

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL



**“SEGUIMIENTO DEL OÍDIO EN CULTIVOS DE
ENELDO EN EL SURESTE DE ESPAÑA”**

UNIVERSITAS Miguel Hernández

TRABAJO FIN DE GRADO

Julio-2025

Autor: Antonio Andrés Penalva Martínez

Tutores: Ana María Ortega Gea

Manuel Cantó Tejero

**“SEGUIMIENTO DEL OÍDIO EN CULTIVOS DE ENELDO EN EL SURESTE
DE ESPAÑA”**

Resumen:

Se ha evaluado la incidencia y evolución del oídio (*Erysiphe heraclei* DC.) en eneldo (*Anethum graveolens* L.) mediante un seguimiento fitopatológico en dos parcelas de Llano de Brujas (Murcia) y Almoradí (Alicante), con condiciones agroclimáticas diferenciadas. A través de muestreos periódicos se ha analizado la relación entre el desarrollo de la enfermedad y variables ambientales. Paralelamente, se han seguido dos estrategias de control fitosanitario, con materias activas de distinto modo de acción y persistencia. Los resultados evidencian diferencias en la eficacia de los tratamientos según el entorno, subrayando la importancia del manejo integrado adaptado a las condiciones de cada parcela.

Palabras clave:

Control integrado de enfermedades, plantas aromáticas, enfermedad fúngica, *Erysiphe heraclei*, *Anethum graveolens* L.

**“MONITORING OF POWDERY MILDEW IN DILL CROPS IN
SOUTHEASTERN SPAIN”**

Abstract:

The incidence and evolution of powdery mildew (*Erysiphe heraclei* DC.) on dill (*Anethum graveolens* L.) was evaluated by means of a phytopathological monitoring in two plots in Llano de Brujas (Murcia) and Almoradí (Alicante), with different agroclimatic conditions. The relationship between the development of the disease and environmental variables was analyzed by means of periodic sampling. At the same time, two phytosanitary control strategies have been followed, with active substances with different modes of action and persistence. The results show differences in the efficacy of the treatments depending on the environment, highlighting the importance of integrated management adapted to the conditions of each plot.

Keywords:

Integrated disease management, aromatic plants, fungal disease, *Erysiphe heraclei*, *Anethum graveolens* L.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Cultivo del eneldo.....	6
1.1.1. Origen.....	6
1.1.2. Importancia económica y distribución geográfica.....	6
1.1.3. Usos.....	8
1.1.4. Características morfológicas.....	8
1.1.5. Requerimientos del cultivo.....	11
1.1.6. Manejo del cultivo.....	12
1.1.7. Plagas y enfermedades.....	13
1.2. Oídio del eneldo.....	14
1.2.1. Importancia y distribución de la enfermedad.....	14
1.2.2. Descripción.....	16
1.2.3. Biología.....	18
1.2.4. Síntomas y daños.....	19
1.2.5. Seguimientos y umbrales.....	22
1.2.6. Estrategias y métodos de control.....	23
2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO.....	25
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	26
3.1. Descripción de las parcelas y del cultivo.....	26
3.1.1. Parcela número 1 (Llano de Brujas).....	26
3.1.2. Parcela número 2 (Almoradí).....	27
3.2. Seguimiento.....	29
3.3. Tratamientos fitosanitarios realizados.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Evolución de la enfermedad.....	34
4.1.1. Incidencia en la parcela número 1 (Llano de Brujas).....	34
4.1.2. Incidencia en la parcela número 2 (Almoradí).....	38
4.2. Resumen y comparación de parcelas.....	42
5. CONCLUSIONES.....	45
6. BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEJOS.....	50

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Cultivo del eneldo

1.1.1. Origen

El eneldo (*Anethum graveolens* L.) pertenece a la familia Apiaceae, la cual está compuesta por más de 400 géneros y algo más de 3.500 especies. Según Altameme et al. (2017), se considera que el eneldo tuvo su origen en la región oriental del mar Mediterráneo, aunque en la actualidad su cultivo está ampliamente distribuido a nivel mundial. El cultivo de esta planta aromática en España no tiene una fecha documentada de inicio, aunque se conoce su uso en la península ibérica desde la época romana. Sin embargo, su cultivo orientado a su comercialización no comienza hasta finales del siglo XX.

1.1.2. Importancia económica y distribución geográfica

El eneldo no está considerado como uno de los cultivos mayoritarios en comparación con otros cultivos de plantas aromáticas como puede ser el perejil, ya que culturalmente no está tan incorporado en la sociedad como este último.

Por delante de España encontramos países como India, Irán y Turquía, en los cuales encontramos unas condiciones climáticas muy favorables para la producción de este cultivo.

En cuanto a la producción mundial de eneldo, aunque no existen datos oficiales específicos en la base de datos FAOSTAT de la FAO debido a que no se considera un cultivo de gran relevancia a nivel global, se estima que en el año 2020 la producción alcanzó aproximadamente las 200.000 toneladas métricas. Esta cifra refleja una gran demanda del eneldo tanto por su uso culinario como por sus propiedades medicinales y aplicaciones en la industria alimentaria (Essfeed, 2023).

A nivel europeo, debido a las condiciones climáticas que encontramos en los países más fríos de esta región, el cultivo de esta planta aromática en dichos territorios se hace prácticamente imposible. Los datos sobre producción de eneldo en la Unión Europea están recogidos en artículos que engloban al eneldo dentro de la categoría llamada “hierbas aromáticas” y, por tanto, no se dispone de información de producción de eneldo en particular, por lo que únicamente podremos observar la tendencia de producción de hierbas aromáticas en general.

En cuanto a la producción nacional, al igual que ocurre con los datos a nivel europeo, estos engloban al cultivo de eneldo dentro del denominado “cultivo de plantas aromáticas y medicinales” (PAM). Como vemos en la Figura 1 el cultivo de plantas aromáticas y medicinales en España está en pleno desarrollo, habiéndose experimentado un fuerte crecimiento en los últimos años.

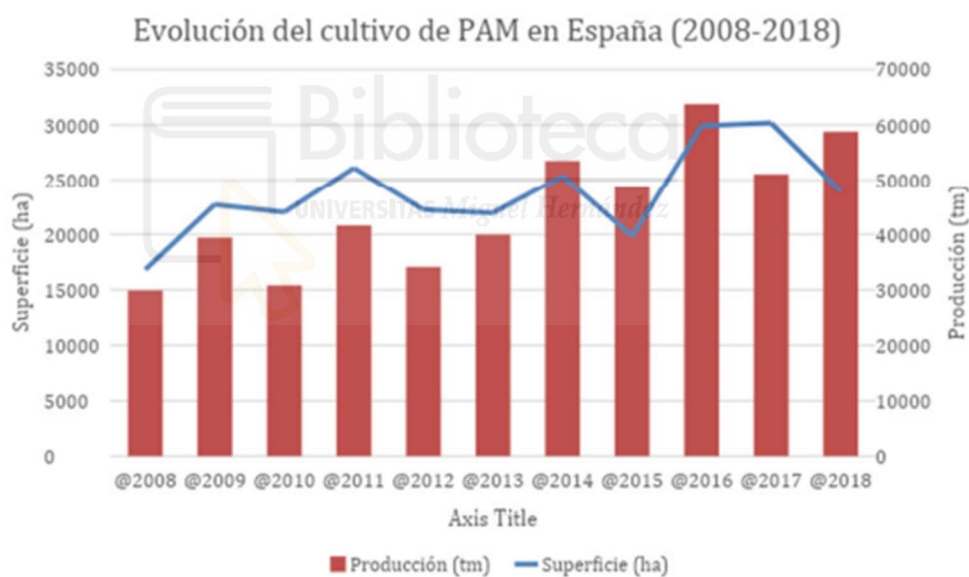


Figura 1. Evolución del cultivo de Plantas Aromáticas y Medicinales en España (2008-2018) (Navarro, 2024).

Por último, en cuanto a la producción regional en la Región de Murcia, la superficie de cultivo de “plantas aromáticas” ronda las 1.500 hectáreas, con una producción de más de 44 toneladas de aceites esenciales en el año 2019 (CARM, 2020).

Por otro lado, se observa que la tendencia de la superficie destinada al cultivo de plantas aromáticas y medicinales en la Región está aumentando a un ritmo superior al 25% cada año (CARM, 2024).

En el caso de la Comunidad Valenciana, no se dispone de información específica sobre superficies cultivadas ni volúmenes de producción de plantas aromáticas y medicinales; sin embargo, se registra un total de 12.357.062 plantas producidas correspondientes al grupo de plantas aromáticas (Generalitat Valenciana, 2024).

1.1.3. Usos

La difusión que ha experimentado el cultivo a lo largo de su historia está ligada a antiguas rutas comerciales, expansión de culturas agrícolas, etc. Un acontecimiento importante en este aspecto y que marcó el desarrollo de este cultivo fue la llegada del mismo al continente americano, donde actualmente tiene una gran producción y su uso está muy integrado en la cocina tradicional.

El eneldo se utiliza principalmente como condimento por su aroma característico, tanto en fresco como seco (Altameme et al., 2017). Las hojas se emplean en ensaladas, sopas, salsas y platos de pescado, mientras que los tallos jóvenes también pueden añadirse a guisos o marinadas.

Históricamente ha sido utilizado como remedio para la indigestión, flatulencia e incluso como estimulante para la secreción de leche. A su vez, las semillas también tienen acción antimicrobiana contra una amplia gama de microorganismos (Altameme et al., 2017).

1.1.4. Características morfológicas

El eneldo (*Anethum graveolens* L.) es una planta anual perteneciente a la familia de las apiáceas, de porte erecto y alta resistencia (Instituto Colombiano Agropecuario, 2011). Presenta hojas muy finas, de aspecto similar al de los helechos (Figura 2).



Figura 2. Hojas de eneldo (GBIF, 2024).

El tallo, que normalmente es único, es cilíndrico, erecto, de color verde apagado (aunque de intensidad variable según las diferentes especies comercializadas) y con un brillo característico. Puede alcanzar una altura comprendida entre 0,9 y 1,5 metros. Sus inflorescencias en umbela son de gran tamaño y están compuestas por pequeñas flores amarillas (Figura 3) (Instituto Colombiano Agropecuario, 2011).



Figura 3. Inflorescencias eneldo (GBIF, 2025).

