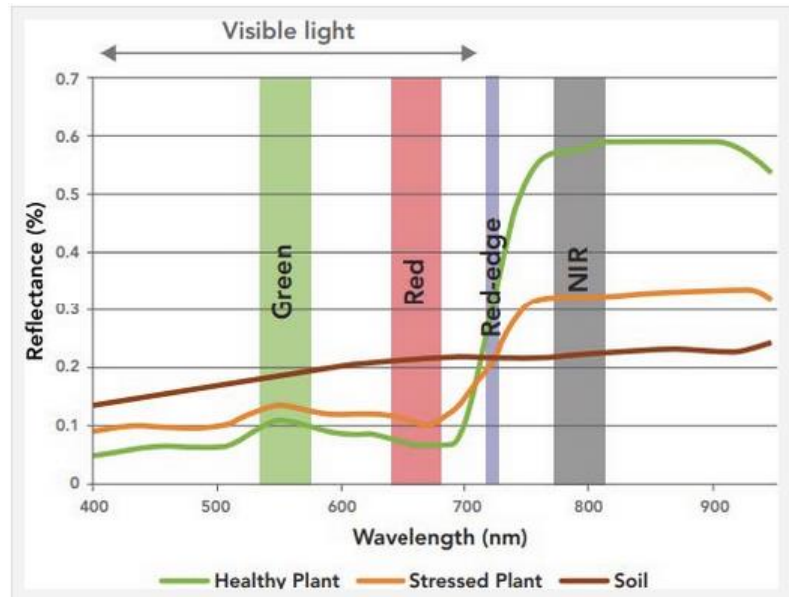


Figura 1. A la izquierda, imagen de los dos sensores que componen la cámara Sequoia de Parrot (dimensiones máximas de 59mm x 41mm x 28mm). A la derecha, bandas espectrales en las que trabaja.

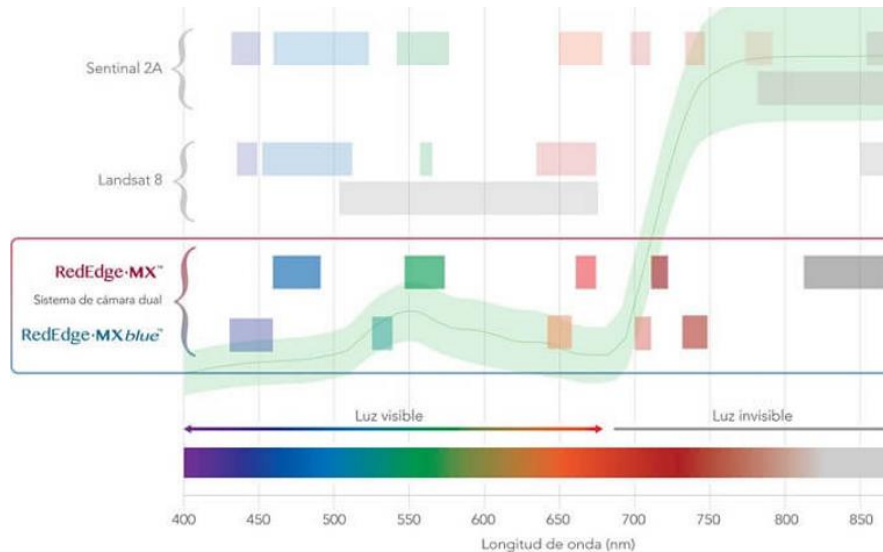


Figura 2. A la izquierda, imagen de los dos sensores que componen la cámara RedEdge-MX Dual de MicaSense. A la derecha, bandas espectrales en las que trabaja.

Los vuelos se realizaron con las tres cámaras, a distintas alturas de vuelo y en distintas fases de fenológicas de los cultivos, con el objetivo de poder establecer la altura de vuelo y resolución espacial óptimas para la identificación de infestaciones, las bandas espectrales más adecuadas, las fechas idóneas para realizar los vuelos, las especies y variedades que es posible identificar y el tamaño de las zonas infestadas que se pueden llegar a detectar.

A continuación, se describe en detalle la metodología de trabajo seguida para poder dar respuesta al objetivo específico asociado a esta actividad de monitorización mediante teledetección.

2.1.1. Campaña 2020/2021: campaña de configuración

Teniendo en cuenta que la resolución definitiva de la convocatoria se publicó una vez que la cebada y la avena ya se encontraban en las últimas fases de ciclo fenológico, el trabajo de esta campaña se centró en análisis de la configuración de los parámetros óptimos de vuelo para poder identificar las especies y variedades de interés en esta fase fenológica, así como en el análisis de las técnicas de procesamiento a aplicar para poder detectar estas infestaciones en las imágenes adquiridas.

Selección de parcelas: En esta primera campaña se optó por volar una parcela de cebada en regadío, ubicada en el término municipal de Artajona (parcela 38-1-2179), que no estaba dedicada a la obtención de semilla y que presentaba infestaciones de trigo de distinta densidad y claramente identificables en campo.

Planificación y ejecución de los vuelos para la adquisición de las imágenes: Los vuelos de configuración se realizaron con el dron Aeris One, fabricado por HelixNorth específicamente para el grupo de investigación Therrae de la UPNA (figura 3). Este dron dispone de un dispositivo de acople tanto para la cámara RGB Sony como para la Sequoia de Parrot, ambas también disponibles en el grupo de investigación.



Figura 3. A la izquierda, imagen del dron AERIS ONE al que se acoplan las cámaras RGB Sony A6000, a la derecha, y Parrot-Sequoia.

Los vuelos se realizaron el 2 de junio y el 22 de junio de 2021, no pudiéndose realizar vuelos intermedios debido a la rotura de una hélice en el último vuelo de configuración del 2 de junio. Los vuelos se planificaron a alturas de 10m, 15m y 20m, en todos los casos con un solape del 70% tanto entre pasadas como entre imágenes sucesivas de una misma pasada. Las imágenes se adquirieron tanto con la cámara RGB como con la multispectral Sequoia. Los vuelos se realizaron entre las 11:00 y las 13:00 hora local, es decir, entre las 9:00 y 11:00 hora solar, tratando

de evitar el intervalo más próximo a las 12:00 hora solar que, aunque minimiza el efecto de las sombras, puede ocasionar un importante efecto de viñeteado en las imágenes adquiridas por estos sensores.

Postprocesamiento de las imágenes para la identificación de infestaciones: en este caso no se procesaron los vuelos para obtener los ortomosaicos correspondientes, sino que se decidió trabajar directamente sobre las imágenes originales adquiridas con ambas cámaras, con el fin de minimizar las posibles distorsiones radiométricas derivadas de este procesamiento, manteniendo la máxima resolución espacial y radiométrica en cada imagen. En una primera fase, se analizaron visualmente todas las imágenes originales adquiridas por ambas cámaras, a distintas alturas, observándose que únicamente era posible detectar las infestaciones de trigo en cebada en las imágenes adquiridas con la cámara RGB. Estas imágenes presentan una resolución espacial de entre 2,5 y 4,5mm, dependiendo de la altura de vuelo, frente a los 12-18mm de resolución de las adquiridas con la cámara Sequoia, lo que resulta clave para la detección de infestaciones reducidas. Tras delimitar manualmente, mediante fotointerpretación, infestaciones de trigo de distinta densidad/extensión en distintas imágenes adquiridas por la cámara RGB Sony, se analizó el potencial de las siguientes técnicas de procesamiento de imágenes para la identificación automática de las zonas infestadas en estas imágenes:

- a) Definición del valor umbral en cada banda R, G, B que maximice la separabilidad entre cebada y trigo. La definición de umbrales se realizó de forma manual, tras la selección de píxeles de cebada/trigo de entrenamiento.
- b) Definición de valores umbral en las componentes Intensidad (I), Tono (H) y Saturación (S) derivadas de cada imagen original, definiendo los umbrales mediante la selección de píxeles de cebada/trigo de entrenamiento.
- c) Clasificación no supervisada de las imágenes, aplicando el algoritmo k-means y definiendo distinto número de clusters para la agrupación.
- d) Clasificación supervisada, aplicando el algoritmo Random Forests tras delimitar en cada imagen áreas de entrenamiento de cebada, trigo, sombras y suelo desnudo

2.1.2. Campaña 2021/2022: campaña de monitorización

En esta campaña se realizaron vuelos desde primeros a abril hasta mediados de junio, pudiéndose monitorizar el cultivo en distintas fases de desarrollo. Gran parte de los vuelos se realizaron con las cámaras RGB Sony y multiespectral Sequoia de la UPNA, pero además, fue posible incorporar en esta campaña dos vuelos sobre cada parcela de estudio con la cámara RedEdge-MX Dual de MicaSense, a través de una subcontratación a la Universidad de Córdoba.

Selección de parcelas: Como en la campaña anterior, fueron las técnicas de la Cooperativa de Artajona las que seleccionaron las parcelas de estudio en campo, teniendo en cuenta en las de cebada que se trataba de parcelas sembradas tras trigo, y en las de avena, que eran susceptibles de presentar infestaciones por ballueca. En la figura 4 se muestra la ubicación de las cuatro parcelas monitorizadas en campo, todas ellas en el municipio de Artajona.



Figura 4. Localización de las parcelas de cebada y avena monitorizadas en la campaña 2021/2022, con indicación de su identificador SIGPAC y superficie.

Respecto a las parcelas de cebada, comentar que inicialmente se seleccionó una única parcela (39-9-618), en la que a lo largo de la campaña se fue constatando que no se observaba en campo ninguna infestación por trigo. Por ello, a final de campaña se decidió monitorizar una segunda parcela de cebada (38-5-844), en la que sí se observaban infestaciones de trigo en campo.

Planificación y ejecución de los vuelos para la adquisición de las imágenes: Los vuelos de monitorización se realizaron, al igual que en la campaña 2020/2021, con el dron Aeris One, equipado con la cámara RGB Sony o la cámara multispectral Sequoia. Los vuelos para la adquisición de las imágenes MicaSense se realizaron con un dron Matrice 300 al que se acoplaba la cámara, tal y como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Imagen del dron Matrice 300 con la cámara RedEdge-MX Dual de MicaSense acoplada.

La campaña de vuelos se inició el 4 de abril y finalizó el 16 de junio de 2022. Los vuelos se planificaron a alturas de 15-20m, en todos los casos con un solape del 70% tanto longitudinal como transversal. Como en la campaña anterior, se intentó volar entre las 9:00 y las 11:00 hora solar, tratando de evitar el intervalo más próximo a las 12:00 hora solar. En la tabla 1 se muestran las principales características de los vuelos realizados en esta campaña en cuanto a parcelas voladas, cámaras utilizadas, altura de vuelo planificada y superficie observada.

Tabla 1. Vuelos realizados en la campaña 2022: fecha de vuelo, cámaras utilizadas, parcelas voladas y superficie y altura de vuelo fijadas en la planificación

Fecha	Cámara	Parcela y cultivo	Superficie obs.	Altura vuelo
04/04/2022	MicaSense Dual	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	20 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	20 m
		38-9-618 Cebada	1.10 ha aprox	20 m
26/04/2022	RGB Sony Y Sequoia	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	20 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	20 m
		38-9-618 Cebada	1.10 ha aprox	20 m
16/05/2022	RGB Sony Y Sequoia	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	15 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	15 m
		38-9-618 Cebada	1.10 ha aprox	15 m
24/05/2022	RGB Sony Y Sequoia	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	15 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	15 m
		38-9-618 Cebada	1.10 ha aprox	15 m
04/06/2022	RGB Sony Y Sequoia	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	20 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	20 m

Fecha	Cámara	Parcela y cultivo	Superficie obs.	Altura vuelo
31/05/2022	RGB Sony Y Sequoia	38-5-844 Cebada	0.4 ha aprox	20 m
01/06/2022	RGB Sony Y Sequoia	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	20 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	20 m
06/06/2022	MicaSense Dual	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	20 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	20 m
		38-9-844 Cebada	1.10 ha aprox	20 m
13/06/2022	RGB Sony Y Sequoia	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	20 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	20 m
		38-5-844 Cebada	0.4 ha aprox	20 m
16/06/2022	RGB Sony Y Sequoia	38-12-503 Avena	1.40 ha aprox	20 m
		38-9-752 Avena	1.05 ha aprox	20 m
		38-5-844 Cebada	0.4 ha aprox	20 m

Procesamiento de los vuelos y generación de ortomosaicos: una vez descargadas las imágenes adquiridas durante los vuelos, se procesaron con el fin de generar los ortomosaicos correspondientes. El tratamiento fotogramétrico para la obtención de estos ortomosaicos se realizó con el programa comercial *Agisoft Metashape*, e implicó las siguientes tareas: a) Importación de los fotogramas y parámetros de cámaras; b) Orientación de los fotogramas, teniendo en cuenta la posición de la cámara en el momento de adquisición de cada imagen y localizando puntos de enlace y emparejamiento entre fotogramas consecutivos; c) Creación de la nube densa de puntos, generando puntos de enlace adicionales así como la malla con textura 3D; d) Creación del modelo digital de elevaciones, a partir de la nube densa de puntos generada en el punto anterior y e) Creación del ortomosaico, es decir, del modelo 2D rectificado fotogramétricamente y organizado como mosaico a partir de los fotogramas de entrada, en el que la distorsión geométrica queda corregida y el balance de color de las imágenes es continuo. Señalar que este proceso se realizó con puntos de apoyo externo en el caso de los vuelos con la cámara MicaSense y sin puntos de apoyo externo en los vuelos con las cámaras RGB Sony y Sequoia.

En la tabla 2 se muestran las principales características de los ortomosaicos generados con las imágenes adquiridas en los vuelos de la tabla 1. Comentar que en el caso de la parcela de cebada 38-9-618 únicamente se procesaron los dos primeros vuelos ya que, tal y como se ha comentado previamente, en las inspecciones en campo no se observó ninguna infestación por trigo. Asimismo, en las parcelas de avena 38-12-503 y 38-9-752, no se generó el ortomosaico de las imágenes adquiridas por la cámara Sequoia el 16 de junio ya que se observó, comparando los ortomosaicos RGB Sony de 13 de junio y de 16 de junio, que apenas se detectaban cambios en el desarrollo del cultivo entre ambas fechas, contándose ya con los ortomosaicos Sequoia del 13 de junio.

Tabla 2. Ortomosaicos campaña 2022 (sistema de referencia WGS 84 / UTM zone 30N): fecha de vuelo, cámara utilizada, parcela, número de fotogramas correctamente orientados, altura media real de vuelo, resolución espacial y tamaño del ortomosaico (número de columnas, número de filas y número de bandas)

Fecha y cámara	Parcela	Imágenes (N° foto)	Altura media vuelo	Resolución (GSD)	Tamaño ortomosaico
04/04 MSD	503 Avena	740 x 8	18.4 m	12.6 mm	13443 x 14175 x 8
04/04 MSD	752 Avena	672 x 8	20.2 m	14.4 mm	12750x 13906 x 8
04/04 MSD	618 Cebada	599 x 8	23.2 m	16.3 mm	12241 x 9125 x 8
26/04 Sony	503 Avena	243 RGB	21.0 m	4.8 mm	31873 x 38798 x 3
26/04 Sony	752 Avena	238 RGB	20.2 m	4.5 mm	39301 x 41382 x 3
26/04 Sony	618 Cebada	223 RGB	20.4 m	4.7 mm	35128 x 39233 x 3
26/04 Sequoia	503 Avena	292 x 4	18.3 m	16.1 mm	8804 x 12371 x 4
26/04 Sequoia	752 Avena	339 x 4	19.6 m	17.2 mm	10074 x 10966 x 4
26/04 Sequoia	618 Cebada	306 x 4	19.4 m	17.0 mm	8952 x 9043 x 4
16/05 Sony	503 Avena	370 RGB	14.7 m	3.27 mm	37469 x 53285 x 3
16/05 Sony	752 Avena	293 RGB	13.8 m	3.26 mm	44190 x 53030 x 3
16/05 Sequoia	503 Avena	489 x 4	14.0 m	12.5 mm	10431 x 15041 x 4
16/05 Sequoia	752 Avena	429 x 4	15.6 m	13.0 mm	13823 x 12541 x 4
24/05 Sony	503 Avena	366 RGB	13.4 m	3.3 mm	33758 x 45421 x 3
24/05 Sony	752 Avena	402 RGB	14.8 m	3.4 mm	46604 x 50133 x 3
24/05 Sequoia	503 Avena	362 x 4	14.1 m	12.6 mm	12683 x 14707 x 4
24/05 Sequoia	752 Avena	438 x 4	15.2 m	12.9 mm	14125 x 13045 x 4
31/05 Sony	844 Cebada	52 RGB	20.6 m	4.6 mm	21023 x 21527 x 3
31/05 Sequoia	844 Cebada	138 x 4	18.9 m	16.8 mm	6357 x 6282 x 4
01/06 Sony	503 Avena	432 RGB	17.5 m	4.1 mm	30212 x 48909 x 3
01/06 Sony	752 Avena	374 RGB	19.7 m	4.5 mm	36009 x 36535 x 3
01/06 Sequoia	503 Avena	287 x 4	18.2 m	15.9 mm	8881 x 12891 x 4
01/06 Sequoia	752 Avena	345 x 4	19.1 m	17.0 mm	10227 x 11663 x 4
06/06 MSD	503 Avena	732 x 8	No posible generar ortomosaico		
06/06 MSD	752 Avena	668 x 8	20.3 m	14.6 mm	12414 x 13863 x 8
06/06 MSD	844 Cebada	153 x 8	20.3 m	15.7 mm	90048 x 8850 x 8
13/06 Sony	503 Avena	414 RGB	16.7 m	3.9 mm	32452 x 48173 x 3
13/06 Sony	752 Avena	372 RGB	19.6 m	4.4 mm	39120 x 38638 x 3
13/06 Sony	844 Cebada	75 RGB	19.5 m	4.5 mm	25232 x 23609 x 3
13/06 Sequoia	503 Avena	286 x 4	19.7 m	17.3 mm	8123 x 11205 x 4
13/06 Sequoia	752 Avena	400 x 4	No posible generar ortomosaico		
13/06 Sequoia	844 Cebada	148 x 4	18.6 m	16.5 mm	6857 x 6453 x 4
16/06 Sony	503 Avena	409 RGB	18.3 m	3.8 mm	30899 x 46820 x 3

Fecha y cámara	Parcela	Imágenes (N° foto)	Altura media vuelo	Resolución (GSD)	Tamaño ortomosaico
16/06 Sony	752 Avena	262 RGB	19.2 m	4.3 mm	28359 x 31544 x 3
16/06 Sony	844 Cebada	66 RGB	20.4 m	4.7 mm	22831 x 21994 x 3
16/06 Sequoia	844 Cebada	148 x 4	18.6 m	16.5 mm	6857 x 6453 x 4

** No posible generar ortomosaico por imposibilidad de localizar puntos de enlace entre fotogramas consecutivos (posiblemente debido al efecto del viento, que cambia la posición y apariencia del cultivo entre fotogramas sucesivos y entre pasadas contiguas)

En las siguientes figuras se muestran, a modo de ejemplo, tres de los ortomosaicos de la parcela de avena 38-15-503 obtenidos tras procesar las imágenes adquiridas con cada una de las cámaras.

