



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Control biológico de plagas en explotaciones agrícolas (olivar).

Alumno/a: Francisco Manuel González Marcos

Jaén, Julio, 2023

INDICE

1. Introducción.....	1
1.1. Distribución geográfica del olivar.....	1
1.2. Producción de aceite de oliva.....	4
1.3. Estructura vegetativa.....	5
1.3.1. El árbol.....	5
1.3.2. La hoja.....	6
1.3.3. La raíz.....	6
1.4. Polinización y fecundación.....	7
1.5. Enfermedades del olivo y control biológico.....	8
1.5.1. Origen no parásito.....	8
1.5.1.1. Agentes edáficos.....	8
1.5.1.2. Agentes climáticos.....	9
1.5.2. Origen parásito.....	12
1.5.2.1. Virosis.....	12
1.5.2.2. Bacterias.....	12
1.5.2.3. Hongos.....	14
1.5.2.4. Nematodos.....	18
1.5.2.5. Insectos.....	19
2. Objetivos.....	22
3. Materiales y métodos.....	23
4. Resultados y discusión.....	24
4.1. Biocontrol de enfermedades ocasionadas por hongos.....	24
4.1.1. Biocontrol de Verticilosis.....	31
4.1.2. <i>Aureobasidium pullulans</i> como agente de biocontrol de diferentes enfermedades.....	33
4.2. Biocontrol de enfermedades ocasionadas por bacterias.....	33
4.2.1. Biocontrol de <i>Xylella fastidiosa</i>	40
4.2.2. <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> actuando como agente de biocontrol de diferentes enfermedades.....	41
4.3. Biocontrol de agentes climáticos y otros aspectos.....	42
5. Conclusiones.....	44
6. Bibliografía.....	45

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se centra en analizar diferentes estrategias de control biológico para combatir las plagas más comunes del olivar. En primer lugar, se investiga la diversidad de plagas que afectan al olivo y posteriormente se identifican las especies que pueden actuar como agentes de control biológico. El control biológico es un enfoque sostenible que utiliza organismos benéficos (parásitos, depredadores y microorganismos) para reducir las plagas. Este estudio se centró en enfermedades provocadas por bacterias y hongos, como la Verticilosis, Antracnosis, Tuberculosis o Xylella, además del biocontrol de agentes climáticos. Por último se revisaron estudios previos sobre el uso de microorganismos en el control biológico de plagas. Los resultados mostraron que esta alternativa de control biológico podría ser una estrategia efectiva para reducir las poblaciones de plagas y mantener la salud de los olivos. En resumen, este Trabajo de Fin de Grado destaca la importancia del control biológico como una alternativa sostenible a los tratamientos químicos.

ABSTRACT

This Final Degree Project (TFG) is focused on the analysis of different biological control strategies to combat the most common pests of the olive grove. First, the diversity of pests affecting olive trees is investigated and then the species that can act as biological control agents are identified. Biological control is a sustainable approach that uses beneficial organisms (parasites, predators and microorganisms) to reduce pests. This study focused on diseases caused by bacteria and fungi, such as Verticiliosis, Anthracnose, Tuberculosis or Xylella, in addition to biocontrol of climatic agents. Finally, previous studies on the use of microorganisms in biological pest control were reviewed. The results showed that this biological control alternative could be an effective strategy to reduce pest populations and maintain olive tree health. In summary, this Final Degree Thesis highlights the importance of biological control as a sustainable alternative to chemical treatments.

Palabras clave: control biológico, plagas, enfermedades, agentes.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del olivo es de gran importancia económica y cultural en numerosas regiones del mundo, sobre todo en nuestro país, España y en nuestra comunidad Andalucía. Sin embargo, las plagas representan una de las principales amenazas para la producción del aceite. El control de estas plagas ha dependido tradicionalmente de tratamientos químicos, por ello, con este estudio se pretende hacer crecer el interés sobre la sostenibilidad del medio ambiente mediante el uso de tratamientos de control biológico.

Esta técnica de control se basa en el uso de organismos vivos como parásitos, depredadores y microorganismos que actúan como agentes de biocontrol para controlar las poblaciones de plagas. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es analizar las diferentes estrategias de control biológico que puedan ser aplicadas al cultivo del olivar, para ello, se llevará a cabo una revisión de estudios previos en los cuales se haya recopilado información sobre las principales técnicas de biocontrol.