Por otro lado y a diferencia de otras especies umbelíferas, las flores del eneldo, aunque aromáticas, presentan escasa producción de néctar. Estas flores son homogámicas

y hermafroditas, aunque también pueden encontrarse ejemplares exclusivamente masculinos (estaminados) o femeninos (pistilados). Las umbelas primarias suelen portar flores hermafroditas, mientras que las secundarias y terciarias presentan flores hermafroditas en los márgenes y estaminadas en el centro, configuración similar a la del cilantro. En las flores pistiladas, el ovario contiene habitualmente dos óvulos. Las flores estaminadas cuentan con cinco estambres situados entre los pétalos, y en ellas es más visible la presencia de néctar, a diferencia de las flores pistiladas, donde este es escaso o inexistente (Gupta et al., 2012).

Las semillas de eneldo son duras, aladas, ovaladas y de color variable según la variedad, con una cara plana y otra convexa (Figura 4). También tiene muchos pelos cortos y rudos con nervaduras unidas de extremo a extremo de la semilla. Conservan su capacidad germinativa durante 2 o 3 años (Instituto Colombiano Agropecuario, 2011).



Figura 4. Semillas de eneldo (GBIF, 2025).

1.1.5. Requerimientos del cultivo

Anethum graveolens L. prefiere climas templados, con temperaturas entre 15 y 25 °C. Requiere suelos bien drenados, ligeros, ricos en materia orgánica y con un pH entre 5,5 y 6,5. Es sensible a los vientos fuertes, por lo que se recomienda su cultivo en áreas protegidas.

En cuanto a las heladas el eneldo tiene una alta sensibilidad. Porque aunque puede tolerar condiciones algo frías, se sugiere como medida eficaz el evitar su exposición a temperaturas por debajo de 0 °C, ya que las heladas pueden causar daños severos en los tejidos vegetales por formación de cristales de hielo, lo que conlleva la ruptura celular y la muerte de la planta.

La siembra se realiza preferentemente de forma directa en el terreno definitivo, ya que el eneldo no tolera bien el trasplante debido a su raíz pivotante. En nuestro territorio, la siembra se efectúa aproximadamente en otoño, con una distancia de 25 a 30 cm entre plantas y 30 a 40 cm entre hileras. La germinación ocurre entre los 10 y 21 días después de la siembra.

Requiere riegos moderados y regulares, evitando el encharcamiento. Es importante mantener el suelo húmedo, especialmente durante la germinación y el crecimiento inicial. Se considera oportuno realizar escardas periódicas para controlar las malas hierbas y favorecer el desarrollo de la planta.

En cuanto al abonado del eneldo, este comienza con una fertilización de fondo que se realiza antes de la siembra. Esta práctica consiste en incorporar materia orgánica bien descompuesta, como compost o estiércol, con el fin de mejorar la estructura y la fertilidad del suelo. Resulta adecuado complementar con fertilizantes minerales en terrenos con baja disponibilidad de nutrientes.

Durante el ciclo del cultivo, especialmente en la fase de mayor crecimiento vegetativo, puede aplicarse un abonado de cobertura con nitrógeno. Esta aportación adicional, generalmente entre 20 y 30 kg/ha, contribuye a potenciar el desarrollo foliar de la planta. No obstante, se ha comprobado que la aplicación de nitrógeno aumentó el rendimiento del cultivo, pero no se observan diferencias evidentes entre los diversos

tratamientos con aporte de nitrógeno en diferentes cantidades, por lo que un mayor aporte de nitrógeno no siempre asegura una mayor producción (Wander & Bouwmeester, 1998).

En términos generales, el eneldo se desarrolla mejor en suelos bien drenados, ricos en materia orgánica y con un pH comprendido entre 5,5 y 6,5. Es importante evitar excesos, en particular de nitrógeno, ya que pueden favorecer el desarrollo de enfermedades y disminuir la calidad del aceite esencial (Ramzan et al., 2007).

Para concluir, podemos decir que para una fertilización más precisa y eficiente, se aconseja realizar análisis de suelo antes de planificar el abonado.

Las hojas pueden cosecharse a partir de las 6 a 8 semanas de la siembra, cuando la planta ha alcanzado unos 25 cm de altura, aunque esto puede variar en función de las necesidades del mercado. A su vez, en este cultivo es posible realizar hasta dos cortes, lo que aumenta considerablemente el rendimiento del mismo en la parcela.

1.1.6. Manejo del cultivo

Respecto a la técnica de siembra, aunque la práctica tradicional es a voleo, se recomienda el sistema en líneas o caballones, ya que permite una mejor organización del cultivo y facilita las labores interculturales, a la vez que se optimiza tanto la tarea de siembra como la de recolección, aprovechando al máximo la superficie cultivable y optimizando los recursos disponibles.

En cuanto al manejo del material vegetal, se debe utilizar semilla limpia, sana y preferentemente con menos de dos años de antigüedad, ya que estas presentan una mayor capacidad germinativa. A su vez, también podría ser aconsejable poner en agua las semillas durante 24 horas previas a la siembra ya que esto puede acelerar el proceso de germinación, aunque esto es recomendable en una siembra doméstica o a pequeña escala, ya que si se va a realizar una siembra comercial donde buscamos el máximo rendimiento con equipos constituidos por sembradoras esto no sería recomendable, ya que podría afectar al proceso de siembra.

La densidad de siembra varía en función del sistema empleado y las condiciones hídricas. Bajo condiciones de siembra en línea con riego, una densidad cercana a las

200 000 plantas por hectárea permite alcanzar rendimientos medios de planta fresca en torno a las 10 toneladas por hectárea.

1.1.7. Plagas y enfermedades

En primer lugar, entre las principales plagas observadas en el cultivo, destacan los áfidos *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae), entre otros, que se alimentan de la savia de la planta mediante piezas bucales que extraen la savia del cultivo (Figura 5).



Figura 5. Planta de eneldo con áfidos.

En segundo lugar, y todavía dentro del grupo de plagas, se ha detectado una elevada presencia de mosca blanca, *Aleyrodes* spp., un insecto homóptero que suele ubicarse en el envés de las hojas, donde las hembras adultas depositan sus huevos (Figura 6).



Figura 6. Hojas de eneldo con puesta de *Aleyrodes* spp.

En tercer lugar, y cambiando de plagas a enfermedades, encontramos la *Itersonilia* spp. (Cystofilobasidiales: Mrakiaceae), una enfermedad de origen fúngico, que puede afectar a un amplio rango de especies vegetales, especialmente bajo condiciones de elevada humedad y temperaturas moderadamente bajas. En cuanto a esta enfermedad, los síntomas más comunes que podemos encontrar en el cultivo de eneldo incluyen manchas marrones o negras en las hojas y en los tallos, provocando un decaimiento generalizado del cultivo.

En cuarto lugar, y continuando con las enfermedades de origen fúngico, se ha detectado la presencia de oídio en el cultivo de eneldo, enfermedad que se ha elegido como objeto de este estudio debido a su gran importancia económica, por lo que se desarrollará más ampliamente en el siguiente apartado.

1.2. Oídio del eneldo

1.2.1. Importancia y distribución de la enfermedad

En territorio español fue durante la primavera y el verano de 2002 cuando se citó, por primera vez, la presencia de oídio en cultivos comerciales de eneldo en varios invernaderos situados en Almería, al sur de España.

La enfermedad se manifestó mediante colonias blancas, densas y persistentes de micelio fúngico sobre hojas, inflorescencias y tallos, típicas del mildiú polvoroso u oídio (Torés et al., 2004).

En España, el oídio causado por *Erysiphe heraclei* DC. también ha sido detectado en otras umbelíferas cultivadas en el sur del país, como la zanahoria y el apio, que pueden actuar como fuentes potenciales de inóculo para el eneldo (Torés et al., 2004).

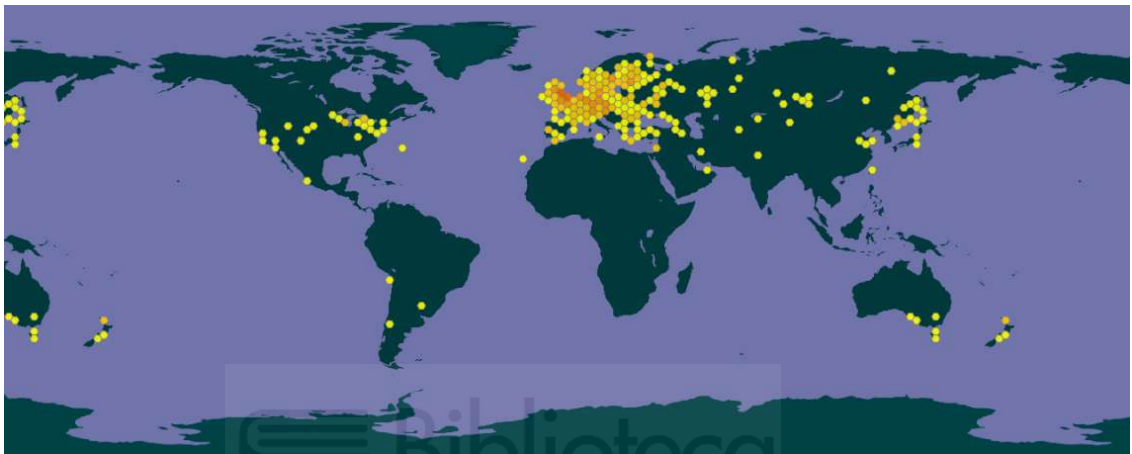


Figura 7. Mapa de registros georeferenciados de *Erysiphe heraclei* DC. (GBIF, 2025).

En numerosas parcelas situadas en las regiones costeras del Mediterráneo oriental, en la provincia de Hatay (Turquía), durante los muestreos anuales de enfermedades realizados en cultivos de eneldo en septiembre de 2001 y mayo de 2002, se observaron síntomas esporádicos compatibles con oídio, localizados en hojas, tallos e inflorescencias. En los casos más severos, las hojas presentaban deformaciones por enrollamiento (Soylu & Soyly, 2003).

También en la etapa comprendida entre los años 2010 y 2014 se detectaron síntomas característicos de oídio en cultivos de eneldo, en varios invernaderos de la región de Apulia, al sur de Italia (Bubici, 2015).

La enfermedad afectaba a las plantas en todas las fases de desarrollo, desde el trasplante hasta la cosecha, y si no se controlaba a tiempo, la infección fúngica se propagaba rápidamente desde las hojas basales y pecíolos hasta el resto de la planta (Bubici, 2015).

1.2.2. Descripción

Erysiphe heraclei es un hongo ascomiceto perteneciente al filo Ascomycota, clase Leotiomycetes, orden Erysiphales y familia Erysiphaceae. Se trata de un patógeno biotrófico obligado, causante del oídio en distintas especies de apiáceas como el eneldo, el perejil o la zanahoria (EPPO, 2025).

Mediante análisis microscópicos se observan hifas con un grosor de entre 6 y 10 μm . Los conidios (Figura 8) son de forma cilíndrica a ovoide y presentan una longitud de entre 26 y 42 μm , y un ancho de entre 12 y 18 μm .