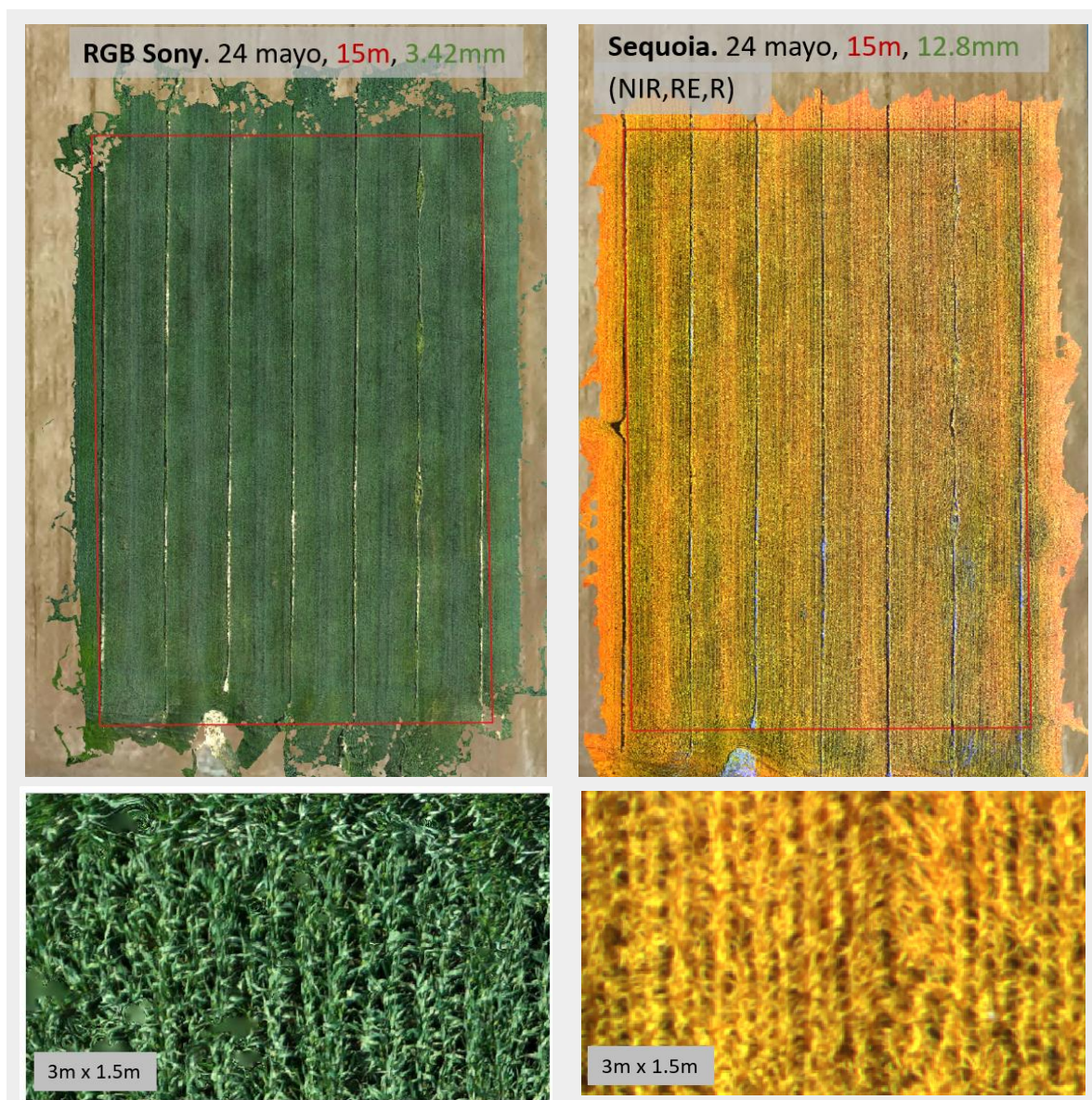


Figura 6. En la parte superior, ortomosaicos RGB Sony y Sequoia del 24 de mayo de 2022, de la parcela de avena 38-15-503. En la parte inferior, detalle de cada ortomosaico.

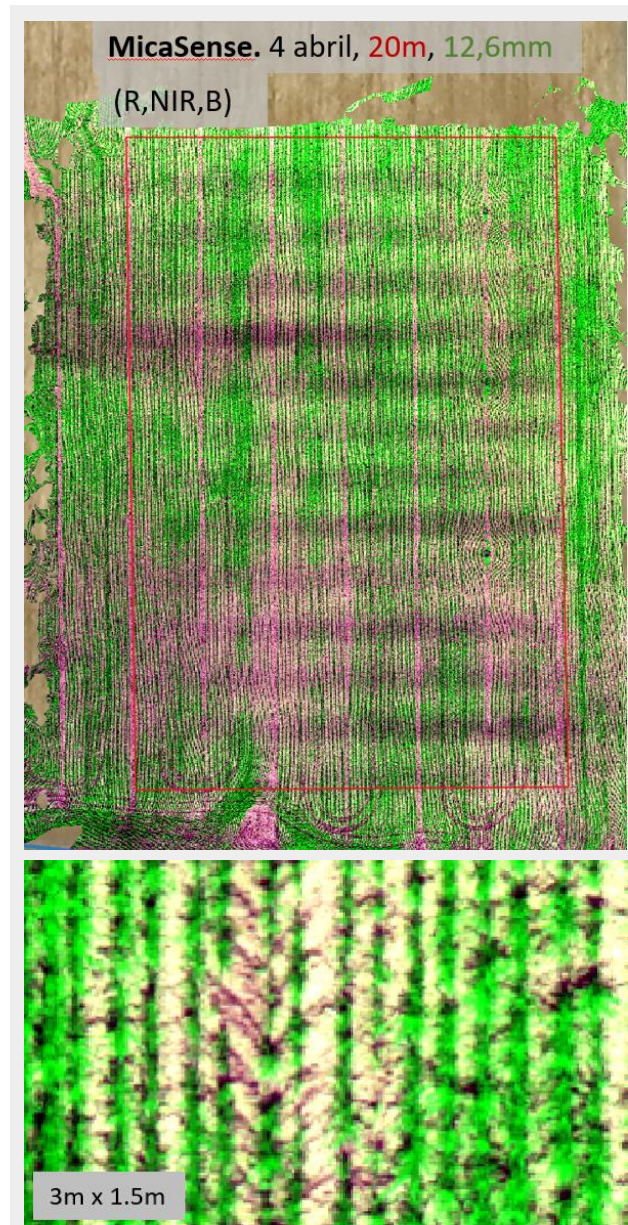


Figura 7. En la parte superior, ortomosaicos MicaSense del 4 de abril de 2022, de la parcela de avena 38-15-503. En la parte inferior, detalle del ortomosaico.

Postprocesamiento de las imágenes para la identificación de infestaciones: En primer lugar, se llevó a cabo un análisis visual detallado de cada ortomosaico, utilizando distintas combinaciones de bandas espectrales en el caso de los ortomosaicos Sequoia y MicaSense, con el objetivo de detectar y delimitar en cada imagen, las posibles infestaciones por especies y/o variedades distintas a las cultivadas en cada parcela.

Tras delimitar manualmente, mediante digitalización en pantalla, infestaciones originadas por distintas especies observadas en la fase anterior, se analizó el potencial de las siguientes técnicas de procesamiento de imágenes para la identificación automática de las zonas infestadas en estos ortomosaicos:



- a) Definición del valor umbral en cada banda R, G, B que maximice la separabilidad entre el cultivo y la infestación. La definición de umbrales se realizó de forma manual, tras la selección de píxeles de entrenamiento tanto del cultivo como de la zona en la que se detecta la infestación.
- b) Definición de valores umbral en las componentes Tono (H), Saturación (S) e Intensidad (V) derivadas de cada imagen original, obtenidas aplicando una transformación RGB-HSV. Esta definición se realizó mediante la selección de píxeles de entrenamiento del cultivo y de la especie no deseada.
- c) Definición de valores umbral en las imágenes de índices de vegetación derivados de las imágenes Sequoia y MicaSense (de forma análoga a lo realizado en los casos a) y b).
- d) Clasificación no supervisada de las imágenes, aplicando el algoritmo k-means y definiendo distinto número de clusters para la agrupación.
- e) Clasificación supervisada, aplicando el algoritmo Random Forests tras delimitar en cada imagen áreas de entrenamiento de cebada o avena, especie no deseada, sombras y suelo desnudo.

2.2. Identificación de técnicas para la eliminación de especies y variedades no deseadas

En base a la información disponible sobre el desarrollo de malas hierbas en la zona, y la información obtenida en la monitorización mediante técnicas de teledetección, se han identificado todas las técnicas que se puedan utilizar para la eliminación de especies y variedades no deseadas en cultivos de semilla de cebada y avena, indicando su momento óptimo de aplicación y las ventajas e inconvenientes que pueden presentar. Así mismo se han identificado aquellas nuevas técnicas que actualmente se están desarrollando y creemos que podrían aplicarse a futuro.

Los requisitos para la producción de semilla certificada se establecen en el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Semillas de Cereales. Este Reglamento marca unos requisitos mínimos de pureza varietal muy exigentes tanto durante el proceso de producción (en parcela), como en las semillas (tras la cosecha limpieza y selección). Este es uno de los aspectos que más problemas produce durante el proceso de certificación de semillas. En las Tabla 3 y en la Tabla 4, se detalla un extracto de lo que establece el Reglamento en cuanto a la presencia de otras especies y variedades.

Tabla 3: Requisitos de las parcelas para la producción de semilla certificada

Clase de semillas a producir	Tamaño de parcelas (mínimo) Hectáreas	Plantas de otras variedades (máximo)	Plantas de otras especies cultivadas (máximo)
Semilla de prebase (1)	-	1/10.000	20/Ha.
Semilla de base	3	1/5.000	20/Ha.
Semilla certificada R-1	10	2/1.000	2/10.000
Semilla certificada R-2	10	3/1.000	4/10.000

Tabla 4: Requisitos de las semillas al final el proceso de producción de semilla certificada

Especie y categoría	Pureza específica (mínimo) %	Pureza varietal (mínimo) %	Semillas de otras especies no cereales en 500 gr (máximo)	Semillas de otros cereales en 500 gr (máximo)	<i>Avena fatua, Avena sterilis, Avena ludoviciana, Lolium temulentum (máximo)</i>
Semilla de prebase y base	99	99,9	3	1	0
Semilla certificada R-1	98	99,7	7	7	0
Semilla certificada R-2	98	99	7	7	0

Estos requisitos de pureza varietal tan elevado implican que el agricultor debe realizar el manejo de las parcelas de manera óptima y realizar prácticas culturales específicas para evitar la presencia de otras especies y variedades durante la producción de semillas.

Dada la rotación de cultivos que habitualmente se realizan en las parcelas de secano de la zona de estudio, la contaminación de parcelas de cebada con trigo suele ser frecuente, ya que el cultivo de trigo es el más rentable para el agricultor y por tanto cuenta con una superficie importante y con preferencia en las rotaciones, siendo el cultivo elegido habitualmente para su implantación en parcelas que han estado en barbecho. Esta situación hace que la certificación de semillas de cebada sea más complicada, y que todos los años haya partidas de cebada que no pasen los criterios de pureza varietal, por la presencia de trigo.

La problemática para la certificación de semillas de avena es similar, ya que en muchos casos las parcelas se contaminan con otros cereales cultivado en la zona (principalmente trigo y cebada), pero cuenta con la particularidad de que las parcelas también se contaminan con una mala hierba de su misma especie, la ballueca (*Avena sterilis, Avena fatua*). Esta variedad de avena está extendida por

toda la península, tiene un ciclo biológico casi idéntico al del cultivo, germinando simultáneamente con ellos y durante un periodo de tiempo bastante prolongado (hasta la primavera) y tirando su semilla justo antes de la recolección del cereal. Esta característica, unida a su capacidad para emerger a partir de profundidades relativamente elevadas (hasta 25 cm) y a la prolongada persistencia de sus semillas en el suelo (más de 3 años) facilita su desarrollo y permanencia en terrenos labrados. Estas características provocan que en muchos casos la certificación de semilla de avena sea muy complicada.

Una vez el grano se ha cosechado la cooperativa debe realizar el proceso de limpieza y selección de las semillas, eliminando otras especies y variedades que puedan estar presentes. Durante la limpieza y selección de semillas, la mayor parte de los procesos separan los granos en base al peso y tamaño de los granos, por lo que es especialmente difícil la separación de los granos de trigo de los de cebada, y los granos de ballueca (*Avena fatua L.*, *Avena sterilis L.* y *Avena ludoviciana Dur.*) de los de avena (*Avena Sativa L.*). Por lo que es de vital importancia para el proceso de certificación de semillas que las prácticas culturales realizadas en campo permitan evitar la presencia de especies y variedades con semillas similares al cultivo en el proceso de selección.

2.3. Selección de semillas mediante seleccionadora óptica

Se ha adquirido e instalado una seleccionadora óptica en el centro de selección con el que cuenta URLUSA en Artajona para testar la eficacia de la misma. Este equipo no sustituye al equipo de selección con el que contaba la cooperativa, sino que es un añadido que se utilizará para hacer una segunda selección en aquellas partidas que en el control de calidad interno se haya detectado que no cumplen los mínimos requeridos por la normativa. El objetivo en esta fase del proyecto ha sido testar la eficacia de esta máquina en condiciones de trabajo reales y comprobar si es capaz de separar el trigo de la cebada y la ballueca de la avena en las partidas de semilla que serían rechazadas mediante una selección basada únicamente en el tamaño y peso de los granos. Una vez las parcelas se han cosechado, pasan por un proceso de selección mediante el cual se eliminan impurezas, granos rotos, malas hierbas y especies y variedades distintas a las semillas que se van a producir.

Este proceso se inicia realizando una selección por medios físicos, que, utilizando una serie de cribas, y una mesa densimétrica permiten limpiar y seleccionar la semilla únicamente en base al peso y tamaño de los granos. Este proceso es muy efectivo para eliminar las impurezas, granos rotos y malas hierbas, pero no lo es tanto a la hora de eliminar la presencia de otros cereales con pesos y tamaños similares a los de la semilla que se está seleccionando, este es el caso de la presencia de granos de trigo en semillas de cebada o de la presencia de ballueca en semillas de avena. Por esta razón se ha optado por la instalación de una seleccionadora óptica, que permite realizar la selección en base al color, forma y textura de los granos. No obstante, hay que indicar que esta máquina no puede



realizar la selección de la cosecha por sí misma, es un equipo complementario que se utiliza para depurar las partidas de semilla, una vez ha finalizado la selección por medios físicos. La seleccionadora óptica que se ha instalado en este caso trabaja en condiciones óptimas en partidas de grano con menos de un 0,5% de impureza, por lo que para que sea efectiva necesariamente las semillas han tenido que ser limpiadas y seleccionadas previamente.

Durante todo el proceso de selección se realizan una serie de muestreos de calidad (conteos de otras especies de cereales) para comprobar la eficacia del proceso, y si las partidas cumplen los requisitos mínimos para que la semilla pueda ser certificada. En base a los resultados de estos muestreos se realizan pequeños ajustes en el proceso para intentar optimizarlo y se decide si es necesario realizar un proceso de selección óptica para que la semilla alcance la pureza necesaria.

Durante los controles de calidad se toman muestras de 500 g y se realiza el conteo del número de granos de trigo, cebada y ballueca que contienen.

A continuación, se indica la metodología utilizada para los muestreos que se han realizado durante el desarrollo del proyecto:

- **Muestreos antes del proceso de selección:** La semilla se transporta hasta la seleccionadora en camiones o remolques de 25 Tn de capacidad, de cada camión se toma al menos una muestra. Este muestreo permite comprobar lo limpio que llega el grano a la cooperativa. Gracias a la trazabilidad existente se conoce las parcelas de origen de estas partidas, por lo que gracias a los controles previos que se han realizado en parcela ya se tiene una idea de lo limpias que puedan venir.
- **Muestreos tras el proceso de selección por medios físicos:** En función del resultado que se haya obtenido en el muestreo previo y la información que se dispone del seguimiento en campo, se define la periodicidad con la que inicialmente se tomarán muestras tras el proceso de selección física, y que siempre será al menos de una muestra cada 3 horas. Si los conteos muestran que los parámetros de calidad obtenidos no son óptimos, se realizan pequeños ajustes de la máquina para intentar mejorar la eficacia del proceso. En estos casos se aumenta la frecuencia de la toma de muestras, para comprobar si los ajustes han permitido reducir las impurezas y si es necesario su paso a la seleccionadora óptica.
- **Muestreos tras el proceso de selección óptica:** Toda la semilla que tras el proceso de selección física no cumple los requisitos mínimos para que pudiera ser certificada, pasa por un proceso de selección óptica. Al finalizar este proceso se toma una muestra para comprobar la calidad final de las semillas y si cumplen los requisitos necesarios para poder ser certificadas. Como este proceso es una continuación del proceso de selección física la frecuencia que se establece para los muestreos es siempre la misma que se haya establecido en el proceso previo.

Durante las campañas de selección realizadas en los dos últimos años se han identificado todas las partidas de semilla de cebada y de avena que una vez se había realizado la selección en base al tamaño y peso de los granos no cumplían los requisitos establecidos por la normativa. Estas partidas han sido sometidas nuevamente a un proceso de selección, esta vez mediante seleccionadora óptica, y se ha vuelto a comprobar si tras esta segunda selección se cumplían los requerimientos legales para su certificación, con el fin de poder determinar qué porcentaje de partidas de semillas de cebada y avena se ha evitado que fueran rechazadas gracias a la seleccionadora óptica.

3. RESULTADOS

3.1. Monitorización y procesamiento de imágenes multiespectrales e hiperespectrales

Se muestran a continuación los resultados obtenidos tras testar las técnicas analizadas para detectar infestaciones de especies no deseadas en los fotogramas y ortomosaicos obtenidos para cada parcela, fecha y cámara en las campañas de 2020/2021 y 2021/2022.

3.1.1. Campaña 2020/2021: campaña de configuración

Como se ha indicado en el apartado 2.1.1., esta primera campaña únicamente se voló una parcela de cebada, a final de campaña, en la que se detectaron infestaciones de trigo de distinta intensidad: por rodales y por plantas aisladas. La inspección visual de las imágenes RGB Sony y Sequoia puso de manifiesto la importancia de la resolución espacial en la detección de infestaciones con una afectación tan reducida, por lo que las técnicas de detección automática únicamente se aplicaron a las imágenes adquiridas por la cámara RGB Sony, con resoluciones de entre 2.5mm y 4.4mm para una altura de vuelo de 10m y 20m respectivamente.

