

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Evaluación de tratamientos para el control del oídio del mango (*Oidium mangiferae* Berthet) en condiciones de campo.

Julio de 2021

Alumno/a:

Antonio Gustavo Salguero García

Director/es:

Dra. María de los Reyes Blanco Prieto

Dr. José Jorge González Fernández



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, expresar mi gratitud a Juan de Dios García González por proponer la realización de este trabajo, ceder la parcela en la que se llevó cabo y participar activamente en él.

También quiero agradecer todo el apoyo y la orientación que he recibido por parte de la Dra. María de los Reyes Blanco Prieto, de la Universidad de Almería y del Dr. José Jorge González Fernández, del Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea “La Mayora” (UMA-CSIC).

Muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

Índice de tablas	IV
Índice de figuras	V
Índice de fotografías	VII
1 Interés y Objetivos	8
2 Revisión bibliográfica	10
2.1 El mango	10
2.1.1 Descripción	10
2.1.2 Taxonomía	12
2.1.3 Origen y distribución	13
2.1.4 Importancia económica	14
2.1.5 Condiciones de ambientales para su cultivo	14
2.1.6 Plagas y enfermedades del mango	15
2.1.7 El cultivo del mango en Andalucía	16
2.2 Oídio del mango	18
2.2.1 Etiología	18
2.2.2 Distribución de la enfermedad	18
2.2.3 Taxonomía	18

2.2.4	Morfología	19
2.2.5	Ciclo de la enfermedad.....	21
2.2.6	Epidemiología	22
2.2.7	Signos, síntomas y daños	22
2.2.8	Manejo	25
2.2.9	Control de la enfermedad en agricultura ecológica.....	27
3	Materiales y métodos.....	28
3.1	Ensayo	28
3.2	Productos fitosanitarios	29
3.3	Aplicaciones fitosanitarias.....	30
3.4	Diseño del ensayo	30
3.5	Evaluación de la severidad en panículas florales	31
3.6	Seguimiento de la enfermedad	32
3.7	Datos climáticos	32
3.8	Análisis estadístico	34
4	Resultados	35
4.1	Resultados en base a la escala de severidad	35
4.1.1	Resultados obtenidos por cada bloque y fecha	35
4.1.2	Resultados por cada tratamiento y fecha	38

4.1.3	Resultados en cada bloque, tratamiento y fecha	41
4.2	Cálculo de área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)	44
4.2.1	Índice de enfermedad	44
4.2.2	Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE).....	46
4.2.3	ANOVA de los datos del ABCPE	47
4.2.4	Condiciones de la ANOVA	48
4.2.5	Comparaciones múltiples entre tratamientos	49
5	Discusión.....	51
6	Conclusiones.....	55
7	Bibliografía básica.....	56
Anexo.	Escalas gráfica de evaluación de la severidad en panículas	61
A)	Escala gráfica de referencia.....	61
B)	Escala fotográfica de referencia.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Posición taxonómica del mango (Galán Saúco, 1999e).	13
Tabla 2 Valores de severidad medios (media), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) y error estándar (ES) de las 8 observaciones de los 24 árboles de cada bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).	36
Tabla 3. Valores de severidad medios (media), desviación estándar (DE) y error estándar (ES) de las 8 observaciones de los 16 árboles de cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).	39
Tabla 4 Valores de severidad medios (Media) y desviación estándar (DE) de las 8 observaciones de los 4 árboles de cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre), bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).	42
Tabla 5 Datos del ABCPE para cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y bloques (A, B, C y D). Además, se añade columna y fila de datos medios.	46
Tabla 6 Resultados de la ANOVA de dos vías. La primera columna muestra las fuentes de variación (tratamiento y bloques) y los residuos, la segunda la suma de los cuadrados tipo II del modelo, la tercera los grados de libertad (GL), el estadístico F y el nivel de significancia (Sig). En las dos últimas columnas se incluye el tamaño del efecto (η^2) y el tamaño del efecto parcial (η^2 parcial).	48

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 Detalle de situación de la parcela de ensayo en el Sur Peninsular. La situación exacta se marca con una estrella roja en el mapa. En la ortofotografía, los puntos verdes se corresponden con los árboles de mango de la parcela de ensayo. La cuadrícula de 50 metros de lado indica las coordenadas UTM del uso 30, datum ETRS89.28
- Figura 2 Representación de los árboles en la parcela. Los tratamientos aplicados a cada árbol se indican en la leyenda.31
- Figura 3 Climograma que representa los datos diarios de las temperaturas máximas (línea roja), medias (verde) y mínimas (azul), desde el 1 de enero al 16 de junio de 2021. Los datos de las precipitaciones aparecen en la escala de la derecha y se representan mediante barras negras. Los datos provienen de la estación meteorológica de Vélez-Málaga de la Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA).33
- Figura 4 Climograma que representa los datos diarios de las humedades relativas máximas (línea roja), medias (verde) y mínimas (azul), desde el 1 de enero al 16 de junio de 2021. Los datos de las precipitaciones aparecen en la escala de la derecha y se representan mediante barras negras. Los datos provienen de la estación meteorológica de Vélez-Málaga de la Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA).33
- Figura 5 Valores de severidad medios y errores estándar (barras de error) de las 8 observaciones de los 24 árboles de cada bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).37
- Figura 6 Distribución de las 196 observaciones en cada bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021) según el valor de severidad.38
- Figura 7 Valores de severidad medios y errores estándar (barras de error) de las 8 observaciones de los 16 árboles de cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).40
- Figura 8 Distribución de las 128 observaciones en cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021) según el valor de severidad.41

Figura 9 Curvas de evolución de la severidad de la enfermedad por tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) en cada uno de los bloques (A, B, C y D). Los puntos indican los valores de severidad medios y errores estándar (barras de error) de las 8 observaciones de los 4 árboles de cada tratamiento, bloque y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).....43

Figura 10 Distribución de los 6 datos del índice de la enfermedad en cada bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021). El diagrama muestra la mediana (línea horizontal), el primer y tercer cuartil (caja), el límite superior e inferior (líneas verticales) y los valores atípicos de estos datos.45

Figura 11 Distribución de los 4 datos del índice de la enfermedad en cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021). El diagrama muestra la mediana (línea horizontal), el primer y tercer cuartil (caja), el límite superior e inferior (líneas verticales) y los valores atípicos de estos datos.45

Figura 12 Curvas de progreso de la enfermedad para cada tratamiento, definidas por el valor medio del índice de la enfermedad por cada fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021). Los tratamientos se muestran en diferentes colores según la leyenda.....47

Figura 13 Los puntos del diagrama “a” muestran los residuos para cada uno de los valores de área de bajo la curva de progreso de la enfermedad (valores ajustados por el modelo). Los puntos del gráfico cuantil-cuantil “b” son los residuos ordenados frente a los cuantiles de una distribución normal, la línea indica la posición teórica de los puntos en caso de una muestra normal.49

Figura 14. Diagrama de cajas del ABCPE para cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre). El diagrama muestra la mediana (línea horizontal), el primer y tercer cuartil (caja), el límite superior e inferior (líneas verticales) y los valores atípicos de estos datos. Diferentes letras en los tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas (test de Tukey) entre las medias.50

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1 Imagen de microscopía electrónica de barrido en la que se observan conidioforos con conidios inmaduros de <i>O. mangiferae</i> . La muestra fue tomada de una inflorescencia de mango de la variedad Kent. Barra de la escala de 10 μ m. Fuente: Félix-Gastélum et al., 2013.	20
Foto 2 Microfotografía electrónica de barrido de conidios de <i>O. mangiferae</i> . La imagen A, muestra una forma elipsoidal, y la imagen B, una forma oval. Fuente: Félix-Gastélum et al., 2013.	20
Foto 3 Microfotografía electrónica de barrido de un conidio de <i>O. mangiferae</i> germinando. Barra de la escala de 5 μ m. Fuente: Gorter, 1988.	21
Foto 4 Detalle de crecimiento vegetativo dañado por oídio. Las hojas que presentan enrollamiento y malformación a causa del hongo.	23
Foto 5 Panículas y flores cubiertas por oídio.	24
Foto 6 Detalle de frutos con daños por oídio.	25

1 INTERÉS Y OBJETIVOS

El mango (*Mangifera indica* L.), en la zona de la costa malagueña y granadina, se ha impuesto como el segundo cultivo subtropical más importante después del aguacate. Su introducción y comercialización se produjo en los años ochenta (Guirado Sánchez, 2014), más tarde que en el caso del chirimoyo, el níspero o el aguacate (Ávila Cano, 2015). Desde entonces, la superficie plantada no ha dejado de crecer, continuando una tendencia actual al alza. En la actualidad el cultivo del mango en el sur peninsular cuenta con una superficie aproximada de 5.000 ha (Hermoso González *et al.*, 2018).

El oídio o ceniza del mango es una de las enfermedades más extendidas en las zonas de producción del mango (Ploetz, 2003), siendo a su vez de uno de los principales problemas fitosanitarios de este cultivo en Andalucía (Ávila Cano, 2015). El agente causal es un hongo ascomiceto del orden de los erisifales, *Oidium mangiferae* Berthet. La enfermedad incide especialmente en la floración, lo que causa grandes daños, llegando en algunos casos a la pérdida de la práctica totalidad de la cosecha (Torés, 1997).

Para el control del oídio del mango se recomienda alternar sustancias activas, ya que los oídios son hongos que desarrollan resistencias a los fungicidas (Torés, 1997). La principal herramienta para el control de esta enfermedad son las aplicaciones quincenales de azufre desde marzo a junio (Hermoso González *et al.*, 2018). Aunque este método es eficaz y económico, su uso plantea algunos inconvenientes, y su porvenir es incierto. El azufre puede causar daños en la floración y pequeños frutos con temperaturas altas (Nasir *et al.*, 2014). Actualmente, su uso no está autorizado para frutos destinados a conserva, y el de espolvoreo no se encuentra autorizado para cultivos protegidos. Además, se han descrito efectos negativos sobre artrópodos beneficiosos (Prischmann *et al.*, 2005; Gesraha *et al.*, 2019). A esto se añade que la caducidad de esta sustancia activa solamente se ha prorrogado hasta finales de 2021 (Reglamento de ejecución (UE) 2020/1511 de la Comisión de 16 de octubre de 2020).

Existe una necesidad de búsqueda de sustancias activas y productos fitosanitarios de bajo riesgo para los cultivos, así lo ha determinado la Comisión Europea adoptando el 20 de mayo de 2020 la Estrategia "de la granja a la mesa" para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente. Esta estrategia establece como objetivos reducir el 50% del uso de productos fitosanitarios y el riesgo de estos. En consecuencia, y

para cumplir con las disposiciones legales que implementan estas estrategias, se incrementará la demanda de productos fitosanitarios de bajo riesgo.

El objetivo del trabajo es evaluar la eficacia de diferentes tratamientos fitosanitarios, autorizados para el cultivo y compatibles con la producción ecológica, contra el oídio del mango, bajo condiciones de infección natural.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EL MANGO

2.1.1 Descripción

Es un árbol perennifolio con una copa densa oval, elongada o en forma de domo. En su forma y lugar originario es un árbol de gran longevidad, que puede alcanzar una gran altura (más de 40 metros). Debido a los procesos de selección de variedades cultivadas y a las diferentes condiciones de cultivo, su tamaño y forma ha sido modificada, no llegando a superar los 10 metros en los subtrópicos (Galán Saúco, 1990, 1999f; Mukherjee & Litz, 2009).

El crecimiento se produce en flujos a partir de los extremos terminales de los tallos, que depende principalmente de la temperatura, la fase de desarrollo de la planta y del cultivar. Así en los climas con estaciones bien definidas existe una separación entre la fase vegetativa, de latencia y reproductiva. Por el contrario, en climas tropicales, donde no existe esta diferenciación de estaciones, se produce un solapamiento de estas fases (Galán Saúco, 1999f).

En los climas subtropicales el primer flujo de crecimiento tras el estrés invernal suele ser la flor, mientras que los flujos vegetativos se producen fundamentalmente entre finales de la primavera y mediados de otoño. Los brotes vegetativos se producen principalmente en el extremo apical tras la recolección de la fruta o cuando desaparece la panícula floral (Galán Saúco, 1990, 1999f).

Las hojas son simples, enteras, alternas, dispuestas en espiral y algo coriáceas, que se producen por flujos de crecimiento. La morfología de las hojas es variable de elíptica a lanceolada según el cultivar, con longitudes y anchuras que varía de 12 a 38 y de 2 a 23 cm respectivamente (Mukherjee & Litz, 2009). Las hojas jóvenes son inicialmente de color oscuro cambiando a verde claro y posteriormente a verde oscuro en madurez. Los colores son muy variables en función del cultivar, principalmente en el caso de las hojas jóvenes (Galán Saúco, 1990, 1999f).

El árbol mantiene un tronco monopódico, manteniéndose individualizado a lo largo de su vida. La madera del tronco es gruesa y rugosa con numerosas escamas, con la corteza de color pardo o gris (Galán Saúco, 1999f).

El sistema radicular es profundo y vigoroso, que se caracteriza por una fuerte raíz principal y abundantes raíces superficiales con función de absorción de nutrientes (Galán Saúco, 1990, 1999f; Mukherjee & Litz, 2009).

2.1.1.1 Flores

Cuando son producidos a partir de semillas tienen un periodo juvenil de 3 a 7 años, a partir de cual producen flores. Estas aparecen en inflorescencias que tienen forma piramidal apuntando hacia el exterior. Tienen un tamaño de hasta 30 cm, con ramificaciones que llegan al tercer nivel. En algunas ocasiones, pueden aparecer ramificaciones de cuarto nivel, pero lo más habitual es que los botones florales aparezcan en niveles inferiores. En las panículas aparecen cientos de flores (entre 200 y 10.000) con un tamaño de entre 5 y 10 mm. El color de la inflorescencia, como de la flor es característico de cada cultivar. El mango es un árbol monoico pero polígamo, en la misma panícula aparece flores masculinas (por aborto del pistilo) y hermafroditas, por lo que se considera una especie andromonoica. La ratio entre ambos tipos de flores es muy variable dependiendo de factores ambientales y culturales (Mukherjee & Litz, 2009). En los climas subtropicales la floración puede ocurrir desde el fin del otoño hasta finales de primavera, aunque se concentra principalmente en la segunda mitad del invierno (Galán Saúco, 1990). Las inflorescencias aparecen en el extremo terminal del tallo, sin embargo, cuando desaparece debido a condiciones climáticas o a un traumatismo, se producen inflorescencias axilares y/o basales (Galán Saúco, 1999f).

Las flores son pentámeras, 5 sépalos verdes pequeños y 5 pétalos pequeños de color variable entre rojo, verde y amarillo, que son de ovalados a lanceolados. En ocasiones pueden presentar 4 ó 7 sépalos o pétalos. En la base de los pétalos se encuentran cinco nectarios que forman un receptáculo con cinco lóbulos. Ambos tipos de flores tienen cinco estambres, de los cuales solo uno o dos son fértiles (4 estaminoides y un estambre con antera fértil). Las flores hermafroditas tienen un ovario súpero, globular y sécil con un estilo lateral de longitud similar al estambre y con un solo estigma (Galán Saúco, 1999f; Mukherjee & Litz, 2009). La polinización se realiza principalmente mediante moscas, aunque algunos trips y las abejas juegan un papel muy importante (Galán Saúco, 1990).

2.1.1.2 Fruto

El mango es una drupa con un tamaño variable entre los 2.5 y 30 cm o incluso más y un peso de entre los 0.2 y los 2kg. Tiene una forma desde redondeada hasta ovoide, arriñonada, y a veces aplanada lateralmente. El color es variable entre verde, amarillo y distintas tonalidades de rojo y violeta (Galán Saúco, 1990). El endocarpo es leñoso, grueso y fibroso. El mesocarpo carnoso y comestible, fibroso o no. El exocarpo es grueso. Es un fruto climatérico, durante la maduración se produce un incremento en la producción de etileno (Galán Saúco, 1999f; Mukherjee & Litz, 2009). La primera producción comercial no llega hasta el tercer o cuarto año de plantación (Galán Saúco, 1990).

2.1.1.3 Semilla

Cada fruto contiene una sola semilla que es larga aplanada con una forma oval. Se encuentra rodeada por el endocarpo fibroso, con una testa delgada, y de consistencia parecida al papel (Mukherjee & Litz, 2009).

Una característica importante de las semillas de mango es que son consideradas recalcitrantes, lo que ha podido limitar la dispersión del mango mediante semilla por medios naturales (Mukherjee & Litz, 2009).

La semilla puede contener uno o más embriones. Los monoembriónicos son conocidos como el tipo indio y de ellos derivan la mayoría de los cultivos comerciales. Los poliembriónicos tienen varios embriones nucelares, excepto uno de origen sexual (Galán Saúco, 1990). También existen cultivares con semillas poliembriónicas en los que todos los embriones son de origen nucelar, por lo que son muy útiles para producir patrones clonales (Mukherjee & Litz, 2009).

2.1.2 Taxonomía

M. indica, perteneciente al género *Mangifera*, es uno de los 73 géneros pertenecientes a la familia *Anacardiaceae* (que contiene unas 850 especies). De las 69 especies de este género, 26 producen frutos comestibles, aunque la principal especie cultivada es *M. indica* (Bompard, 2009). En la familia también se encuentran otras especies con importancia comercial como el anacardo (*Anacardium occidentale* L.) y el pistacho (*Pistacia vera* L.) (Galán Saúco, 1999e). En la tabla 1 se muestra la posición taxonómica del mango.

Tabla 1 Posición taxonómica del mango (Galán Saúco, 1999e).

Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Suborden	Anacardiineae
Familia	Anacardiaceae
Género	Mangifera
Especie	indica

2.1.3 Origen y distribución

La presencia natural del género *Mangifera* se sitúa principalmente en la parte de Asia tropical, llegando hasta la latitud 27º norte y hasta las Islas Carolinas por el este. La mayor diversidad de especies se observa al oeste de Malasia, especialmente en la península de Malasia, Borneo y Sumatra. El mango común tiene su origen en la región geográfica comprendida entre Indochina y Birmania (Bompard, 2009). El origen de su cultivo parece estar en el subcontinente indio hace al menos 4000 años, aunque es aceptado que, en zonas del sudeste de Asia, de manera aislada, se originaron algunos cultivares. Los cultivares de ambos centros de origen se caracterizan por sus semillas monoembriónicas y poliembriónicas respectivamente. Gradualmente, el cultivo se ha ido expandiendo por todas las zonas tropicales y subtropicales. Gran parte de esta expansión se debe a los marineros españoles y portugueses. En el siglo XV-XVI los españoles, desde Filipinas, y a través del Océano Pacífico, fueron los que expandieron el cultivo por América. Los portugueses, en cambio, utilizaron la vía africana para llevar el mango al sur de África en el siglo XVI, y a Brasil en 1800 (Galán Saúco, 1999e). Mediante hibridaciones no controladas se fueron seleccionado nuevos cultivares. Los criterios para estas selecciones se basaron en preferencias locales en cuanto a frutos y a la adaptación a las condiciones de cultivo. Con el aumento en conocimientos sobre polinización y la aparición de las técnicas moleculares, se ha hecho posible la selección dirigida de nuevos cultivares (Iyer & Schnell, 2009).

En lo que se refiere a la distribución mundial, en Asia se concentra la mayor parte de la producción de este grupo de frutales, con el 74% del total, seguido de América, África y Oceanía con un 13, 12.8 y 0.1% respectivamente. En cuanto a países, la India destaca con

aproximadamente el 38% de la producción mundial, seguido de China, Tailandia, Indonesia, Méjico, Pakistán, y Brasil. Los principales exportadores son Méjico (con el 24% del volumen), Tailandia, Brasil, Perú e India. Los principales importadores son los Estados Unidos y Europa, con aproximadamente un tercio de las importaciones mundiales cada uno (FAO, 2020b). Debido al creciente interés por este fruto, en el siglo XX el mango se ha empezado a producir en nuevas áreas.

2.1.4 Importancia económica

El mango, es uno de los cultivos de frutales más importantes a nivel mundial. Los datos de la FAO indican que la producción de mango, mangostán y guayaba han alcanzado en 2019 los 55.8 millones de toneladas (FAO, 2020a), situándolo en el quinto grupo de frutales más importante después de las bananas, sandías, manzanas, naranjas y uvas. Este grupo de frutas ha ido incrementando su producción de forma sostenida en el tiempo al igual que la superficie de cultivo. Los datos oficiales para el mango no se conocen de forma exacta, debido a que los sistemas internacionales de clasificación de productos básicos en relación con la producción y el comercio no exigen que los países notifiquen las frutas de este grupo por separado. Sin embargo, se han hecho estimaciones que apuntan a que el mango representa en 75% de la producción en este grupo (FAO, 2020b).

Debido a su distribución en diferentes latitudes y a las técnicas de control de la floración, es posible el suministro de mango durante todo el año. Sin embargo, los meses de septiembre y octubre son los de mayor desabastecimiento a nivel mundial puesto que coincide con el fin de la producción del hemisferio Norte y el inicio del hemisferio Sur. En esta época es posible la producción en áreas limitadas, como algunas zonas de cultivo de España e Israel (Galán Saúco, 1999d).

2.1.5 Condiciones de ambientales para su cultivo

La temperatura es el factor climático que juega un papel dominante en el cultivo del mango. Generalmente se acepta como buenas temperaturas para su cultivo cuando los inviernos son moderadamente fríos, con temperaturas mínimas del mes más frío de entorno a los 10°C, una primavera moderadamente cálida, con mínimas superiores a los 15°C, y el verano y el otoño deben de ser calientes. Las temperaturas bajas favorecen la inducción floral, aunque temperaturas demasiado bajas (entorno a 5°C) pueden hacer se produzcan gran cantidad de flores masculinas y otros problemas como el aborto del embrión. La

presencia de heladas es el principal factor limitante del cultivo, siendo los -6°C el límite mínimo de temperatura que puede soportar sin provocar la muerte del árbol. Por debajo de los 0°C se producen daños considerables en los brotes tiernos e incluso muerte de árboles jóvenes. Las altas temperaturas no parecen ser un factor limitante, aunque en estas circunstancias se hacen necesarios los riegos a intervalos regulares (Galán Saúco, 1990, 1999a).

Las condiciones evolutivas de la especie, que se caracterizan por temperaturas y demandas evaporativas muy altas, determinan gran parte de sus características distintivas. Existen diferencias adaptativas de los cultivares en función de su centro de origen. Como se ha mencionado anteriormente, los cultivares se clasifican en dos ecotipos, monoembriónicos y poliembriónicos. Los primeros tienen su origen en un clima subtropical seco, con veranos muy cálidos pero inviernos fríos, mientras que los segundos pertenecen a zonas tropicales de altas temperatura permanentes y una estación seca muy corta (Schaffer *et al.*, 2009).

Las necesidades hídricas mínimas del cultivo se sitúan en torno a los 700 mm anuales, siendo de gran importancia la distribución de los riegos o precipitaciones. La regularidad de las aportaciones hídricas son de gran importancia en el periodo de desarrollo del fruto (Galán Saúco, 1990, 1999a).

Los marcos de plantación habituales para los subtrópicos rondan los 3 x 4 m y hasta 6 x 6 m, dependiendo del vigor de la variedad seleccionada. Al ser un árbol de copa densa hay que prestar especial atención al marco de plantación para una correcta distribución de la luz, que tiene un efecto en el desarrollo crecimiento y rendimiento (Galán Saúco, 1999a).

2.1.6 Plagas y enfermedades del mango

En lo relativo a las plagas del cultivo, se han descrito diferentes especies de insectos y algunos ácaros. Las moscas de la fruta son una de las principales plagas, entre ellas las de los géneros *Anastrepha*, *Bractocera* y *Ceratitis*. Otras plagas importantes son los gorgojos de la semilla, en concreto los curculiónidos *Sternochetus mangiferae* (Fabricius) y *Sternochetus frigidus* (Fabricius). También son plagas importantes otros órdenes de insectos como lepidópteros, tisanópteros, ortópteros, y hemípteros; y algunos ácaros (Peña *et al.*, 2009).

Todas las partes y fases del mango son susceptibles de ser atacadas por alguna enfermedad, y estos problemas se presentan tanto a patrones como a variedades

injertadas. Son un problema para la producción puesto que afectan al desarrollo del fruto y también generan problemas en postcosecha. Las enfermedades más importantes son las causadas eucariotas, entre las cuales los hongos verdaderos destacan, aunque también generan grandes problemas los nemátodos, oomicetos, plantas parásitas y algas. También hay procariotas patógenos del mango, en concreto algunas bacterias, todas ellas gammaproteobacterias. No se conocen enfermedades causadas fitoplasmas, protozoos, virus o viroides (Ploetz, 2003; Ploetz & Freeman, 2009). Entre las enfermedades más importantes en los subtropicos se encuentra la antracnosis, la pudrición negra por alternaria, la enfermedad rosada, la malformación (*Fusarium* spp), el oídio, las manchas negras bacterianas, la seca del mango y la pudrición del pedúnculo (Galán Saúco, 1990, 1999c).

2.1.7 El cultivo del mango en Andalucía

La introducción del mango en el Sur de España no se produjo hasta el siglo XX, en concreto a finales de los ochenta empieza su cultivo comercial. La zona de producción se concentra principalmente en la franja costera de la comarca de la Axarquía. Las explotaciones son generalmente de pequeño tamaño, situándose en laderas de orientación sur y hasta los 350 metros de altura sobre el nivel del mar. En los últimos años se ha implantado su cultivo en invernadero, consiguiendo adelantar la entrada en producción de los árboles, así como las campañas de cosecha (Guirado Sánchez, 2014).

Según el último dato de fuentes oficiales, la superficie de mango en Andalucía en el año 2018 fue de 3.575 ha para Málaga y de 143 ha para Granada (Consejería de Agricultura Pesca y Desarrollo Rural, 2020). Sin embargo, la superficie parece ser bastante mayor, según algunas organizaciones profesionales agrarias y Hermoso González *et al.*, 2018, estiman que la superficie ha alcanzado las 5000 ha. El 85% de esta superficie se encuentra en Málaga, mientras que la costa granadina cuenta con el 14% de la superficie, y un 1% entre Huelva y Almería (Téllez, 2020).

En el sur peninsular la campaña de producción suele comenzar a finales de agosto, con un pico de producción entre septiembre y octubre, y finalizando en noviembre (Guirado Sánchez, 2014). Según la Asociación Española de Tropicales, en la campaña 2018 se produjo solamente en la provincia de Málaga 34.000 toneladas, mientras que en la campaña 2019 la producción fue de 28.000 toneladas y en 2020 no ha llegado a las 20.000 toneladas. El destino principal del producto es el mercado europeo (Lozano, 2020).

Las variedades más utilizadas en España son selecciones originadas en Florida (Galán Saúco, 1990). En concreto, en Andalucía, el cultivar más implantado es Osteen, con aproximadamente el 80% de la superficie. Otras variedades que podemos encontrar son Keitt, Kent, Irwin y Tommy Atkins. Se utilizan patrones poliembriónicos, siendo los más utilizados de selecciones de origen canario, aunque también está presente el patrón criollo, de origen mejicano (Guirado Sánchez, 2014; Hermoso González *et al.*, 2018).

En mango se encuentra en el sur peninsular en una zona límite para su cultivo. Las bajas temperaturas de los meses de otoño e invierno inducen un exceso de floración. Como consecuencia se producen un escaso crecimiento vegetativo, lo que repercute en el escaso porte del árbol y que se alternen años de carga y descarga. Además, al producir una floración muy temprana, se recomienda la eliminación de estas panículas florales. Con esto se consigue inducir una segunda floración más tardía, en la que se desarrollan los frutos en mejores condiciones, mejorando la calidad de estos (Hermoso González *et al.*, 2018).

Otras características del cultivo en el sur peninsular son los marcos estrechos derivados del pequeño tamaño que alcanzan los árboles. En general, las calles tienen una anchura de 4 o 3.5 metros y una distancia de 4 a 2.5 entre árboles dentro de cada línea. El mango es una especie procedente de climas húmedos, por lo que en Andalucía los aportes hídricos son necesarios. Debido al sistema radicular profundo del árbol, se adapta bien al riego por goteo, recomendándose dotaciones hídricas de 5.700 m³ x ha/año (Hermoso González *et al.*, 2018).

Uno de los principales problemas del mango en Andalucía es la fisiopatía de la descomposición interna de la pulpa, siendo algunos cultivares más sensibles que otros. Las plagas más importantes son la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* Wied), la cochinilla de la nieve (*Aulacaspis tubercularis* Newstead) y la cochinilla de las Seychelles (*Icerya seychellarum* Westwood) (Vela López *et al.*, 2017). En cuanto a enfermedades, en la región son especialmente problemáticas la necrosis apical (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*), la ceniza u oídio (*O. mangiferae*) y la malformación floral vegetativa (*Fusarium* spp) (Guirado Sánchez, 2014; Hermoso González *et al.*, 2018). Esta última enfermedad es causada por hongos del género *Fusarium*, se encuentra mundialmente muy extendida y provoca grandes pérdidas (Betancourt *et al.*, 2012). En la Región de la Axarquía se observó por primera vez en 2006, identificándose la especie *Fusarium mangiferae* Britz, M.J. Wingfield & Marasas, tratándose de la primera detección en Europa de este patógeno (Crespo *et al.*, 2012). El control de esta enfermedad se realiza principalmente por fitosanitarios de síntesis química

aunque se han descrito agentes de control biológico (Katoch *et al.*, 2019), entre los que se encuentra una cepa de *B. subtilis* (Veldman *et al.*, 2018).

2.2 OÍDIO DEL MANGO

Los oídios son causados por hongos del orden de los *Erysiphales*, que son probablemente los fitoparásitos más extendidos, excepto en las gimnospermas. Afectan a gran variedad de plantas con interés agronómico, como los cereales, cucurbitáceas, remolacha, fresas, muchas ornamentales, la uva y otros frutales. Por lo general, los oídios son parásitos obligados que no pueden ser cultivados en medios nutritivos artificiales, producen micelio que crece en la superficie de los tejidos. Aunque no suelen matar a su hospedador, si ocasionan grandes pérdidas debido a la utilización de nutrientes, reducción en fotosíntesis, incremento en la respiración y transpiración, lo que detiene el crecimiento y ocasiona grandes pérdidas de producción (Agrios, 2005).

2.2.1 Etiología

La enfermedad es causada por el hongo biotrófico *O. mangiferae* Berthet, siendo un patógeno específico de del mango (Galán Saúco, 1999c; Prakash & Misra, 2001; Félix-Gastélum *et al.*, 2013).

2.2.2 Distribución de la enfermedad

O. mangiferae fue reportado por primera vez en Brasil por Bethet en 1914 (Misra, 2001), ahora se considera como una de las enfermedades más extendidas e importantes en mango, encontrándose en la mayor parte de las zonas de producción (Ploetz, 2003; Nofal & Haggag, 2006; Nasir *et al.*, 2014), entre las latitudes 40° norte y sur (Nofal & Haggag, 2006).

2.2.3 Taxonomía

O. mangiferae pertenece a la familia de los *Erysiphales*, conocidos como oídios, cenizas o cenicillas, en inglés *powdery mildews*, que puede traducirse como mildius polvorientos. Estos no deben de confundirse con los verdaderos mildius pertenecientes al orden de los *Peronosporales*, *downy mildews* en inglés (Gallego & Sánchez, no date)

La familia de los *Erysiphales* agrupa varios géneros que se distinguen morfológicamente entre ellos por el número de ascis por cleistotecio y por los apéndices hifales que crecen a partir de la pared celular de estas estructuras (Agrios, 2005).

La formación de conidios y haustorios indican que *O. mangiferae* pertenece al grupo de *Erysiphe polygoni*. Inicialmente fue identificado como *E. cichoracearum*, sin embargo, debido a la forma de los apresorios esta clasificación fue desechada (Ploetz, 2003). En 2012 se propuso una nueva denominación para este hongo, *Pseudoidium anacardii* (F. Noack) U. Braun & R.T.A. Cook 2012, aunque generalmente en la bibliografía suele encontrarse como *O. mangiferae*.

2.2.4 Morfología

Por lo general, los oídios poseen haustorios, que introducen en las células de la epidermis, a través de los cuales obtienen los nutrientes. El micelio produce conidióforos, que consisten en una cadena de conidios que son dispersados por el aire. Cuando las condiciones ambientales o nutritivas son desfavorables, se producen cleistotecios que contienen varios ascis (Agrios, 2005). En el caso del oídio del mango, son diversos los autores que han descrito su forma anamorfa, como se describirá a continuación.

2.2.4.1 Micelio

Produce un micelio septado que ramifica formando una densa capa de hifas sobre el hospedador. El micelio tiene un diámetro de entre 2.5 y 8.7 μm (Félix-Gastélum *et al.*, 2013) y una longitud de entre 40 y 80 μm (Gorter, 1988). Las hifas en contacto con el hospedador forman haustorios a través de los cuales atraviesan la cutícula y la pared celular del hospedador. De igual manera, las hifas forman apresorios mediante los cuales se fijan a la epidermis vegetal (Misra, 2001).

2.2.4.2 Conidióforos

Los conidióforos se sitúan en la superficie del micelio, tal como se muestra en la foto 1. Tienen de una a tres células y se forma un conidio en el extremo libre de manera singular. La longitud de los conidióforos varía de entre 30 a 77.5 μm , la célula base del conidióforo tiene una longitud de entre 10 y 47.5 μm y una anchura de entre 5 y 15.5 μm en el punto medio (Félix-Gastélum *et al.*, 2013). En hojas mantenidas en contenedores cerrados, es

posible observar conidioforos con cadenas de 20-40 conidios, lo que muestra que se desprenden fácilmente (Misra, 2001).

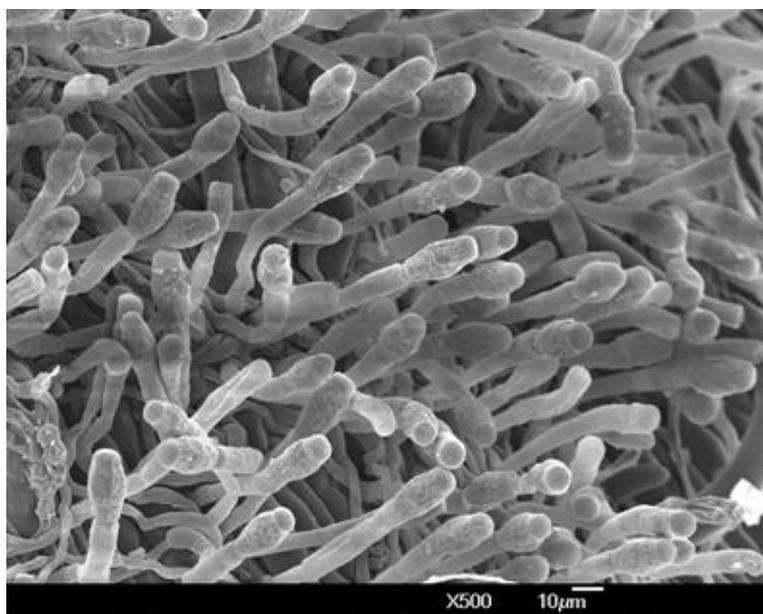


Foto 1 Imagen de microscopía electrónica de barrido en la que se observan conidioforos con conidios inmaduros de *O. mangiferae*. La muestra fue tomada de una inflorescencia de mango de la variedad Kent. Barra de la escala de 10 μm . Fuente: Félix-Gastélum et al., 2013.