Figura 8. Conidios de *Erysiphe heraclei* (Schmidt & Braun, 2024).

Los tubos germinativos (Figura 9) se desarrollan desde los extremos de los conidios y los apresorios muestran una morfología lobulada (Torés et al., 2004).



Figura 9. Tubo germinativo desarrollado desde el extremo de un conidio de *Erysiphe heraclei* (Schmidt & Braun, 2024).

Los conidióforos (Figura 10) miden entre 64 y 154 μm de longitud, y sus células basales rectas tienen una longitud de entre 24 y 42 μm , y un ancho de entre 6 y 10 μm . No se encontraron cleistotecios, por lo que no fue posible una identificación taxonómica definitiva de la especie (Torés et al., 2004).



Figura 10. Conidióforo de *Erysiphe heraclei* (Schmidt & Braun, 2024).

Según las características morfológicas del estado asexual del hongo, se pudo determinar que este oídio se correspondía con *Erysiphe heraclei*, patógeno conocido por afectar a cultivos de la familia de las umbelíferas. Esta especie ya había sido descrita

anteriormente en eneldo en países como Francia, Portugal y, más recientemente, Turquía (Torés et al., 2004).

1.2.3. Biología

Las especies del género *Erysiphe* generan dos tipos de esporas: los conidios, que se reproducen asexualmente, y las ascosporas, que se originan por vía sexual. Ambas se diseminan principalmente por el viento, lo que facilita la aparición de nuevos focos de infección. Para que los conidios germinen, se requiere una humedad relativa elevada, superior al 95 %. Sin embargo, un exceso de humedad libre en la superficie de la planta puede dificultar la germinación, y las lluvias pueden arrastrar las esporas, provocando una reducción temporal en el avance de la enfermedad, aunque esta puede reanudarse una vez cesan las precipitaciones. La severidad del oídio tiende a aumentar en cultivos que se desarrollan en condiciones de sombra o luz insuficiente, donde la ventilación es limitada y la humedad permanece elevada durante más tiempo (McGovern, 2023).

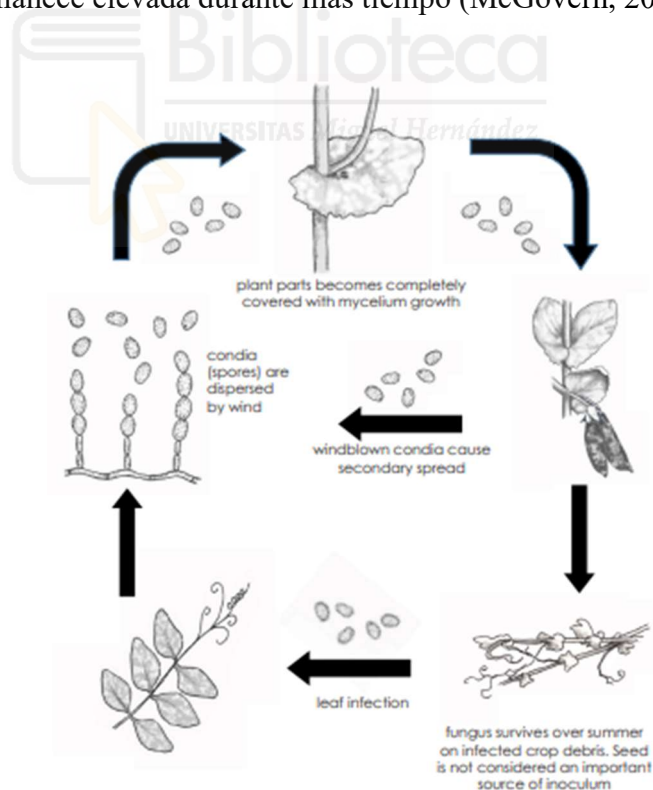


Figura 11. Diagrama funcional del ciclo epidemiológico del oídio en condiciones de cultivo. (Volesky et al., 2021).

El ciclo comienza con la supervivencia del hongo en restos de cultivo infectados (Figura 11), donde permanece en forma de micelio o estructuras de resistencia. En

condiciones favorables, produce conidios que son dispersados por el viento, lo que permite la infección primaria en hojas jóvenes.

Tras la infección foliar, el micelio se desarrolla superficialmente sobre los tejidos, formando una capa blanquecina característica.

A partir de ese momento, el hongo inicia su fase epifítica activa, caracterizada por el desarrollo de micelio superficial y la producción continua de conidios. Tanto *E. heraclei* como otras especies del género, como *E. polygona*, presentan una elevada eficiencia en la colonización del hospedador incluso en condiciones de humedad ambiental moderada, lo que favorece su persistencia y diseminación en climas templados (Volesky et al., 2021).

Si no se interrumpe este ciclo, las partes aéreas de la planta pueden quedar completamente cubiertas de micelio, provocando daños fisiológicos y reducción del rendimiento.

El ciclo se repite mientras persistan condiciones de alta humedad relativa y temperaturas moderadas, preferentemente entre 15 y 25 °C, aunque no requiere agua libre para infectar. La escasa ventilación, el sombreado y la elevada densidad del cultivo también favorecen el desarrollo del patógeno. Las semillas no se consideran una fuente relevante de inóculo.

1.2.4. Síntomas y daños

Los síntomas típicos del oídio incluyen la aparición de manchas que se extienden hasta formar colonias irregulares de micelio blanco con aspecto pulverulento, acompañadas de conidios (estructuras asexuales del hongo) que recubren hojas (Figura 12), tallos, umbelas e incluso frutos (McGovern, 2023).



Figura 12. Hojas de *Smyrnium olusatrum* afectadas por *Erysiphe heraclei* (GBIF, 2025).

El tejido vegetal afectado adquiere una coloración amarillenta, que posteriormente se torna marrón y acaba necrosándose. En casos de infección severa, los órganos jóvenes pueden presentar deformaciones debido al daño tisular (McGovern, 2023).

Como consecuencia de esta infección fúngica el cultivo experimenta una reducción de la fotosíntesis debido a la formación de micelio blanco sobre hojas, tallos (Figura 13) e inflorescencias. Esto debilita la planta, reduce su rendimiento y deteriora la calidad del producto.



Figura 13. Tallos de *Anethum graveolens* afectados por oídio.

En casos graves (Figura 14), las partes afectadas se necrosan o deforman, lo que puede hacer que el cultivo no sea apto para la comercialización. Además, la persistencia del hongo en el campo incrementa el riesgo de reinfección en campañas posteriores, lo que puede conllevar, en casos extremos, incluso el abandono de la parcela cultivada.



Figura 14. Plantas de *Anethum graveolens* afectadas por oídio.

1.2.5. Seguimientos y umbrales

En el caso del cultivo de eneldo, el oídio puede afectar a todas las fases del desarrollo del cultivo, desde el estado de plántula hasta la madurez. Por ello, es fundamental establecer un sistema de seguimiento basado en inspecciones visuales periódicas, especialmente en condiciones favorables para el desarrollo del patógeno (humedad relativa alta y temperaturas moderadas). Las observaciones deben centrarse en hojas jóvenes y tallos de la parte media y alta de la planta, donde suelen aparecer inicialmente los síntomas característicos: micelio blanco pulverulento y posterior necrosis del tejido afectado.

Aunque no existen umbrales de intervención específicos definidos para el eneldo en las guías de gestión integrada de plagas y enfermedades, por analogía con otras especies del género *Erysiphe*, en este caso *Erysiphe betae*, se recomienda intervenir a partir de la detección de síntomas en más de un 10 % de la superficie foliar enferma (Wickwar & Neher, 2023), especialmente si se encuentran en fase de crecimiento activo.

Por otro lado, y según MAPA (2017), observando los umbrales de intervención de *Erysiphe cichoracearum* DC., otra especie del género *Erysiphe*, se recomienda intervenir cuando concurren factores predisponentes como una elevada humedad relativa y temperaturas moderadas. Asimismo, se recomienda la aplicación preventiva de fungicidas con el fin de limitar la incidencia y la diseminación del patógeno. Esta intervención temprana resulta crucial para evitar la progresión de la enfermedad a lo largo del ciclo del cultivo.

Considerando ambas referencias, y con el objetivo de establecer un criterio orientativo para la toma de decisiones en el manejo del oídio en eneldo, se estima conveniente aplicar tratamientos fungicidas cuando la incidencia de la enfermedad alcanza aproximadamente el 5 % de los puntos de muestreo. Este umbral se propone como un valor intermedio entre la intervención basada en la detección de síntomas visibles en un 10 % del área foliar (Wickwar & Neher, 2023) y las recomendaciones de actuación preventiva ante condiciones ambientales favorables descritas por el MAPA (2017), permitiendo así una respuesta técnica equilibrada y adaptada a situaciones de riesgo emergente.

1.2.6. Estrategias y métodos de control

En primer lugar hablaremos de los métodos preventivos, y es que para reducir el riesgo de oídio en los cultivos, es aconsejable optar por variedades resistentes siempre que estén disponibles en el mercado, así como la aplicación complementaria de nutrientes como silicio, que puede reforzar las paredes celulares de las plantas, dificultando la penetración del hongo en los tejidos. También es importante evitar un exceso de fertilización nitrogenada, ya que puede favorecer el desarrollo del patógeno (Koppert, 2025).

En general, la mejor estrategia preventiva consiste en fortalecer el estado general del cultivo, promoviendo su vigor y capacidad de respuesta frente a enfermedades.

Centrando ahora la atención en el control químico, entre los productos fungicidas empleados para el control del oídio en el cultivo de eneldo en España, destacan principalmente aquellos que contienen azufre, un compuesto con amplia eficacia contra oídio, que actúa por contacto inhibiendo el desarrollo del hongo. El azufre es uno de los tratamientos más tradicionales y valorados por su bajo impacto ambiental y compatibilidad con la producción ecológica o de cero residuo. Sin embargo, su acción es relativamente limitada en el tiempo y puede requerir aplicaciones más frecuentes para mantener el control del patógeno, además de que su eficacia puede verse reducida en condiciones de temperaturas elevadas o cuando la enfermedad está muy avanzada (MAPA, 2025).

Y, por otro lado, entre las materias activas registradas en el cultivo de eneldo, destacan formulaciones basadas en sustancias activas tales como piraclostrobin, boscalida y azoxistrobin. Estos compuestos actúan inhibiendo procesos clave en la respiración mitocondrial del hongo, lo que les confiere una mayor eficacia y persistencia en la planta, así como un efecto preventivo y curativo. Además, los fungicidas basados en piraclostrobin, boscalida, azoxistrobin y difenoconazol pertenecen a grupos químicos conocidos como estrobilurinas (piraclostrobin y azoxistrobin), carboxamidas (boscalida) y triazoles (difenoconazol), que presentan un modo de acción sistémico y protector. Estas materias activas ofrecen una protección más duradera y suelen requerir menos aplicaciones, aunque dependerá del cultivo, del clima, y del nivel de presión de la enfermedad (MAPA, 2025).