En la figura 8 se muestra parte de uno de los fotogramas adquiridos por la cámara RGB Sony a una altura de vuelo de 15m y que corresponde a una zona de la parcela de cebada en la que se han observado infestaciones de trigo en la inspección de campo. En el fotograma superior se muestra la imagen original RGB y en la inferior, la misma imagen tras aplicar una expansión de contraste a cada canal RGB.



En la parte superior izquierda de esta segunda imagen se aprecia una infestación que agrupa a un número importante de plantas de trigo, en la zona próxima a un aspersor. En la parte inferior central y derecha, se aprecian infestaciones por plantas de trigo aisladas, identificables por tener un color aún más verde-azulado que las plantas de cebada, con las espigas en general más maduras y, por tanto, más verde-amarillentas y dispuestas en muchos casos en posición casi horizontal.



Figura 8. En la parte superior, fotograma RGB original de una zona con infestaciones de la parcela 38-1-2179 de cebada, adquirido el 2 de junio de 2021, a una altura de vuelo de 15m. En la parte inferior, el mismo fotograma tras aplicar a cada canal RGB una expansión de contraste. Superficie aproximada de ambas imágenes: 10m x 4.8m

Una vez identificadas infestaciones como las que se muestran en la figura 8, se analizaron las técnicas de procesamiento enumeradas en el apartado 2.1.1, siendo la basada en la definición de valores umbrales sobre la componente Tono (H) la única que ha permitido detectar y cartografiar las infestaciones de trigo.

En la figura 9 se muestra la componente Tono (H) obtenida tras aplicar una transformación del espacio de color RGB al espacio HSV al fotograma original de la figura 8. Como se puede apreciar, las plantas de trigo tienen aún un colar más verde-azulado, que se traduce en un menor valor de la componente tono, que permite detectar incluso infestaciones de plantas aisladas, tal y como se muestra en la parte inferior de la imagen, observable con más detalle en la figura 10 (correspondiente a la parte inferior derecha de las imágenes de las figuras 8 y 9).

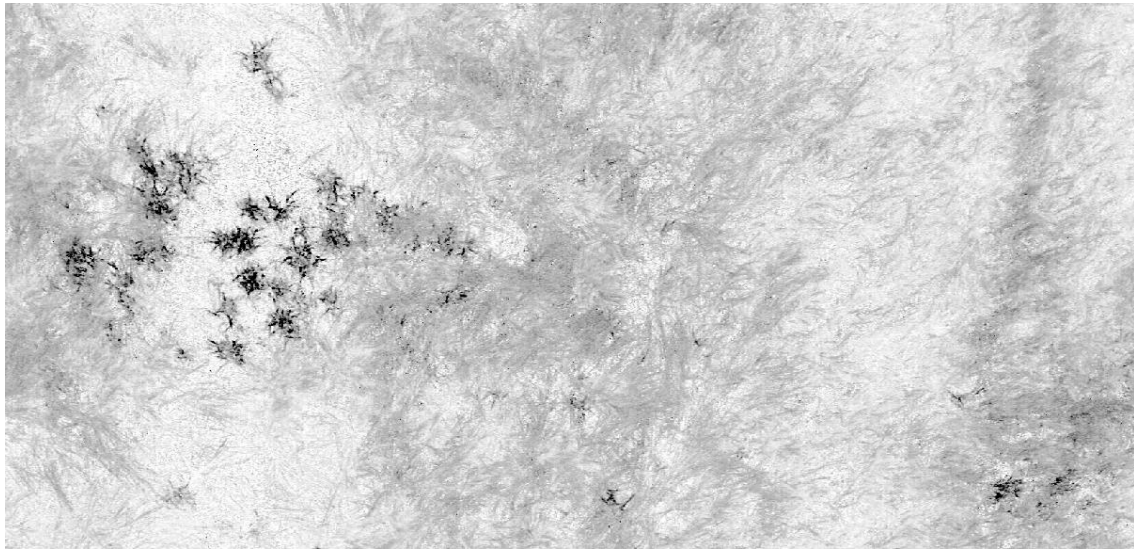


Figura 9. Componente tono del fotograma RGB original de una zona con infestaciones de la parcela 38-1-2179 de cebada, adquirido el 2 de junio de 2021, a una altura de vuelo de 15m. Superficie aproximada de ambas imágenes: 10m x 4.8m.



Figura 10. Izquierda, fotograma RGB original de una zona con infestaciones por plantas de trigo aisladas. Derecha, componente Tono (H). Superficie aproximada de ambas imágenes: 1.6m x 2.8m.

Tal y como se muestra en las figuras anteriores, es posible detectar infestaciones de trigo muy reducidas, pudiéndose cuantificar tanto el número como la superficie afectada por dichas infestaciones. En concreto, en la superficie volada de la parcela de cebada 38-1-2179, que fue de 0.876 ha, se detectaron dos rodales de infestación de trigo, con una superficie total de plantas de trigo de 1,41 m² y 1,52 m² cada uno, así como 11 infestaciones aisladas, formadas por una o dos plantas de trigo, con una superficie de entre 0.12 y 0.34 m². Lo que no ha sido posibles es cuantificar, de forma automática, el número de espigas de trigo de la infestación.

Señalar que esta detección de infestaciones fue posible en el vuelo de 2 de junio, pero no ya en el vuelo del 20 de junio, ya que en el segundo, tanto las plantas de cebada como las de trigo presentaban un grado de maduración tal que termina por igualar la señal que detectan las cámaras procedentes de unas zonas y otras, tal y como se muestra en la figura 11. Estos resultados, en cuanto a fecha de adquisición de las imágenes, están en línea por los obtenidos por López-Granados et al. (2006) y Gómez-Casero et al. (2010), que observaron que la mejor fecha para identificar infestaciones de avena loca y plantas de alpiste en parcelas de trigo del sur de España, era precisamente cuando las plantas de trigo estaban en fase inicial de maduración del grano y la avena loca y el alpiste estaban en la fase inicial de maduración del grano, con un color más verde. Señalar que las infestaciones detectadas en este trabajo correspondían a parcelas con un grado alto de infestación, con más de 25 plantas por m².



Figura 11. Infestación de trigo en rodal en la parcela 38-1-2179 de cebada. A la izquierda, parte de un fotograma adquirido en el vuelo de 2 de junio; a la derecha, parte del fotograma equivalente adquirido en el vuelo del 20 de junio.

En cuanto a la altura de vuelo, la detección de infestaciones por rodales como por plantas aisladas ha sido posible incluso a alturas de vuelo próximas a 20m con la cámara RGB Sony, es decir, a resoluciones espaciales de hasta 4,4mm. Señalar que la resolución espacial de las imágenes adquiridas por la cámara Sequoia a las alturas de vuelo testadas en este proyecto (por encima del centímetro), ha resultado insuficiente para la detección de infestaciones de trigo en cebada. Además, esta cámara no adquiere imágenes en el canal azul, aspecto clave para discriminar el trigo de la cebada en esta parcela, en la que las plantas de trigo presentan un color ligeramente más azulado que las de cebada, facilitando su identificación.

3.1.2. Campaña 2021/2022: campaña de monitorización

En esta campaña se monitorizaron dos parcelas de avena y una de cebada, a través los ortomosaicos generados a partir de las imágenes adquiridas en distintos vuelos, con distintas cámaras, realizados entre primeros de abril y mediados de junio. Tal y como se ha comentado en el apartado 2.1.2 de este informe, la parcela de cebada inicialmente seleccionada por haber tenido como cultivo previo trigo, y por lo tanto, ser susceptible de presentar infestaciones aisladas (parcela 39-9-618), se dejó de volar a finales de mayo, tras comprobar en las inspecciones de campo que no se detectaba ninguna infestación por trigo. A final de campaña se decidió monitorizar una segunda parcela de cebada (38-5-844), en la que sí se observaban infestaciones de trigo en campo. El primer vuelo se realizó el 31 de mayo de 2022, pero el grado de madurez tanto de las plantas de cebada como de trigo, ambas ya muy amarillas y con la espiga prácticamente horizontal (figura 12), hizo que no fuera posible detectar ninguna infestación en las imágenes adquiridas, ni siquiera mediante inspección visual detallada aplicando a las imágenes distintas transformaciones y expansiones de contraste.



Figura 12. Parte del ortomosaico generado a partir del vuelo con la cámara RGB de Sony del 31 de abril de 2022 de la parcela 38-5-844. Resolución espacial del ortomosaico: 4.6mm. Superficie aproximada de la imagen: 9m x 4.5m. Superficie aproximada de la imagen de detalle: 1.6m x 1.1m

En el caso de las parcelas de avena, comentar que en ninguno de los ortomosaicos generados a partir de las imágenes adquiridas por distintas cámaras, en distintas fechas, fue posible detectar infestaciones de avena loca/ballueca. Tanto el ciclo fenológico como la morfología de la avena loca son muy similares a los de la avena, lo que implica que, al menos en las bandas espectrales en las que se han adquirido imágenes en este proyecto y a las resoluciones espaciales a las que se ha trabajado, con un tamaño mínimo de pixel de 3.3 mm de terreno, no es factible identificar y detectar infestaciones aisladas.

No obstante, sí que se identificaron infestaciones por otras especies en ambas parcelas. En concreto, en la parcela 38-9-752, se detectaron e identificaron numerosas infestaciones de raygrass, cultivo presente en esta parcela en la campaña anterior. Asimismo, en la parcela 38-12-503, se detectaron infestaciones aisladas de *Sinapsis Arvensis*, comúnmente conocida como mostaza, ciape o jaramago.

Infestaciones de raygrass: las infestaciones por raygrass en la parcela 38-9-752 se pueden observar en todos los ortomosaicos generados a partir de las imágenes adquiridas por las cámaras RGB y MicaSense, y en menor medida, en las adquiridas con la cámara Sequoia. De hecho, en el primer ortomosaico MicaSense obtenido a partir de las imágenes adquiridas en el primer vuelo, realizado el 4 de abril ya se diferencian, a simple vista, las infestaciones por raygrass, tal y como se muestra en las imágenes de la figura 13. En esta imagen, el cultivo se observa en color naranja por la composición en color que se ha empleado, incorporando a los canales RGB la información adquirida por el sensor en las bandas del NIR (o Infrarrojo cercano), Red-edge 2 y Red-edge 1. Cuanto más naranja se observa un pixel, mayor es su reflectancia en el NIR, lo que habitualmente está asociado a un mayor vigor o verdor de la vegetación.

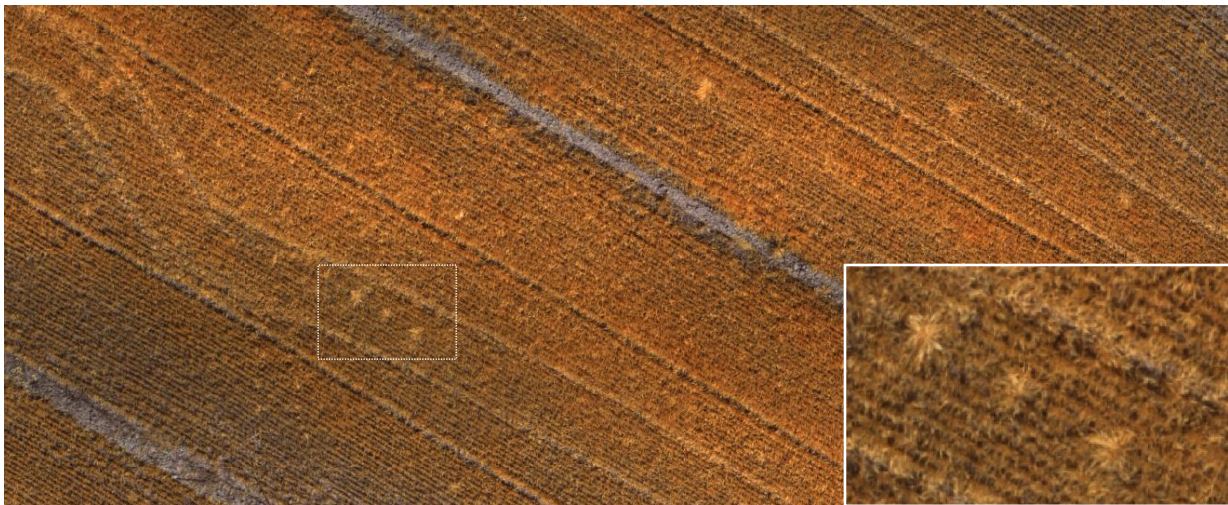


Figura 13. Parte del ortomosaico generado a partir del vuelo con la cámara MicaSense el 4 de abril de 2022 de la parcela 38-9-752. Composición RGB empleando los canales NIR, RE1 y RE2 respectivamente. Resolución espacial del ortomosaico: 14.4 mm. Superficie aproximada de la imagen: 37m x 13m. Superficie aproximada de la imagen de detalle: 4m x 2m

La identificación automática de estas infestaciones ha sido posible tanto aplicando umbrales en las bandas del R, en el caso de los ortomosaicos RGB (tal y como se muestra en la figura 14), como en las bandas del Red-edge y NIR en el caso de los ortomosaicos Sequoia y MicaSense. No obstante, la mayor separabilidad y la identificación más precisa se ha obtenido tras aplicar a los ortomosaicos RGB Sony, que son los que tienen mayor resolución espacial, una transformación del espacio de color RGB al espacio HSV (Tono, Saturación, Intensidad). Precisamente, ha sido

la definición de umbrales en las componentes Tono (H) y Saturación (S), la que ha permitido diferenciar y cartografiar con mayor fiabilidad las infestaciones por raygrass, tal y como se muestra en la figura 15. Aplicando esta transformación, y trabajando combinadamente sobre las componentes Tono y Saturación, se ha conseguido minimizar los errores de omisión, pero fundamentalmente, los de comisión (detección errónea de píxeles de avena como píxeles de raygrass).

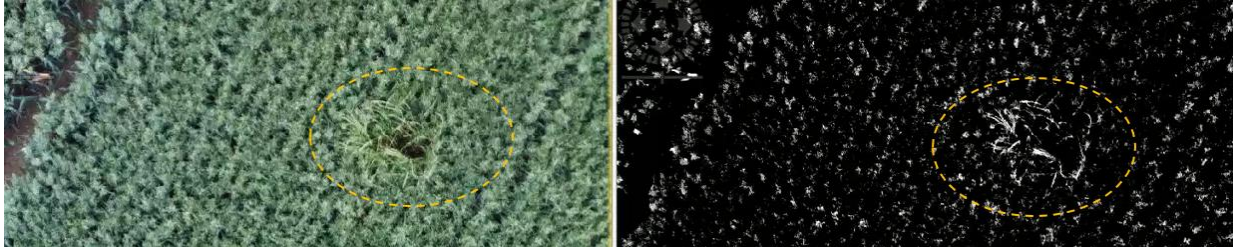


Figura 14. Parte del ortomosaico generado a partir del vuelo con la cámara RGB Sony el 24 de mayo de 2022 de la parcela 38-9-752. Resolución espacial del ortomosaico: 3.4 mm. Superficie aproximada de la imagen: 3m x 1m. A la izquierda, imagen original. A la derecha, imagen resultante de aplicar un umbral de 150 al canal R del ortomosaico.

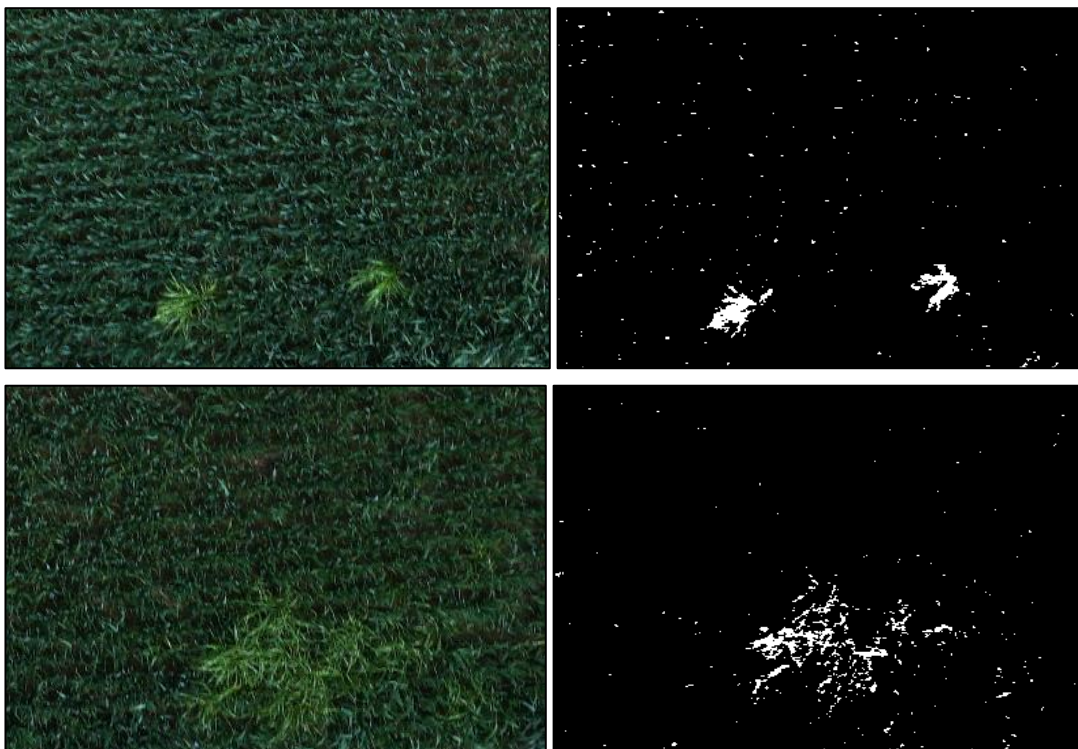


Figura 15. Dos zonas del ortomosaico generado a partir del vuelo con la cámara RGB Sony el 1 de junio de 2022 de la parcela 38-9-752. Resolución espacial del ortomosaico: 4.5 mm. A la izquierda, ortomosaico RGB original. A la derecha, imagen resultante de la aplicación de un valor umbral combinado a las componentes H y S resultantes de la transformación RGB - HSV.

A modo de resumen comentar que, aunque las infestaciones de raygrass se han podido identificar y cartografiar en las imágenes adquiridas por todas las cámaras, es procesando los ortomosaicos derivados de las imágenes RGB Sony cuando se

comenten menores errores de comisión y omisión en esta identificación. En cuanto a fechas, destacar que las infestaciones han sido claramente identificables durante todo el ciclo fenológico monitorizado por teledetección, tal y como se puede observar en las figuras 13 a 15, en las que se muestran imágenes adquiridas el 4 de abril, el 24 de mayo y el 1 de junio de 2022.

Por último, en cuanto a total de infestaciones detectadas en la parcela 38-9-752, utilizando la técnica de definición de umbrales sobre las componentes Tono y Saturación de los ortomosaicos RGB señalar, tomando como referencia el vuelo del 1 de junio de 2022, que:

- La superficie de la parcela cubierta por el vuelo es de aproximadamente 1,34 ha.
- El número de infestaciones por raygrass detectadas, fuera de la línea de aspersores, es de 107, lo que como media supone cerca de una planta de raygrass por cada 125m².