2.2.4.3 Conidios

Se producen conidios de forma abundante en la superficie del hospedador, lo que da un aspecto polvoriento característico (Ploetz, 2003). Estos tienen un formas elipsoidal u oval (Foto 2) con una longitud de entre 22.5 y 46.2 μm y de 15 a 27.5 μm de ancho (Félix-Gastélum et al., 2013).

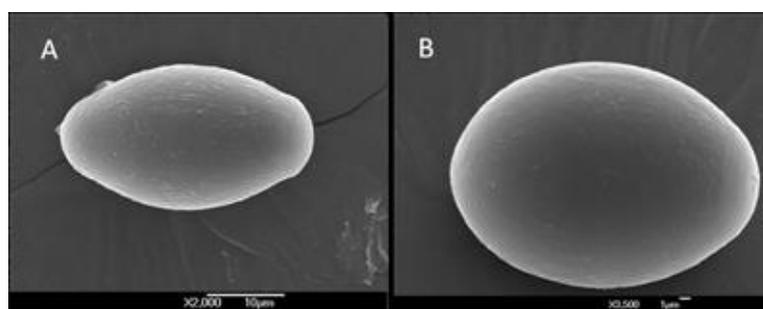


Foto 2 Microfotografía electrónica de barrido de conidios de *O. mangiferae*. La imagen A, muestra una forma elipsoidal, y la imagen B, una forma oval. Fuente: Félix-Gastélum et al., 2013.

El tubo germinal termina en un apresorio que produce un haustorio de forma lobular en la epidermis del hospedador (Ploetz, 2003). Los tubos germinales tienen un diámetro de

entre 2 a 7.5 μm en el punto medio y una longitud variable en función de la humedad relativa (Ploetz & Freeman, 2009). En la foto 3 aparece un conidio con el tubo germinal.

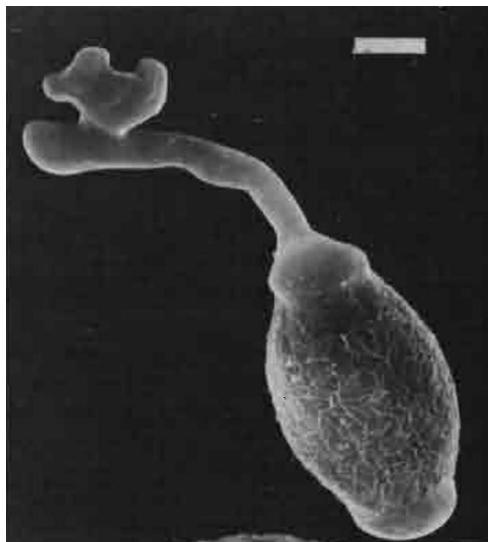


Foto 3 Microfotografía electrónica de barrido de un conidio de *O. mangiferae* germinando. Barra de la escala de 5 μm . Fuente: Gorter, 1988.

2.2.5 Ciclo de la enfermedad

Los conidios son diseminados por el viento, recorriendo largas distancias (Nelson, 2008). Estos pueden permanecer viables durante 4-5 días, esta viabilidad puede verse reducida a 4-5 horas en caso de estar directamente expuestos a la radiación solar y con falta de humedad. La germinación de los conidios se produce en 5-7 horas. En 2 días puede observarse micelio ramificado. El micelio crece sobre la superficie vegetal y dentro de ella, mientras va alimentándose de las células epiteliales. Al cuarto día empiezan a aparecer los conidioforos. En el quinto día empiezan a dispersarse los conidios. Por tanto, en cinco días se completa el ciclo de la enfermedad. En los brotes y hojas jóvenes tiene mayor duración, sobre 9 días (Misra, 2001).

El tejido parasitado muere y cambia a color oscuro (Galán Saúco, 1990). El patógeno pasa la época desfavorable para el desarrollo de la enfermedad en panículas malformadas y hojas infectadas de la brotación del año anterior, o incluso en restos de hojas y panículas desprendidos de los árboles (Nelson, 2008). Cuando las condiciones son las adecuadas, el micelio se activa produciendo conidios en abundancia (Misra *et al.*, 2016).

2.2.6 Epidemiología

La enfermedad causa grandes daños en el momento de la floración y el crecimiento de brotes. El estado fenológico más susceptible es entre la flor abierta y los frutos de tamaño de un guisante (Prakash & Misra, 2001; Teliz *et al.*, 2003). Esta susceptibilidad es variable entre cultivares, sin embargo parece no haber ninguna variedad resistente (Hasan Naqvi *et al.*, 2014; El-Meslamany *et al.*, 2020). Las variedades Kent, Alfonso e Irwin son muy sensibles mientras que Sensation, Tommy Atkins y Kensington son relativamente más tolerantes (Galán Saúco, 1990, 1999c).

Los conidios se dispersan por el aire mayormente durante el día. Se producen picos de liberación de conidios que están positivamente correlacionados con la temperatura horaria y negativamente con la humedad relativa, presión de vapor y humedad de la hoja. Los conidios germinan desde los 9 a los 32°C, siendo 23°C la temperatura óptima. La germinación ocurre en un rango muy amplio humedad relativa, teniendo lugar a partir del 20% (Schoeman *et al.*, 1995).

Existen discrepancias en cuanto a las condiciones climáticas para que se produzca el ataque del hongo. Varios autores señalan que la enfermedad ocurre en condiciones de frío y baja humedad (Mehta *et al.*, 2018; Misra, 2001; Ploetz & Freeman, 2009), y que el desarrollo de la enfermedad tiene lugar a una temperatura de entre 10 y 31°C, y una humedad relativa de entre 60 y 90% (Ploetz, 2003; Nofal & Haggag, 2006; Ploetz & Freeman, 2009; Nasir *et al.*, 2014). Otros trabajos apuntan a que el hongo causa enfermedad con temperaturas entre los 15 y los 31°C, y humedades relativas entre el 50 y 100% (Raut *et al.*, 2017). También se ha observado que temperaturas nocturnas bajas (por debajo de 20°C) y diurnas altas (por encima de los 30°C), combinado con humedades relativas altas, se encuentra muy relacionado con una alta severidad de la enfermedad (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2017). Esto último, puede explicar la incidencia de la enfermedad a finales de invierno e inicio de primavera en zonas subtropicales (Galán Saúco, 1999c).

2.2.7 Signos, síntomas y daños

Cuando las condiciones son favorables para el hongo, se produce un crecimiento del micelio que produce gran cantidad de conidioforos (Misra, 2001). Estas estructuras se producen en la superficie del vegetal, resultando un aspecto aterciopelado o polvoriento de color blanco o grisáceo (Prakash & Misra, 2001). Este signo puede observarse en hojas,

inflorescencias y frutos. Dependiendo del cultivar la susceptibilidad al patógeno es diferente, llegando a cubrir por completo los tejidos de las panículas florares y produciendo necrosis en los casos más severos (Ploetz & Freeman, 2009; El-Meslamany *et al.*, 2020).

2.2.7.1 Síntomas en hojas

Las hojas jóvenes son susceptibles al hongo, produciéndose un crecimiento de este en una de las caras de la hoja o en las dos (Ploetz, 2003). Inicialmente, el hongo aparece en forma de manchas blancas pulverulentas. Estas manchas tienen una forma irregular y se encuentran dispersas sobre la superficie de la hoja, llegando a converger entre ellas y cubriendo el tejido por completo (El-Meslamany *et al.*, 2020). En las hojas dañadas se observan cambios en el color, pasando de marrón o verde oscuro a verde claro. Se pueden apreciar manchas grisáceas que afectan a las dos caras de las hojas, pero con mayor intensidad en el envés. Cuando estas manchas ocupan más superficie y se unen entre ellas cambian hacia un color marrón oscuro, y con el tiempo empiezan a oscurecer y se necrosan (Galán Saúco, 1999c). Los síntomas aparecen sobre todo en el nervio central y los laterales de las hojas, y estas se curvan y se enrollan quedando malformadas (Misra, 2001), tal como se puede observar en la foto 4.



Foto 4 Detalle de crecimiento vegetativo dañado por oídio. Las hojas que presentan enrollamiento y malformación a causa del hongo.

Se ha demostrado que una gran incidencia y severidad de la enfermedad resulta perjudicial para los cloroplastos, reduciendo la capacidad de fotosintética y afectando a la producción (Abo Rehab *et al.*, 2014).

2.2.7.2 Síntomas en panículas y flores

La panícula es donde primero suelen aparecer los síntomas. Es la parte de la planta donde la enfermedad es más importante, puesto que compromete la producción de frutos (Misra, 2001). El micelio suele empezar a aparecer en las flores individuales (Galán Saúco, 1999c), por los extremos de la panícula (El-Meslamany *et al.*, 2020) y puede llegar a cubrir todos los tejidos de esta parte del vegetal (foto 5). Inicialmente los signos de la enfermedad aparecen con un color blanquecino, tornándose gradualmente a gris. Finalmente se llega a un color oscuro, consecuencia de la necrosis de los tejidos, que puede afectar a la panícula completa (Ploetz, 2003). Los sépalos son más susceptibles que los pétalos (Prakash & Misra, 2001). Cuando las flores son afectadas por el hongo suele producirse la caída de estas, quedando la inflorescencia vacía (Galán Saúco, 1990, 1999c; Misra, 2001).



Foto 5 Panículas y flores cubiertas por oídio.

2.2.7.3 Síntomas en frutos

Los frutos jóvenes pueden ser atacados por el oídio, como consecuencia pueden caer de forma prematura. En caso de que los frutos afectados se desarrollen, quedan dañados en su epidermis, produciéndose zonas con manchas rugosas, de aspecto acorchado (Galán Saúco, 1999c) (véase la foto 6), que pueden llegar a ocasionar fisuras en el tejido (Misra, 2001; Prakash & Misra, 2001). Cuando los frutos alcanzan un tamaño determinado dejan de ser susceptibles (Ploetz, 2003). La enfermedad puede causar una disminución de la producción de hasta el 90% cuando está muy extendido (Schoeman *et al.*, 1995; Misra, 2001).

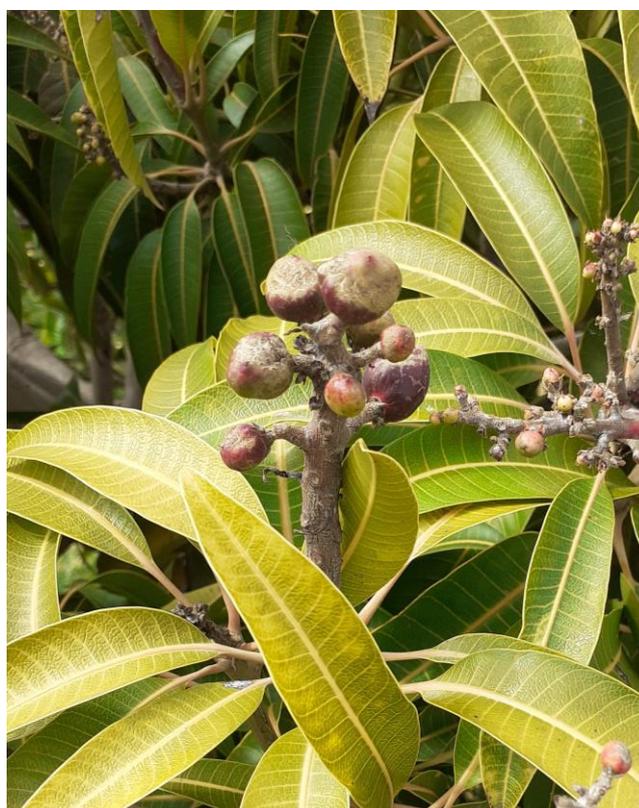


Foto 6 Detalle de frutos con daños por oídio.

2.2.8 Manejo

El control de los oídios suele depender de aplicaciones basadas en azufre. También está extendido el uso de fungicidas sistémicos para su control, aunque se están generando resistencias (Agrios, 2005) y su uso es perjudicial para el medioambiente. Los fungicidas que se utilizan en la actualidad suelen tener un solo modo de acción, puesto que esto se asocia a

un bajo impacto medioambiental. Para retrasar la aparición de estas resistencias es necesario alternar fitosanitarios con diferentes sitios y/o modos de acción (McGrath, 2004).

Debido a la importancia del oídio del mango, es necesario hacer tratamientos fitosanitarios durante la floración (Prakash & Misra, 2001). Se utiliza azufre para evitar que la enfermedad se expanda, si existe incidencia de la enfermedad, la aplicación de azufre previene que la infección continúe en los nuevos brotes (Nofal & Haggag, 2006). Aunque es un producto eficaz y económico, el azufre puede causar daños en las flores y frutos jóvenes con altas temperaturas y sol, por lo que no es aconsejable en áreas o tiempos cálidos y soleados (Galán Saúco, 1999c). Por otro lado, el control de la enfermedad se puede llevar a cabo mediante fungicidas de síntesis, aunque existe una baja eficacia de estos para controlar la enfermedad (Nofal & Haggag, 2006). A esto se añade la cada vez menor disponibilidad de sustancias activas debido a las restricciones normativas que intentan proteger la salud del consumidor y el medioambiente. Además, se han reportado algunos problemas de toxicidad en los árboles de mango causados por los fungicidas como el dinocap o el hexaconazol, que pueden reducir la germinación del polen del mango y su fertilidad (Dag *et al.*, 2001). Para el oídio del mango se encuentran autorizados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España los fungicidas de síntesis química: ciflufenamid, fluxapyroxad, metrafenona y miclobutanil.

También se ha demostrado que los agentes de control biológico, como *Verticillium lecanii*, *Bacillus subtilis* y *Tilletiopsis minor*, el fosfato monopotásico (KH₂PO₄), el ácido ascórbico y el caolín tienen un efecto en el control de la enfermedad. Además, aplicaciones combinadas mejoran el efecto de las aplicaciones de cada uno de ellos por separado (Nofal & Haggag, 2006).

Los tratamientos para controlar el oídio del mango deben de hacerse atendiendo al estado fenológico del cultivo. En concreto, se aconseja realizar los tratamientos al inicio de la inflorescencia, cuando el tallo principal de empieza a tornar de color. Estos tratamientos se repiten periódicamente, cada 2 o 3 semanas, hasta que no se encuentre tejido susceptible (fruto del tamaño de una canica) (Schoeman *et al.*, 1995; Torés, 1997; Galán Saúco, 1999c). La aplicación rotacional de diferentes materias activas, con diferentes sitios y modos de acción, tienen un efecto positivo en la incidencia y severidad de la enfermedad (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2017; El-Meslamany *et al.*, 2020).

En cuanto al manejo cultural, la erradicación de inóculo contribuye a disminuir la infección y mejora el efecto de los fungicidas (Prakash & Misra, 2001). Aunque en climas

subtropicales de inviernos fríos en los que la floración se produce demasiado temprano, puede ser favorable dejar que el hongo destruya la primera floración terminal. Esto evita la producción de frutos abortados y no compromete las hojas, puesto que son adultas. Sin embargo, sería necesario empezar a hacer tratamientos cuando aparezca la segunda floración axilar (Galán Saúco, 1999c).

Otra medida para el control de la enfermedad es el uso de variedades menos susceptibles al oídio del mango. Como se ha mencionado anteriormente, existen diferencias en cuanto a la susceptibilidad de los diferentes cultivares, sin embargo, ninguna se ha encontrado totalmente resistente a la enfermedad (Prakash & Misra, 2001).

2.2.9 Control de la enfermedad en agricultura ecológica

De acuerdo con el considerando 35 del Reglamento (CE) nº 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo, se otorga prioridad a las alternativas naturales de índole no química cuando así sea posible. Lo anterior queda recogido de igual manera en los principios generales de la gestión integrada de plagas, Anexo III, de la Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas.

Los principios generales de la producción ecológica se relacionan en el artículo 5 del Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo, de producción ecológica. En ellos se establece que en caso de necesitarse medios externos podrán utilizarse, medios procedentes de la producción ecológica y sustancias naturales o derivadas de sustancias naturales.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo en una plantación de mangos en producción de la variedad Irwin, de 10 años de edad, injertada sobre patrón de la variedad Espada. El marco de plantación es cuadrado, de 4 metros de lado. La gestión del cultivo ha sido ejecutada de acuerdo con los principios de la Agricultura Ecológica y la normativa aplicable a este tipo de producción. La parcela se sitúa en la localidad de Lagos, en el término municipal de Vélez-Málaga, a 75 metros de altura sobre el nivel del mar y a 1.45 kilómetros de la línea de costa. La figura 1 muestra la localización del cultivo.