Cabe destacar que el uso de estas sustancias sistémicas debe manejarse con precaución, ya que su modo de acción y repetición (en cuanto al manejo) favorecen el desarrollo de resistencias en las poblaciones del patógeno, especialmente si no se implementan estrategias de rotación y combinación con otros productos (MAPA, 2025).

Además de los fungicidas mencionados, es habitual la aplicación de productos biológicos, como aquellos basados en *Bacillus subtilis* (bacteria con capacidad para producir compuestos antifúngicos) o extractos de plantas con propiedades antifúngicas, que se integran dentro de estrategias de manejo sostenible y reducción del uso de químicos de síntesis, aunque son conocidas por su baja eficacia en este objetivo (Kim et al., 2013).

En definitiva, el manejo integrado del oídio en eneldo requiere un uso racional de fungicidas, donde fungicidas como el azufre o el hidrogenocarbonato de potasio aportan una opción, aunque menos persistente, compatible con la producción ecológica, mientras que compuestos como piraclostrobin, boscalida, azoxistrobin y/o difenoconazol ofrecen un control más prolongado y, en principio más efectivo, aunque con mayores riesgos asociados a la resistencia y restricciones regulatorias. La combinación y alternancia adecuada de estas materias activas, junto con las prácticas culturales anteriormente mencionadas, son clave para garantizar un control efectivo y sostenible de esta enfermedad

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

En la realización de este trabajo de fin de grado se estableció como finalidad principal estudiar la presencia y evolución del oídio causado por *Erysiphe heraclei* DC. en cultivos de eneldo (*Anethum graveolens* L.), situados en el sureste de España.

Con este propósito, se recopilaban datos de la incidencia del oídio a lo largo del ciclo de cultivo en las localidades de Llano de Brujas (Murcia) y Almoradí (Alicante).

Además, se planteó comprobar si las estrategias habituales en la zona en el control del oídio han resultado suficientes o si, por el contrario, sería conveniente optimizarlas.

Por último, también se planteó analizar la posible relación entre las variables ambientales temperatura, humedad relativa y precipitación, en la aparición y progresión de esta enfermedad en el cultivo.



3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Descripción de las parcelas y del cultivo

Para llegar a este fin el estudio tiene en cuenta una evaluación en dos parcelas, para así tener una mayor fiabilidad en las conclusiones finales. A continuación se detallan las características de ambas parcelas, donde se puede observar la diferencia en cuanto a fecha de siembra, condiciones climáticas, etc., que cada una ha tenido.

3.1.1. Parcela número 1 (Llano de Brujas)

La parcela seleccionada como “número 1” se encuentra en el municipio de Llano de Brujas, perteneciente a la Región de Murcia. En la Figura 15 se observa el emplazamiento de la parcela.

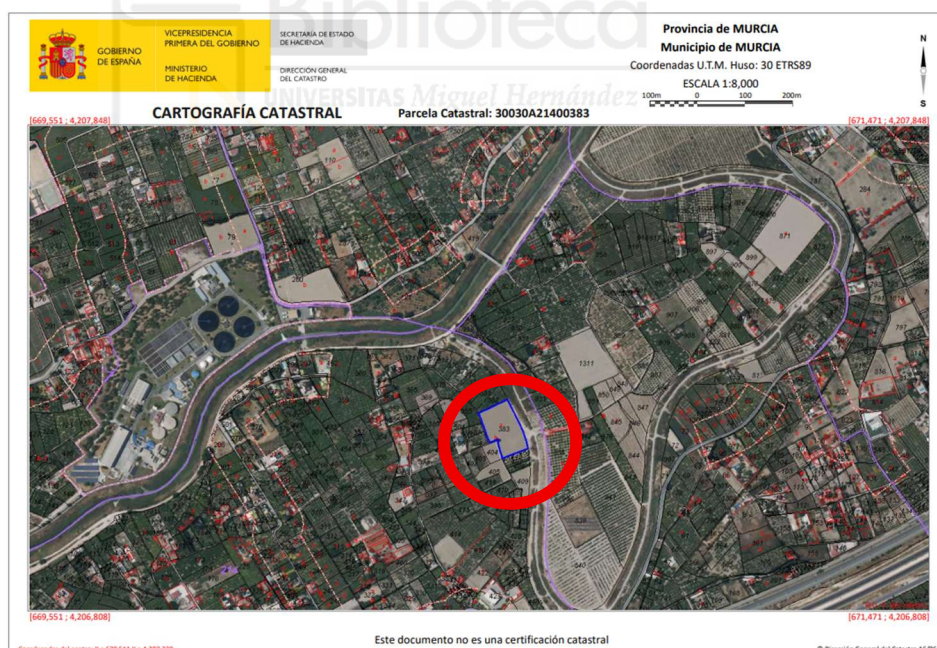


Figura 15. Ortofoto de la parcela de estudio número 1 (Llano de Brujas) según datos catastrales (Sede Electrónica del Catastro, 2025)

Las parcelas se encuentran en el polígono 214, las parcelas son la número 383, 404, 405, 406, 409, 449 y 450, a una distancia aproximada de 2,3 kilómetros del núcleo urbano de Llano de Brujas. La superficie total cultivada teniendo en cuenta todas las parcelas anteriores es de aproximadamente 1,33 ha.

La altitud de la parcela donde se lleva a cabo el ensayo es de 36 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas UTM, según el sistema de referencia espacial ETRS89, son latitud :37,996260 y longitud -1,057262.

La variedad cultivada en esta parcela recibe el nombre de “Diana”, caracterizada por tener un color verde intenso y aroma persistente, tolerante al espigado, y con un crecimiento más lento que la variedad cultivada en la parcela número 2.

La dosis de siembra que se ha buscado en esta parcela de Llano de Brujas, teniendo en cuenta la variedad escogida, es de 4,2 Kg por hectárea. La fecha de siembra fue el 02/11/2024 y la fecha de recolección fue el 27/12/2024 para el primer corte y el 28/02/2025 para el segundo corte.

En cuanto al manejo del riego, en la parcela de la región de Murcia se ha realizado el riego por gravedad, ya que la parcela no contaba con las infraestructuras necesarias para disponer de un riego por goteo, por lo que era la única opción disponible.

3.1.2. Parcela número 2 (Almoradí)

Por otro lado, la parcela seleccionada como “número 2” se encuentra en el municipio de Almoradí, perteneciente a la provincia de Alicante. En la Figura 16 se observa el emplazamiento de la parcela.

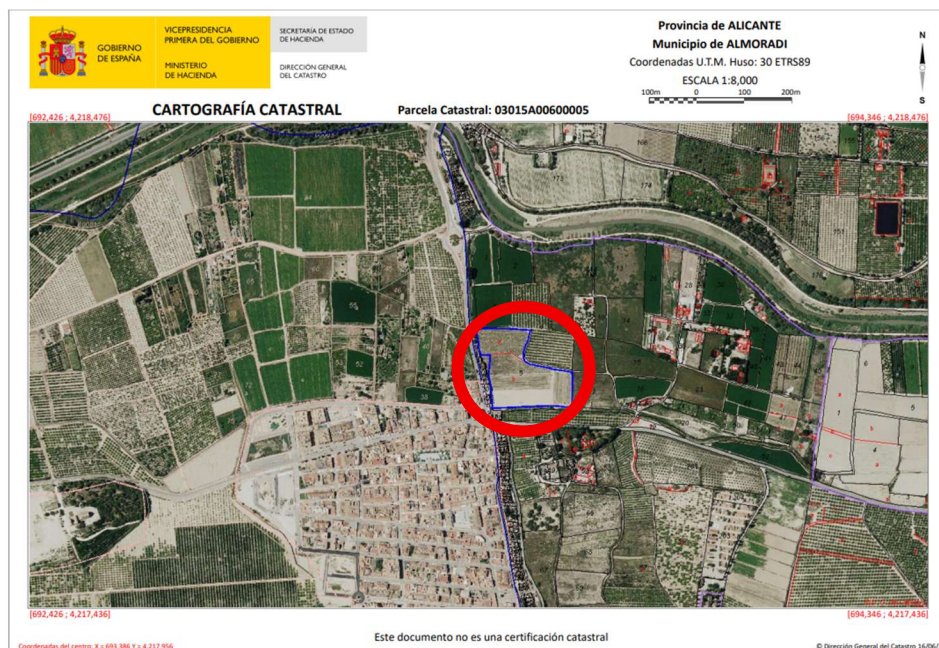


Figura 16. Ortofoto de la parcela de estudio número 2 (Almoradí) según datos catastrales (Sede Electrónica del Catastro, 2025)

En este segundo caso, la parcela se encuentra situada en el polígono 6, parcela 5, a una distancia aproximada de 0,5 kilómetros del núcleo urbano de Almoradí. La superficie cultivada en este segundo caso es de aproximadamente 1,8 hectáreas.

La altitud de la parcela donde se lleva a cabo el ensayo es de 15 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas UTM, según el sistema de referencia espacial ETRS89, son latitud 38,088262 y longitud -0.793694.

La variedad cultivada en esta parcela recibe el nombre de “Hera”, conocida por ser una variedad con un crecimiento vertical más rápido, por lo que se utiliza cuando lo que se busca es un mayor rendimiento.

En esta parcela de Almoradí se ha establecido una dosis de siembra de aproximadamente 4,5 Kg por hectárea, ajustada a las características de la variedad seleccionada. La fecha de siembra fue el 17/01/2025 y la fecha de recolección fue el 26/02/2025 para el primer corte y el 02/04/2025 para el segundo corte.

En cuanto al manejo del riego, se ha realizado el riego por gravedad, al igual que en la parcela de Llano de Brujas.

3.2. Seguimiento

Este estudio ha tenido una duración total de casi 5 meses, entre los meses de noviembre de 2024 y abril de 2025. La frecuencia de muestreo aplicada en el seguimiento ha sido de aproximadamente dos visitas semanales, distribuidas de forma regular a lo largo del periodo de evaluación, ya que se debía controlar por completo esta enfermedad, dada la alta demanda que experimentaba el cultivo en el mercado de plantas aromáticas en ese periodo. Además, estos muestreos se han intensificado cuando las condiciones climatológicas eran favorables para el desarrollo de la enfermedad.