Infestaciones por *Sinapsis Arvensis*: las infestaciones por *Sinapsis Arvensis* que afectan a la parcela 38-12-503, sólo se pueden identificar en los ortomosaicos generados a partir de las imágenes adquiridas por la cámara RGB Sony, ya que es la única que proporciona una resolución espacial suficiente como para que sean perceptibles las flores amarillas características de esta planta. Son precisamente estas flores las que presentan valores de reflectancia en el visible distintos de los de la avena, lo que hace posible su identificación. Estas flores se observan en las imágenes adquiridas tanto a final de mayo como a primeros de junio y mediados de junio.

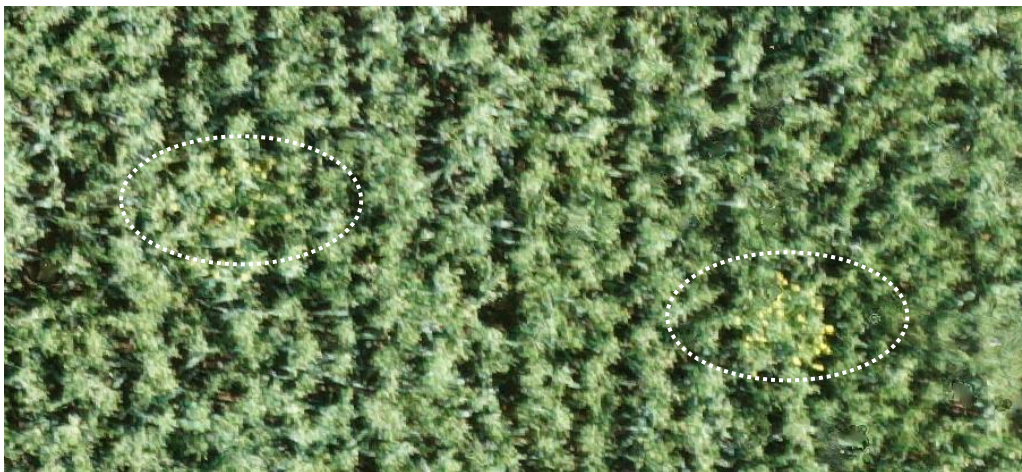


Figura 16. Zona del ortomosaico generado a partir del vuelo con la cámara RGB Sony el 1 de junio de 2022 de la parcela 38-12-503, en la que se observan dos infestaciones por *Sinapsis Arvensis*. Resolución ortomosaico: 4.1mm. Superficie de la imagen: 3,3 m x 1,4 m aproximadamente.

Al igual que en el caso del raygrass, la mayor separabilidad se ha obtenido tras aplicar a los ortomosaicos RGB Sony, una transformación del espacio de color RGB al espacio HSV (Tono, Saturación, Intensidad). En este caso, también ha sido la

definición de umbrales en las componentes Tono (H) y Saturación (S), la que ha permitido diferenciar y cartografiar con mayor fiabilidad las infestaciones por esta planta, tal y como se muestra en las figuras 17 y 18. Aplicando esta transformación, y trabajando combinadamente sobre las componentes Tono y Saturación, se ha conseguido eliminar prácticamente los errores de comisión, pudiendo detectarse y localizarse de forma precisa cada infestación.



Figura 17. Parte del ortomosaico generado a partir del vuelo con la cámara RGB Sony el 1 de junio de 2022 de la parcela 38-12-503. A la izquierda, imagen original. A la derecha, imagen resultante de la aplicación de un valor umbral combinado a las componentes H y S resultantes de la transformación RGB - HSV.

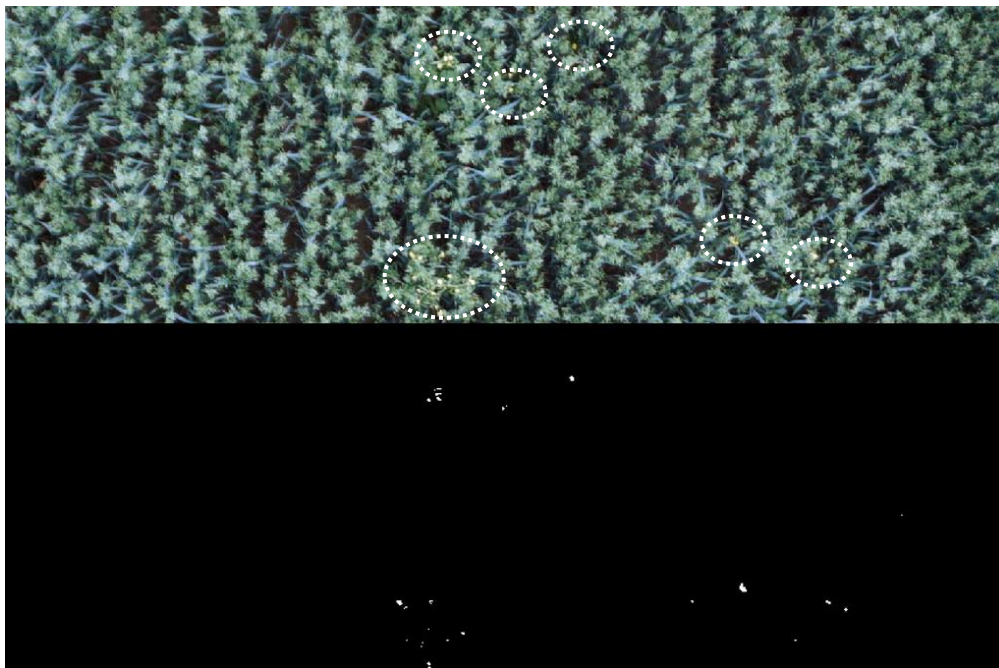


Figura 18. Parte del ortomosaico generado a partir del vuelo con la cámara RGB Sony el 24 de junio de 2022 de la parcela 38-12-503. Arriba, imagen original. Abajo, imagen resultante de la aplicación de un valor umbral combinado a las componentes H y S resultantes de la transformación RGB - HSV.

En cuanto a total de infestaciones detectadas en la parcela 38-12-503 (figura 19), utilizando la técnica de definición de umbrales sobre las componentes Tono y Saturación de los ortomosaicos RGB señalar, tomando como referencia el vuelo del 1 de junio de 2022, que:

- La superficie de la parcela cubierta por el vuelo es de aproximadamente 1.25 ha.
- El número de infestaciones por *Sinapsis Arvensis* detectadas, fuera de la línea de aspersores y considerando plantas con más de 10 flores, es de 26, lo que como media supone cerca de una planta por cada 480m².

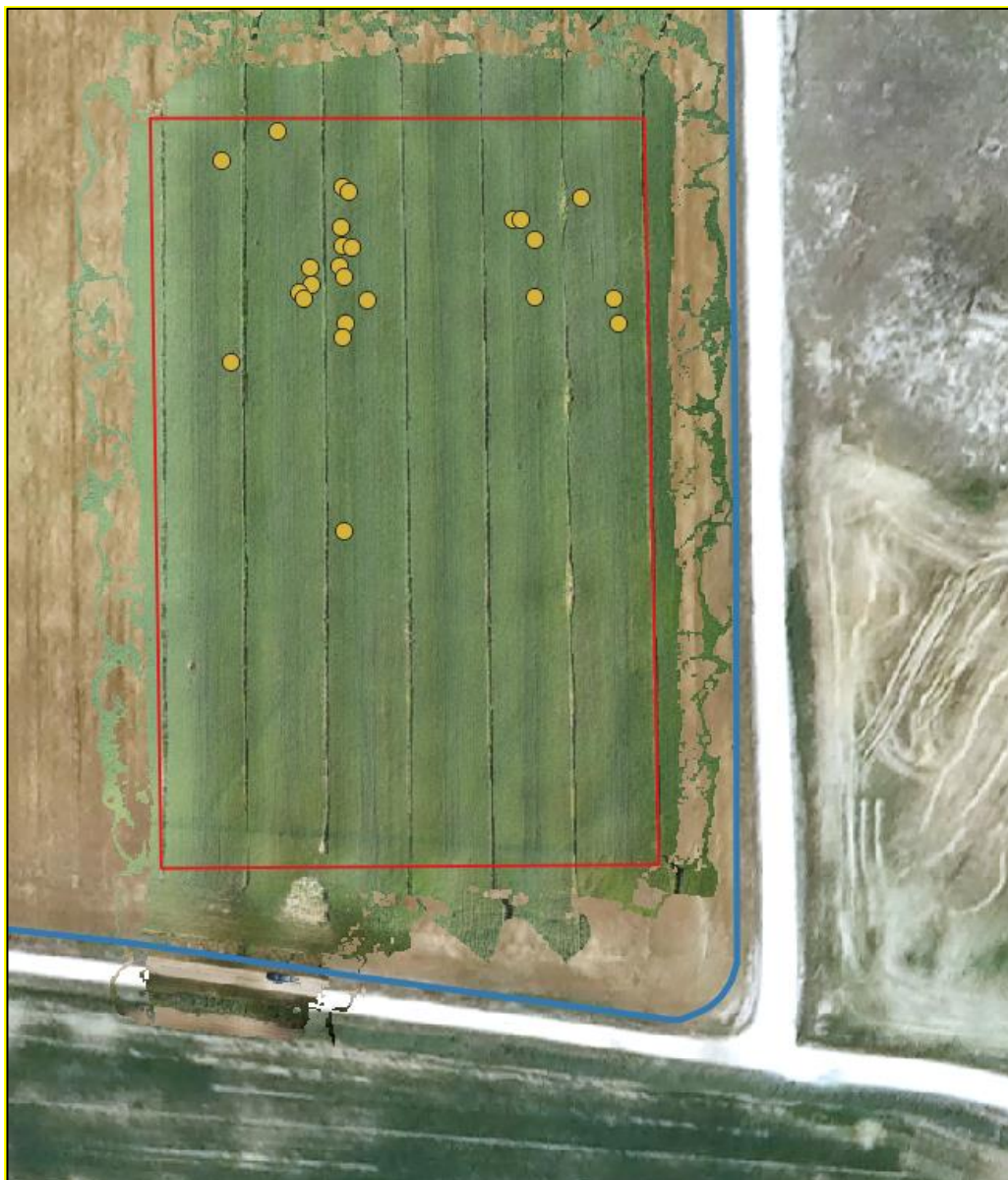


Figura 19. Infestaciones de *Sinapsis Arvensis* detectadas en la zona volada con la cámara RGB Sony, el 1 de junio de 2022, de la parcela 38-12-503 de avena. En amarillo, la localización de las infestaciones detectadas aplicando un valor umbral combinado a las componentes H y S resultantes de la transformación RGB - HSV.

3.2. Identificación de técnicas para la eliminación de especies y variedades no deseadas

3.2.1. Tratamientos fitosanitarios

Herbicidas en postemergencia: permite la eliminación de muchas de las malas hierbas que afectan al cultivo de la cebada (vallico, ballueca, cola de zorra, amapolas, etc....), aunque la retirada de autorización en los últimos de muchas de las materias activas aprobadas, cada vez limita más las posibilidades de utilización de esta práctica (menor eficacia, resistencias, etc....) por lo que es complicado el control de estas malas hierbas únicamente mediante el uso de herbicidas y es necesario introducir la aplicación de prácticas culturales que permitan controlarlas.

En cuanto al uso de herbicidas en postemergencia para la eliminación de trigo en parcelas de cebada, y de ballueca en parcelas de avena, actualmente no existen materias activas que permitan realizar el control de esta especie sin que se vea afectado el cultivo.

Herbicidas en preemergencia: mediante la realización de siembras tardías y falsas siembras se consigue que las semillas que se encuentran en las parcelas germinen antes de que se realice la siembra del cultivo, de manera que mediante la aplicación de herbicidas de amplio espectro se consiguen eliminar las especies y variedades no deseadas antes que el cultivo comience a desarrollarse.

3.2.2. Prácticas culturales

Rotación de cultivos: Pese a que en las parcelas de secano de la zona objeto de estudio no existen muchos cultivos alternativos rentables que se puedan introducir en la rotación, establecer, dentro de las limitaciones existentes, una rotación de cultivos adecuada permite reducir considerablemente las infestaciones de las parcelas dedicadas al cultivo de semilla. En esta técnica es de especial importancia, además de ser un requerimiento normativo, que el cultivo de semilla se implante siempre en parcelas que el año anterior estaban en barbecho. Debido a este requerimiento, en muchos casos es complicado incentivar al agricultor para que dedique parcelas a la producción de semilla certificada de cebada o avena, ya que en esta zona la rotación "natural" es sembrar con trigo, el cultivo más rentable, las parcelas que han estado en barbecho, y con posterioridad al trigo se realizan las siembras con cebada o avena.

Aunque los últimos años es difícil encontrar parcelas en secano en las que no haya una rotación de cultivos, también es cierto que las alternativas están limitadas y habitualmente la rotación se limita a un número muy reducido de cultivos (trigo, cebada/avena, barbecho), y por tanto sería recomendable incrementar el número de cultivos que se utilizan en las rotaciones de las parcelas dedicadas al cultivo de semilla. En cuanto a los cultivos que sería recomendable introducir en las rotaciones



se encuentran por ejemplo el girasol y el centeno. Estudios realizados en los últimos años demuestran que ambos cultivos cuentan con propiedades que contribuyen al control de malas hierbas. En el caso del girasol cuenta con efectos alelopáticos y los lixiviados de sus hojas y tallos secos pueden inhibir el crecimiento de plántulas de malas hierbas dicotiledóneas. En el caso del centeno, cuenta con determinados compuestos orgánicos que también producen efectos supresores en el crecimiento de malas hierbas. Además, el centeno es un cultivo con una alta producción de biomasa, que produce un espeso "mulch", y lo hace un efectivo controlador de malas hierbas en sistemas de conservación de suelos y no laboreo.

No obstante, aunque es una técnica que contribuye a minimizar la presencia de hierbas adventicias, puede no ser muy efectiva en el control de algunas malas hierbas como la ballueca, que tienen latencias de hasta tres años y la capacidad de germinar desde profundidades de hasta 25 cm, por lo que se debe combinar con otras técnicas para evitar que la presencia de ballueca impida la certificación de la semilla, especialmente de semillas de avena.

Falsas siembras: Como ya se ha comentado anteriormente la realización de una labor de falsa siembra junto con la siembra tardía y el uso de herbicidas de amplio espectro o el uso de medios mecánicos, permite eliminar las malas hierbas presentes en la parcela antes de que el cultivo se implante. Actualmente es la técnica que se está demostrando más eficaz para el control de las especies y variedades no deseadas, aunque en algunas campañas tienen problemas para su aplicación. Se debe contar con una meteorología favorable que primero permita realizar el laboreo inicial y segundo, que permita la germinación y posterior eliminación de las malas hierbas presentes en parcela, sin retrasar excesivamente la fecha de siembra del cultivo. Además, hay que tener en cuenta que es una técnica que implica tener que retrasar las siembras, por lo que se adapta mejor a variedades con ciclo corto. En las variedades de ciclo largo, aunque la meteorología sea favorable, puede ser complicado aplicar esta técnica.

Esta técnica es una de las que más efectiva se ha mostrado contra el control de ballueca en el cultivo de la avena, ya que las variedades de avena cultivadas se adaptan muy bien a las siembras tardías. En la aplicación de la falsa siembra para el control de ballueca es recomendable la realización de un laboreo profundo que permita sacar a la superficie las semillas de ballueca que puedan estar latentes. Aun así, la ballueca es una planta que puede tener nascencias escalonadas y pese haber realizado una falsa siembra pueda verse posteriormente la presencia de algún rodal aislado.

Laboreo mecánico: Existen aperos específicos que se pueden usar para la realización de un laboreo una vez está implantado el cultivo, pero solo se puede aplicar en estadios de desarrollo del cultivo muy tempranos, ya que si no puede afectar a su desarrollo. Estos aperos eliminan las hierbas que han germinado entre líneas.

El apero que más frecuentemente se utiliza son determinados tipos de gradas. Están constituida por varillas delgadas (menos de 1 cm de diámetro). No obstante, este tipo de aperos, cada vez más utilizados, todavía no forman parte habitual del parque de maquinaria de los agricultores en la zona, ya que el precio es elevado y el momento de aplicación es limitado, puesto que tanto el cultivo como las hierbas adventicias a eliminar deben estar en un estado apropiado. Además, la meteorología de la campaña condiciona mucho la utilización de esta técnica ya que la labor se debe realizar en los meses de enero o febrero y mucho años en estas fechas el terreno está demasiado húmedo para poder realizar la labor.



Figura 20. Grada de púas flexibles

Depuración manual en campo: Se trata de que los operarios entren en las parcelas a “peinarlas” quitando manualmente las especies y variedades no deseadas. Este trabajo se realiza en el momento que el cultivo ha llegado a madurez fisiológica y pese a que las hierbas adventicias se identifican fácilmente no es posible entrar en parcela a realizar una labor mecanizada. Esta herramienta es costosa en tiempo y dinero, requiriendo mano de obra elevada y con cierta especialización, por lo que hace complicado su aplicación en grandes superficies de terreno o cuando los niveles de infestación son muy elevados. No obstante, se puede valorar su utilización en aquellos casos en las que se identifiquen problemas en parcelas concretas donde las infestaciones sean reducidas, pero suficientes como para que el cultivo no sea apto para la producción de semilla certificada.

Durante el desarrollo del proyecto se ha observado que los vuelos con drones equipados con cámaras multiespectrales e hiperespectrales son capaces de identificar las infestaciones con precisiones muy altas, por lo que la realización de un vuelo con dron previo, permitiría reducir considerablemente el tiempo necesario para realizar la depuración, ya que se contaría con las coordenadas en las que existe presencia de malas hierbas y no sería necesario peinar toda la parcela.

3.2.3. Nuevas técnicas que podrían utilizarse a futuro

Utilización de robots: A día de hoy ya existen equipos automotrices dotados de cámaras de visión artificial y brazos robotizados que identifican las malas hierbas y las eliminan bien de manera mecánica o bien mediante la aplicación de un herbicida. Además, debido a su peso, mucho más reducido que el de un tractor, evita la compactación del suelo y les permite entrar a trabajar en las parcelas con suelos húmedos. No obstante, este tipo de robots actualmente se están utilizando principalmente para el control de malas hierbas en cultivos hortícolas, donde tanto la superficie sobre la que tienen que trabajar como la anchura de las calles hacen posible su labor. En cultivos extensivos de cereal sería complicado todavía la utilización de estos equipos debido a su coste, la escasa distancia entre las líneas de siembra y la superficie tan extensa en la que deberían trabajar, pero a futuro, cuando mejore la autonomía, la precisión y el precio, podría ser una herramienta útil para realizar laboreos cuando el cultivo haya desarrollado dos o tres hojas.