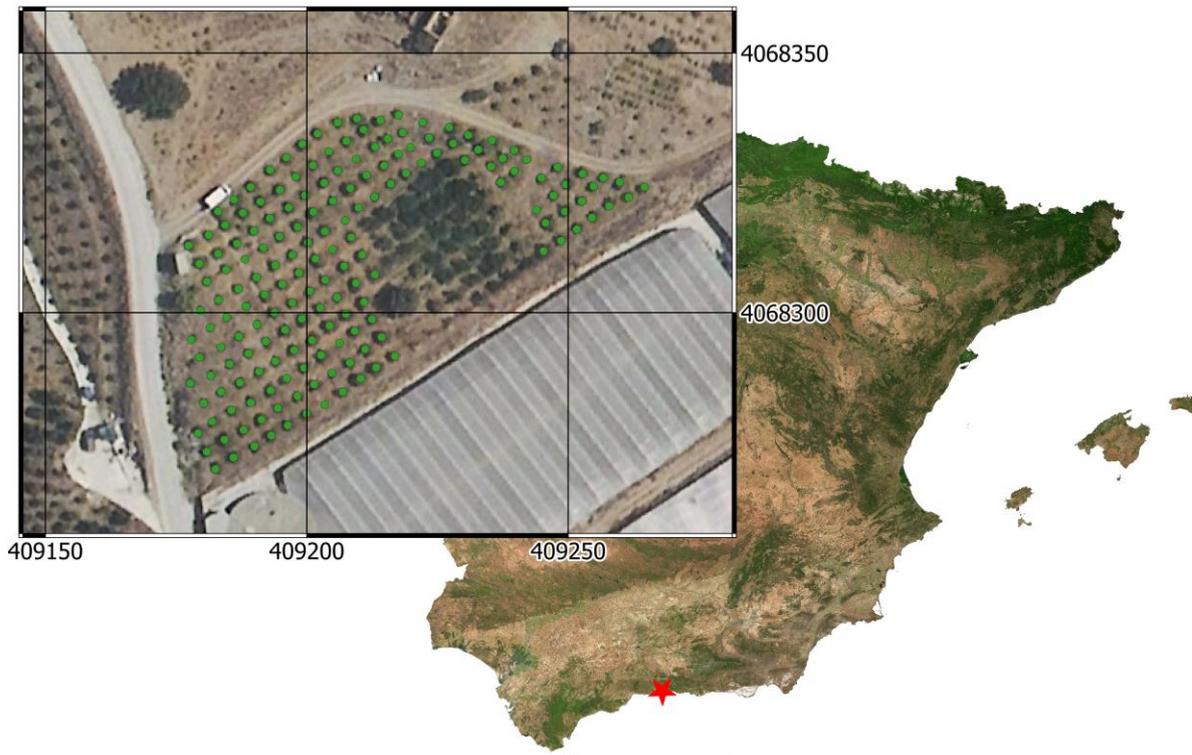


Figura 1 Detalle de situación de la parcela de ensayo en el Sur Peninsular. La situación exacta se marca con una estrella roja en el mapa. En la ortofotografía, los puntos verdes se corresponden con los árboles de mango de la parcela de ensayo. La cuadrícula de 50 metros de lado indica las coordenadas UTM del uso 30, datum ETRS89.

El 23 de febrero de 2021 se realizó una poda manual de la floración terminal. Para ello se cortaron las panículas justo por encima del nudo terminal. De esta manera, se

produjo una segunda floración, que se desarrolló con temperaturas más elevadas. Esta práctica se llevó a cabo a fin de que los frutos se desarrollaran en mejores condiciones (Galán Saúco, 1999b).

Recientemente se ha aprobado el Real Decreto 285/2021, de 20 de abril, que tiene entre otros objetivos la regulación y el establecimiento de un registro para la autorización de entidades que realicen ensayos con productos fitosanitarios. Sin embargo, esta norma no se aplica a este trabajo puesto que se trata de un ensayo con productos previamente autorizados para el cultivo.

3.2 PRODUCTOS FITOSANITARIOS

Los árboles ensayados se trataron separadamente con 6 tratamientos diferentes. En ellos se incluyó un control positivo y otro negativo. Los caldos de aplicación se prepararon mediante la dilución de los fitosanitarios en agua, no se utilizó ningún mojante o coadyuvante. Se utilizaron las dosis máximas para las que se encuentran autorizados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Estos datos fueron consultados en el Registro de Productos Fitosanitarios del MAPA (MAPA, 2021). A continuación, se detallan los tratamientos ensayados:

1. Control positivo, tratado con agua (en adelante control positivo).
2. Control negativo, tratado con azufre mojable 80% [WG] P/P, con el nombre comercial de Microthiol special disperss® (UPL Iberia, S.A.) (en adelante azufre). Se utilizó la dosis de 7.6 kg/ha.
3. *Bacillus subtilis* cepa QST 713 concentración 1.34% [SC] P/V, con el nombre comercial Serenade® ASO (Bayer Crop Science, S.L) (en adelante subtilis). Se aplicó a dosis de 8 L/ha.
4. Aceite de naranja en concentración 6% [ME] P/V, con el nombre comercial Orocide® (Oro Agri International LTD) (en adelante naranja). Se utilizó la dosis de 6L/ha.
5. Eugenol 3.3%, geraniol 6.6% y timol 6.6% [CS] P/V con el nombre comercial Araw® (Sipcam Iberia, S.L) (en adelante timol). Se utilizó la dosis de 4 L/ha.
6. Hidrógenocarbonato de potásio 85% [SP] P/P con el nombre comercial Armicarb® (Certis Europe B.V) (en adelante armicarb). Se utilizó la dosis de 5 kg/ha.

3.3 APLICACIONES FITOSANITARIAS

Los tratamientos se realizaron a primera hora de la mañana, con los primeros rayos del sol y sin viento que produjera derivas, y tuvieron una duración aproximada de 4 horas. Para cada tratamiento se preparó 80L de caldo que fueron aplicados de forma homogénea entre los 16 árboles que componen cada tratamiento. La aplicación se realizó individualmente a cada árbol, mediante una pulverización a 20 atm de presión a toda la copa, con una motobomba portátil. Los tratamientos se realizaron en las fechas:

- 13 de febrero de 2021
- 17 de marzo de 2021
- 1 de abril de 2021
- 5 de mayo de 2021

Como se ha visto en el apartado 2.2.8 de este trabajo, varios autores proponen aplicaciones fitosanitarias cada 2 o 3 semanas mientras que la floración y los frutos son susceptibles a la enfermedad. Sin embargo, en este ensayo no se respetan estos plazos en algunos casos. Entre el primer tratamiento y el segundo transcurre más de un mes, esto se debe a que entre ambas fechas se realizó la eliminación de las panículas terminales como se ha mencionado en el punto 3.1. Entre la segunda y tercera aplicación se respeta el plazo establecido, pero entre esta última y hasta la cuarta aplicación transcurre más tiempo del debido. Esto se debe a que la cuarta aplicación hubo de aplazarse hasta que las condiciones meteorológicas fueron adecuadas.

3.4 DISEÑO DEL ENSAYO

Se utilizó un diseño por bloques completos aleatorizados al objeto de comparar el efecto de los diferentes tratamientos, y a su vez, tener en cuenta las diferencias espaciales que existen en la parcela de ensayo. Al igual que en el trabajo realizado por Reuveni & Reuveni, 1995, cada unidad experimental se compuso de cuatro árboles contiguos. Estas unidades experimentales se encuentran replicadas en cada uno de los cuatro bloques del diseño. Estos bloques se diseñan mediante la agrupación de árboles con características semejantes. Tal como se muestra en la figura 2, separados mediante línea discontinua, dos de los bloques del fueron podados el año anterior, mientras que los otros dos no lo fueron.

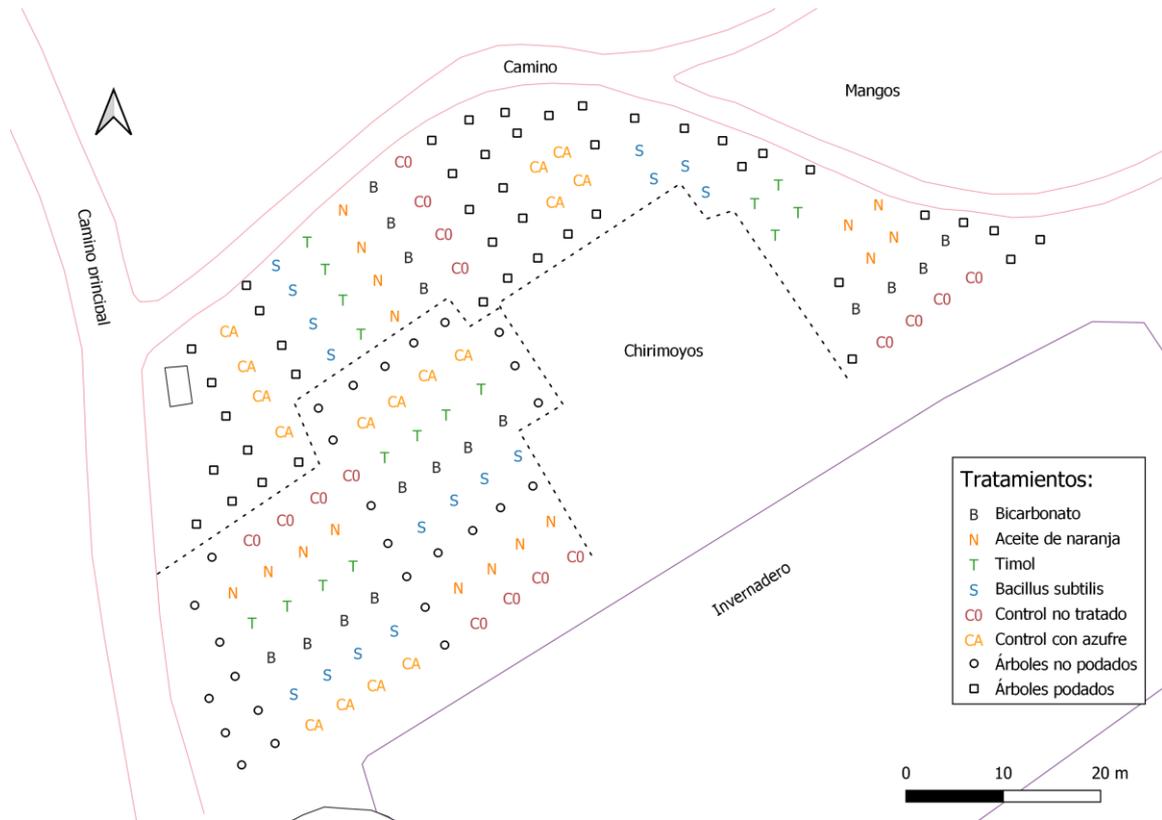


Figura 2 Representación de los árboles en la parcela. Los tratamientos aplicados a cada árbol se indican en la leyenda.

3.5 EVALUACIÓN DE LA SEVERIDAD EN PANÍCULAS FLORALES

Después de la poda de las panículas terminales de la primera floración, en cada árbol se marcaron ocho nudos terminales con panículas florales en proceso de emergencia. Estos ocho nudos terminales se seleccionaron al azar, marcando dos en cada eje del marco de plantación. En total se marcan 32 nudos terminales por tratamiento y bloque. Las panículas de cada nudo terminal, se evaluaron conjuntamente mediante una escala de severidad de la enfermedad del 0 al 4 (Reuveni & Reuveni, 1995; Nofal & Haggag, 2006):

- 0 cuando no se observen colonias de oídio,
- 1 cuando el 1–10% de la superficie esté cubierta por oídio,
- 2 para el 11–25%,
- 3 para el 26–50% y
- 4 para el 50% o más.

Se realizó una escala gráfica de referencia que se utilizó durante la toma de datos. Esta escala consistió en unas cuadrículas de 50 unidades de lado. En cada una de ellas se rellenaron cuadros al azar, hasta llegar a unas superficies cubiertas que marcan el límite entre un valor de severidad y el siguiente. En la parte A del anexo, puede consultarse esta escala de referencia. De igual forma, pero con fotografías realizadas en el propio ensayo, se realiza una escala de referencia en la parte B del anexo.

3.6 SEGUIMIENTO DE LA ENFERMEDAD

El seguimiento de la enfermedad se llevó a cabo con posterioridad a la poda de panículas. Con la segunda floración, y una semana después de cada tratamiento, se realizaron las evaluaciones de la severidad de la enfermedad en panículas marcadas. Las fechas de toma de datos fueron las siguientes:

- 24 de marzo de 2021
- 8 de abril de 2021
- 12 de mayo de 2021

3.7 DATOS CLIMÁTICOS

En la figura 3 se muestran los datos diarios de precipitaciones y temperaturas mínimas, medias y máximas. En la figura 4 se muestran los mismos datos de precipitaciones junto con los datos de las humedades relativas mínimas, medias y máximas.

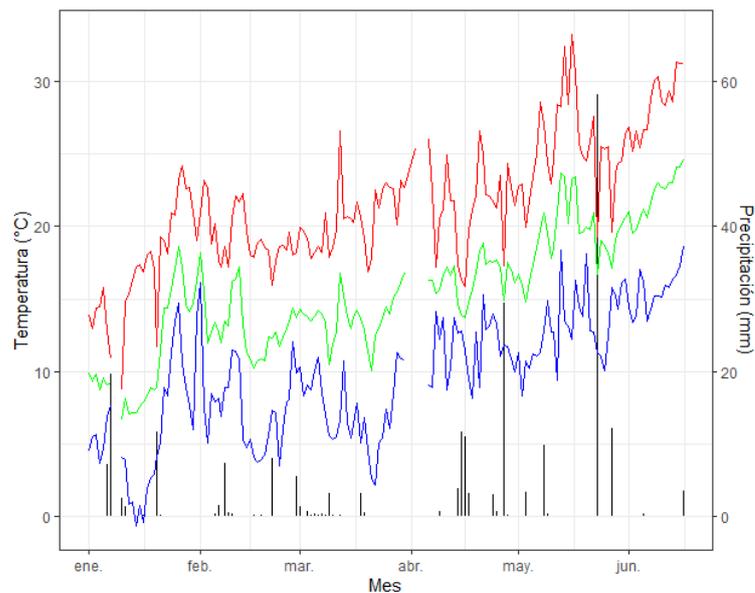


Figura 3 Climograma que representa los datos diarios de las temperaturas máximas (línea roja), medias (verde) y mínimas (azul), desde el 1 de enero al 16 de junio de 2021. Los datos de las precipitaciones aparecen en la escala de la derecha y se representan mediante barras negras. Los datos provienen de la estación meteorológica de Vélez-Málaga de la Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA).

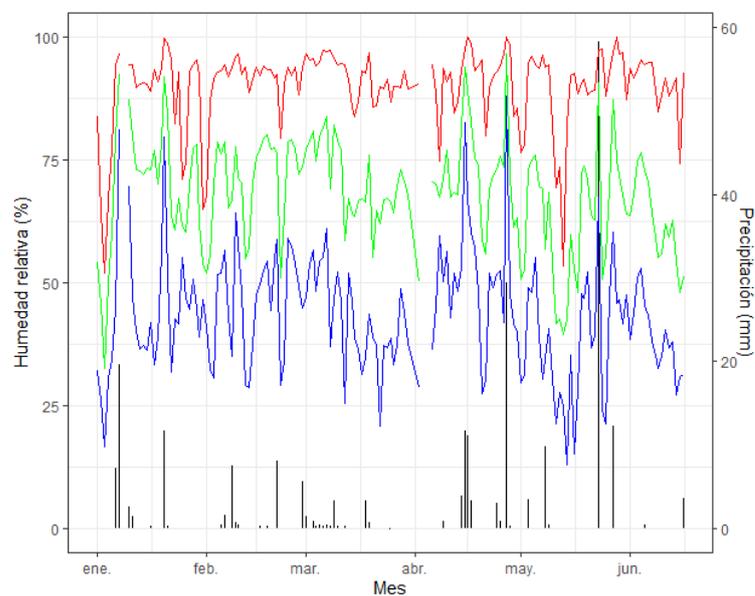


Figura 4 Climograma que representa los datos diarios de las humedades relativas máximas (línea roja), medias (verde) y mínimas (azul), desde el 1 de enero al 16 de junio de 2021. Los datos de las precipitaciones aparecen en la escala de la derecha y se representan mediante barras negras. Los datos provienen de la estación meteorológica de Vélez-Málaga de la Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA).

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Al objeto de obtener un valor porcentual, en formato decimal, de la severidad para cada tratamiento y bloque, se obtuvo el índice de la enfermedad (IE). Para ello se calculó la media aritmética de los valores de severidad por cada tratamiento y bloque, y se dividió por 4, el máximo grado de severidad. Varios trabajos han utilizado este índice para realizar evaluaciones de severidad del oídio del mango, expresando su cálculo mediante la siguiente fórmula (Mamta & Singh, 2015; Raut *et al.*, 2017; El-Meslamany *et al.*, 2020):

$$IE = \frac{\text{Suma de todos los valores de severidad medios}}{n^{\circ} \text{ de árboles } \times \text{máxima severidad}}$$

Al objeto de tener en cuenta las tres fechas de evaluación en el análisis, se calculó al Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE o AUDPC, por sus siglas en inglés) (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2017) para cada tratamiento y bloque, en base a los días transcurridos. El cálculo de este parámetro se realizó sumando los trapecios bajo la curva de progreso de la enfermedad. Se utilizó la siguiente expresión, siendo “*n*” el número de evaluaciones, “*y*” el índice de la enfermedad y “*t*” el tiempo en días (Sparks *et al.*, 2008):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} (t_{i+1} - t_i)$$

Se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías (Reuveni & Reuveni, 1995), para estudiar la relación entre el ABCPE y los tratamientos, teniendo en cuenta el efecto de los bloques mediante un modelo aditivo (sin interacción entre tratamientos y bloques). Posteriormente se verificaron las condiciones para el ANOVA. Se comprobó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y mediante un gráfico de residuos frente a cuantiles de distribución normal. La homocedasticidad se comprobó mediante la prueba de Bartlett y un gráfico de los residuos frente a los valores ajustados.

Finalmente, al objeto de encontrar diferencias significativas entre las medias del ABCPE de los diferentes tratamientos, se realizó una prueba de Tukey con un nivel de confianza simultaneo del 95%.

Estos análisis fueron realizados con el entorno de programación estadístico R (R Core Team, 2021).

4 RESULTADOS

El cultivo en el que se realiza el ensayo empezó a florecer intensamente durante los meses de invierno, en el mes de febrero podían observarse incluso frutos recién cuajados. Esta floración temprana presentó incidencia de oídio, apareciendo por toda la parcela del ensayo. Durante el tiempo en que los árboles han estado en floración apenas han presentaron brotes vegetativos. Durante el mes de junio, una vez pasada la floración, se han empezado a observar la emergencia de este tipo de brotes.

Los bloques, que fueron realizados agrupando árboles de características semejantes, mostraron grandes diferencias entre ellos en cuanto a su estado fenológico y a la presencia de oídio. Los bloques A y B, que no fueron podados después de la cosecha del año anterior, fueron más adelantados en lo que se refiere a la floración y tenían mayor incidencia de oídio que los árboles de los bloques C y D, que fueron podados.