Cabe señalar que, en cada jornada de muestreo, se modificaba deliberadamente el punto de inicio y la hora de realización respecto al día anterior. Esta variabilidad en la metodología se aplicó con el objetivo de garantizar una mayor heterogeneidad en las observaciones, permitiendo así una cobertura más representativa de toda la parcela y evitando posibles sesgos derivados de muestrear sistemáticamente las mismas zonas.

Para realizar el muestreo se seleccionaban 50 puntos en la parcela, de los cuales se observaba una planta al azar de dicho punto. Estos puntos estaban situados siempre dentro de los caballones en los cuales se había realizado la siembra directa del eneldo, por lo que el número de plantas evaluadas en cada muestreo era el mismo, 50 cada día de observación en campo.

La toma de datos se realizó de forma aleatoria siguiendo un recorrido en zig-zag, con el objetivo de abarcar la mayor heterogeneidad espacial posible dentro de la superficie cultivada. Se seleccionaron un total de 50 puntos de muestreo por parcela, correspondiendo cada punto a una única planta. En cada caso, se registró la presencia o ausencia de síntomas visibles de infección, sin considerar si la planta tenía una mayor o menor superficie afectada por la enfermedad. En la Figura 17 y en la Figura 18 se muestran ejemplos representativos de la metodología aplicada durante una de las jornadas de muestreo en cada una de las parcelas evaluadas.

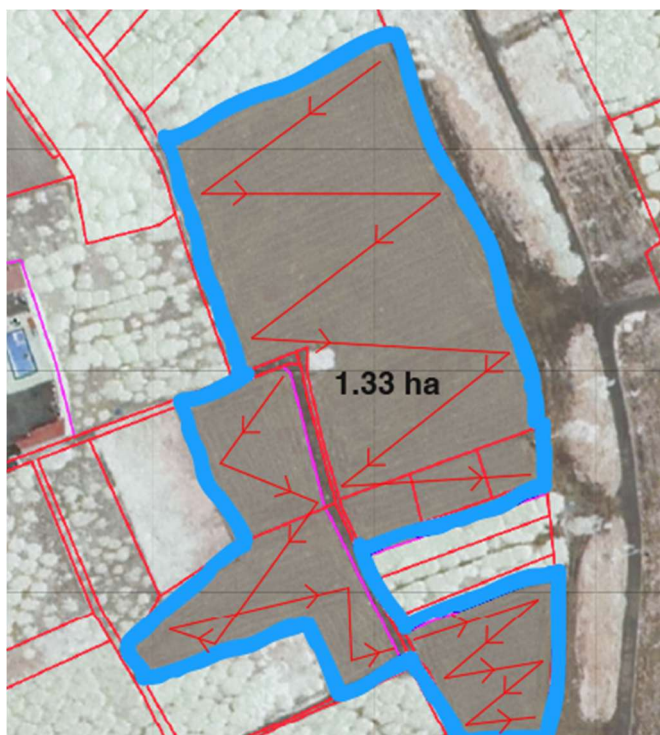


Figura 17. Muestreo en la parcela número 1 (Llano de Brujas) (Visor SIGPAC, 2025).



Figura 18. Muestreo en la parcela número 2 (Almoradí) (Visor SIGPAC, 2025).

3.3. Tratamientos fitosanitarios realizados

Los tratamientos realizados han sido dos, diferenciándose entre ellos en el tipo y características de los fungicidas empleados.

Los dos tipos de tratamientos realizados son los siguientes:

Tratamiento 1:	Dosis:
Regulador del pH	0,5L/1000L
Ortiva Top (Azoxistrobin 20% + Difenconazol 12,5%)	1L/1000L
Deltametrin/Lambda Cihalotrin	0,25L/1000L
Crema de algas	2L/1000L
Aminoácidos	5L/1000L

Tabla 1. Tratamiento tipo 1 realizado en las parcelas.

Tratamiento 2:	Dosis:
Regulador del pH	0,5L/1000L
Kumululus (Azufre 80%)	3Kg/1000L
Vitisan (Hidrogenocarbonato de potasio 99%)	3Kg/1000L
Invelop (SiO ₂ 52% + MgO 30% + Al ₂ O ₃ 5%)	3Kg/1000L
Deltametrin/Lambda Cihalotrin	0,25L/1000L
Crema de algas	2L/1000L
Aminoácidos	5L/1000L

Tabla 2. Tratamiento tipo 2 realizado en las parcelas.

También se han anotado las fechas y dosis de aplicaciones de fitosanitarios, para observar si ha podido tener alguna relación el porcentaje de afección en la parcela y las aplicaciones realizadas en el cultivo.

En la parcela número 1 de Llano de Brujas se han realizado un total de 2 tratamientos del tipo 1 (Tabla 1) y 16 tratamientos del tipo 2 (Tabla 2), mientras que en la parcela número 2 de Almoradí se han aplicado en total 5 tratamientos del tipo 1 (Tabla 1) y 9 tratamientos del tipo 2 (Tabla 2).

En el primer tipo de tratamiento (T1) contamos con unas materias activas con efecto fungicida más eficaces (Azoxistrobin y Difenconazol), con un plazo de seguridad mayor y, en principio, con unos resultados más fiables y duraderos en el tiempo, lo que ofrece una protección muy útil cuando se van a realizar riegos por gravedad en los que el acceso de la maquinaria a la parcela es prácticamente imposible, ya que la humedad en el suelo es demasiado alta.

En cambio, en el segundo tipo de tratamiento (T2) se utilizaron productos fungicidas como Kumulus (azufre) y Vitisan (hidrogenocarbonato de potasio), cuyas materias activas presentan una menor eficacia y persistencia en el cultivo en comparación con los formulados empleados en el primer caso. Esta limitación se manifiesta

especialmente en fases avanzadas de la enfermedad, donde, según señala Bubicí (2015), los tratamientos a base de azufre dejan de ser efectivos sobre plantas ya intensamente afectadas, lo que las hace no aptas para su recolección.

En la parcela número 1, en Llano de Brujas, se llevaron a cabo únicamente dos aplicaciones correspondientes al tratamiento de tipo 1. La primera se realizó a mediados de enero, con carácter preventivo, coincidiendo con la programación de un riego por gravedad, con el objetivo de asegurar una protección prolongada frente al oídio. La segunda aplicación tuvo lugar a comienzos de febrero, también con fines preventivos, debido a la sucesión de jornadas con precipitaciones ligeras y elevados niveles de humedad relativa, condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Con respecto a los tratamientos de tipo 2, estos se aplicaron con mayor frecuencia, dado el modo de acción de sus materias activas antifúngicas, que requieren una intervención más continuada. Este hecho implica un manejo diferenciado respecto al tratamiento de tipo 1, como veremos en el siguiente apartado, donde se observa una mayor recurrencia de estas aplicaciones, motivada por la persistencia de condiciones ambientales favorables para la aparición de síntomas de oídio.

Por otro lado, en la parcela 2 ubicada en Almoradí se registró un mayor número de aplicaciones correspondientes al tratamiento de tipo 1, motivado por un incremento significativo de las precipitaciones, especialmente a finales del mes de febrero y a lo largo de casi todo el mes de marzo, lo que generó condiciones altamente favorables para el desarrollo del oídio. Además, tras la primera recolección del cultivo, realizada el 26/02/2025, se llevaron a cabo dos aplicaciones sucesivas del tratamiento de tipo 1. Esta decisión se fundamentó en la persistencia del patógeno en los restos vegetales, tal como señalan Volesky et al. (2021), quienes destacan que el hongo puede sobrevivir en tejidos infectados que permanecen en el campo. Dado que en el momento del primer corte aún se registraba una incidencia superior al 0 %, las plantas con síntomas evidentes fueron descartadas y permanecieron en la parcela como destrío. Por ello, se optó por aplicar el tratamiento con el objetivo de reducir el inóculo presente en dichos restos de cultivo.

En cuanto a los tratamientos de tipo 2, su aplicación tuvo como objetivo mantener una protección constante y eficaz frente a la enfermedad durante todo el ciclo del cultivo, ajustándose a las exigencias del manejo integrado en función de las condiciones

ambientales. Por ello, al igual que en la parcela de Llano de Brujas, su aplicación se llevó a cabo de forma periódica para garantizar una cobertura continua frente al patógeno.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evolución de la enfermedad

4.1.1. Incidencia en la parcela número 1 (Llano de Brujas)

En el Gráfico 1 se representa la evolución de la incidencia (porcentaje de plantas infectadas) por *Erysiphe heraclei* a lo largo del ciclo de cultivo, en relación con las fechas de muestreo y los tratamientos aplicados. Se realizaron dos cortes en el cultivo (27/12/2024 para el primer corte y 28/02/2025 para el segundo corte) debido a la alta demanda del producto fresco que experimentaba el mercado en esas fechas.

Las flechas de color rojo indican las fechas de realización de los 2 tratamientos realizados con los productos fitosanitarios del tipo 1 (Tabla 1) y, por otro lado, las flechas de color azul indican las fechas de los 16 tratamientos realizados con los productos fitosanitarios del tipo 2 (Tabla 2).

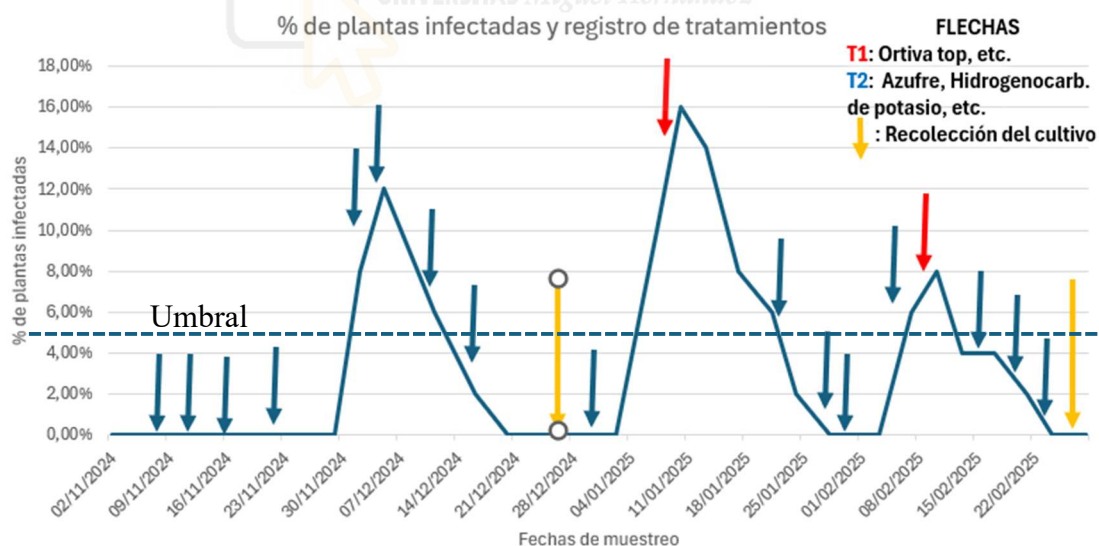


Gráfico 1. Evolución de la incidencia de la enfermedad y registro de tratamientos fitosanitarios en la parcela número 1 de Llano de Brujas.