Figura 21. Robot agrícola



Utilización de drones: Ya existen en el mercado drones que llevan acoplado un depósito y un pulverizador que les permite la realización de tratamientos fitosanitarios, pero al igual que en el caso anterior hasta que no mejore su coste y su autonomía, no es posible su utilización para realizar tratamientos en grandes superficies de terreno, como es el caso de los cultivos extensivos.

No obstante, ya hay proyectos en desarrollo para que estos drones puedan realizar aplicaciones localizadas en base a la información gráfica facilitada por una cámara. Esta cámara puede estar acoplada directamente al propio dron que realiza la pulverización o bien puede utilizar la información que previamente se ha obtenido volando con otro dron dotado de una cámara.

Con la información que hemos obtenido durante el proyecto hemos podido confirmar que cuando el cultivo llega a la madurez fisiológica, los vuelos con drones provistos de cámaras multispectrales e hiperspectrales son capaces de identificar la presencia de malas hierbas y georreferenciar su localización con una precisión muy alta, por lo que pensamos que en un futuro muy próximo se podrá utilizar esta información para que cuando no hayan funcionado las prácticas culturales aplicadas y por tanto existan infestaciones en parcela, en lugar de realizar una depuración manual en campo mediante operarios, el "peinado" y eliminación de hierbas adventicias en las parcelas, podría realizarse con el uso de drones.



Figura 22. Dron pulverizador

Cámaras de visión artificial colocadas sobre pulverizadores variables:

Recientemente ha salido al mercado unas cámaras de visión artificial que se acoplan sobre la barra de pulverización, este sistema montado en pulverizadores con isobus que dispongan de un sistema para la aplicación por boquilla o por tramos, permiten realizar la aplicación de herbicidas en postemergencia únicamente cuando las cámaras detectan la presencia de malas hierbas, y abriendo únicamente la barra o boquilla sobre la que se ha identificado su presencia.

Actualmente el coste de este tipo de sensores es elevado y además cuando se aplica un herbicida en postemergencia que afecta también al cultivo se han identificado algunos problemas, por un lado se producen derivas por la influencia del viento, y por otro lado las boquillas existentes impiden realizar la aplicación únicamente entre las filas de siembra, por lo que a día de hoy es complicado utilizar esta técnica para eliminar el trigo en cultivos de cebada y la ballueca en cultivos de avena presentes entre las filas de siembra, sin que los cultivos se vean afectados. No obstante, actualmente es una técnica que permite reducir de manera considerable la cantidad de herbicida necesario para controlar determinadas malas hierbas y puede ser un sistema que, en un futuro cercano, regulando la altura de trabajo y utilizando boquillas específicas, pueda utilizarse para controlar la presencia de determinadas especies presentes entre las filas de siembra minimizando la cantidad de herbicidas utilizada.

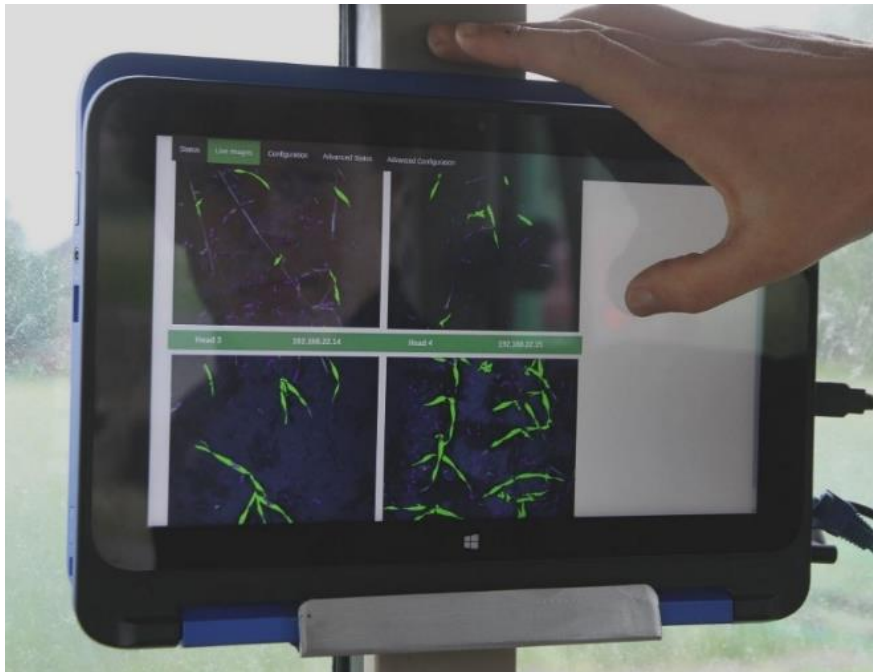


Figura 23. Imagen obtenida por la cámaras acopladas a la barra de pulverización

3.2.4. Buenas prácticas en la producción de semilla certificada

Limpieza de maquinaria agrícola: Aunque no es una práctica cultural en sí misma, sí que es un factor determinante a la hora de evitar la contaminación de las parcelas por especies y variedades no deseadas. Tanto los aperos de labranza como sembradoras, cosechadoras, etc... pueden ser el origen de infestaciones en parcelas dedicadas al cultivo de semillas certificadas. Esta maquinaria agrícola debe ser limpiada después de cada operación para evitar que pueden llevar semillas, especialmente de otras gramíneas, a las parcelas.

Es recomendable que se cuente con un protocolo de limpieza en el que se recoja la maquinaria que se debe limpiar, cuando y como debe realizarse esta limpieza, zonas de la maquinaria críticas para el transporte de semillas, etc...



Selección de parcelas: Aunque este aspecto ya se ha comentado anteriormente en la rotación de cultivos, especialmente en cuanto a la necesidad de sembrar parcelas que previamente han estado en barbecho, consideramos importante remarcar este aspecto ya que cuenta con una gran trascendencia en el resultado final. A continuación, se enumeran algunos de los factores que son importantes tener en cuenta a la hora de identificar las parcelas que se van a dedicar al cultivo de semilla certificada:

- Seleccionar parcelas de gran tamaño.
- Identificar las zonas que se sepa que en los últimos años las parcelas han contado con una menor afección de malas hierbas.
- Identificar zonas en las que los lindes estén más limpios.
- Parcelas en las que en su rotación se hayan cultivado especies no gramíneas.
- Si es posible, cultivar parcelas en regadío

Almacenamiento y transporte hasta la seleccionadora: Una vez se ha realizado la cosecha de las parcelas es imprescindible que las distintas partidas de semilla se almacenen de manera correcta, con distancia suficiente a otros montones de grano y/o semilla y en zonas en las que se hayan limpiado y no exista presencia de especies y variedades diferentes a la semilla almacenada y que por tanto puedan contaminar las partidas.

Así mismo, es necesario establecer unos protocolos de limpieza de los remolques que van a transportar las semillas hasta la seleccionadora, de manera que se pueda evitar que la presencia en los remolques de otras especies y variedades distintas a la transportada puedan contaminar las semillas.

3.3. Selección de semillas con seleccionadora óptica

3.3.1. Resultados de la campaña de selección 2020/2021

Entre los meses de junio y noviembre de 2021 se llevó a cabo la selección de todas las parcelas que estaban dedicadas a la obtención de semilla.

A continuación, se indican los resultados de la campaña de selección de cebada y avena. Los datos se han desglosado en función del cultivo y variedad. Los kilos de semilla asociados a cada muestra se han estimado en base al peso de la cosecha, el rendimiento total del proceso y la frecuencia de los muestreos.

Recordar que, con carácter general, para que la partida sea apta para certificación debe tener menos de 8 semillas de otros cereales en una muestra de 500 gramos, y en el caso particular de la avena un solo grano de ballueca en la muestra imposibilita su certificación.

➤ **Selección de semilla de cebada meseta R2**

Tabla 5. Resultados obtenidos en la selección de cebada meseta R2 en la campaña 2020/2021

Antes de selección				Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)		Nº muestra (selección)	kg semilla	Conteos (*)		Apta certificación	Conteos (*)		Apta certificación	
		T	B			T	B		T	B		
1	24.990	38	3	1	4.285	12	0	NO	2	0	SI	4.285
				2	8.570	30	0	NO	4	0	SI	8.570
				3	8.570	35	0	NO	4	0	SI	8.570
2	25.110	45	3	4	4.305	38	0	NO	5	0	SI	4.305
				5	8.610	27	0	NO	5	0	SI	8.610
				6	8.610	23	0	NO	3	0	SI	8.610
3	25.050	31	0	7	4.295	25	0	NO	4	0	SI	4.295
				8	8.590	18	0	NO	3	0	SI	8.590
				9	8.590	22	0	NO	4	0	SI	8.590
4	24.890	19	3	10	4.270	19	0	NO	2	0	SI	4.270
				11	8.540	16	0	NO	4	0	SI	8.540
				12	8.540	13	0	NO	2	0	SI	8.540
5	24.810	13	0	13	4.255	1	0	SI	1	0	SI	4.255
				14	8.510	7	0	SI	3	0	SI	8.510
				15	8.510	10	0	NO	2	0	SI	8.510
6	25.470	9	0	16	4.365	11	0	NO	3	0	SI	4.365
				17	8.730	8	0	NO	2	0	SI	8.730
				18	8.730	15	0	NO	3	0	SI	8.730
7	24.960	9	0	19	4.280	7	0	SI	2	0	SI	4.280
				20	8.560	5	0	SI	2	0	SI	8.560
				21	8.560	10	0	NO	3	0	SI	8.560
8	25.150	10	0	22	4.310	6	0	SI	1	0	SI	4.310
				23	8.620	5	0	SI	1	0	SI	8.620
				24	8.620	1	0	SI	0	0	SI	8.620
9	24.970	8	0	25	4.280	7	0	SI	3	0	SI	4.280
				26	8.560	1	0	SI	0	0	SI	8.560
				27	8.560	1	0	SI	1	0	SI	8.560
10	25.200	9	0	28	4.320	5	0	SI	2	0	SI	4.320
				29	8.640	1	0	SI	1	0	SI	8.640
				30	8.640	2	0	SI	1	0	SI	8.640
11	25.090	8	0	31	4.300	7	0	SI	1	0	SI	4.300
				32	8.600	12	0	NO	1	0	SI	8.600
				33	8.600	13	0	NO	3	0	SI	8.600
12	25.270	5	0	34	4.335	2	0	SI	2	0	SI	4.335
				35	8.670	2	0	SI	0	0	SI	8.670
				36	8.670	3	0	SI	1	0	SI	8.670
13	25.060	5	0	37	4.295	4	0	SI	1	0	SI	4.295
				38	8.590	1	0	SI	0	0	SI	8.590
				39	8.590	1	0	SI	0	0	SI	8.590
14	25.720	4	0	40	4.410	2	0	SI	0	0	SI	4.410
				40	8.820	1	0	SI	1	0	SI	8.820
				40	8.820	1	0	SI	0	0	SI	8.820
351.740				301.525	Rdto total: 85,7%						301.526	

(*) T: trigo, B: ballueca

En 2021 se comenzó a realizar la campaña de selección con la cebada meseta R2, ya que en los controles previos se había detectado una cantidad de trigo que era elevada, pero inferior al 0,5 %, lo que permitía poder testar la seleccionadora óptica y realizar algún ajuste en la calibración de este equipo si fuera necesario. Este testeo en la puesta en marcha de este equipo nos permitía asegurar su correcto funcionamiento a lo largo de la campaña, y para hacerlo correctamente era recomendable que ni la partida estuviera muy limpia, ni que el nivel de impureza superara el rango óptimo de trabajo de la máquina, por lo que se consideró que el grado de impurezas que se tenía en la producción de semillas de esta variedad era adecuado para poder testar la eficacia de la seleccionadora óptica y comprobar su correcto funcionamiento.

Para realizar el seguimiento del proceso de selección se realizaron siete muestreos de cada camión que entregaba semilla para seleccionar, uno antes de iniciar la selección, tres tras la selección física y tres tras la selección óptica. En los procesos de selección se tomó una primera muestra tras una hora de proceso y posteriormente una muestras cada dos horas.

En la tabla anterior podemos observar como un volumen importante de las partidas tras la selección por medios físicos, no cumplían con los requisitos mínimos de calidad, ya que en los conteos se identificaban 8 o más granos de trigo en bastantes muestras. En caso de no haber contado con la seleccionadora óptica todo este volumen de semilla (142 Tn de un total de 301 Tn) no hubiera podido seguir adelante en el proceso de certificación, sin embargo, la seleccionadora óptica consiguió eliminar un porcentaje elevado de granos de trigo (entre el 80 y el 90%), consiguiendo que todo el volumen de semilla que se seleccionó, cumpliera con los requisitos de calidad establecidos en la norma.

También se realizó la selección óptica de las partidas que sí que cumplían con los mínimos de calidad tras la selección física, para testar la capacidad de la máquina. En estos casos se pudo observar como la eficacia de la máquina se reducía considerablemente, especialmente en aquellas partidas que estaban más limpias. Se conseguía eliminar parte de los granos de trigo restantes, pero era complicado eliminar la totalidad de los mismos.

➤ Selección de semilla de cebada medinaceli R2

Tabla 6. Resultados obtenidos en la selección de cebada medinaceli R2 en la campaña 2020/2021

Antes de selección				Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)		Nº muestra (selección)	kg semilla	Conteos (*)		Apta certificación	Conteos (*)		Apta certificación	
		T	B			T	B		T	B		
1	24.770	1	0	1	10.973	1	0	SI	No es necesario realizar selección óptica			10.973
				2	10.973	0	0	SI				10.973
2	24.680	2	0	4	10.933	0	0	SI				10.933
				6	10.933	1	0	SI				10.933
3	11.950	1	0	7	10.588	0	0	SI				10.588
61.400					54.400	Rdto total:		88,6%				54.400

(*) T: trigo, B: ballueca

En el caso de la selección de la variedad Medinaceli, no fue necesario realizar la selección óptica, el grano venía muy limpio de campo y tras la selección por medios físicos las partidas contaban con unos niveles de pureza muy elevados. Debido a estas circunstancias los muestreos se realizaron cada 3 horas.

➤ Selección de semilla de cebada saratoga R2

Tabla 7. Resultados obtenidos en la selección de cebada saratoga R2 en la campaña 2020/2021

Antes de selección				Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)		Nº muestra (selección)	kg semilla	Conteos (*)		Apta certificación	Conteos (*)		Apta certificación	
		T	B			T	B		T	B		
1	25.120	1	0	1	11.275	1	0	SI	No es necesario realizar selección óptica			11.275
				2	11.275	4	0	SI				11.275
2	24.870	5	0	3	11.165	3	0	SI				11.165
				4	11.165	3	0	SI				11.165
3	25.085	4	0	5	11.260	1	0	SI				11.260
				6	11.260	1	0	SI				11.260
4	24.980	4	0	7	11.210	0	0	SI				11.210
				8	11.210	1	0	SI				11.210
5	24.940	1	0	9	11.195	1	0	SI				11.195
				10	11.195	0	0	SI				11.195
6	25.150	1	0	11	11.290	0	0	SI				11.290
				12	11.290	1	0	SI				11.290
7	25.040	0	0	13	11.245	1	0	SI				11.245
				14	11.245	1	0	SI				11.245
8	24.655	1	0	15	11.065	2	0	SI				11.065
				15	11.065	1	0	SI				11.065
199.840					179.410	Rdto total:		89,8%	179.409			

(*) T: trigo, B: ballueca

Al igual que en el caso anterior, las parcelas que se habían dedicado a la obtención de la variedad Saratoga estaban muy limpias, y no fue necesario realizar la selección óptica de estas partidas para cumplir los exigencias de pureza varietal. Los muestreos también se realizaron cada 3 horas.

➤ Selección de semilla de avena canary R2

Tabla 8. Resultados obtenidos en la selección de avena canary R2 en la campaña 2020/2021

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica				Kg semilla apta	
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)				Apta certificación
		C	T	B			C	T	B		C	T	B		
1	25.220	0	4	1	1	7.225	0	22	0	NO	0	13	0	NO	0
					2	7.225	0	3	1	NO	0	2	0	SI	7.225
					3	7.225	0	2	0	SI	0	2	0	SI	7.225
2	15.680	0	3	0	4	7.155	1	4	0	SI	0	2	0	SI	7.155
					5	6.335	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.335
40.900						35.165	Rdto total:		86,0%					27.940	

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

La máquina de selección óptica se debe calibrar para cada uno de los cultivos que se va a seleccionar. Se realizó el testaje de la máquina para la selección de avena con la variedad Canary, ya que, aunque estaba bastante limpia se habían detectado en los controles previos partidas con presencia de trigos y algo de cebada y ballueca. Se realizaron muestreos cada dos horas.

Al iniciar el proceso de selección, tras la selección física las dos primeras partidas no cumplían los mínimos exigidos, una por presencia de trigos y otra por presencia de ballueca (la presencia en el conteo de un solo grano de ballueca en 10.000 granos de avena impide la certificación de la semilla).

En el primero de los casos la seleccionadora óptica no fue capaz de eliminar los suficientes granos de trigo como para que la semilla fuera apta para certificación. Este hecho nos llamó la atención, ya que en partidas de cebada con similar número de granos de trigo la óptica había sido capaz de eliminarlos, así que se consideró que probablemente era debido a que había que ajustar la calibración de la máquina, así que la cooperativa se puso en contacto con el proveedor para realizar los ajustes necesario en la máquina para corregir esta situación.

En el segundo de los casos sin embargo la óptica funcionó correctamente, y consiguió eliminar la presencia de ballueca, consiguiendo que la partida fuera apta para certificación.

➤ **Selección de semilla de avena husky R2 (origen Navarra)**

Tabla 9. Resultados obtenidos en la selección de avena husky R2 en la campaña 2020/2021

Antes de selección				Selección medios físicos						Selección óptica				Kg semilla apta	
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)				Apta certificación
		C	T	B			C	T	B		C	T	B		
1	24.180	0	0	0	1	10.735	0	0	0	SI	No es necesario realizar selección óptica		10.735		
					2	10.735	1	0	0	SI			10.735		
2	24.510	0	0	0	3	10.880	0	0	0	SI			10.880		
					4	10.880	0	0	0	SI			10.880		
3	24.150	0	0	0	5	10.720	0	0	0	SI			10.720		
					6	10.720	0	0	0	SI			10.720		
4	23.850	0	0	0	7	10.590	0	1	0	SI			10.590		
					8	10.590	0	0	0	SI			10.590		
5	24.250	0	0	0	9	10.765	0	0	0	SI			10.765		
					10	10.765	0	0	0	SI			10.765		
6	24.780	0	0	0	11	11.000	0	0	0	SI			11.000		
					12	11.000	0	0	0	SI			11.000		
7	24.220	0	0	0	13	10.750	0	1	0	SI			10.750		
					14	10.750	0	0	0	SI			10.750		
8	24.830	0	0	0	15	11.020	0	0	0	SI			11.020		
					16	11.020	0	4	0	SI			11.020		
9	24.775	0	0	0	17	11.000	0	0	0	SI			11.000		
					18	11.000	0	1	0	SI			11.000		
10	24.715	0	0	0	19	10.970	0	0	0	SI			10.970		
					20	10.970	0	1	0	SI			10.970		
11	24.590	0	0	0	21	10.915	0	1	0	SI			10.915		
					22	10.915	0	1	0	SI			10.915		
12	24.710	0	0	0	23	10.970	0	0	0	SI			10.970		
					24	10.970	0	0	0	SI			10.970		
293.560						260.630	Rdto total: 88,8%				260.627				

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

En el caso de la selección de la variedad Husky, no fue necesario realizar la selección óptica, el grano venía muy limpio de campo y tras la selección por medios físicos las partidas contaban con unos niveles de pureza muy elevados, no había presencia de ballueca y únicamente había algo de presencia de trigo, pero en cantidades muy reducidas. Los muestreos se realizaron cada 3 horas.