4.1 RESULTADOS EN BASE A LA ESCALA DE SEVERIDAD

La severidad de los síntomas del oídio del mango se evaluó mediante la escala establecida en el apartado 3.5 de este documento. Se hicieron tres evaluaciones de la severidad en el tiempo, el 24 de marzo, el 8 de abril y el 12 de mayo de 2021. En cada uno de los 96 árboles del ensayo y en cada una de las fechas de evaluación, se realizó 8 observaciones. Los árboles se encuentran agrupados de manera equilibrada en bloques (A, B, C y D), tal como queda definido en el apartado 3.4, sobre diseño del ensayo. En cada uno de estos bloques se realizó una repetición, en 4 árboles, de los 6 tratamientos ensayados (apartado 3.2, sobre productos fitosanitarios).

4.1.1 Resultados obtenidos por cada bloque y fecha

Los datos del valor medio de severidad del oídio en mango, en cada uno de los bloques, se incrementó con el tiempo. En la tabla 2 se muestran los valores de severidad medios, desviación estándar, coeficiente de variación y el error estándar por bloque y fecha.

Hubo grandes diferencias en cuanto al grado de severidad medio de partida, siendo el bloque A el que tuvo el valor más alto con 2.51, seguido del bloque B con 2.23, C con 0.91, D con 0.62. En la segunda fecha de evaluación se incrementó el grado de severidad

manteniendo el mismo orden en cuanto a datos medios por bloque. En la última fecha de evaluación estos datos convergieron en valores que van del 3.59 para el bloque B, seguido de 3.41 para el A, 3.38 para el C y 3.14 para el D. En esta última fecha de evaluación, el bloque B pasó a tener el valor de severidad medio más alto, aunque el resto de valores mantuvo una posición relativa similar a la inicial. Los coeficientes de variación de la severidad disminuyeron, para todos los bloques, con el avance de las fechas de evaluación.

Las desviaciones estándar de estos datos se encontraron entre los valores 0.92 y 1.56. Para los bloques A, B y C la menor desviación estándar se observó en la tercera fecha de evaluación, mientras que para el bloque D esto ocurrió en la primera fecha de evaluación.

Tabla 2 Valores de severidad medios (media), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) y error estándar (ES) de las 8 observaciones de los 24 árboles de cada bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).

Bloque	Fecha	Media	DE	CV	ES
A	2021-03-24	2.51	1.54	0.61	0.11
A	2021-04-08	3.16	1.39	0.44	0.10
A	2021-05-12	3.41	1.20	0.35	0.09
B	2021-03-24	2.23	1.51	0.67	0.12
B	2021-04-08	2.64	1.61	0.61	0.13
B	2021-05-12	3.59	0.92	0.26	0.07
C	2021-03-24	0.91	1.13	1.24	0.08
C	2021-04-08	1.80	1.63	0.90	0.12
C	2021-05-12	3.38	1.07	0.32	0.08
D	2021-03-24	0.62	1.01	1.62	0.07
D	2021-04-08	1.21	1.56	1.29	0.11
D	2021-05-12	3.14	1.26	0.40	0.09

El gráfico de barras de la figura 5 representa los valores de la media de severidad por bloque y fecha que aparecen en la tabla 2. Las barras de error muestran el error estándar. Se observa el incremento del valor medio de severidad en el tiempo en todos los bloques, y de manera muy notable en para los bloques C y D.

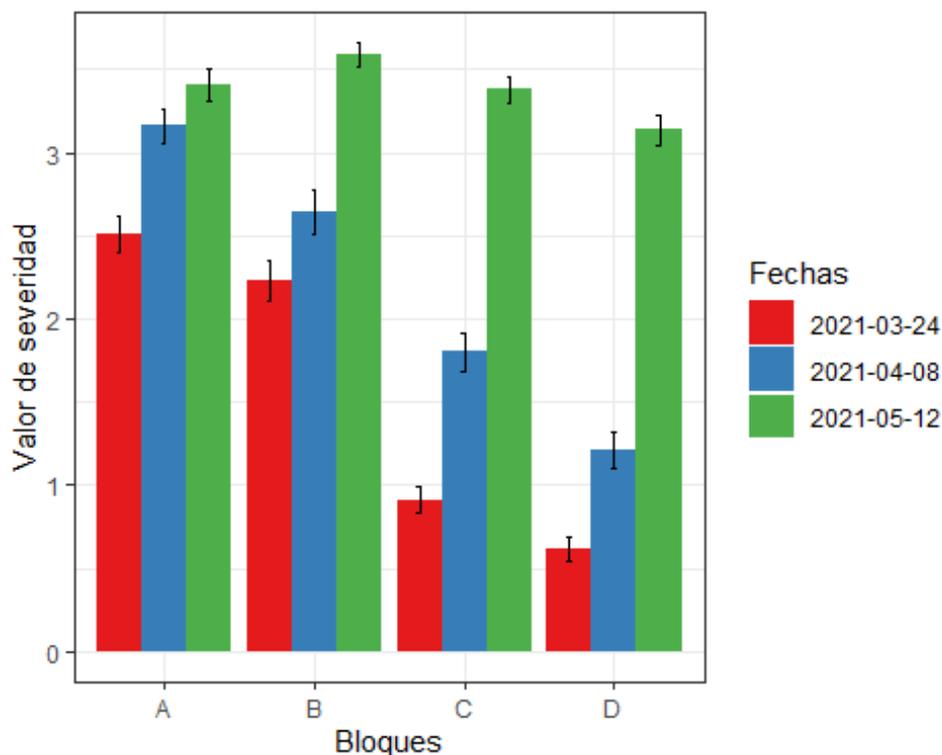


Figura 5 Valores de severidad medios y errores estándar (barras de error) de las 8 observaciones de los 24 árboles de cada bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).

En los histogramas de la figura 6, se muestra la distribución del número de observaciones entre los diferentes valores de severidad del oídio, por cada bloque y fecha de evaluación. Se puede observar cómo se incrementó frecuencia de panículas con valores altos de severidad en el tiempo. Para los bloques A y B, en las tres fechas de observación apareció la valoración 4 como las más frecuente, siendo esto más evidente en la segunda y tercera fecha de evaluación. Para los bloques C y D, el valor más frecuente en las dos primeras evaluaciones fue 0, sin embargo, en la tercera evaluación la mayoría de las observaciones pasó a tener el valor de severidad máximo.

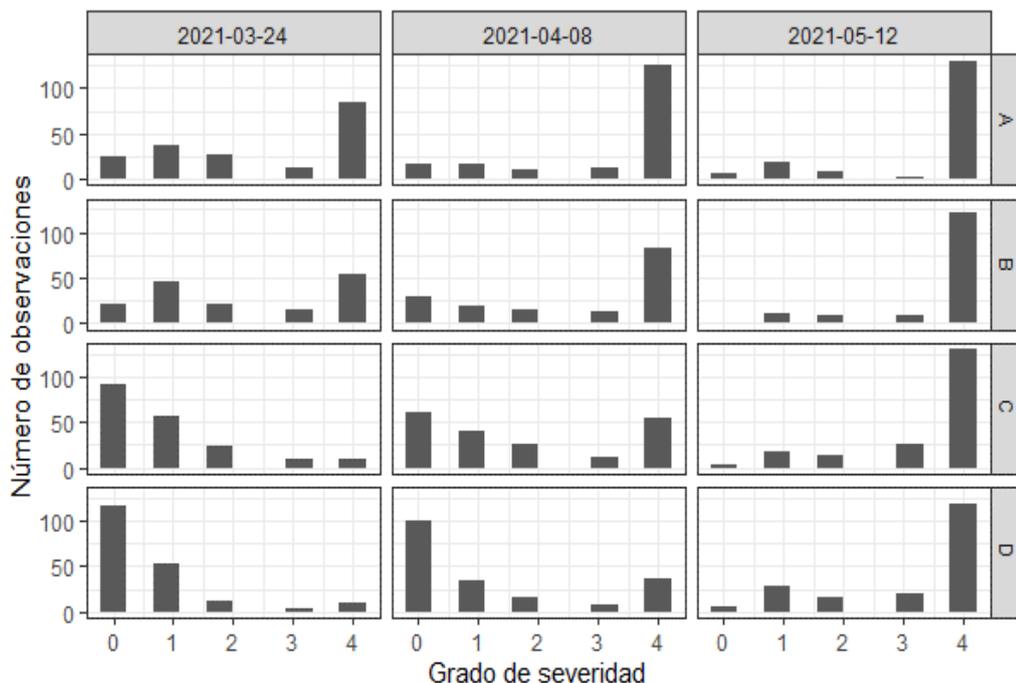


Figura 6 Distribución de las 196 observaciones en cada bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021) según el valor de severidad.

4.1.2 Resultados por cada tratamiento y fecha

En este apartado se exponen los datos observados de severidad de oídio para cada uno de los 6 tratamientos durante el ensayo. En la tabla 4, se muestra la media aritmética de los valores de severidad, de las 8 observaciones a cada uno de los 16 árboles que componen cada tratamiento, y en cada una de las tres fechas de evaluación. Además, se incluye en la tabla los valores de dispersión de estos datos (coeficiente de variación y el error estándar). En todos los tratamientos encontramos que la media de la severidad aumentó con la fecha de evaluación, excepto para el tratamiento con azufre que disminuyó ligeramente la media en la segunda fecha de evaluación para aumentar considerablemente en la tercera fecha de evaluación. Para todos los tratamientos excepto azufre, la desviación estándar de los datos fue menor en la tercera fecha de evaluación. En el tratamiento de azufre, aunque no se cumplió esta tendencia, mantuvo una desviación estándar similar en las sucesivas evaluaciones. La menor desviación estándar se encontró en el timol durante la tercera evaluación, siendo este valor de 0.39, y en el dato opuesto se encontró en el tratamiento con armicarb durante la segunda fecha de evaluación.

En la primera fecha de evaluación se encontraron diferencias entre los diferentes tratamientos, siendo el azufre el que obtuvo una media menor con 0.73, seguido de tratamiento con aceite de naranja con 1.05, armicarb con 1.11, *B. subtilis* con 1.98, y timol y

el control positivo con el mismo valor medio, 2.09. Este orden relativo entre tratamientos se mantuvo en la segunda y tercera fecha de evaluación, con la diferencia de que el tratamiento con timol superó al valor medio del control positivo en estas evaluaciones. De igual forma, en la segunda fecha de evaluación *B. subtilis* superó el valor medio del control positivo. En la tercera fecha de evaluación el valor medio para el azufre fue 1.57, muy por debajo del resto de los tratamientos que se encontraron entre el 3.47 del aceite de naranja y el 3.88 del control positivo.

Tabla 3. Valores de severidad medios (media), desviación estándar (DE) y error estándar (ES) de las 8 observaciones de los 16 árboles de cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).

Tratamiento	2021-03-24			2021-04-08			2021-05-12		
	Media	DE	ES	Media	DE	ES	Media	DS	ES
Armicarb	1.11	1.38	0.14	2.01	1.69	0.17	3.65	0.79	0.08
Naranja	1.05	1.36	0.13	1.46	1.63	0.15	3.47	0.83	0.08
Timol	2.09	1.52	0.13	3.25	1.27	0.11	3.92	0.39	0.04
Subtilis	1.98	1.45	0.13	2.84	1.46	0.13	3.84	0.52	0.05
C+	2.09	1.68	0.15	2.81	1.60	0.14	3.88	0.49	0.05
Azufre	0.73	1.15	0.10	0.55	0.95	0.08	1.58	1.18	0.10

El gráfico de barras de la figura 7 representa los valores de la media de severidad por tratamiento y fecha que aparecen en la tabla 3. Tal como se observó en la severidad por bloques, hubo una tendencia positiva de aumento del valor medio de la severidad de la enfermedad con el tiempo. Esta tendencia no se cumplió en el caso del azufre, aunque el valor final de severidad de la enfermedad superó el valor de las dos evaluaciones anteriores. Como se ha comentado anteriormente, la posición relativa de cada tratamiento en cuanto al valor medio de severidad se mantuvo en el tiempo. De esta manera, el azufre, con el valor medio de severidad más bajo inicialmente, obtuvo el valor final más bajo. De igual forma, armicarb y naranja, se mantuvieron con valores intermedios. Y finalmente, el timol, el control positivo y subtilis presentaron los valores medios de severidad más altos sucesivamente en las tres evaluaciones.

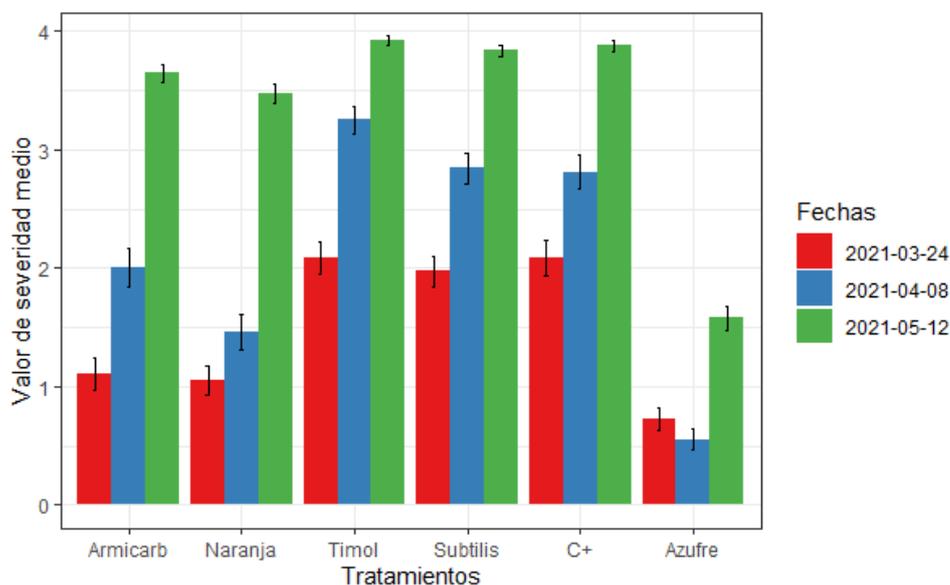


Figura 7 Valores de severidad medios y errores estándar (barras de error) de las 8 observaciones de los 16 árboles de cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).

Los siguientes histogramas de la figura 8 muestran la distribución del número de observaciones entre los diferentes valores de severidad de oídio por cada tratamiento en cada fecha. En la primera fecha de evaluación de la severidad se observó como para los tratamientos armicarb, naranja y azufre el valor más frecuente de severidad en panículas fue el 0, seguido del valor 2 y estando el resto repartidos de forma similar entre los otros valores. Sin embargo, para esta primera fecha, los valores más frecuentes para timol y subtilis fueron 2 o 4. En el caso del control positivo la mayor parte de observaciones en la primera fecha de evaluación se correspondieron con el valor 4. En la segunda fecha de evaluación el tratamiento con naranja y el azufre siguieron presentando una mayor frecuencia de valores de severidad 0, mientras que el tratamiento armicarb tuvo sus observaciones más repartidas entre los diferentes valores. En esta segunda fecha, timol, subtilis y el control positivo, aumentaron el número de observaciones con el valor de severidad 4. En la última fecha de evaluación, todos los tratamientos presentaron una mayor frecuencia de observaciones con el valor de severidad 4, excepto el azufre, que pasó a tener una mayor frecuencia de observaciones con el valor 2.

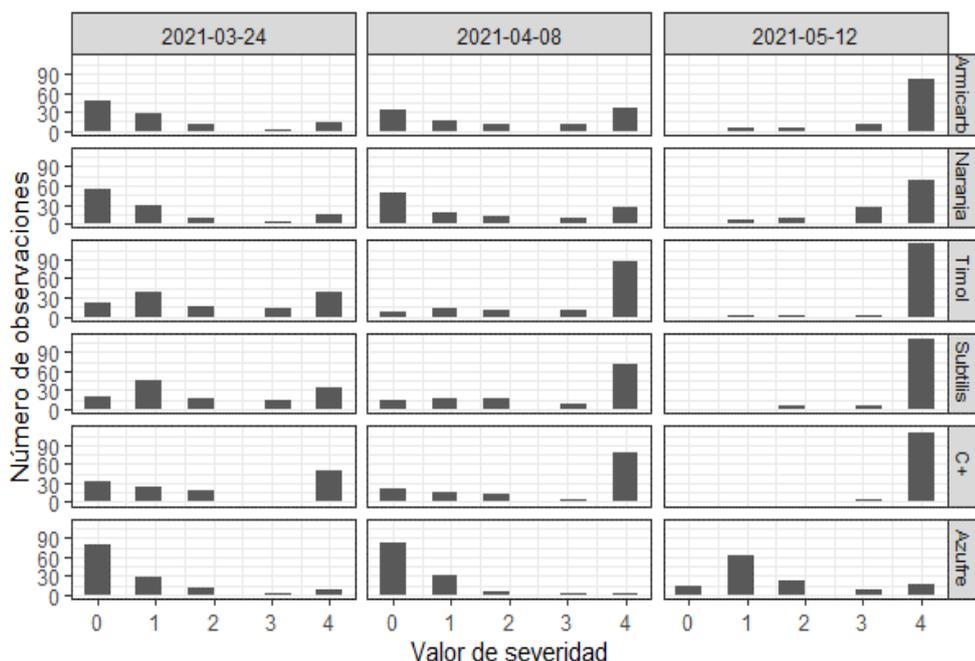


Figura 8 Distribución de las 128 observaciones en cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021) según el valor de severidad.

4.1.3 Resultados en cada bloque, tratamiento y fecha

Se encontraron diferencias en el valor medio de severidad, en cada una de las tres fechas de evaluación y tratamiento, para cada uno de los bloques. Estos datos pueden consultarse en la tabla 4. Como se ha visto anteriormente, para cada una de las fechas de evaluación, el nivel de severidad mayor en cada tratamiento se observó en el bloque A, seguido del B, C y D sucesivamente. Sin embargo, esto no fue siempre así, de nuevo en el caso del azufre, el bloque A nunca es el que tiene un mayor valor medio de severidad, pero en cambio sí que se observó que el bloque B tuvo los valores más bajos. No se observó una tendencia clara en la variabilidad de los datos para diferentes bloques dentro de un mismo tratamiento y fecha.