La primera detección de la enfermedad en esta parcela fue el día 02/12/2024, 1 mes después de la siembra.

Se observa un primer periodo de incremento progresivo en la incidencia del oídio a finales de noviembre, alcanzando un pico del 12 % a principios de diciembre. A partir de ese punto se da una disminución gradual de la afección hasta su desaparición temporal a finales de diciembre, en los momentos previos y posteriores a la recolección. Coincide ese descenso con la aplicación repetida de tratamientos T2 correspondientes a productos como azufre, etc.

Sin embargo, a inicios de enero de 2025 se detecta un nuevo brote, que culmina en la mayor incidencia observada (16 %) hacia el 10/01/2025. Este repunte fue tratado con productos como Ortiva Top (T1), lo que resultó en un descenso de la afección hasta prácticamente desaparecer a finales de enero.

No obstante, tras un breve periodo con baja presencia de la enfermedad, se produjo un tercer incremento moderado (8%) hacia mediados de febrero, nuevamente seguido de una intervención química, con Ortiva Top (T1), que volvió a reducir la incidencia, volviendo a ser nula en el momento del segundo corte del cultivo.

En base al seguimiento realizado, los tratamientos aplicados permitieron contener la enfermedad, siendo mínima la afección de plantas en el momento de la recolección. Aunque no se logró su erradicación completa, superándose en 3 momentos los umbrales seleccionados, evidenciando la necesidad de estrategias de manejo integrado que incluyan también medidas preventivas.

En los siguientes gráficos (Gráfico 2) se representan las condiciones climáticas que se han dado durante todo el ciclo del cultivo y que pueden considerarse como “claves” en el desarrollo de la enfermedad, atendiendo a los diferentes artículos que se han tenido en cuenta.

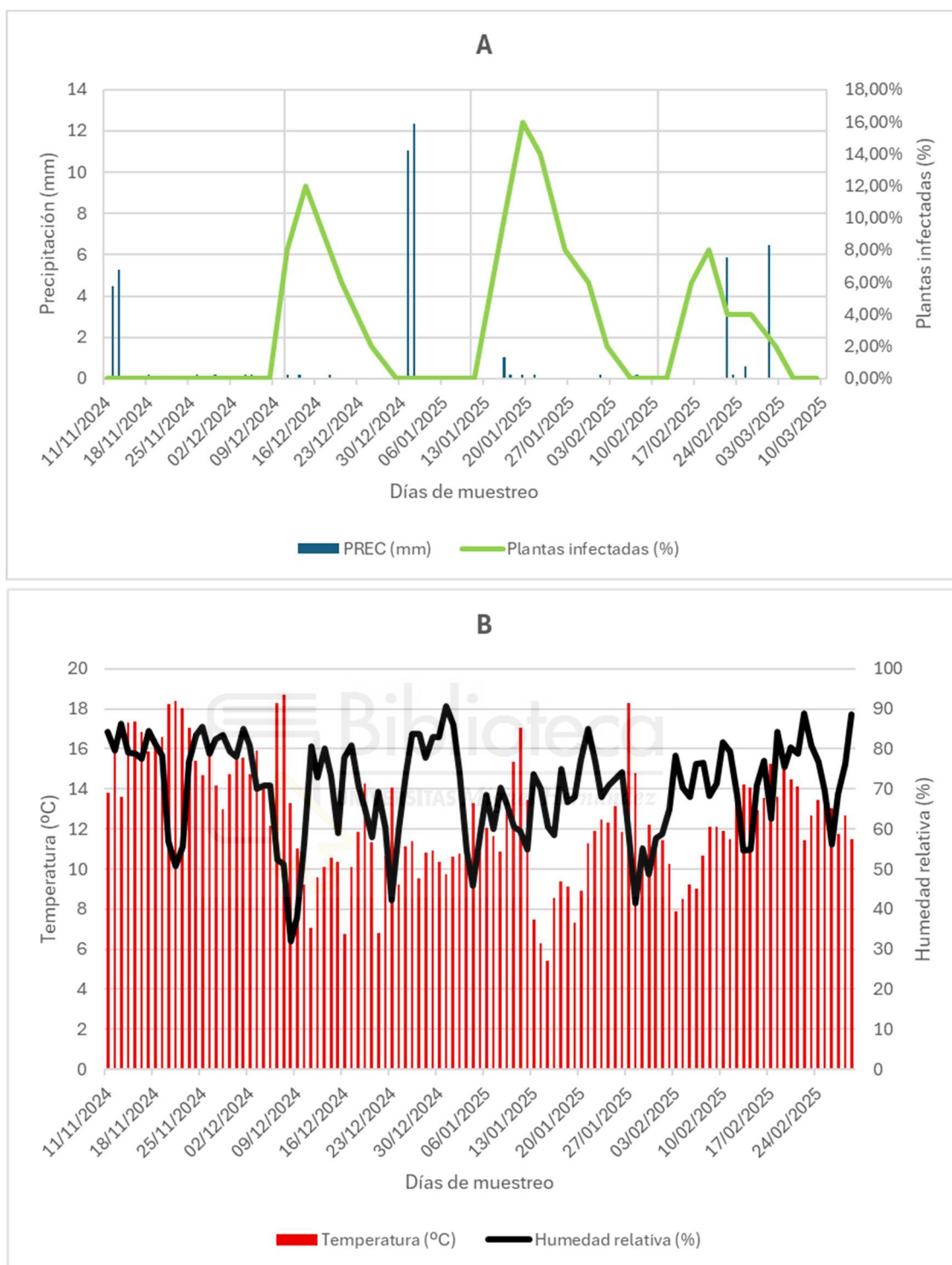


Gráfico 2. A: Porcentaje de plantas infectadas frente a la precipitación registrada; B: Datos sobre temperatura y humedad relativa (IMIDA, 2025).

Las fases de mayor incidencia de la enfermedad coinciden con periodos en los que la temperatura media se mantuvo por encima de 10 °C. Estas temperaturas favorecen el desarrollo del oídio, que suele proliferar en ambientes templados. En cambio, los

descensos por debajo de 10 °C parecen coincidir con una disminución de la enfermedad, como ocurre a mediados de diciembre y mediados de enero.

En cuanto a la humedad relativa media, se mantuvo la mayor parte del tiempo por encima del 50%, suficiente para permitir el desarrollo del oídio, ya que generalmente, con una humedad relativa media superior al 40% el oídio es capaz de desarrollarse. Los dos primeros picos de incidencia del oídio coinciden con periodos en que días antes la humedad relativa sobrepasó el 80%, a finales de noviembre, finales de diciembre y a principios de enero, coincidiendo este último caso con las lluvias. Además, las temperaturas suaves (por encima de 10 °C) que se han registrado en prácticamente todo el ciclo del cultivo también son condiciones favorables para la proliferación del hongo.

En cambio, en los tramos donde la humedad baja hasta el 40%, como ocurre a mediados de enero, y coincidiendo con la bajada de las temperaturas, la incidencia disminuye, como es de esperar puesto que no son valores adecuados para el desarrollo de los oídios.

La precipitación también pudo haber influido en la dinámica del oídio durante el periodo de seguimiento, estando muy relacionada con la humedad relativa. Aunque los valores acumulados diarios no alcanzaron niveles muy altos, se observaron lluvias puntuales, especialmente a partir del 31/12/2024, y destacando el episodio registrado el 01/01/2025, con un máximo cercano a 12,4 mm. Estas lluvias coinciden con la humedad relativa alta comentada a final de diciembre y principios de enero.

En relación con las heladas, tal como se observa en la Figura 19, el cultivo establecido en la parcela de Llano de Brujas experimentó un descenso térmico acusado el día 15/01/2025, registrándose una temperatura mínima de -4,10 °C (IMIDA, 2025). Esta situación coincidió con una reducción significativa en la incidencia del oídio en esta parcela, descendiendo hasta un 8 % tras tres jornadas consecutivas con temperaturas medias inferiores a 7,5 °C. Este marcado descenso térmico, combinado con la aplicación del tratamiento fungicida con Ortiva Top (Azoxistrobin 20 % + Difenconazol 12,5 %), podría haber contribuido a limitar la progresión de la enfermedad.



Figura 19. Cultivo de eneldo con cristales de hielo en su superficie.

4.1.2. Incidencia en la parcela número 2 (Almoradí)

En el Gráfico 3 se representa la evolución de la enfermedad en la parcela número 2, donde también se señalan las fechas de los tratamientos realizados durante el periodo de muestreo, este último más corto. Al igual que ocurrió en la parcela número 1 (Llano de Brujas), debido a la alta demanda de eneldo en esas fechas se dejó rebrotar el cultivo, permitiendo obtener un segundo corte (26/02/2025 para el primer corte y 02/04/2025 para el segundo corte).

Las flechas de color rojo indican los tratamientos realizados con los productos fitosanitarios del tratamiento 1 (Tabla 1) y, por otro lado, las flechas de color azul indican los tratamientos realizados con los productos fitosanitarios del tratamiento 2 (Tabla 2).

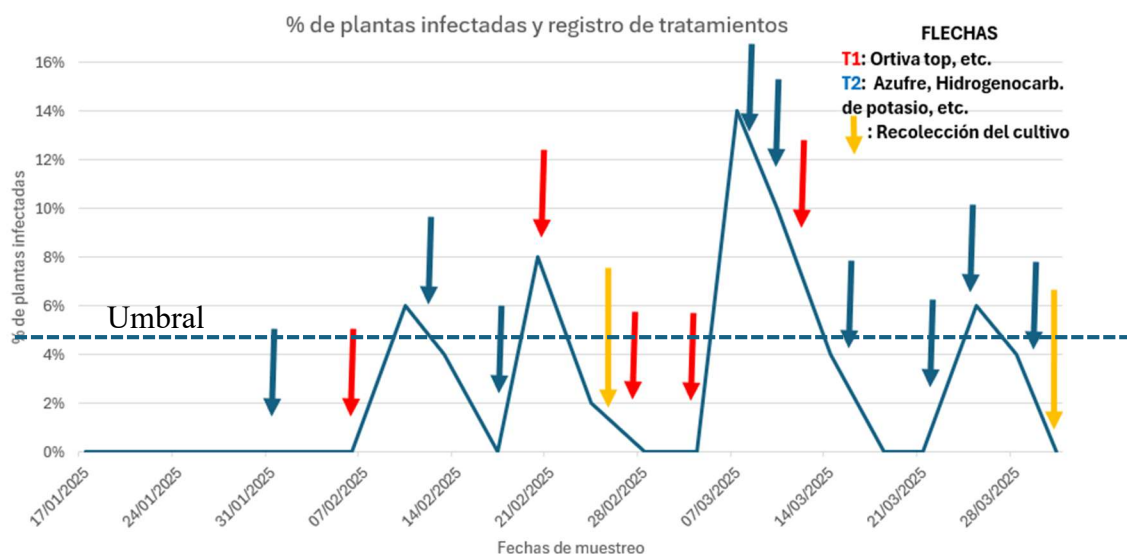


Gráfico 3. Evolución de la incidencia de la enfermedad y registro de tratamientos fitosanitarios en la parcela número 2 de Almoradí.