➤ **Selección de semilla de avena husky R2 (origen Aragón)**

Tabla 10. Resultados obtenidos en la selección de avena husky R2 en la campaña 2020/2021

Antes de selección				Selección medios físicos						Selección óptica				Kg semilla apta			
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)				Apta certificación		
		C	T	B			C	T	B		C	T	B				
1	22.250	0	0	0	1	6465	1	0	0	SI	No es necesario realizar selección óptica	C	T	B	certificación	6.465	
					2	6465	0	0	0	SI							6.465
					3	6465	0	0	0	SI							6.465
2	22.320	0	0	0	4	6485	0	0	0	SI		6.485					
					5	6485	0	0	0	SI		6.485					
					6	6485	2	1	0	SI		6.485					
3	22.680	0	0	0	7	6590	0	3	0	SI		6.590					
					8	6590	0	0	0	SI		6.590					
					9	6590	0	0	0	SI		6.590					
4	22.125	0	0	1	10	6430	1	0	0	SI		6.430					
					11	6430	0	0	0	SI		6.430					
					12	6430	4	0	0	SI		6.430					
5	21.865	0	0	0	13	6355	0	2	0	SI		6.355					
					14	6355	0	0	0	SI		6.355					
					15	6355	0	0	0	SI		6.355					
6	21.890	0	0	0	16	6360	0	0	0	SI		6.360					
					17	6360	1	0	0	SI		6.360					
					18	6360	0	1	0	SI		6.360					
7	20.550	78	0	0	19	3340	208	0	1	NO	180	0	0	NO	0		
		74	0	0	20	3340	205	0	1	NO	182	0	0	NO	0		
		28	0	1	21	3340	216	1	1	NO	155	1	0	NO	0		
		88	0	1	22	3340	154	0	0	NO	168	1	0	NO	0		
		9	0	0	23	3340	102	0	0	NO	52	0	0	NO	0		
8	21.165	63	0	0	24	3440	99	0	0	NO	47	0	0	NO	0		
		82	0	0	25	3440	103	0	0	NO	55	0	0	NO	0		
		57	0	0	26	3440	94	0	0	NO	41	0	0	NO	0		
		72	0	1	27	3440	107	1	0	NO	52	1	0	NO	0		
		61	0	0	28	3440	120	1	0	NO	67	1	0	NO	0		
9	20.315	68	0	0	29	3300	98	0	0	NO	40	0	0	NO	0		
		83	0	3	30	3300	109	0	0	NO	56	0	0	NO	0		
		55	0	2	31	3300	112	2	0	NO	68	2	0	NO	0		
		59	0	0	32	3300	97	0	0	NO	53	0	0	NO	0		
		67	0	2	33	3300	99	1	0	NO	47	1	0	NO	0		
195.160					166.455		Rdto 1- 6: 87,2%							116.055			
							Rdto 7- 9: 81,2%										

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

En el caso de la selección de la variedad Husky procedente de Aragón, ha habido dos casos diferenciados, los seis primeros camiones seleccionados llegaron muy limpios, y no fue necesario realizar la selección óptica, pero los tres últimos camiones llegaron con muchas impureza, había presencia de ballueca y una elevada cantidad de granos de cebada.

Tras la selección física de las tres últimas partidas estas quedaron muy lejos de los niveles de calidad necesarios para la certificación, y pese a que la cantidad de impurezas quedaba fuera del rango de trabajo óptimo de la seleccionadora óptica, se realizó esta selección para ver cómo funcionaba la seleccionadora en estas condiciones de trabajo. Se observó que en estas condiciones la máquina no era eficaz, en la mayoría de los casos no era capaz de eliminar más del 50% de los granos de cebada. No obstante, la nota positiva fue que al finalizar el proceso de selección se había conseguido eliminar la presencia de ballueca.

Para realizar el control del proceso se realizaron muestreos cada dos horas de los seis primeros camiones, y cada hora en los últimos tres.

No obstante, hay que destacar que no suele ser habitual encontrar niveles de contaminación tan altos en partidas recepcionadas para su selección como las de los tres últimos camiones, y esto nos hace pensar que hubo un problema en su recepción y transporte. Nuestra hipótesis es que, si en cosecha se detectó la presencia de ballueca y otros cereales en parcela, se preveía que esta semilla de avena no iba a cumplir con los requisitos exigidos para certificación y se descuidó bien el almacenamiento de estas partidas, haciéndolo en zonas con restos de cebada, bien el transporte, realizándolo en remolques con restos de cebada, o bien ambas cosas.

➤ Selección de semilla de avena husky R1

Tabla 11. Resultados obtenidos en la selección de avena husky R2 en la campaña 2020/2021

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica				Kg semilla apta	
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)				Apta certificación
		C	T	B			C	T	B		C	T	B		
1	25.240	0	2	0	1	11.235	0	2	0	SI	0	1	0	SI	11.235
					2	11.235	0	3	0	SI	0	2	0	SI	11.235
2	24.980	0	2	0	3	11.115	1	1	0	SI	1	0	0	SI	11.115
					4	11.115	0	4	0	SI	0	3	0	SI	11.115
3	25.105	0	0	0	5	11.170	0	2	0	SI	0	1	0	SI	11.170
					6	11.170	0	1	0	SI	0	1	0	SI	11.170
4	25.175	1	0	0	7	11.200	1	0	0	SI	0	0	0	SI	11.200
					8	11.200	4	0	0	SI	3	0	0	SI	11.200
5	25.040	0	0	0	9	11.140	1	0	0	SI	1	0	0	SI	11.140
					10	11.140	1	0	0	SI	0	0	0	SI	11.140
125.540					111.720	Rdto total:			89,0%					111.721	

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

En el caso de la selección de avena Husky R1 las partidas llegaron muy limpias y tras el proceso de selección física se cumplía con los mínimos exigidos por normativa, no obstante, debido a que el cliente en este caso pedía el mayor nivel de pureza varietal posible, se pasó por la óptica todo el volumen seleccionado. Al igual que en casos anteriores la eficacia de la máquina se redujo mucho en partidas que ya tienen una alta pureza varietal. Los muestreos se realizaron cada tres horas.

Conclusiones

Si observamos los datos obtenidos para cada una de las variedades seleccionadas, podemos ver como la mayoría de las partidas han llegado a la cooperativa con unos niveles de impureza reducidos, si el trabajo se ha realizado correctamente en las fases previas. Aun así, han existido partidas que de no haber contado con la seleccionadora óptica no hubieran podido ser certificables, como es el caso de algunas partidas de cebada Meseta y de avena Canary.

Se han detectado partidas de avena Husky, en las que la pureza varietal estaba muy por debajo de lo habitual, probablemente por un mal almacenamiento y/o transporte. En estos casos, la seleccionadora óptica no es capaz de solventar estos problemas al tener que trabajar fuera de su rango óptimo.

Tabla 12. Resultados obtenidos en la selección de cebada y avena 2020/2021 por variedades

Resultados selección cebada 2021 por variedades (Tn)				
Variedad	Meseta R2	Medinaceli R2	Saratoga R2	Total
Tn aptas tras selección física	160	54	179	393
Tn aptas tras óptica	142	0	0	142
Tn no aptas tras selección óptica	0	0	0	0
Impurezas	50	7	20	78
Total	352	61	200	613

Resultados selección avena 2021 por variedades (Tn)				
Variedad	Canary	Husky R2	Husky R1	Total
Tn aptas tras selección física	21	377	112	509
Tn aptas tras óptica	7	0	0	7
Tn no aptas tras selección óptica	7	50	0	58
Impurezas	6	62	14	81
Total	41	489	126	655

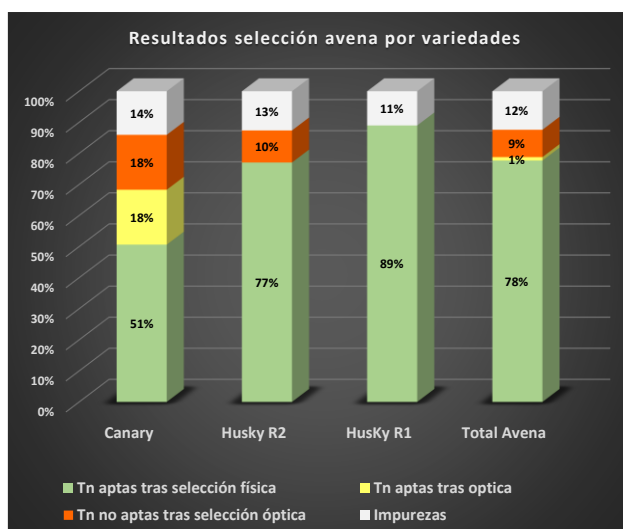
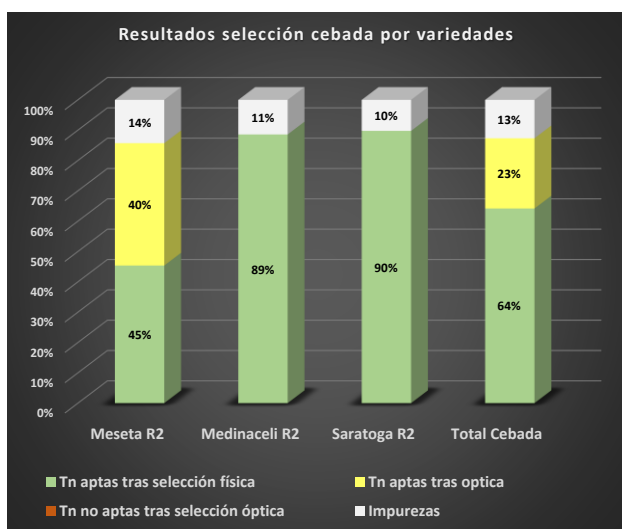


Figura 24. Resultados obtenidos en la selección de cebada y avena 2020/2021 por variedades

Efectivamente, tanto la cebada como la avena, contaban con unos niveles de pureza muy altos, por lo que el 81% del total seleccionado no ha sido necesario que pasará al proceso de selección óptica. No obstante, si observamos los datos desglosados por cultivo, podemos ver como en el caso de la cebada ha sido necesario la selección óptica del 27% total seleccionado y en el caso de la avena únicamente del 11%.

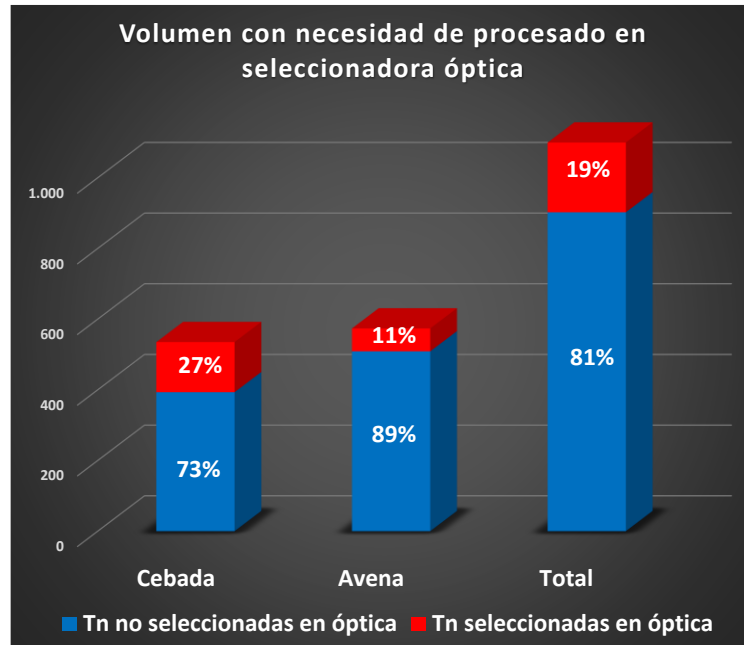


Figura 25. Volumen de semilla que ha sido necesario procesar en la seleccionadora óptica en la campaña 2020/2021

El proceso de selección óptica ha demostrado ser muy eficaz para conseguir limpiar el cereal que no cumplía con los requisitos de pureza exigidos por la normativa al finalizar el proceso de selección física. Toda la cebada que ha pasado por el proceso de selección óptica ha conseguido alcanzar los estándares necesarios para su certificación. En el caso de la avena la eficacia no ha sido tan alta, aunque estos resultados se han debido, por un lado, a la necesidad de ajustes de calibración de la máquina, y por otro lado a la selección de partidas con un nivel de impurezas muy por encima del rango de trabajo de la máquina (<0,5% de impurezas), y que se procesaron únicamente para probar la máquina en estas condiciones de trabajo.

Si en el análisis de los datos excluimos las partidas que estaban fuera del rango de trabajo de la máquina (selección de la avena Husky R2 procedente de Aragón), el 96% del volumen seleccionado en la óptica ha alcanzado los mínimos de pureza exigido. Esto implica que, si no se hubiera contado con la seleccionadora óptica, 149 Tn de cereal no habrían podido ser certificados como semilla.

El 4% del volumen restante no alcanza los mínimos por la necesidad de ajustes en la calibración de la máquina para la selección de avena.

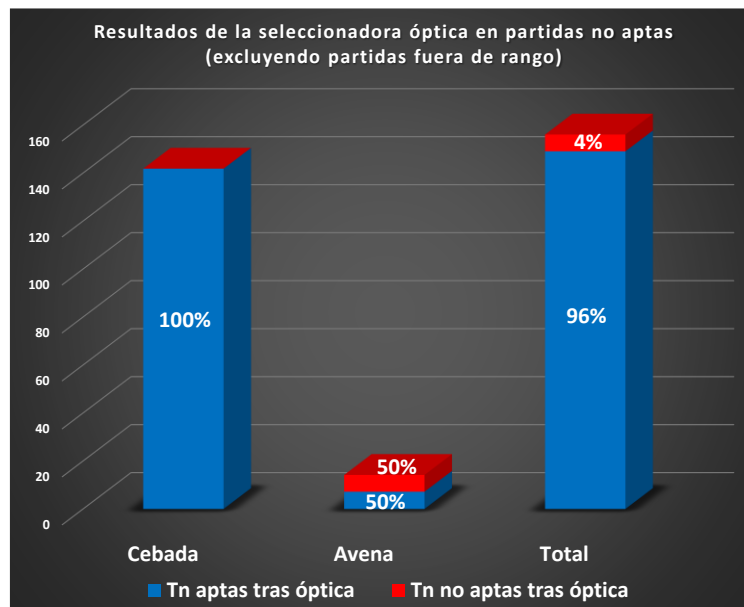
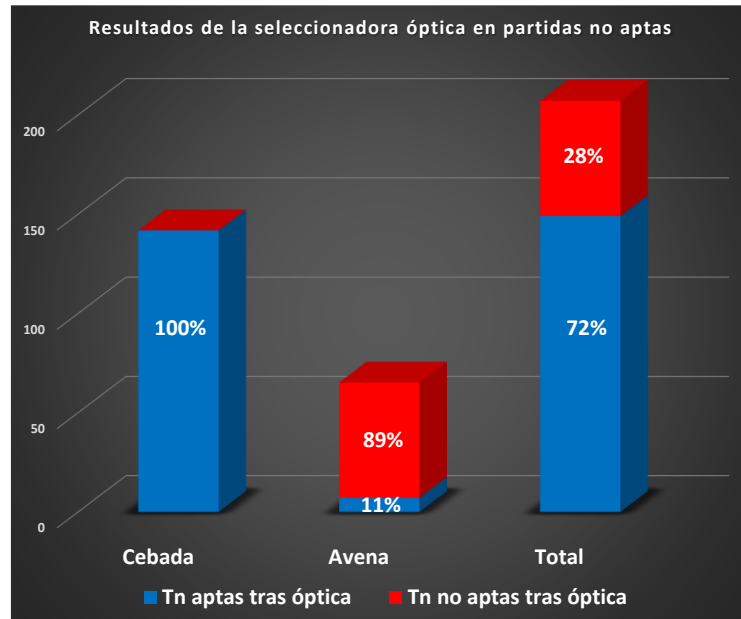


Figura 26. Resultados obtenidos en la seleccionadora óptica en la campaña 2020/2021

Por último, destacar que aunque ha sido un año en el que se ha conseguido controlar muy bien en campo la presencia de ballueca, en todas las partidas en las que había algo de presencia de esta hierba adventicia la selección óptica de avena ha conseguido eliminar la presencia de balluecas, consiguiendo que la partida sea apta para certificación.

3.3.2. Resultados de la campaña de selección 2021/2022

En el periodo de junio a noviembre 2022, se llevó a cabo la selección de todas las parcelas que estaban dedicadas a la obtención de semilla certificada.

A continuación, se indican los resultados obtenidos a lo largo de toda la campaña de selección de cebada y avena. Al igual que en la primera campaña, los datos se han desglosado en función del cultivo y variedad. Los kilos de semilla asociados a cada muestra se han estimado en base al peso de la cosecha, el rendimiento total del proceso y la frecuencia de los muestreos.

➤ Selección de semilla de cebada medinacelli R2

Tabla 13. Resultados obtenidos en la selección de cebada medinacelli R2 en la campaña 2021/2022

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)		Apta certificación	Conteos (*)		Apta certificación	
		C	T	B			T	B		T	B		
1	24.330	0	1	5	1	10.555	1	2	NO	0	0	SI	10.555
					2	10.555	2	1	NO	0	0	SI	10.555
2	24.440	0	2	2	3	10.600	1	2	NO	0	0	SI	10.600
					4	10.600	3	0	SI	0	0	SI	10.600
3	24.570	0	2	4	5	10.655	0	2	NO	0	0	SI	10.655
					6	10.655	0	2	NO	0	0	SI	10.655
73.340					63.620	Rdto total:		86,7%				63.620	

(*) T: trigo, B: ballueca

Se comenzó realizando la selección de semilla de cebada con la variedad Medinacelli. En esta variedad se había detectado la presencia de ballueca en campo y también la existencia de alguna planta de trigo. Dado que en la campaña anterior la incidencia de la ballueca en los cultivos había sido muy reducida, se quería testar la eficacia de la seleccionadora óptica para la eliminación de esta hierba adventicia, ya que suele ser una de las especies que más problemas genera en la producción de semilla certificada.