Tal como se ha establecido en el epígrafe anterior, se observaron diferencias en cuanto a los valores medios de severidad del oídio entre los diferentes tratamientos para cada una de las fechas. En la tabla 4 y en la figura 9 se muestran estos resultados. Aunque existieron excepciones, en general, los tratamientos control positivo, timol y subtilis mostraron valores más altos de severidad medios para cada bloque y fecha de observación. Los tratamientos naranja y armicarb mostraron valores algo más bajos que los tratamientos anteriores, aunque con bastantes excepciones. Por último, los valores medios para el tratamiento con azufre fueron menores que para el resto de los tratamientos en cada fecha.

Hay que señalar que esto último no se cumplió en la primera fecha de evaluación, en el bloque B, el tratamiento naranja quedó por debajo en la primera evaluación, y en el bloque C, en el que naranja y armicarb también quedó por debajo. Esto mismo ocurrió en la segunda fecha de evaluación en el bloque C, quedando el tratamiento naranja por debajo del azufre.

Tabla 4 Valores de severidad medios (Media) y desviación estándar (DE) de las 8 observaciones de los 4 árboles de cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre), bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).

Tratamiento	Bloque	2021-03-04		2021-04-08		2021-05-12	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE
Armicarb	A	2.58	1.56	3.46	0.88	3.70	0.76
Armicarb	B	1.56	1.09	3.00	1.10	3.62	1.02
Armicarb	C	0.53	0.84	1.50	1.59	3.59	0.84
Armicarb	D	0.34	0.70	0.94	1.50	3.68	0.65
Naranja	A	2.44	1.41	3.56	0.84	4.00	0.00
Naranja	B	1.44	1.31	1.38	1.31	3.56	0.73
Naranja	C	0.16	0.37	0.50	0.80	3.34	0.79
Naranja	D	0.38	0.55	0.38	0.75	3.10	1.04
Timol	A	3.28	1.02	3.94	0.25	4.00	0.00
Timol	B	2.41	1.54	3.69	0.82	4.00	0.00
Timol	C	1.66	1.31	3.25	1.19	3.94	0.25
Timol	D	1.00	1.14	2.16	1.59	3.78	0.71
Subtilis	A	2.62	1.36	3.44	1.08	4.00	0.00
Subtilis	B	2.53	1.32	3.59	0.76	4.00	0.00
Subtilis	C	1.69	1.18	2.62	1.43	3.73	0.69
Subtilis	D	1.06	1.39	1.72	1.63	3.62	0.71
C+	A	3.62	0.83	4.00	0.00	4.00	0.00
C+	B	3.16	1.35	3.12	1.48	4.00	0.00
C+	C	0.72	0.85	2.12	1.60	3.90	0.40
C+	D	0.84	1.11	2.00	1.74	3.66	0.83
Azufre	A	0.53	0.80	0.69	0.97	1.19	0.90
Azufre	B	1.56	1.50	0.62	1.07	2.37	1.22
Azufre	C	0.72	1.08	0.81	1.12	1.81	1.28
Azufre	D	0.09	0.39	0.09	0.30	1.00	0.76

Se observó una relación positiva entre el nivel de severidad de enfermedad medio y la fecha con independencia del factor bloque y tratamiento. En la figura 9 se muestran los valores medios de severidad obtenidos y el error estándar por cada bloque, fecha y tratamiento. Puede observarse como en todos los tratamientos hubo un incremento del valor de severidad a lo largo del tiempo. Esta tendencia tubo excepciones entre la primera fecha de observación y la segunda. En este intervalo de tiempo, en el caso del tratamiento con naranja, azufre y el control positivo, todos ellos pertenecientes al bloque B, se observó un leve descenso del valor medio de severidad. También se observaron tratamientos donde

el valor medio permaneció constante entre la primera y segunda fecha de evaluación, el tratamiento con naranja y azufre en el bloque D. De igual forma, en la segunda fecha de evaluación, el control positivo del bloque A, alcanzó el máximo valor de severidad, manteniendo este mismo valor en la fecha final de evaluación.

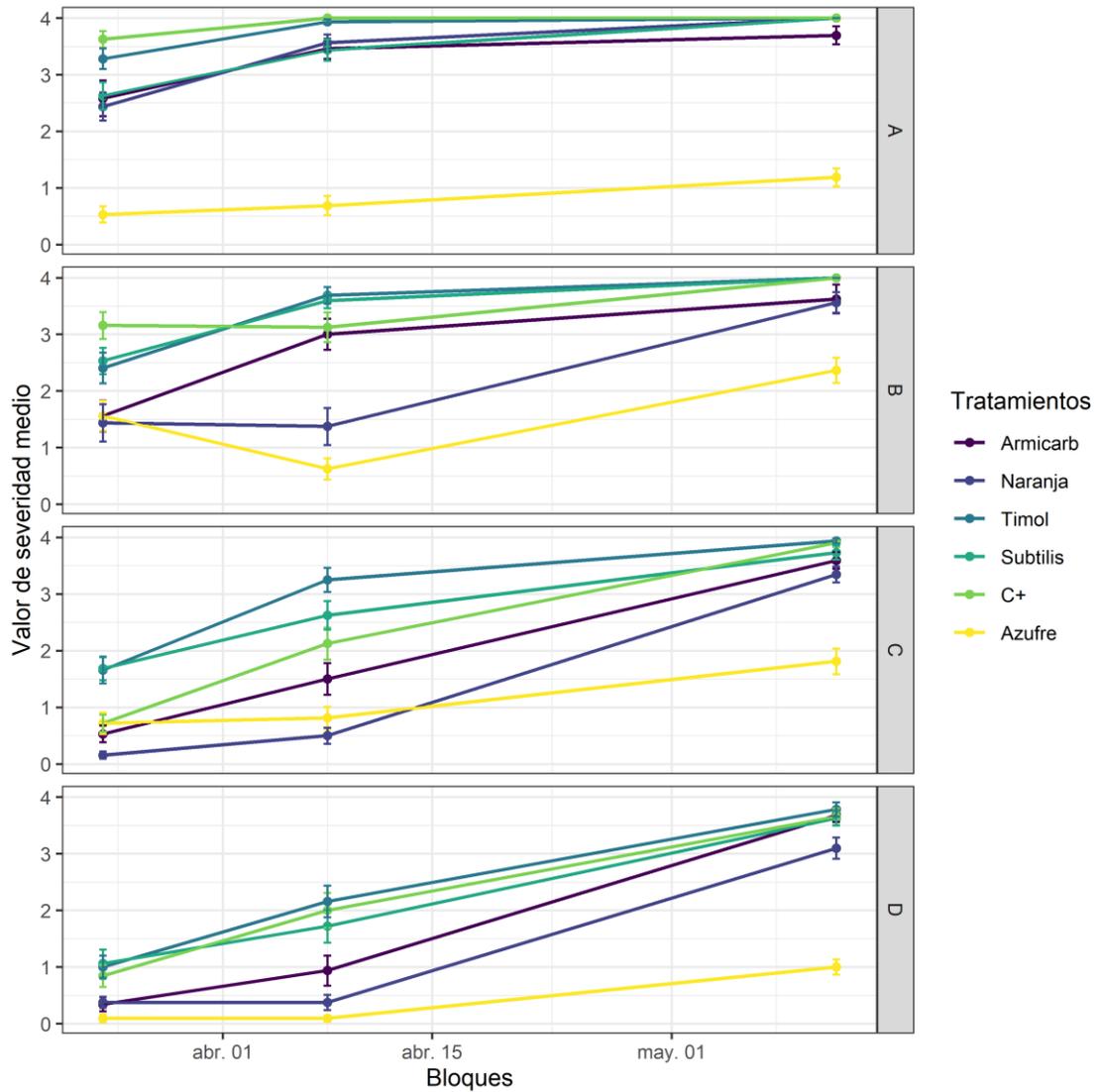


Figura 9 Curvas de evolución de la severidad de la enfermedad por tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) en cada uno de los bloques (A, B, C y D). Los puntos indican los valores de severidad medios y errores estándar (barras de error) de las 8 observaciones de los 4 árboles de cada tratamiento, bloque y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021).

4.2 CÁLCULO DE ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE)

Al objeto de comparar los diferentes tratamientos, en este apartado presentan los índices de la enfermedad de los valores de severidad por cada tratamiento y bloque, y su curva de evolución en el tiempo. Posteriormente, se calculó el ABCPE de cada tratamiento y se buscaron diferencias significativas entre estas teniendo en cuenta el efecto aditivo de los bloques.

4.2.1 Índice de enfermedad

Al objeto de visualizar las posibles diferencias entre los diferentes bloques y tratamientos, así como la distribución de los datos, se representan diagramas “Box-plot” o de caja en los que se puede observar la mediana, el primer y tercer cuartil, valores atípicos y el límite superior o inferior.

El diagrama de caja de la figura 10 muestra los datos del índice de la enfermedad por bloque y fecha. Se observa que hay diferencias entre ellos, sobre todo durante la primera y segunda fecha de evaluación. Los bloques parecen tener un efecto en el índice de la enfermedad en el mismo sentido en las tres fechas de evaluación, aunque mucho menos notable en la última fecha

En lo que refiere a la normalidad de los datos, hay una simetría en los datos, excepto para la tercera fecha de evaluación en el bloque A y D. El tamaño de las cajas es relativamente constante para las diferentes en cada fecha, lo que puede indicar su homocedasticidad. Aparecieron valores extremos en las tres fechas de evaluación en el bloque A, y en los demás bloques, en la tercera fecha de evaluación.

La figura 11 muestra las diferencias entre los índices de la enfermedad de los diferentes tratamientos. Se observaron mayores diferencias en los datos de índice de la enfermedad de la primera y segunda fecha de observación. En la tercera fecha destacó el tratamiento con azufre que tuvo un valor muy inferior al resto de tratamientos. Se observó una variabilidad de los datos similar para cada fecha de evaluación en la mayoría de los casos, aunque el tratamiento con azufre presentó bastantes diferencias con respecto al resto de tratamientos. También parece haber cierta simetría en los datos y únicamente aparece un valor extremo en el tratamiento con azufre en la segunda fecha de evaluación.

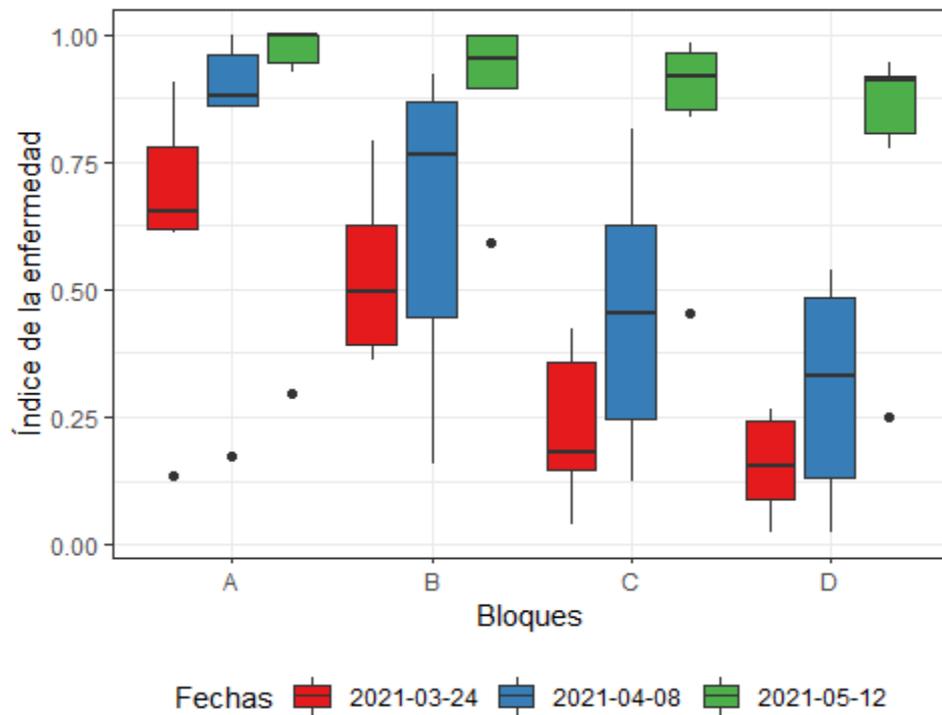


Figura 10 Distribución de los 6 datos del índice de la enfermedad en cada bloque (A, B, C y D) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021). El diagrama muestra la mediana (línea horizontal), el primer y tercer cuartil (caja), el límite superior e inferior (líneas verticales) y los valores atípicos de estos datos.

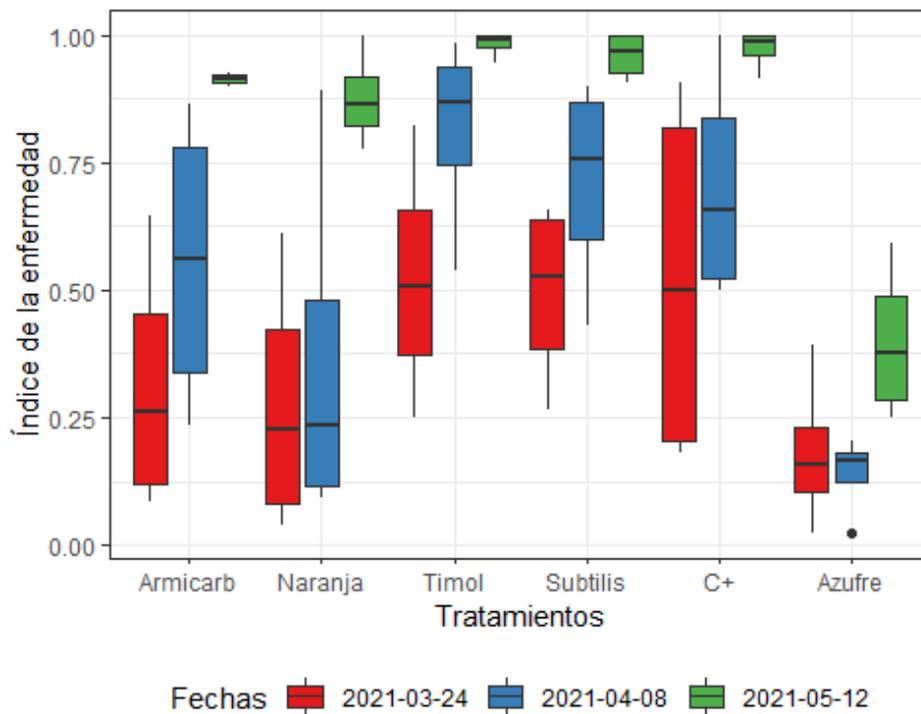


Figura 11 Distribución de los 4 datos del índice de la enfermedad en cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021). El diagrama muestra la mediana (línea horizontal), el primer y tercer cuartil (caja), el límite superior e inferior (líneas verticales) y los valores atípicos de estos datos.

4.2.2 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

Los datos del índice de la enfermedad por cada tratamiento y bloque, en función de la fecha de observación, definen el ABCPE. En la tabla 5 se muestran estos datos para cada tratamiento y bloque, así como las medias de estos. En los datos medios por bloque de ABCPE, se observó que el mayor valor lo obtuvo el bloque A, seguido de B, C y D sucesivamente. Los datos medios para cada tratamiento mostraron que la mayor área se observa en el tratamiento con timol, seguido por el control positivo, *B. subtilis*, armicarb y el aceite de naranja. El azufre dispone de una superficie bajo la curva bastante menor que el resto de los tratamientos. En los datos específicos para cada tratamiento y bloque se encontró que el tratamiento azufre tuvo la menor ABCPE en todos los bloques. El resto de los tratamientos siguieron un orden de prelación similar entre ellos en cuanto a ABCPE.

Tabla 5 Datos del ABCPE para cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre) y bloques (A, B, C y D). Además, se añade columna y fila de datos medios.

Tratamientos	A	B	C	D	Media
Armicarb	41.73256	36.71094	25.45703	22.01575	31.47907
Naranja	43.39062	26.25781	17.56641	16.16129	25.84403
Timol	47.25718	44.09766	39.74609	31.15234	40.56332
Subtilis	42.97656	43.75781	35.10885	27.92578	37.44225
C+	48.29688	42.05859	30.95199	29.37109	37.66964
Azufre	10.25391	16.81615	14.02734	5.00000	11.52435
Media	38.98462	34.94983	27.14295	21.93771	30.75378

La figura 12 muestra las curvas que definen los datos medios de índice de la enfermedad de cada tratamiento en función de la fecha de observación. La superficie definida por cada curva representa el valor de ABCPE para cada tratamiento. Este dato se muestra de forma numérica en la media por tratamiento de la tabla 5.