En este Gráfico 3 se muestra la evolución del porcentaje de plantas infectadas por *Erysiphe heraclei* en esta parcela, entre mediados de enero y finales de marzo de 2025.

En este segundo caso, la primera vez que se detectó la presencia de la enfermedad en esta parcela fue el día 10/02/2025.

La incidencia inicial es prácticamente nula hasta el 10/02/2025, momento en que comienza un ascenso, alcanzando un primer pico del 6%. Tras la aplicación de un tratamiento del tipo 2 (Tabla 2) se observa una reducción de la incidencia.

Se detecta un segundo aumento en el número de plantas infectadas, alcanzando un 8% alrededor del 20/02/2025. Posteriormente, se aplica un tratamiento con Ortiva Top (azoxistrobin 20% + difenoconazol 12,5%), y se produce una reducción parcial en la incidencia, siendo del 2% en el momento de la recolección del primer corte.

Tras la realización del primer corte, se aplicaron dos tratamientos consecutivos del tipo 1 (Ortiva Top, etc.) con el objetivo de reducir el inóculo presente en los restos de cultivo infectados que pudieran permanecer en el suelo. No obstante, cabe la posibilidad de que la repetición del tratamiento no resultara suficientemente eficaz para alcanzar el nivel de control deseado.

Se desarrolla un tercer brote de mayor intensidad, alcanzando el valor máximo de incidencia del periodo de seguimiento (14%) el 07/03/2025. En este punto, la aplicación

de un tratamiento a base de azufre coincide con un descenso rápido de la incidencia, lo que sugiere una posible eficacia del producto frente al patógeno bajo esas condiciones.

Por último, se registra un cuarto pico de incidencia, con un valor del 6 %, que pronto se estabiliza, permitiendo alcanzar la segunda y última recolección del cultivo con una incidencia casi nula.

En los siguientes gráficos (Gráfico 4) se representan las condiciones climáticas que se han dado durante todo el ciclo del cultivo y que pueden influir en el desarrollo de la enfermedad, atendiendo a los diferentes artículos que se han tenido en cuenta.



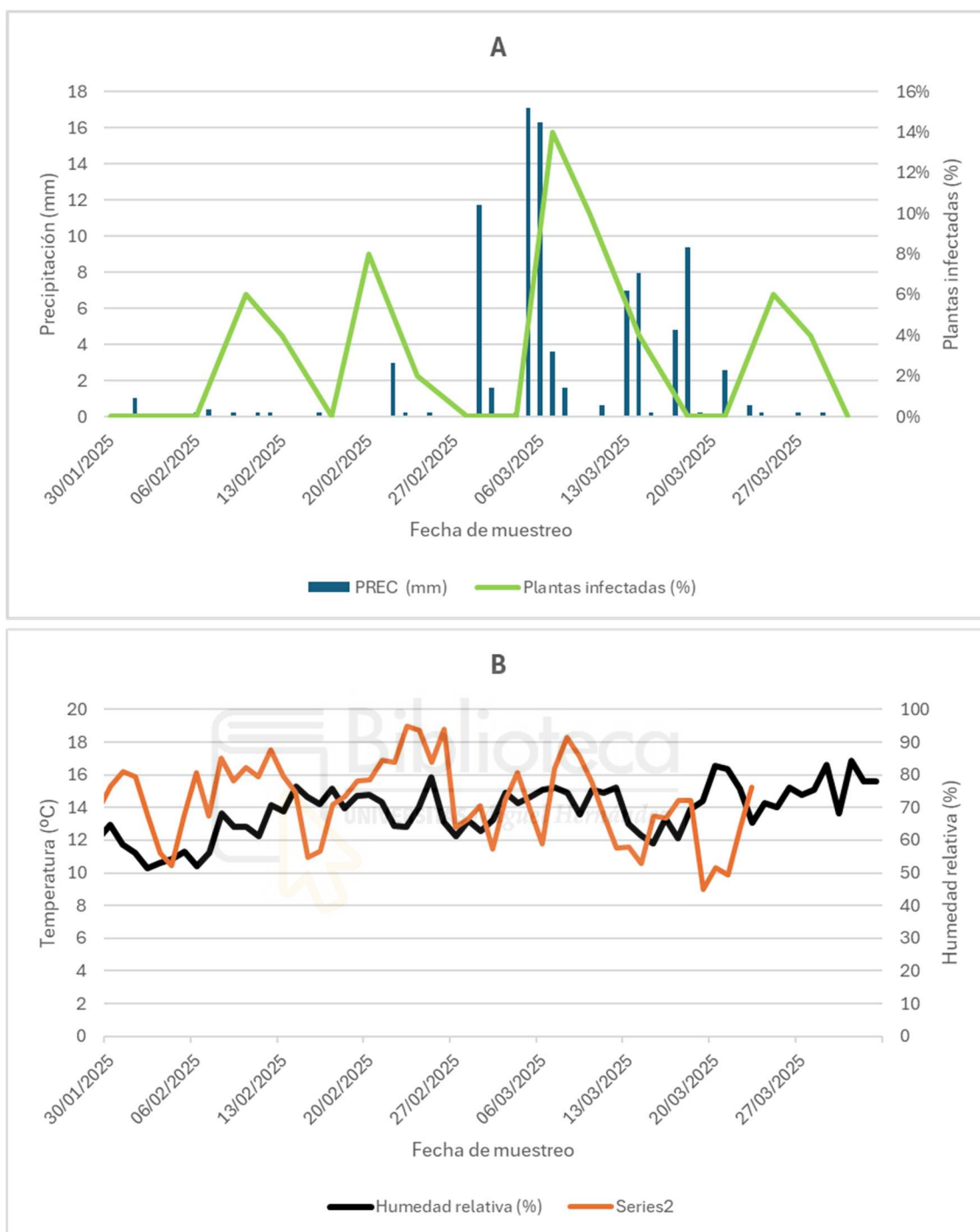


Gráfico 4. A: Porcentaje de plantas infectadas frente a la precipitación registrada; B: Datos sobre temperatura y humedad relativa (IVIA, 2025).

Excepto en las primeras etapas del ciclo del cultivo, las temperaturas medias se mantuvieron por encima de 10 °C la mayoría de los días, suficientes para permitir el desarrollo del oídio, la igual que lo fueron los valores de humedad relativa media, mayores del 50% durante todo el seguimiento.

La precipitación desempeñó un papel relevante en la dinámica del oídio durante el periodo de muestreo. Se registraron acumulaciones significativas entre el 01/03/2025 y el 18/03/2025, con máximos de 17,1 mm y 16,3 mm en fechas consecutivas (05/03/2025 y 06/03/2025, respectivamente). Estas precipitaciones coincidieron con un aumento de la incidencia que experimentó el cultivo entre el 07/03/2025 y el 10/03/2025. Este aumento de la incidencia podría explicarse por el incremento de la humedad relativa en el ambiente, factor clave y predisponente para la germinación de conidios.

Posteriormente, los eventos de precipitaciones ligeras registrados entre el 13/03/2025 y el 21/03/2025 coincidieron con picos elevados de incidencia en la curva epidemiológica. Este patrón pone de manifiesto la relevancia de considerar no solo la humedad relativa como factor predisponente, sino también las precipitaciones de baja intensidad, ya que estas pueden incrementar de forma significativa la humedad ambiental, generando condiciones microclimáticas favorables para la infección y propagación del oídio en campo.

4.2. Resumen y comparación de parcelas

Se han considerado 4 parámetros medioambientales como son la humedad relativa media, la temperatura media, la velocidad del viento media y la precipitación. En las siguientes tablas (Tabla 3 y Tabla 4) vemos estos parámetros ambientales en la parcela de Llano de Brujas y Almoradí, respectivamente.

PARCELA	HRMED (%)	TMED (°C)	VVMED (m/s)	PREC (mm)
Llano de Brujas	72,14	13,37	0,53	0,43

Tabla 3. Promedio diario de los diferentes parámetros medioambientales en la parcela 1 de Llano de Brujas (SIAM, 2025).

PARCELA	HRMED (%)	TMED (°C)	VVMED (m/s)	PREC (mm)
Almoradí	69,54	13,88	4,94	1,26

Tabla 4. Promedio diario de los diferentes parámetros medioambientales en la parcela 2 de Almoradí (IVIA, 2025).

El comportamiento epidemiológico del oídio en *Anethum graveolens* mostró ciertas similitudes entre las dos parcelas evaluadas, viéndose pequeñas diferencias atribuibles principalmente a las condiciones climáticas de velocidad media del viento y, en menor medida, a las precipitaciones registradas. El resto de valores fueron similares en ambas parcelas.

Desde el punto de vista agroclimático, la parcela número 1 (Llano de Brujas) presentó valores medios de humedad relativa media del 72,14 % y una velocidad media del viento claramente inferior, de 0,53 m/s, en comparación con la parcela número 2 (Almoradí), que registró una humedad relativa media del 69,54 % pero una velocidad media del viento casi diez veces mayor (4,94 m/s).

La temperatura media fue muy similar en ambas ubicaciones (13,37 °C en Llano de Brujas y 13,88 °C en Almoradí), mientras que la precipitación acumulada fue más alta en la parcela de Almoradí, con valores medios de 1,26 mm, frente a los 0,43 mm registrados en la parcela de Llano de Brujas.

Desde el punto de vista epidemiológico, la incidencia máxima fue algo más elevada en Llano de Brujas, donde se alcanzaron picos de hasta 16 %, mientras que en Almoradí el valor máximo registrado fue del 14 %. Esta diferencia, aunque no muy grande, resulta coherente con lo conocido sobre la biología de *Erysiphe heraclei*, ya que la combinación de alta humedad relativa y baja ventilación en Llano de Brujas genera un microclima favorable para la germinación y colonización del hongo. En cambio, en Almoradí, la mayor velocidad del viento pudo haber ejercido un efecto limitante sobre la enfermedad, al reducir la humedad relativa y dificultar la persistencia del inóculo sobre la superficie de las hojas.