Como cabía esperar, la selección por medios físicos, salvo en una de las muestras, no fue capaz de eliminar totalmente las semillas de ballueca, y fue necesaria la utilización de la seleccionadora óptica. Como puede verse en los resultados obtenidos, la seleccionadora óptica se mostró muy eficaz en la eliminación de esta hierba adventicia, siendo capaz de eliminar totalmente su presencia y permitiendo, por tanto, que una semilla que no cumplía los requisitos para su certificación gracias a la selección óptica pueda ser certificada.

➤ **Selección de semilla de cebada saratoga R2**

Tabla 14. Resultados obtenidos en la selección de cebada saratoga R2 en la campaña 2021/2022

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)		Apta certificación	Conteos (*)		Apta certificación	
		C	T	B			T	B		T	B		
1	25.030	0	2	1	1	7.140	2	3	NO	2	0	SI	7.140
					2	7.140	3	2	NO	2	0	SI	7.140
					3	7.140	2	2	NO	0	0	SI	7.140
2	24.890	0	5	2	4	7.100	1	3	NO	0	0	SI	7.100
					5	7.100	1	3	NO	1	0	SI	7.100
					6	7.100	6	2	NO	3	0	SI	7.100
3	25.085	0	3	2	7	7.155	4	1	NO	2	0	SI	7.155
					8	7.155	4	1	NO	2	0	SI	7.155
					9	7.155	1	2	NO	1	0	SI	7.155
4	24.775	0	4	3	10	7.065	1	3	NO	0	0	SI	7.065
					11	7.065	5	1	NO	2	0	SI	7.065
					12	7.065	3	1	NO	0	0	SI	7.065
5	25.000	0	2	3	13	7.130	1	2	NO	0	0	SI	7.130
					14	7.130	0	2	NO	0	0	SI	7.130
					15	7.130	1	3	NO	0	0	SI	7.130
6	24.895	0	3	2	16	7.100	0	2	NO	1	0	SI	7.100
					17	7.100	2	1	NO	0	0	SI	7.100
					18	7.100	5	2	NO	3	0	SI	7.100
7	24.900	0	5	2	19	10.655	4	2	NO	2	0	SI	10.655
					20	10.655	1	3	NO	0	0	SI	10.655
8	25.060	0	4	2	21	10.720	6	2	NO	3	0	SI	10.720
					22	10.720	5	1	NO	2	0	SI	10.720
9	24.810	0	8	3	23	10.615	4	2	NO	2	0	SI	10.615
					24	10.615	2	2	NO	0	0	SI	10.615
10	24.885	0	6	2	25	10.645	1	3	NO	1	0	SI	10.645
					26	10.645	3	2	NO	2	0	SI	10.645
11	24.870	0	3	2	27	10.640	1	2	NO	1	0	SI	10.640
					28	10.640	2	1	NO	0	0	SI	10.640
12	25.075	0	0	4	29	10.725	1	2	NO	0	0	SI	10.725
					30	10.725	1	2	NO	0	0	SI	10.725
13	24.840	0	9	3	31	10.625	3	2	NO	2	0	SI	10.625
					32	10.625	11	1	NO	4	0	SI	10.625
14	24.965	0	7	2	33	10.680	12	2	NO	6	0	SI	10.680
					34	10.680	9	2	NO	4	0	SI	10.680
15	25.005	0	16	0	35	10.696	19	1	NO	7	0	SI	10.696
					36	10.696	10	0	NO	3	0	SI	10.696
16	25.055	0	13	1	37	10.715	14	1	NO	5	0	SI	10.715
					38	10.715	13	0	NO	3	0	SI	10.715
17	24.920	0	26	0	39	10.660	18	0	NO	7	0	SI	10.660
					40	10.660	15	0	NO	6	0	SI	10.660
18	24.940	0	31	1	41	10.670	12	0	NO	3	0	SI	10.670
					42	10.670	7	2	NO	4	0	SI	10.670
19	25.015	0	18	1	43	10.700	9	1	NO	2	0	SI	10.700
					44	10.700	11	1	NO	3	0	SI	10.700
20	24.915	0	16	0	45	10.655	13	0	NO	3	0	SI	10.655
					46	10.655	10	1	NO	2	0	SI	10.655
21	24.865	0	13	1	47	10.635	4	2	NO	1	0	SI	10.635
					48	10.635	6	2	NO	2	0	SI	10.635
22	24.955	0	1	1	49	10.675	1	0	SI	No es necesario realizar selección óptica			10.675
					50	10.675	0	0	SI				10.675
23	25.020	0	0	0	51	10.705	0	0	SI				10.705
					52	10.705	0	0	SI				10.705
24	25.060	0	2	1	53	10.720	0	0	SI				10.720
					54	10.720	1	0	SI				10.720
25	25.105	0	0	1	55	10.740	0	0	SI				10.740
					56	10.740	0	0	SI				10.740
26	24.905	0	1	0	57	10.655	0	0	SI				10.655
					58	10.655	0	0	SI				10.655
27	24.875	0	1	0	59	10.640	1	0	SI				10.640
					60	10.640	0	0	SI				10.640
28	24.865	0	1	1	61	10.635	0	0	SI				10.635
					62	10.635	0	0	SI				10.635
	698.580					597.685	Rdto total:		85,6%				597.685

(*) T: trigo, B: ballueca

En el caso de la variedad Saratoga se observó como esta campaña en muchas partidas existía una elevada cantidad de ballueca, que impedía que las partidas cumplieran con la pureza varietal necesaria (camiones 1-21). Además, en estos camiones también se identificó la presencia de bastante trigo. Sin embargo, en otras partidas camiones (22-28) la cebada llegó muy limpia y no fue necesario realizar el proceso de selección mediante óptica.

Se comenzaron cogiendo muestras cada 2 horas para comprobar si se estaba eliminando la ballueca tras la selección por medios físicos y la necesidad de realizar la selección óptica de las distintas partidas. Una vez se comprobó la necesidad de realizar la selección óptica y que este proceso estaba realizándose correctamente, los muestreos se realizaron cada 3 horas.

Como puede observarse en la tabla, mediante la selección óptica se consiguió alcanzar los niveles de pureza varietal en la totalidad del volumen seleccionado, eliminando totalmente la ballueca y una parte importante del trigo que no se podía eliminar mediante la selección por medios físicos y que impedía su certificación. Gracias a la óptica se evitó el rechazo del 75% del volumen seleccionado.

➤ Selección de semilla de cebada meseta R2

Tabla 15. Resultados obtenidos en la selección de cebada meseta R2 en la campaña 2021/2022

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica		Kg semilla apta	
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)		Apta certificación	Conteos (*)			Apta certificación
		C	T	B			T	B		T	B		
1	24.255	0	1	0	1	10.750	2	0	SI	No es necesario realizar selección óptica		10.750	
					2	10.750	2	0	SI		10.750		
2	24.410	0	0	0	3	10.820	0	0	SI		10.820		
					4	10.820	0	0	SI		10.820		
3	24.335	0	2	0	5	10.785	1	0	SI		10.785		
					6	10.785	2	0	SI		10.785		
4	24.400	0	2	0	7	10.815	4	0	SI		10.815		
					8	10.815	2	0	SI		10.815		
97.400					86.340		Rdto total:		88,6%		86.340		

(*) T: trigo, B: ballueca

Al contrario que en la campaña anterior, este año la variedad meseta llegó con escasa presencia de trigo y tampoco se detectó presencia de ballueca. Debido a estas circunstancias los muestreos se realizaron cada 3 horas.

No fue necesario realizar la selección óptica, el grano venía muy limpio de campo y tras la selección por medios físicos las partidas contaban con unos niveles de pureza muy elevados.



➤ **Selección de semilla de avena husky R2 (origen Navarra)**

Tabla 16. Resultados obtenidos en la selección de avena husky R2-Navarra campaña 2021/2022

Antes de selección				Selección medios físicos						Selección óptica			Kg semilla apta		
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)			Apta certificación	
		C	T	B			C	T	B		C	T			B
1	24.855	0	0	0	1	10.920	0	0	0	SI	No es necesario realizar selección óptica			10.920	
					2	10.920	0	1	0	SI				10.920	
2	24.790	0	0	0	3	10.895	0	1	0	SI				10.895	
					4	10.895	0	1	0	SI				10.895	
3	24.775	0	0	0	5	10.885	0	1	0	SI				10.885	
					6	10.885	0	0	0	SI				10.885	
4	24.835	0	0	0	7	10.915	0	0	0	SI				10.915	
					8	10.915	0	1	0	SI				10.915	
5	24.815	0	0	0	9	10.905	0	0	0	SI				10.905	
					10	10.905	0	0	0	SI				10.905	
6	24.870	0	0	0	11	10.930	0	2	0	SI				10.930	
					12	10.930	0	0	0	SI				10.930	
7	24.690	0	0	0	13	10.845	0	1	0	SI				10.845	
					14	10.845	0	0	0	SI				10.845	
173.630						152.590	Rdto total:			87,9%		152.590			

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

Al igual que en la campaña anterior, en el caso de la selección de la variedad Husky R2 con origen en Navarra, no fue necesario realizar la selección óptica, el grano venía muy limpio de campo y tras la selección por medios físicos las partidas contaban con unos niveles de pureza muy elevados, no había presencia de ballueca y únicamente había algo de presencia de trigo, pero en cantidades muy reducidas. Los muestreos se realizaron cada 3 horas.

➤ **Selección de semilla de avena husky R2 (origen Cataluña)**

Tabla 17. Resultados obtenidos en la selección de avena husky R2 -Cataluña campaña 2021/2022

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta		
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)			Apta certificación	
		C	T	B			C	T	B		C	T			B
1	22.235	0	8	1	1	6.320	0	11	0	NO	0	3	0	SI	6.320
					2	6.320	0	11	0	NO	0	4	0	SI	6.320
					3	6.320	0	8	0	NO	0	2	0	SI	6.320
2	22.980	1	7	1	4	6.530	1	15	0	NO	0	3	0	SI	6.530
					5	6.530	1	4	0	NO	1	0	0	SI	6.530
					6	6.530	2	3	0	NO	1	0	0	SI	6.530
3	22.150	4	14	0	7	6.295	28	9	0	NO	12	2	0	NO	0
					8	6.295	17	3	0	NO	5	1	0	SI	6.295
					9	6.295	18	5	0	NO	4	2	0	SI	6.295
4	22.265	2	9	0	10	6.330	15	17	0	NO	7	3	0	NO	0
					11	6.330	2	24	0	NO	0	4	0	SI	6.330
					12	6.330	18	27	0	NO	6	4	0	NO	0
5	22.875	5	2	0	13	6.505	17	57	0	NO	8	9	0	NO	0
					14	6.505	10	19	0	NO	4	3	0	SI	6.505
					15	6.505	12	21	0	NO	3	3	0	SI	6.505
6	10.695	1	5	0	16	6.430	8	10	0	NO	1	1	0	SI	6.430
					17	2.630	14	45	0	NO	3	6	0	NO	0
123.200					105.000	Rdto total:			85,2%				76.910		

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

La avena Husky R2 procedente de Cataluña llegó al centro de selección sin presencia de ballueca, pero con bastante cantidad de cebada y trigo. Fue necesario realizar la selección óptica de todo el volumen puesto que no se alcanzaban los niveles mínimo de pureza varietal. La selección óptica permitió eliminar una parte importante del trigo, pero perdió algo de efectividad a la hora de eliminar la cebada, y consecuencia de ello en algunas de las partidas no se alcanzaron los niveles de pureza requeridos.

Se analizaron las muestras para ver por qué no había sido capaz de eliminar la cebada, puesto que eran partidas con niveles de infestación dentro de su rango óptimo de trabajo y en otras partidas similares estaba mostrando una eficacia mucho mayor. Se observó que muchos de los granos de cebada que no podía eliminar eran diferentes a lo habitual, eran granos más alargados de lo normal, y por tanto tenían un color y una forma muy similar a los granos de avena, lo que hacía que la óptica no los supiera diferenciar.

Aun así, la seleccionadora óptica consiguió que no se rechazara el 73% del volumen total seleccionado.



➤ Selección de semilla de avena husky R1

Tabla 18. Resultados obtenidos en la selección de avena Husky R1 campaña 2021/2022

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta		
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)			Apta certificación	
		C	T	B			C	T	B		C	T			B
1	14.985	0	0	0	1	6.635	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.635
					2	6.635	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.635
2	15.015	0	0	0	3	6.650	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.650
					4	6.650	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.650
3	15.125	0	0	0	5	6.695	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.695
					6	6.695	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.695
4	15.070	0	0	0	7	6.670	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.670
					8	6.670	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.670
5	15.135	0	0	0	9	6.700	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.700
					10	6.700	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.700
6	15.095	0	0	0	11	6.685	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.685
					12	6.685	0	0	0	SI	0	0	0	SI	6.685
90.425					80.070		Rdto total:			88,5%				80.070	

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

En el caso de la selección de avena Husky R1 las partidas llegaron muy limpias, no se observó presencia de cebada, trigo o ballueca. Los muestreos se realizaron cada tres horas. Debido a que el cliente en este caso pedía que la avena tuviera el mayor nivel de pureza varietal y estuviera lo más limpia posible, se pasó por la óptica todo el volumen seleccionado.

➤ Selección de semilla de avena husky G4

Tabla 19. Resultados obtenidos en la selección de avena husky G4 campaña 2021/2022

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta		
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)			Apta certificación	
		C	T	B			C	T	B		C	T			B
1	10.415	0	0	0	1	4.648	0	1	0	SI	0	1	0	SI	4.648
					2	4.648	0	1	0	SI	0	0	0	SI	4.648
10.415					9.296		Rdto total:			89,3%				9.296	

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

En esta campaña también se seleccionó un pequeño volumen de avena Husky G4. La partida llegó muy limpia, no obstante, se seleccionó en la óptica por requerimiento del cliente.

➤ Selección de semilla de avena supernova R1

Tabla 20. Resultados obtenidos en la selección de avena supernova R1 campaña 2021/2022

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta		
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)			Apta certificación	
		C	T	B			C	T	B		C	T			B
1	14.755	0	0	0	1	6.500	0	0	0	SI	No es necesario realizar selección óptica			6.500	
					2	6.500	0	0	0	SI				6500	
2	14.850	1	0	1	3	6.545	1	0	0	SI				6.545	
					4	6.545	0	0	0	SI				6545	
3	14.920	1	1	0	5	6.575	0	0	0	SI				6.575	
					6	6.575	1	1	0	SI				6575	
4	14.915	1	0	0	7	6.570	0	0	0	SI				6.570	
					8	6.570	0	0	0	SI				6570	
5	14.880	1	0	0	9	6.555	0	1	0	SI				6.555	
					10	6.555	1	0	0	SI				6555	
6	9.665	0	0	0	11	8.515	1	0	0	SI				8.515	
83.985				74.005		Rdto total:		88,1%				74.005			

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

La avena Supernova también llegó en muy buenas condiciones, en el muestreo del camión 2 se detectó algo de ballueca, pero en las muestras tomadas tras el proceso de selección física ya no se observó su presencia. Se realizaron muestreos cada 3 horas de proceso. No fue necesario realizar la selección óptica.

➤ Selección de semilla de avena canary R1

Tabla 21. Resultados obtenidos en la selección de avena canary R1 campaña 2021/2022

Antes de selección					Selección medios físicos					Selección óptica			Kg semilla apta		
Nº muestra (camión)	kg cosecha	Conteos (*)			Nº muestra (selección)	Kg semilla	Conteos (*)			Apta certificación	Conteos (*)			Apta certificación	
		C	T	B			C	T	B		C	T			B
1	14.355	0	0	0	1	6.340	0	1	0	SI	No es necesario realizar selección óptica			6.340	
					2	6.340	0	0	0	SI				6.340	
2	14.455	0	0	0	3	6.385	0	1	0	SI				6.385	
					4	6.385	0	1	0	SI				6.385	
28.810				25.450		Rdto total:		88,3%				25.450			

(*) C: cebada, T: trigo, B: ballueca

Al igual que el resto de avenas R1, la variedad Canary llegó con escasa presencia de otros cereales. Se realizaron muestreos cada 3 horas de proceso. No fue necesario realizar la selección óptica.

Conclusiones

Al igual que en la primera campaña de proyecto, podemos ver como si el trabajo en campo se ha realizado correctamente la mayoría de las partidas cuentan con unos niveles de impureza reducidos. No obstante, han existido partidas que de no haber contado con la seleccionadora óptica no hubieran podido ser certificables. En este aspecto destacar el caso de las cebadas Saratoga y Medinaceli, las cuales hubieran sido rechazadas en su mayor parte si no se hubiera contado con este equipo.

En cuanto a la campaña de la avena, cabe destacar lo sucedido con la selección de avena Husky R2 con origen Cataluña. En este caso el nivel de impureza tras la selección física impedía su certificación, pero este no era muy elevado, ya que entraba dentro del rango de trabajo óptico de la óptica, y por tanto este equipo debería haber podido limpiar la totalidad del volumen. No obstante, la presencia de cebadas con una morfología y color muy similares a los de la avena a hecho que un parte de la avena seleccionada tuviera todavía un cantidad de cebada relevante, y no cumpliera con los niveles de pureza varietal exigidos.