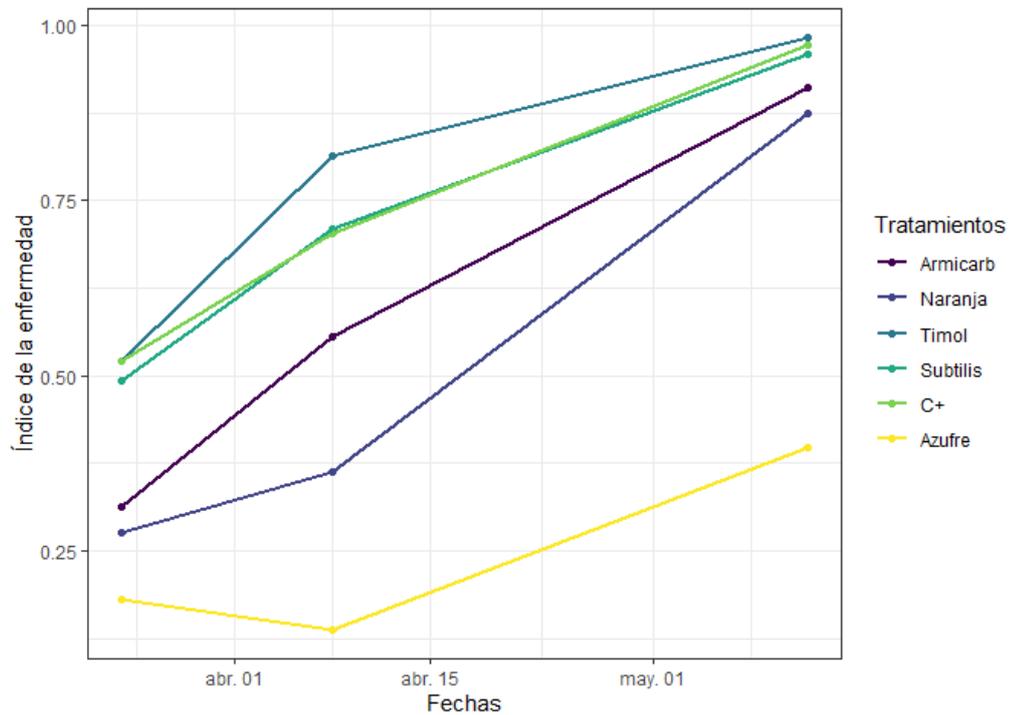


Figura 12 Curvas de progreso de la enfermedad para cada tratamiento, definidas por el valor medio del índice de la enfermedad por cada fecha (24 de marzo, 8 de abril y 12 de mayo de 2021). Los tratamientos se muestran en diferentes colores según la leyenda.

4.2.3 ANOVA de los datos del ABCPE

Se realiza un análisis de la varianza de dos vías para contrastar la hipótesis nula de que las medias por tratamiento del ABCPE son iguales. Para ello, se utiliza un modelo aditivo, que tiene en cuenta el efecto del bloque y de los tratamientos, en el valor del ABCPE. Los datos arrojados por el análisis de la varianza confirman que hubo una influencia por parte del bloque ($F=17.062$, $\text{sig}<0.001$) y el tratamiento ($F=22.600$, $\text{sig}<0.001$) en el ABCPE. La tabla 6 muestra los resultados del análisis estadístico. Por tanto, puede descartarse la hipótesis nula de que todos los tratamientos tuvieron medias iguales de ABCPE.

El tamaño del efecto permite cuantificar como influye el bloque y los tratamientos sobre el índice de la enfermedad. El tamaño del efecto se considera grande cuando el estadístico η^2 es mayor de 0.14 y pequeño cuando es inferior a 0.01. Por tanto, el factor bloque y el factor tratamiento tienen un efecto grande sobre el ABCPE. El estadístico η^2 parcial, nos indica la proporción de variación que se debe a las condiciones (bloque o tratamiento). Es decir, después de excluir la variación explicada por el factor tratamiento, el 77.3% de variación del área de bajo la curva de progreso de la enfermedad se debió al factor

bloque. Y al contrario, después de excluir la variación explicada por el factor bloque, la condición tratamiento explicó el 88.2% de la variación.

Tabla 6 Resultados de la ANOVA de dos vías. La primera columna muestra las fuentes de variación (tratamiento y bloques) y los residuos, la segunda la suma de los cuadrados tipo II del modelo, la tercera los grados de libertad (GL), el estadístico F y el nivel de significancia (Sig). En las dos últimas columnas se incluye el tamaño del efecto (η^2) y el tamaño del efecto parcial (η^2 parcial).

Origen	Suma de cuadrados	GL	F	Sig	η^2	η^2 parcial
Bloque	1056.688	3	17.062	<0.001	0.2856584	0.7733632
Tratamiento	2332.778	5	22.600	<0.001	0.6306285	0.8828107
Residuos	309.666	15	-	-		

4.2.4 Condiciones de la ANOVA

A continuación, se enumeran los supuestos y las condiciones que se cumplieron para poder realizar el análisis estadístico anterior:

1. El ABCPE es una variable continua.
2. Los factores tratamientos y bloques consistieron cada uno de ellos en varios grupos categóricos independientes.
3. Existió independencia de las observaciones, no hay relación entre las ellas. No hubo individuos observados que participaran en más de un tratamiento y/o bloque.
4. No se observan valores extremos del del valor de ABCPE en el modelo.
5. Se cumplió el supuesto de homocedasticidad, el test de homogeneidad de la varianza de Bartlett aplicado a los valores del ABCPE por grupos y por tratamientos arroja un valor de significancia mayor de 0.05 en ambos casos, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula homogeneidad de la varianza. En el gráfico "a", de la figura 13, no se observa que los residuos sigan un patrón concreto, por lo que no se puede concluir que exista falta de homocedasticidad.
6. Los datos del ABCPE tienen una distribución aproximadamente normal. La gráfica "b", de la figura 13, se puede apreciar como los cuantiles residuos forman una línea aproximadamente recta cuando se grafican frente a los cuantiles teóricos normales, esto indica que la muestra proviene de una población normal. Además, el test de Shapiro-Wilk muestra una significancia de 0.169, mayor de 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos se distribuyan de forma normal.

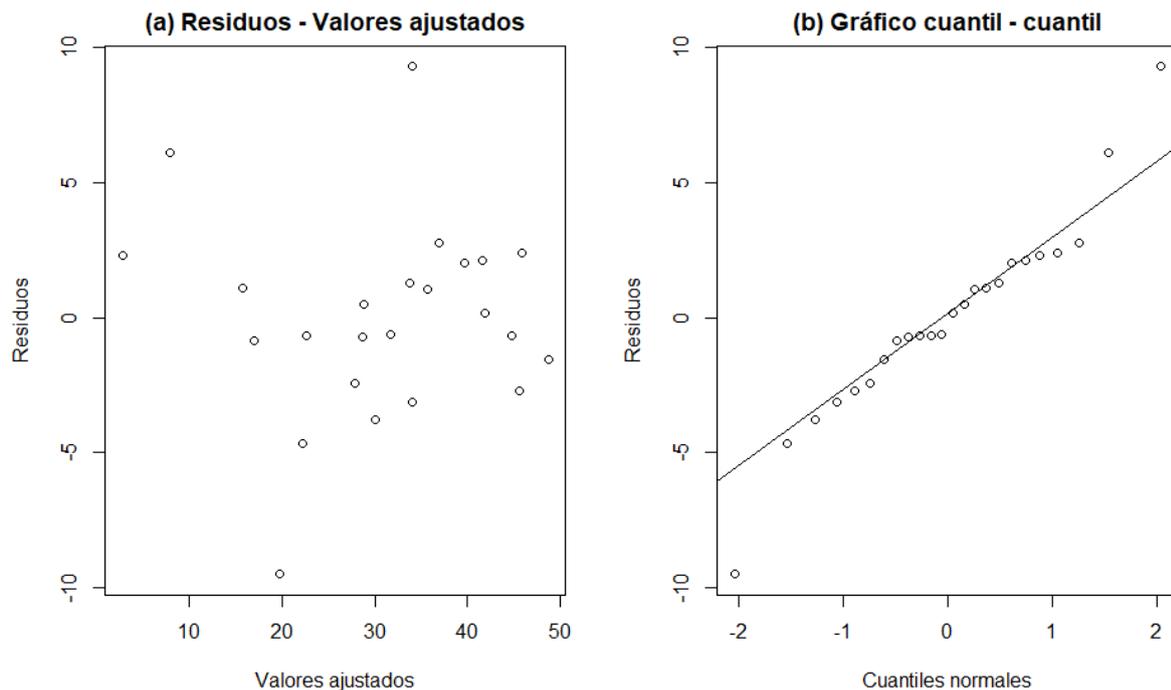


Figura 13 Los puntos del diagrama "a" muestran los residuos para cada uno de los valores de área de bajo la curva de progreso de la enfermedad (valores ajustados por el modelo). Los puntos del gráfico cuantil-cuantil "b" son los residuos ordenados frente a los cuantiles de una distribución normal, la línea indica la posición teórica de los puntos en caso de una muestra normal.

4.2.5 Comparaciones múltiples entre tratamientos

Tras verificar, mediante el ANOVA del apartado anterior, que existieron diferencias significativas entre los datos medios de ABCPE, se realiza un test de Tukey. Esta es una técnica de contraste para comparaciones múltiples. Permite conocer que medias son distintas entre tratamientos, con un nivel de confianza simultaneo del 95%. Con los resultados obtenidos se forman grupos de tratamientos estadísticamente semejantes, quedando indicado mediante una misma letra. En la figura 14 se pueden observar los datos obtenidos de ABCPE medios para cada tratamiento, además aquellos con diferentes letras muestran las diferencias encontradas mediante el test de Tukey. Por tanto, encontramos que el tratamiento azufre fue el que obtuvo una media del valor de ABCPE menor, siendo estadísticamente diferente al resto de tratamientos. Los tratamientos timol, control positivo, subtilis y armicarb, por este orden, obtuvieron las mayores medias de ABCPE, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ellos. El tratamiento naranja obtuvo un valor más bajo de ABCPE que el grupo anterior, aunque no difiere significativamente del tratamiento armicarb.

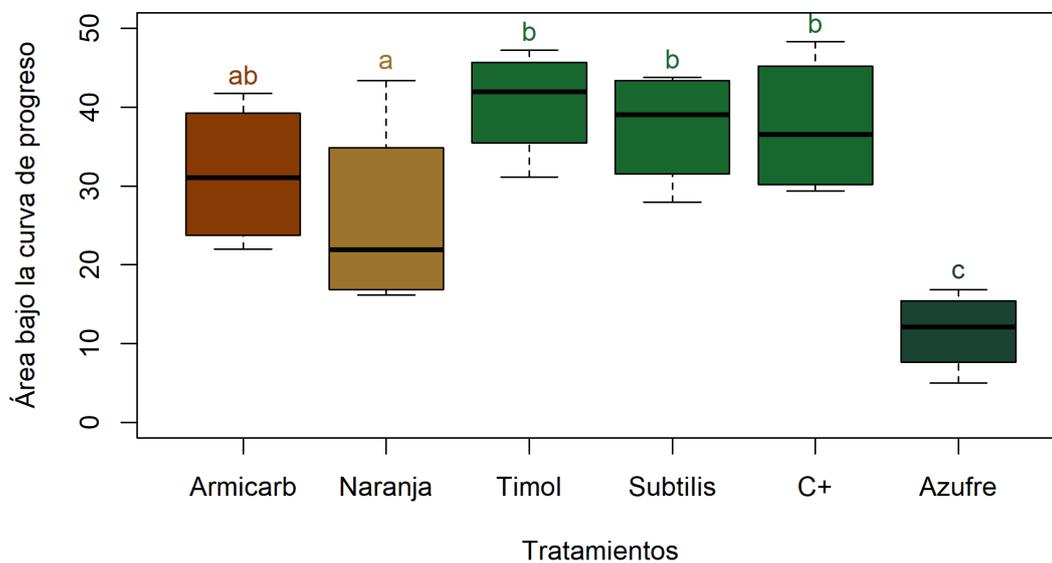


Figura 14. Diagrama de cajas del ABCPE para cada tratamiento (armicarb, naranja, timol, subtilis, C+ y azufre). El diagrama muestra la mediana (línea horizontal), el primer y tercer cuartil (caja), el límite superior e inferior (líneas verticales) y los valores atípicos de estos datos. Diferentes letras en los tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas (test de Tukey) entre las medias.

5 DISCUSIÓN

En general, en los árboles del ensayo se ha producido una gran incidencia de oídio del mango. Se han encontrado signos de la enfermedad, desde el inicio de las valoraciones, en todos los tratamientos de cada uno de los bloques. Además, se observaron severidades muy altas, especialmente en la última fecha de evaluación, como muestra la tabla 4. Esta gran incidencia y severidad de la enfermedad puede deberse a la poca tolerancia de la variedad Irwin frente al oídio del mango (Galán Saúco, 1990, 1999c). Además, las condiciones ambientales que se observaron en los datos climáticos de la zona (apartado 3.7), fueron compatibles con los establecidos por diversos autores (Ploetz, 2003; Ploetz & Freeman, 2009; Raut *et al.*, 2017) para el desarrollo de la enfermedad. En las semanas precedentes a las valoraciones de la severidad, la humedad relativa media diaria se situó generalmente en valores en torno al 50 y 90%. En cuanto a la temperatura, en los meses de abril y principios de mayo, observamos gran cantidad de días con temperaturas entre los 10 y los 25°C. Por tanto, parece que las condiciones de humedad relativa y especialmente, las temperaturas del mes de abril y principios del mes de mayo son proclives a la enfermedad. Según lo establecido por Hermoso González *et al.*, 2018 para el sur peninsular, en los meses de abril y mayo se encuentran las condiciones más favorables para el desarrollo de la enfermedad. Esto explicaría la mayor severidad observada en la segunda y tercera fecha de evaluación.

El espaciamiento temporal de las aplicaciones fitosanitarias es otro aspecto que puede explicar estos altos valores de severidad observados. Diversos autores han recomendado tratamientos cada 2 o 3 semanas (Schoeman *et al.*, 1995; Torés, 1997; Galán Saúco, 1999c; Hermoso González *et al.*, 2018). Sin embargo, en este ensayo no se respetan estos plazos en algunos casos. Entre la primera aplicación fitosanitaria y la segunda transcurre más de un mes, al igual que entre la tercera y la cuarta aplicación. Los motivos de estos espaciamientos temporales se exponen en el apartado 3.3, sobre aplicaciones fitosanitarias.

Los resultados de este ensayo han mostrado diferencias estadísticamente significativas en cuanto al parámetro de ABCPE para el factor bloque y el factor tratamiento. Estas diferencias pueden observarse separadamente en los datos del índice de la enfermedad en cada uno de los factores (bloques y tratamientos) y en cada uno de los tres momentos de evaluación.

Tal como se muestra en la tabla 2, la severidad media de cada bloque, así como los datos del índice de la enfermedad para este factor mostraron un incremento a lo largo del ensayo. Mirsra *et al.*, 2016 ha establecido un modelo de predicción del crecimiento del índice de la enfermedad del oídio del mango en el tiempo que tiene forma de función logística. Esto podría explicar los rápidos incrementos del índice de la enfermedad en algunos intervalos de las evaluaciones de severidad del ensayo. Por otro lado, hay que destacar que los datos de partida del valor medio de severidad de cada bloque fueron diferentes, y además estas diferencias se mantuvieron en las sucesivas evaluaciones. Este efecto también se puede deducir de los valores medios por bloques de ABCPE de la tabla 5. Esto puede deberse a que los bloques fueron diseñados mediante la agrupación de árboles con características semejantes, tal como se establece en el apartado 3.4 de materiales y métodos. Durante el ensayo se observaron diferencias en el estado fenológico entre los árboles de los diferentes bloques. En concreto, el estado fenológico más avanzado fue observado en el bloque A, seguido de B, C y D. Por tanto, esto puede indicar que en las condiciones del ensayo los tratamientos fitosanitarios en estados fenológicos más tempranos pueden conseguir un mayor efecto en el control de la enfermedad. Otra explicación de este efecto puede estar relacionada con la poda. Los bloques C y D fueron podados después de la cosecha del año anterior, esto pudo reducir el inóculo inicial de estos bloques y, como consecuencia la severidad de la enfermedad (Misra, 2001; Nasir *et al.*, 2014). Finalmente, hay que señalar que los árboles de los bloques A y B tienen por lo general un menor porte. Esto último podría indicar que los árboles de los bloques A y B se encuentran en un peor estado general y, por tanto, tener una menor tolerancia a la enfermedad.

Las diferencias observadas en los valores medios de severidad de cada tratamiento y fecha de evaluación (figura 6), encuentran una correspondencia directa con los datos de medios de cada tratamiento para el valor de ABCPE (tabla 5). Al igual que ocurre para cada bloque, en las medias de severidad de cada tratamiento se observó un incremento en el tiempo. Existe una excepción a lo anterior en el caso del azufre, que en la segunda fecha de evaluación presenta una media de severidad menor que en la primera fecha de evaluación. En la bibliografía no se encuentran referencias en cuanto un efecto curativo del azufre, por lo que este efecto puede ser debido a errores en la valoración de la severidad. Otra explicación puede estar relacionada con el crecimiento de las panículas florales durante las valoraciones. Debido a esto, la proporción de superficie cubierta por el oídio puede disminuir debido al efecto de expansión de las panículas.

En la primera evaluación de severidad, se parte de valores medios por tratamiento que son diferentes entre ellos. Esta primera evaluación se realizó después de dos tratamientos fitosanitarios aplicados. Por tanto, estas diferencias observadas inicialmente entre los tratamientos pueden deberse el efecto de las aplicaciones fitosanitarias previas.

En base a los resultados de ABCPE, los tratamientos timol, subtilis y armicarb no presentaron diferencias significativas con respecto al control positivo. Esto difiere de los resultados obtenidos por otros autores. En una evaluación *in vitro* del efecto en la germinación de conidios con diferentes fungicidas se ha observado una germinación del 13.74% del control, 2.73% de *B. subtilis* y de 2.43% del azufre mojable (Mehta *et al.*, 2018). Otros autores también han reportado que tratamientos *in vitro* con *B. subtilis* disminuyen la germinación de conidios (Nofal & Haggag, 2006). En un ensayo en condiciones de campo con agentes de control biológico contra el oídio del mango, *B. subtilis* mostró el mayor control de la enfermedad (Kaur *et al.*, 2018). Para los productos fitosanitarios autorizados timol y armicarb no se ha encontrado referencias bibliográficas para el oídio del mango.

El tratamiento naranja tiene un efecto en el control del oídio del mango, presentando diferencias estadísticamente significativas con respecto al control positivo. Sin embargo, el valor de ABCPE medio para el tratamiento con aceite de naranja, es mayor que en el caso del tratamiento con azufre. Además, se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos. Por tanto, el azufre fue el tratamiento fitosanitario más efectivo en la reducción del avance del oídio del mango en las condiciones ensayadas. El azufre aparece frecuentemente en la bibliografía como tratamiento efectivo en el control de la enfermedad (Prakash & Misra, 2001; Ploetz, 2003; Ploetz & Freeman, 2009; Nasir *et al.*, 2014).