Hablando ahora sobre la velocidad del viento y, como medida preventiva, resulta aconsejable evitar la implantación del cultivo en parcelas con escasa ventilación, ya que la baja velocidad del viento favorece la acumulación de humedad relativa y crea un microclima propicio para el desarrollo del oídio.

En ambas parcelas se observó una disminución en la incidencia tras la aplicación de tratamientos, especialmente aquellos correspondientes al grupo T1 (Ortiva Top, etc.).

No obstante, también se detectaron caídas espontáneas en la incidencia que pudieron tener relación con eventos de precipitaciones o incrementos en la velocidad del viento.

En resumen, en Llano de Brujas predominó un ambiente húmedo, ideal para la progresión de la enfermedad, mientras que en Almoradí, la interacción entre mayores precipitaciones y ventilación limitó su avance en determinados momentos, aunque también se produjeron repuntes puntuales coincidiendo con episodios de humedad elevada y temperaturas suaves.



5. CONCLUSIONES

Se ha observado presencia de oídio en prácticamente todo el ciclo de cultivo, excepto en las semanas iniciales, en las dos ubicaciones.

En ambas parcelas la evolución del oídio mostró un comportamiento cíclico, con valores máximos alcanzados entre un 14 % y un 16 %.

En general, el nivel de control alcanzado con los tratamientos fitosanitarios aplicados fue adecuado, logrando limitar la incidencia y evitar su mantenimiento continuado en el tiempo.

Las aplicaciones con productos de acción preventiva (azufre, hidrogenocarbonato de potasio, etc.) mostraron un efecto moderado, útil como medida complementaria en fases tempranas de la enfermedad o como estrategia de manejo en condiciones de baja presión fúngica.

En ambas parcelas los valores térmicos y de humedad relativa se mantuvieron prácticamente durante todo el ciclo del cultivo dentro del rango adecuado para el desarrollo del patógeno.

No obstante, se observó en la parcela 1 de Llano de Brujas que temperaturas por debajo de 10 °C coincidentes con humedad relativa por debajo del 40% podrían asociarse a un descenso en la progresión de la enfermedad.

La evolución de la enfermedad pudo estar influida por variables como la humedad relativa y las precipitaciones, observándose ciertas correlaciones entre episodios de elevada humedad ambiental y aumentos en la incidencia del oídio, así como una disminución de esta tras periodos de precipitaciones intensas.

6. BIBLIOGRAFÍA

Altameme, H. J. M., Hameed, I. H., & Fadhil, L. (2017). Anethum graveolens: Physicochemical properties, medicinal uses, antimicrobial effects, antioxidant effect, anti-inflammatory and analgesic effects: A review. *International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*, 8(3), 88–91. <https://impactfactor.org/PDF/IJPQA/8/IJPQA,Vol8,Issue3,Article3.pdf>

Bubici, G. (2015). First formal identification of *Erysiphe heraclei* causing powdery mildew on dill (*Anethum graveolens*) in Italy. *New Disease Reports*, 31, 22. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2015.031.022>

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. (2020). La Región de Murcia produjo en 2019 más de 44 toneladas de aceites esenciales extraídos de plantas aromáticas. <https://pdr.carm.es/-/la-region-de-murcia-produjo-en-2019-mas-de-44-toneladas-de-aceites-esenciales-extraidos-de-plantas-aromaticas>

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM); IMIDA. (2025). *SIAM: Sistema de información agraria de la Región de Murcia*. <https://www.imida.es/siam>

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, CTAEX, CITA & IRIAF. (2024). El IMIDA contribuye a la identificación y valorización económica y ambiental de especies de plantas aromático-medicinales. [https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=120509&IDTIPO=10&RASTRO=c\\$m70](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=120509&IDTIPO=10&RASTRO=c$m70)

Essfeed. (2023). Dill production, trade and consumption: A 360° industry report. <https://essfeed.com/dill-production-trade-and-consumption-a-360-industry-report-dill-production-trade-and-consumption-a-360-industry-report/>

European and Mediterranean Plant Protection Organization. (2025). *Erysiphe heraclei*. EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/ERYSHE>

GBIF Secretariat. (2025). *Anethum graveolens* L. <https://www.gbif.org/es/species/3034646>

- GBIF Secretariat. (2025). *Erysiphe heraclei* DC. <https://www.gbif.org/es/species/2578649>
- Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura, Aigua, Ramaderia i Pesca. (2024). Estadística ornamentales 2024. Portal Agrari. <https://portalagrari.gva.es/documents/366567370/391118265/ESTAD%C3%8DSTICA+ORNAMENTALES+2024.pdf/8fe695cd-c06c-1408-ea84-c4410c6ddc2f>
- Gupta, R., Anwer, M. M., & Sharma, Y. K. (2012). Dill. En K. V. Peter (Ed.), *Handbook of herbs and spices* (2^a ed., Vol. 1, pp. 312–328). Woodhead Publishing. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090393500153>
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. (2010). *Mercado de especias y hierbas en la Unión Europea*. https://ibce.org.bo/images/estudios_mercado/resumen_mercado_hierbas_especies.pdf
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2011). *Plantas aromáticas y medicinales. Enfermedades de importancia y sus usos terapéuticos. Medidas para la temporada invernal*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/2c392587-f422-4ff5-a86f-d80352f0aa11/Plantas-aromaticas-y-medicinales-Enfermedades-de.pdf>
- Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). (2025). *Riegos IVIA*. <https://riegos.ivia.es/>
- Kim, Y. S., Song, J. G., Lee, I. K., Yeo, W. H., & Yun, B. S. (2013). *Bacillus* sp. BS061 suppresses powdery mildew and gray mold. *Mycobiology*, 41(2), 108–111. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2013.41.2.108>
- Koppert. (2025). *Enfermedades de las plantas. Oídio*. <https://www.koppert.es/enfermedades-de-las-plantas/oidio/>
- Legiscomex. (2008). *Inteligencia de mercados - Hierbas aromáticas en la Unión Europea*. https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/est_hierbasaromaticas_UE_2.pdf

McGovern, R. J. (2023). Diseases of dill. En W. H. Elmer, M. T. McGrath, & R. J. McGovern (Eds.), *Handbook of vegetable and herb diseases* (pp. 1–12). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35512-8_40-1

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2010). *Plantas aromáticas y medicinales: elección de la especie y planificación* (Dossier Técnico n.º 13, pp. 9–13). https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_DT/DT_2006_13_9_13.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2017). Guía de gestión integrada de plagas en hortalizas de hoja. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fitosanitarios/uso-sostenible-de-productos-fitosanitarios/guias-de-gestion-integrada-de-plagas/guiagiphortalizashojaweb.pdf>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2025). *Registro de productos fitosanitarios*. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro-productos/>

Navarro Rocha, J. (2024). *Cultivo de plantas aromáticas y medicinales*. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). <https://eps.unizar.es/sites/eps/files/users/ccano/miercoles12/2024/BIOVALOR/EV-CULTIVO.pdf>

Ramzan, M., Hussain, S., & Akhter, M. (2007). Incidence of insect pests on rice crop under various nitrogen doses. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 17(3–4), 67–69. https://www.thejaps.org.pk/docs/17_3-4_2007/Ramzan-PaperII.pdf

Royal Botanic Gardens, Kew. (2025). *Anethum graveolens* L. In *Plants of the World Online*. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:837530-1>

Royal Botanic Gardens, Kew. (2025). *Apiaceae* L. *Plants of the World Online*. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000180-2>

Schmidt, A., & Braun, U. (2024). *Asexual morphs of powdery mildew species (Erysiphaceae) – new and supplementary morphological descriptions and illustrations (Part 2)*. *Schlechtendalia*, 41, 43–59. https://www.researchgate.net/publication/379889815_Asexual_morphs_of_powdery_mi

ldew_species_Erysiphaceae_-

new_and_supplementary_morphological_descriptions_and_illustrations_part_2

Soylu, E. M., & Soylu, S. (2003). First report of powdery mildew caused by *Erysiphe heraclei* on dill (*Anethum graveolens*) in Turkey. *Plant Pathology*, 52(3), 423. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00845.x>

Torés, J. A., de Vicente, A., López-Montoya, O., & Gómez, V. (2004). Powdery mildew of dill (*Anethum graveolens*): A new disease in Vermont. *Plant Disease*, 88(8), 905. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.8.905B>

Utah State University. (2021). *Powdery mildew*. <https://extension.usu.edu/vegetableguide/root-crops/powdery-mildew>

Volesky, N., Murray, M., & Nischwitz, C. (2021). *Powdery Mildews on Vegetables* [Folleto informativo]. Utah State University. https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/2194

Wander, J. G. N., & Bouwmeester, H. J. (1998). Effects of nitrogen fertilization on dill (*Anethum graveolens* L.) seed and carvone production. *Industrial Crops and Products*, 7(2–3), 211–216. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(97\)00050-2](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(97)00050-2)

Wickwar, D., & Neher, O. T. (2023). *Powdery mildew*. University of Idaho. <https://www.uidaho.edu/extension/ipm/ag-pests/nematodes/powdery-mildew>

ANEJOS

Anejo 1: Materias activas registradas para el control de enfermedades en hierbas aromáticas y flores comestibles, con efecto antioídido, a fecha de junio de 2025. (MAPA, 2025)

Nombre comercial	Materia activa	Dosis	P.S. (Días)
AFEPASA GREENHOUSE SULPHUR TABLETS	AZUFRE 99,5%	0,032 Kg/ha	No procede
ARAW	EUGENOL 3,3% + GERANIOL 6,6% + TIMOL 6,6%	2 - 4 l/ha	1
VITISAN	HIDROGENOCARBONATO DE POTASIO 85%	1,25 - 10 Kg/ha	1
FYTOSAVE	COS-OGA 1,25%	2 l/ha	No procede
LIMOCIDE	ACEITE DE NARANJA 60g/L	1,8 - 3 l/ha	1
FUNGISEI	BACILLUS SUBTILIS (cepa IAB/BS03) (1 x 10E8 cfu/g) 1%	1,2 Kg/ha	1
PRORADIX	Pseudomonas sp. cepa DSMZ 13134 6,6(1 x 10E10 ufc)/g	125 g/ha	No procede
SIGNUM	PIRACLOSTROBIN 6,7% + BOSCALIDA 26,7%	1 Kg/ha	No procede
TRIANUM G	TRICHODERMA HARZIANUM RIFAI (CEPA T-22) 1% (1,5 X 10E11 CFU/KG)	1 g/planta	No procede
ORTIVA TOP	AZOXISTROBIN 20% + DIFENOCONAZOL 12,5%	0,6 - 1 l/ha	14