Tabla 22. Resultados obtenidos en la selección de cebada y avena 2021/2022 por variedades

Resultados selección cebada 2022 por variedades (Tn)				
Variedad	Meseta R2	Medinaceli R2	Saratoga R2	Total
Tn aptas tras selección física	86	11	150	246
Tn aptas tras óptica	0	53	448	501
Tn no aptas tras selección óptica	0	0	0	0
Impurezas	11	10	101	122
Total	97	73	699	869

Resultados selección avena 2022 por variedades (Tn)					
Variedad	Canary R1	Husky R2	Husky R1+G4	Supernova R1	Total
Tn aptas tras selección física	25	153	89	74	341
Tn aptas tras óptica	0	77	0	0	77
Tn no aptas tras selección óptica	0	28	0	0	28
Impurezas	3	39	11	10	64
Total	29	297	101	84	510

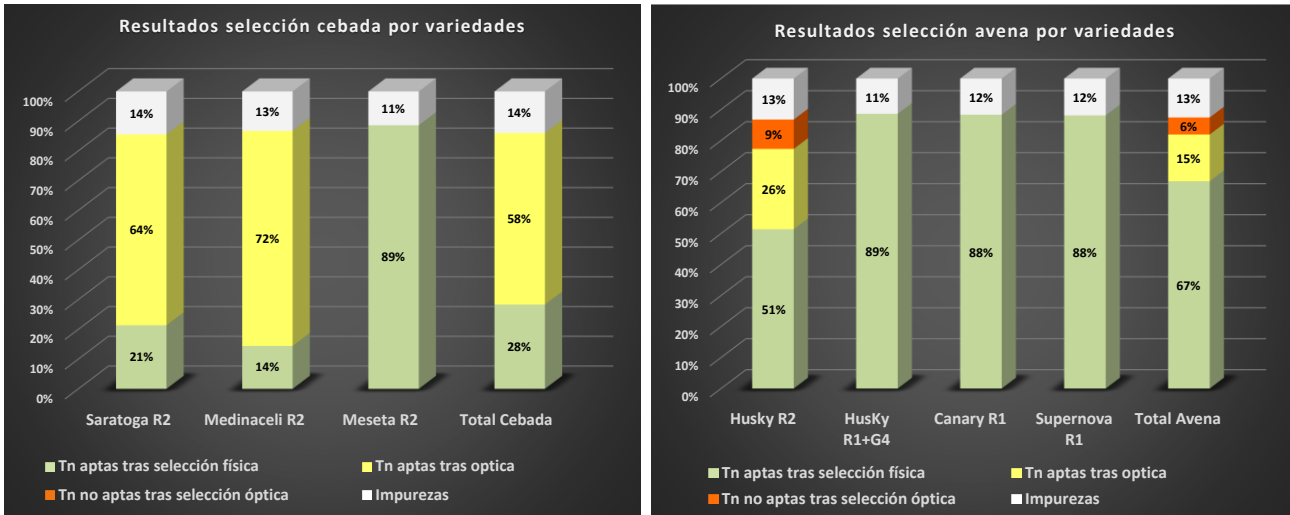


Figura 27. Resultados obtenidos en la selección de cebada y avena 2021/2022 por variedades

Este año han existido muchas más problemas con la cebada seleccionada, principalmente debido a la presencia de ballueca, que no se ha podido eliminar mediante la selección por medios físicos y ha sido necesario recurrir a la óptica. El 67 % de la cebada ha sido necesario procesarla en la seleccionadora óptica, mientras que en el caso de la avena únicamente ha sido necesario procesar el 23% para alcanzar los niveles de pureza varietal exigidos por la norma.

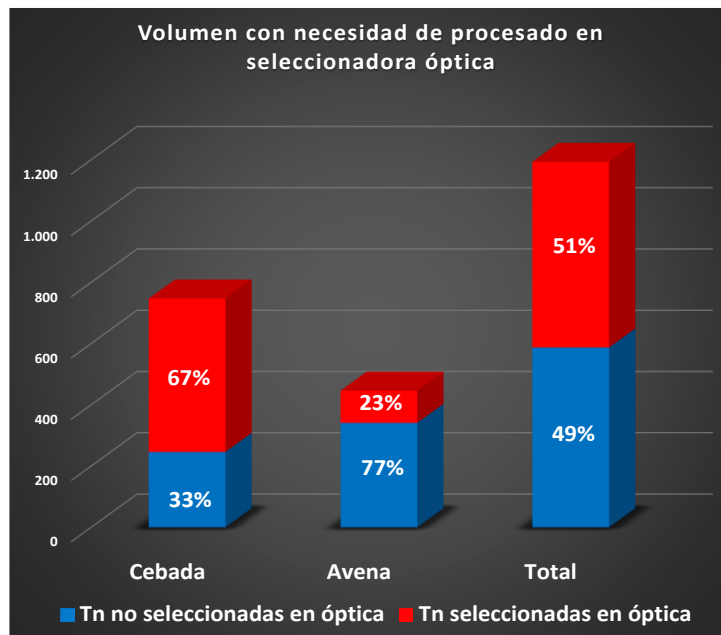


Figura 28. Volumen de semilla que ha sido necesario procesar en la seleccionadora óptica en la campaña 2021/2022

Como cabía esperar, tras los resultados obtenidos en la primera campaña, la seleccionadora óptica ha vuelto a demostrar ser muy eficaz en la limpieza del cereal que no cumplía con los valores exigidos al finalizar el proceso de selección física. El 100% de la cebada que ha pasado por la óptica ha alcanzado los estándares necesarios para su certificación, ya que ha conseguido eliminar toda la ballueca.

Este hecho ha sido este año de gran importancia ya que ha evitado tener que rechazar por presencia de ballueca el 75% de la variedad Saratoga y el 85% de la variedad Medinaceli.

En el caso de la avena la eficacia no ha sido tan alta, ya que ha habido un 23% del total seleccionado que seguía contando con un mayor número de cebadas de lo permitido. Esto se ha debido a que en algunas partidas algunos granos de cebada tenían una forma más alargada de lo normal, y esto hacía que tuvieran una gran similitud en forma y color con los granos de avena, por lo que la óptica no era capaz de eliminar la totalidad de estas cebadas.

Si vemos los datos agregados de toda la campaña, el 95% del volumen seleccionado en la óptica ha alcanzado los mínimos de pureza exigido. Esto implica que, si no se hubiera contado con la seleccionadora óptica, 578 Tn de cereal no habrían podido ser certificados como semilla.

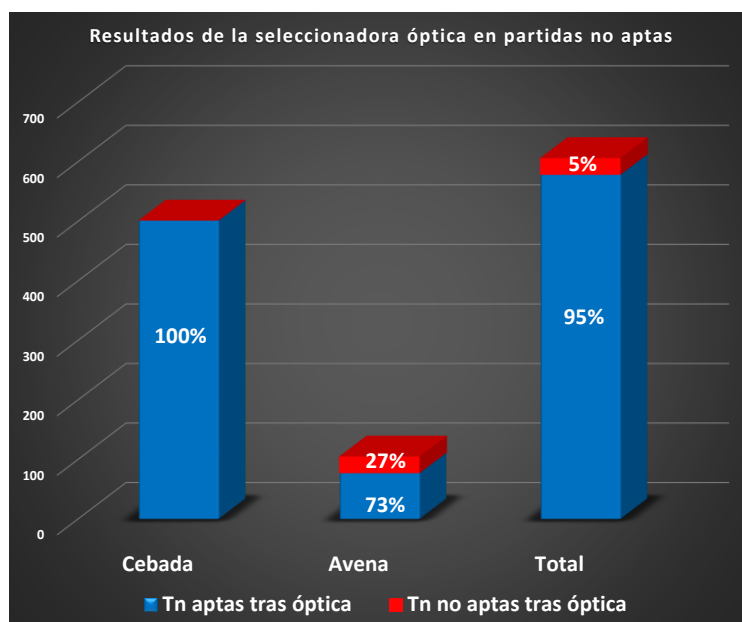


Figura 29. Resultados obtenidos en la seleccionadora óptica en la campaña 2021/2022

3.3.3. Resultados agregados campañas 2020/2021 y 2021/2022

A continuación, se indican los datos agregados de ambas campañas:

Tabla 23. Resultados agregados de las campañas de selección 2020/2021 y 2021/2022

Resultados campañas de selección avena y cebada 2021+2022				
Cultivo	Tn aptas tras selección física	Tn aptas tras selección óptica	Tn no aptas tras selección óptica	Total
Cebada	639	643	0	1.282
Avena	850	84	35	969
Total	1.489	727	35	2.251

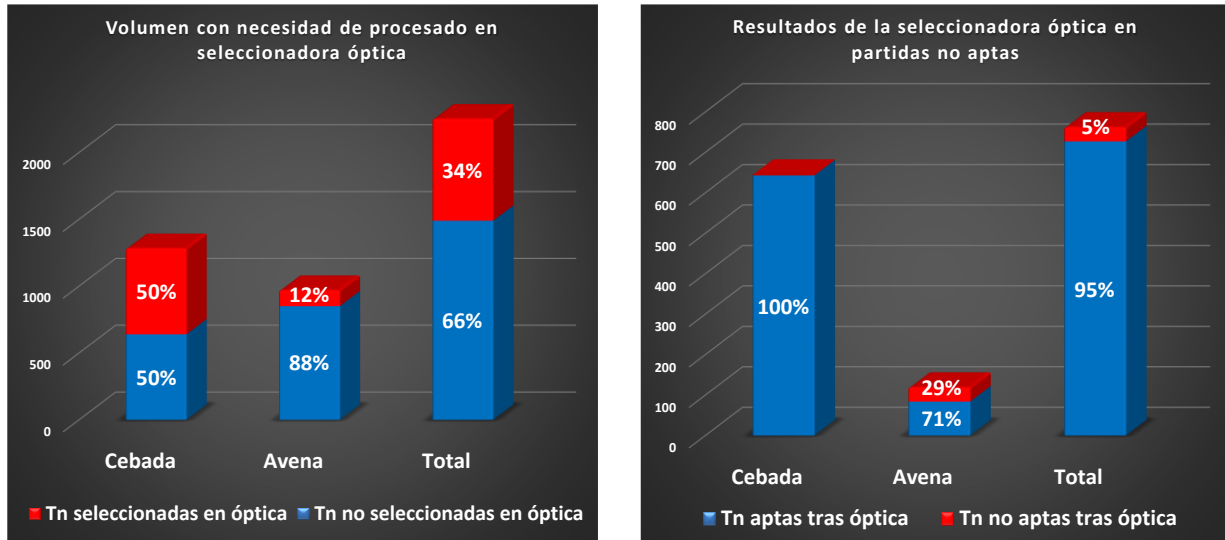


Figura 30. Resultados agregados de las campañas de selección 2020/2021 y 2021/2022

Si observamos los datos agregados de ambas campañas, podemos comprobar la gran influencia que ha tenido el uso de la óptica en los resultados obtenidos en la certificación de semillas de avena y cebada. Cabe destacar especialmente los datos en la producción de semilla de cebada, ya que en este caso las necesidades de procesado en la seleccionadora óptica han sido muy elevados, el 50% de la producción de cebada no cumplía la pureza varietal al finalizar el proceso de selección por medios físicos y ha necesitado ser procesado en la óptica. En este proceso se consiguió eliminar el trigo y la ballueca necesarios para que el 100% de la cebada cumpliera los requisitos de pureza (643 Tn). En el caso de la avena, la situación ha sido distinta, normalmente la avena ha llegado de campo más limpia, y únicamente ha sido necesario procesar el 12% del total. Además, la óptica no ha sido tan eficaz como en el caso de la cebada, no obstante, más del 70% de la avena que se ha procesado en la óptica, finalmente ha cumplido con la pureza varietal.

En definitiva, cuando la cebada y la avena llegaban al centro de selección con unos niveles de impureza reducidos, y tras la selección por medios físicos el nivel de impurezas estaba dentro del rango de trabajo de la óptica (< 0,5%), prácticamente la totalidad de la semilla seleccionada ha cumplido con los requisitos para la certificación. Únicamente se han rechazado 35 Tn (1,5%). Esto ha evitado que se tuvieran que rechazar el 32% del total de cebada y avena procesada (727 Tn).

4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Monitorización de parcelas dedicadas a la obtención de semilla certificada mediante técnicas de teledetección

El objetivo específico ligado a la tarea de monitorización de parcelas mediante teledetección se centró en evaluar la utilidad de distintas cámaras o sensores para realizar una detección temprana de trigo en parcelas de cebada y ballueca en parcelas de avena, aunque su presencia sea escasa. De los resultados presentados en el apartado anterior se puede concluir que:

- Es posible detectar infestaciones de trigo en cebada, siempre que la adquisición de las imágenes se realice en el momento en el que la cebada ya está amarilleando y las espigas se van inclinando (grano maduro) y el trigo, con un ciclo habitualmente ligeramente más retrasado, aún mantenga el color verde, o verde-azulado (dependiendo de la variedad) y la espiga recta.
- Para detectar las infestaciones de trigo en cebada es imprescindible contar con imágenes de muy alta resolución espacial, con un tamaño de pixel menor a 4 mm. En cuanto a resolución espectral, es suficiente con contar con una cámara o sensor que trabaje en las bandas del visible, aunque una mayor resolución espectral manteniendo la resolución espacial permitiría una mayor fiabilidad en la detección.
- No es posible detectar infestaciones de avena loca o ballueca en avena, al menos trabajando a las resoluciones espaciales y espectrales testadas en este proyecto, es decir, con tamaños de pixel entre 3.3 mm y 17.3 mm y adquiriendo información en las bandas espectrales de las 3 cámaras utilizadas (RGB Sony, Sequoia y MicaSense Dual).
- Es posible detectar infestaciones por *Raygrass* y otras especies no deseadas similares en parcelas de avena. En este caso, las infestaciones se detectan en cualquier fase de cultivo y a resoluciones espaciales próximas al centímetro. En este trabajo se han detectado en las ortoimágenes generadas a partir de vuelos con las cámaras RGB Sony y MicaSense Dual, y en menor medida, Sequoia.
- Es posible detectar infestaciones de *Sinapsis Arvensis* en parcelas de avena, incluso cuando estas son muy reducidas y aisladas. Estas infestaciones son identificables siempre que las plantas de *Sinapsis Arvensis* mantengan la flor amarilla (en la campaña 2022, de mediados de mayo a mediados de junio). En este caso, es imprescindible contar con imágenes de muy alta resolución espacial, con un tamaño de pixel menor a 4 mm.

En todos los casos, la técnica que ha dado lugar a la identificación automática de infestaciones más fiable, con menores errores de omisión y comisión, ha sido la basada en la transformación del espacio de color RGB a HSV de las ortoimágenes empleadas, aplicando posteriormente un proceso de filtrado en función de umbrales combinados de las componentes Tono (H) y Saturación (S).

Técnicas para la eliminación de especies y variedades no deseadas

Las técnicas culturales realizadas en las parcelas dedicadas a la producción de semilla son indispensables para evitar los rechazos, si la cosecha no llega con unos altos niveles de pureza varietal, durante el proceso de selección no es posible limpiar suficientemente el grano como para alcanzar los mínimos exigidos por la normativa.

La aplicación de fitosanitarios es eficaz a la hora de eliminar determinadas hierbas adventicias, especialmente las dicotiledóneas, que se puedan desarrollar una vez el cultivo esté implantado, pero no permite el control de trigo, cebada y avenas (ballueca).

Las rotaciones de cultivo, las falsas siembras y las labores mecánicas (grada de púas) son técnicas eficaces para el control de especies no deseadas, no obstante, ninguna de ellas por si solas es capaz de controlar eficazmente las hierbas adventicias, y es recomendable la aplicación de varias de ellas simultáneamente. Sin embargo, estas técnicas también muestran problemas para su correcta aplicación, ya que hay muchas limitaciones en cuanto a los cultivos rentables que se pueden introducir en la rotación, las falsas siembras dependen de la climatología de la campaña para poder hacerlas correctamente, habiendo problemas especialmente para la multiplicación de variedades de ciclo largo, y las labores mecánicas para que sean efectivas deben realizarse en momentos muy concretos, en estadios muy tempranos, con una ventana de tiempo para realizar los trabajos muy reducida, y por tanto también están muy condicionadas por la meteorológica de la campaña.

La depuración manual en campo es una técnica muy eficaz y la única que se puede utilizar cuando el cultivo está en fechas próximas a cosecha, no obstante, es una técnica muy costosa en tiempo y mano de obra, por lo que hace imposible su aplicación en grandes superficies de cultivo. El uso de drones puede ayudar a reducir los costes de la depuración manual, pero la realización de los vuelos también supone un coste añadido y con la actual autonomía y resolución de estos equipos, tampoco es posible volar grandes superficies, por lo que su utilización no compensa la reducción de tiempo y coste que se conseguiría en la depuración manual.

Actualmente están desarrollándose nuevas técnicas, como el uso de robots, drones pulverizadores, cámaras de visión artificial, etc.. y que en algunos casos ya se han comenzado a utilizar en otros cultivos (hortícolas, invernaderos...). En el futuro estas técnicas podrían ser útiles para el control de hierbas adventicias en cultivos extensivos. Habrá que seguir la evolución de la autonomía, precisión y costes de estas nuevas tecnologías para valorar cuando llegaran a ser herramientas interesantes para la producción de semillas certificadas de cereal.

Finalmente, destacar que además de las técnicas que se apliquen en campo es importante implantar una serie buenas prácticas durante la cosecha, el almacenamiento y el transporte que impidan que las semillas se mezclen con otros cereales (limpieza de equipos e instalaciones, distancias de almacenamiento...)

Selección de semillas mediante seleccionadora óptica

La utilización de seleccionadora óptica ha demostrado ser muy útil para reducir significativamente el número de partidas rechazadas al finalizar el proceso de selección en la cooperativa. Cuando este equipo trabaja con semillas que posean menos de un 0,5% de impurezas es capaz de eliminar entre el 80 y el 90% de impurezas, cuando se sobrepasa este límite la eficacia baja de manera considerable, eliminando menos del 50% de las impurezas.

El equipo se ha mostrado especialmente eficaz en la selección de semillas de cebada, siendo capaz de eliminar el trigo y la ballueca, que pese a encontrarse en cantidades reducidas tras la selección física, impedía que fuera apta para certificación como semilla. De las 1.282 Tn de cebada seleccionadas 643 Tn se hubieran rechazado si no se hubiera contado con la óptica.

En el caso de la avena, durante las dos campañas de duración del proyecto, no ha sido necesario recurrir a la óptica con tanta frecuencia, debido al menor número de impurezas con las que llegaba la avena al centro de selección, únicamente ha sido necesario seleccionar en la óptica 119 Tn de las 969 Tn procesadas. Por otro lado, este proceso tampoco ha sido tan efectivo como en el caso de la cebada, de las 119 Tn de avena que han pasado por la óptica el 30% ha tenido que ser rechazada para certificación. Esto se ha debido a que en partidas muy concretas existía presencia de cebada cuyos granos eran más alagados de lo habitual, lo que hacía que su forma y color fueran similares a la avena, y por lo tanto la óptica no era capaz de diferenciarlos. Para intentar solucionar esta situación en futuras campañas, se contactará con el proveedor de la máquina para ver si se pueden realizar ajustes en el software del equipo que permita evitar esta incidencia.

Finalmente destacar que en los dos años que ha durado el proyecto, no han existido excesivos problemas por la presencia de ballueca, salvo alguna partida concreta de cebada durante el segundo año. Esta hierba adventicia es habitual que en los años que tienen mayor presencia cause mucho problemas en el proceso de certificación, tanto por lo complicado de su control en campo, como por los requisitos tan exigentes que establece la normativa en cuanto a su presencia, que tiene que ser prácticamente nula. En las partidas de cereal que se ha detectado la presencia de ballueca tras la selección física hemos podido comprobar como la óptica ha sido capaz de eliminarla, pero no se ha podido testar la capacidad de este equipo en partidas de avena que contarán con una presencia importante de ballueca. Probablemente en próximas campañas se podrá comprobar como responde la óptica cuando existan infestaciones altas de ballueca en el cultivo de la avena.



Referencias bibliográficas

Gómez-Casero, M.T, I.L. Castillejo-González, A. García-Ferrer, J.M. Peña-Barragán, M. Jurado-Expósito, L. García-Torres y F. López-Granados, 2010. Spectral discrimination of wild oat and canary Grass in wheat fields for less herbicide application, *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 689-699.

López-Granados, F., M. Jurado-Expósito, J.M. Peña-Barragán and L. García-Torres, 2006. Using remote sensing for identification of late-season Grass weed patches in wheat. *Weed Science*, 54, 346-353.