La variabilidad natural que se encuentra en el campo de ensayo ha sido una dificultad para la realización de las evaluaciones y, posteriormente, para el análisis de los resultados. Para obtener datos representativos de la severidad de la enfermedad en la floración, se han tenido que realizar un gran número de observaciones por cada una de las fechas de evaluación. En este sentido, el diseño por bloques ha resultado acertado, puesto que se tenido en cuenta en el análisis estadístico la heterogeneidad espacial de los árboles en la parcela. Sin embargo, este diseño del ensayo ha incrementado el nivel de complejidad en la realización de los tratamientos fitosanitarios y en las tareas de evaluación de la severidad de la enfermedad.

Debido a la importancia de la enfermedad del oídio del mango, se hace necesario tener información sobre la enfermedad a nivel local para diseñar estrategias de lucha. En concreto, sería conveniente disponer de un método de muestreo estandarizado y definir umbrales de tratamiento o umbrales económicos de la enfermedad.

En cuanto a los métodos de control de la enfermedad, es muy importante ponerlos a prueba en las condiciones específicas de la Axarquía. Tanto los métodos culturales, como los productos fitosanitarios autorizados para el cultivo, deben de ensayarse en parcelas con las condiciones de la zona producción.

En el ámbito específico de este trabajo, sería conveniente apoyar los resultados obtenidos con otros ensayos complementarios. Se propone la realización de pruebas de germinación de conidios en condiciones de laboratorio con los mismos tratamientos fitosanitarios, en solitario y en distintas combinaciones. Además, se podrían incluir otros productos fitosanitarios autorizados para el cultivo con el fin de proponerlos para ensayo en condiciones de campo. Otros estudios por realizar estarían enfocados a la producción. Ensayar el efecto de los tratamientos en la cantidad y la calidad de frutos de mango es lo más apropiado para evaluar íntegramente los productos fitosanitarios desde un punto de vista agronómico.

Otros factores que estudiar en ensayos similares pueden ser el uso de mojantes y coadyuvantes, momentos diferentes de aplicación de los fitosanitarios y el ensayo en otras variedades de mango.

6 CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de este trabajo es evaluar tratamientos fitosanitarios autorizados, compatibles con el sistema de producción ecológica, para el control del oídio del mango en condiciones de campo. Por tanto, las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- Para las condiciones en las que se desarrolló el ensayo, se ha puesto de manifiesto que el tratamiento basado en azufre es el más eficaz en el control de la enfermedad en la floración del mango.
- Aunque en menor medida que el azufre, el aceite de naranja tiene un efecto en la reducción de la severidad de la enfermedad en el momento de la floración. Este efecto quizás podría mejorarse si las aplicaciones fueran más frecuentes que las usadas en este ensayo.
- El resto de los tratamientos fitosanitarios ensayados, en las condiciones de este trabajo, no han mostrado diferencias respecto del control positivo.

7 BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Abo Rehab, M. M. E., Shenoudy, N. A. & Anwar, H. M. (2014) 'Effect of powdery mildew on mango chlorophyll content and disease control', *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 92(2), pp. 451–464. doi: 10.21608/ejar.2014.154764.

Agrios, G. N. (2005) *Plant Pathology*. 5th edn, Academic Press. 5th edn. London, UK: London, UK: Elsevier Academic Press.

Ávila Cano, J. C. (2015) 'La Sanidad Vegetal en los cultivo tropicales en Andalucía', *Phytoma España*, 270, pp. 50–54.

Betancourt, I., Velázquez-Monreal, J., Montero Castro, J. C., Fernandez-Pavia, S., Lozoya-Saldaña, H. & G., R.-A. (2012) 'Fusarium mexicanum Agente Causal de la Malformación del Mango en Jalisco, México', *Revista Mexicana de Fitopatología*, 30, pp. 115–127.

Bompard, J. M. (2009) 'Taxonomy and Systematics', in Litz, R. E. (ed.) *The mango: botany, production and uses*. Segunda. CABI Publishing.

Consejería de Agricultura Pesca y Desarrollo Rural (2020) *Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras años 2018*. Sevilla.

Dag, A., Eisenstein, D. & Gazit, S. (2001) 'Effects of three fungicides used to control powdery mildew in mango on pollen germination and pollen-tube growth.', *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*.

El-Meslamany, R., Atia, M. & Abd-Elkader, D. (2020) 'Evaluación de cultivars and fungicides role in controlling mango powdery mildew', *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 47, pp. 87–100. doi: 10.21608/zjar.2020.70124.

FAO (2020a) *FAOSTAT: Statistical database*. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Accessed: 17 May 2020).

FAO (2020b) *Las principales frutas tropicales. Análisis del mercado 2018*. Roma.

Félix-Gastélum, R., Herrera-Rodríguez, G., Martínez-Valenzuela, C., Longoria-Espinoza, R. M., Maldonado-Mendoza, I. E., Quiroz-Figueroa, F. R., Martínez-Álvarez, J. C., García-Pérez, L. M. & Espinosa-Matías, S. (2013) 'First Report of Powdery Mildew (*Pseudoidium anacardii*) of Mango Trees in Sinaloa, Mexico', *Plant Disease*, 97(7), p. 994. doi: 10.1094/PDIS-11-12-1014-PDN.

Galán Saúco, V. (1990) *Los frutales tropicales en los subtrópicos*. Edited by V. Galán Saúco. Madrid: Mundi-Prensa.

Galán Saúco, V. (1999a) 'Adaptación climática y edáfica', in Galán Saúco, V. (ed.) *El cultivo del Mango*. Madrid: Mundi-Prensa.

Galán Saúco, V. (1999b) 'Control del crecimiento y el desarrollo', in Galán Saúco, V. (ed.) *El cultivo del Mango*. Primera. Madrid: Mundi-Prensa.

Galán Saúco, V. (1999c) 'Enfermedades, plagas y desórdenes no patogénicos del Mango', in Galán Saúco, V. (ed.) *El cultivo del Mango*. Primera. Madrid: Mundi-Prensa.

Galán Saúco, V. (1999d) 'Importancia económica del Mango', in Galán Saúco, V. (ed.) *El cultivo del Mango*. Madrid: Mundi-Prensa.

Galán Saúco, V. (1999e) 'Introducción', in Galán Saúco, V. (ed.) *El cultivo del Mango*. Madrid: Mundi-Prensa.

Galán Saúco, V. (1999f) 'Morfología, fenología y aspectos fisiológicos', in Galán Saúco, V. (ed.) *El cultivo del Mango*. Madrid: Mundi-Prensa.

Gallego, E. & Sánchez, J. (no date) *MYCO-UAL. Universidad de Almería. Departamento de Botánica*. Available at: <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/index.htm> (Accessed: 17 December 2020).

Gesraha, M., Ebeid, A. R. & Ali, A. (2019) 'Do the diversity of plants and sulphur application influence the population fluctuation of insect predator?', *Bulletin of the National Research Centre*, 43, p. 159. doi: 10.1186/s42269-019-0198-3.

Gorter, G. J. M. . (1988) 'Identification of South African Erysiphaceae with a key to the species', *Phytophylactica*, 20(2), pp. 113–120. Available at: https://journals.co.za/content/phyto/20/2/AJA03701263_1570.

Guirado Sánchez, E. (2014) 'Situación del cultivo del mango en el sur peninsular', *Agropalca*, Julio, p. 19.

Hasan Naqvi, S. A., Perveen, R., Manzoor, S. A., Imran Umar, H. M., Iqbal, M. T., Liaquat, F., Majid, T. & Irshad, A. (2014) 'Evaluation of Various Mango Varieties against the Infection Dynamics of Powdery Mildew (*Oidium mangiferae* Bert.)', *American Journal of Plant Sciences*. doi: 10.4236/ajps.2014.515250.

Hermoso González, J. M., Guirado Sánchez, E. & Farré Massip, J. M. (2018) *Introducción al cultivo del mango en el sur peninsular*. Granada: Caja Rural de Granada.

Iyer, C. P. A. & Schnell, R. J. (2009) 'Breeding and Genetics', in Litz, R. E. (ed.) *The mango: botany, production and uses*. Segunda. CABI Publishing.

Katoch, P., Katoch, A. & Dangi, B. (2019) 'An overview on mango malformation and the potential approaches to their management', *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8, pp. 621–626.

Kaur, L., Gupta, B., Sharma, I. M. & Joshi, A. (2018) 'Eco-Friendly Management of Powdery Mildew of Mango through Biocontrol Agents', *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, pp. 392–396. doi: 10.20546/ijcmas.2018.710.042.

Lozano, A. (2020) *Asociación Española de Tropicales*. Available at: <https://asociaciondetropicales.net/> (Accessed: 23 June 2021).

Mamta, S. & Singh, K. P. (2015) 'Disease assesment key for powdery mildew of mango', *Supplement on Plant Pathology*, 10 (4), pp. 1777–1781.

MAPA (2021) *Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Available at: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp> (Accessed: 10 February 2021).

McGrath, M. T. (2004) 'What are Fungicides?', *The Plant Health Instructor*. doi: 10.1094/PHI-I-2004-0825-01.

Mehta, N., Patel, P., Pandya, H. & Patel, S. (2018) 'Assessment of various fungicides and bio-agents against the powdery mildew of mango (In vitro)', *International Journal of Chemical Studies*, 6, pp. 1063–1065.

Misra, A. K. (2001) 'Powdery mildew -A serious disease of mango', *Journal of Applied Horticulture* 3 (1): 63-68., 3, pp. 63-68. doi: 10.37855/jah.2001.v03i01.16.

Misra, A. K., Dalvi, M. B., Agrawal, R. & Salvi, B. (2016) 'Forewarning powdery mildew of mango (*Mangifera indica* L.) caused by *Oidium mangiferae* Berthet', *Journal of Eco-friendly Agriculture*, 12, pp. 1–9.

Mukherjee, S. K. & Litz, R. E. (2009) 'Introduction: Botany and Importance', in Litz, R. E. (ed.) *The mango: botany, production and uses*. Segunda. CABI Publishing.

Nasir, M., Mughal, S. M., Mukhtar, T. & Awan, M. Z. (2014) 'Powdery mildew of mango: A review of ecology, biology, epidemiology and management', *Crop Protection*, 64, pp. 19–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.003>.

Nelson, S. C. (2008) 'Mango powdery mildew', *Plant Disease. University of Hawaii*, 46, p. 6. Available at: <http://hdl.handle.net/10125/12411>.

Nofal, M. A. & Haggag, W. M. (2006) 'Integrated management of powdery mildew of mango in Egypt', *Crop Protection*, 25(5), pp. 480–486. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.08.003>.

Peña, J. E., Aluja, M. & Wysoky, M. (2009) 'Pests', in Litz, R. E. (ed.) *The mango: botany, production and uses*. Segunda. CABI Publishing.

Pérez-Rodríguez, A., Monteón-Ojeda, A., Mora-Aguilera, J. A. & Hernández-Castro, E. (2017) 'Epidemiology and strategies for chemical management of powdery mildew in mango', *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 52(9), pp. 715–723. doi: 10.1590/S0100-204X2017000900003.

Ploetz, R. C. (2003) 'Diseases of mango.', in *Diseases of tropical fruit crops*. CABI, pp. 327–363. doi: 10.1079/9780851993904.0327.

Ploetz, R. C. & Freeman, S. (2009) 'Foliar, floral and soilborne diseases', in Litz, R. E. (ed.) *The mango: botany, production and uses*. Segunda. CABI Publishing.

Prakash, O. & Misra, A. K. (2001) 'Diseases of mango and their management', in Thind, T. S. (ed.) *Diseases of Fruit and Vegetables and their Management*. Primera. Ludhiana: Kalyani Publishers, pp. 47–72.

Prischmann, D. A., James, D. G., Wright, L. C., Teneyck, R. D. & Snyder, W. E. (2005) 'Effects of chlorpyrifos and sulfur on spider mites (Acari: Tetranychidae) and their natural enemies', *Biological Control*, 33(3), pp. 324–334. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.03.008>.

R Core Team (2021) 'R: A Language and Environment for Statistical Computing'. Vienna, Austria. Available at: <https://www.r-project.org/>.

Raut, R. A., Patil, P. D., Haldavnekar, P. C. & Munj, A. Y. (2017) 'Epidemiological studies on mango powdery mildew (*Oidium mangiferae* Berthet) cv. Alphonso', *Journal of Agrometeorology*.

Reuveni, M. & Reuveni, R. (1995) 'Efficacy of foliar sprays of phosphates in controlling powdery mildews in field-grown nectarine, mango trees and grapevines', *Crop Protection*, 14(4), pp. 311–314. doi: [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(94\)00009-W](https://doi.org/10.1016/0261-2194(94)00009-W).

Schaffer, B., Urban, L., Lu, P. & Whiley, A. W. (2009) 'Ecophysiology', in Litz, R. E. (ed.) *The mango: botany, production and uses*. Segunda. CABI Publishing.

Schoeman, M. H., Manicom, B. Q. & Wingfield, M. J. (1995) 'Epidemiology of powdery mildew on mango blossoms', *Plant Disease*. doi: 10.1094/PD-79-0524.

Sparks, A., Esker, P. D., Bates, M., Acqua, W., Guo, Z., Segovia, V., Silwal, S. D. & Tolos, S. (2008) 'Ecology and Epidemiology in R: Disease Progress Over Time', *The Plant Health Instructor*. doi: 10.1094/PHI-A-2008-0129-02.

Teliz, D., González-Hernández, V., Mora-Aguilera, A., Mora-Aguilera, G., Sanchez-García, P. & Guillén-Sánchez, D. (2003) 'Desarrollo Temporal de Epidemias de Cenicilla (*Oidium mangiferae* Berthet) en Huertos de Mango (*Mangifera indica* L.) en Michoacán, México', *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21, pp. 181–188.

Téllez, A. P. (2020) 'El aroma del mango inunda Málaga', *Diario Sur*, 8 October.

Torés, J. A. (1997) 'El oídio del mango (*Oidium mangiferae* Berthet)', *Phytoma España*, 86(Transferencia tecnológica), pp. 16–20.

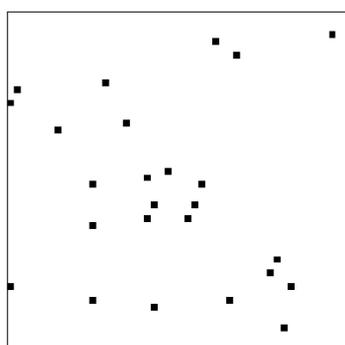
Vela López, J., González-Fernández, J. J. & Boyero, J. (2017) 'Plagas del mango en España', *Phytoma España*, 287, pp. 23–28.

Veldman, W. M., Regnier, T. & Augustyn, W. A. (2018) 'Biocontrol of *Fusarium mangiferae* responsible for mango malformation using bacterial isolates', *Scientia Horticulturae*, 230, pp. 186–195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.039>.

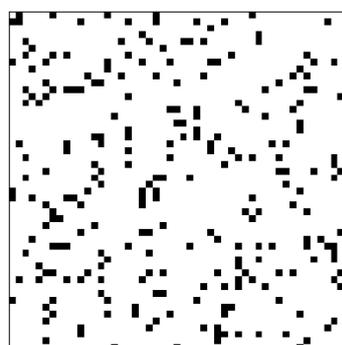
ANEXO. ESCALAS GRÁFICA DE EVALUACIÓN DE LA SEVERIDAD EN PANÍCULAS

A) ESCALA GRÁFICA DE REFERENCIA

Se generó una escala gráfica artificial mediante una cuadrícula de 50 unidades de lado en la que se representan los diferentes porcentajes de severidad a diferenciar. A continuación, se muestran las superficies de cubierta 1, 10, 25 y 50%.



1% de la superficie cubierta



10% de la superficie cubierta



25% de la superficie cubierta



50% de la superficie cubierta

B) ESCALA FOTOGRÁFICA DE REFERENCIA



0% de la superficie cubierta



1-10% de la superficie cubierta



10-25% de la superficie cubierta



25-50% de la superficie cubierta



25-50% de la superficie cubierta

Cinco productos fitosanitarios comerciales, compatibles con la agricultura ecológica, contra el oídio del mango (*Oidium mangiferae*) fueron evaluados por su efecto en la severidad de la enfermedad en la floración. El ensayo se lleva a cabo en un cultivo comercial de mango (*Mangifera indica*) bajo condiciones de infección natural en la zona de producción de la Axarquía (Málaga). Durante el ensayo se realizaron cuatro aplicaciones fitosanitarias al cultivo repetidas en el tiempo. La severidad de la enfermedad en la floración fue evaluada tres veces. El Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) fue calculado, mostrando diferencias estadísticamente significativas entre algunos tratamientos. El tratamiento de azufre mojable, mostró el ABCPE más bajo, seguido del aceite de naranja. Los tratamientos hidrogenocarbonato de potasio, *Bacillus subtilis* cepa QST 713 y eugenol + geraniol + timol, mostraron los valores de ABCPE más altos, los cuales no se diferenciaban estadísticamente del control positivo.

Five commercial phytosanitary products, compatible with ecological farming, against powdery mildew of mango (*Oidium mangiferae*) were tested for their effect in the disease severity on flowering. The essay was carried out in a mango (*Mangifera indica*) commercial orchard under natural infection conditions, in the Axarquía (Málaga) production area. During de the essay four repetitions in time of the phytosanitary treatments were applied to the crop. Disease severity was evaluated on flowering three times. The Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC) was calculated, showing statistically significant differences between treatments. The wettable sulfur treatment showed the lowest AUDPC, followed by the orange oil. The potassium hydrogen carbonate treatment, *Bacillus subtilis* strain QST 713, and eugenol + geraniol + thymol showed the highest AUDPC values, which did not statistically differ from the positive control.