En primer lugar, se identificarán y describirán las especies parásitas del olivar que causan enfermedades, se examinará su biología y su comportamiento, una vez recopilada toda esta información, se realizarán búsquedas de estudios previos sobre el uso de microorganismos como agentes de control biológico y se examinará su eficacia. En resumen, este TFG abordará el control biológico de plagas del olivar como una medida sostenible y respetuosa con el medio ambiente, además de motivar e incentivar a la población a reducir o erradicar el uso de tratamientos químicos.

1.1. Distribución geográfica del olivar

El olivo, perteneciente a la Familia *Oleaceae*, al Género *Olea* y a la Especie *Olea Europea L*, tiene su origen en la región del sur del Cáucaso extendiéndose hasta las mesetas de Irán, Palestina y zonas de la costa de Siria, finalmente, llegó a ocupar todos los países de la zona del Mediterráneo, su climatología se sitúa en regiones de tipo Mediterráneo caracterizadas por

tener veranos secos y calurosos (Barranco D. et al., 1999). A parte de ocupar estas zonas, gracias a sus grandes capacidades adaptativas, pasó a ocupar otras regiones como California, Chile, Sudáfrica o Australia, ocupando una primera posición en nuestra tierra, Andalucía, donde destaca por su extensión e importancia como fuente de riqueza y sustento de la población (Ojeda-Rivera, J. F., et al, 2018). En nuestra tierra, Jaén, se ha conformado como el ejemplo más claro de especialización productiva de toda la Unión Europea llegando a ocupar el 91% de la superficie agrícola, ocupando unas 39 mil ha a comienzos del siglo XX y en 2015 llegando a superar las 584 mil ha (Cabrera, A. P., 2015). En la siguiente tabla se indica la evolución de la superficie del cultivo del olivar en España desde 1858 hasta 2015 (Ojeda-Rivera, J. F., et al, 2018) [Tabla 1.1].

Tabla 1.1. Evolución de la superficie del olivar en regiones españolas desde 1858 hasta 2015.

Fuente: Elaboración propia.

	Miles de hectáreas					% del país		% del mundo
	1858	1888	1939	1960	2015	1858	2015	2015
Andalucía	411	643	952	1.212	1.561	47,9	61,8	15,2
Castilla-LM	114	108	249	330	371	13,3	14,7	3,6
Extremadura	40	60	151	229	265	4,7	10,5	2,6
Total	565	811	1353	1771	2197	65,9	87	21,4
Cataluña	112	140	191	213	116	13,1	4,6	1,1
Valencia	69	75	140	132	91	8	3,6	0,9
Baleares	33	27	22	17	8	3,9	0,3	0,1
Murcia	3	26	36	30	19	0,3	0,8	0,2
Total	217	268	389	392	234	25,3	9,3	2,3
Resto de España	76	135	281	286	95	8,8	3,8	0,9
España	858	1139	1882	2361	2526	100	100	24,6

En cuanto al patrimonio de olivos existentes, se estiman aproximadamente 820 millones de olivos, de los cuales 808 millones (98% del total) se sitúan en los países del Mediterráneo ocupando una superficie de 8,2 millones de hectáreas, indicándose a continuación la superficie olivarera de los principales países productores de aceite (Cabrera, A. P., 2015).

Tabla 1.2. Censo de olivos en los principales países productores. **Fuente:** Elaboración propia.

País	Nº de olivos (000)	Superficie (ha)
Túnez	60.700	1.538.000
Argentina	2.900	28.670
China	3.000	19.230
Palestina	12.000	95.000
Siría	46.500	405.000
Turquía	90.000	877.700
España	185.000	2.127.000
Italia	160.000	1.141.350
Total	560.100	6.231.950
Cuenca del Mediterráneo	554.200	6.184.050

En los últimos años, se ha observado un incremento notable en la producción global de aceites de oliva, como evidencian los datos proporcionados por el Consejo Oleícola Internacional, en las campañas 2005-2011 se obtuvo una media de 2.785.700 toneladas (Ojeda-Rivera, J. F., et al, 2018), de todas las toneladas de aceitunas para el consumo humano, el 90% se destinan a la obtención del aceite y el 10% restante como aceitunas de mesa (Barranco D. et al.,1999)

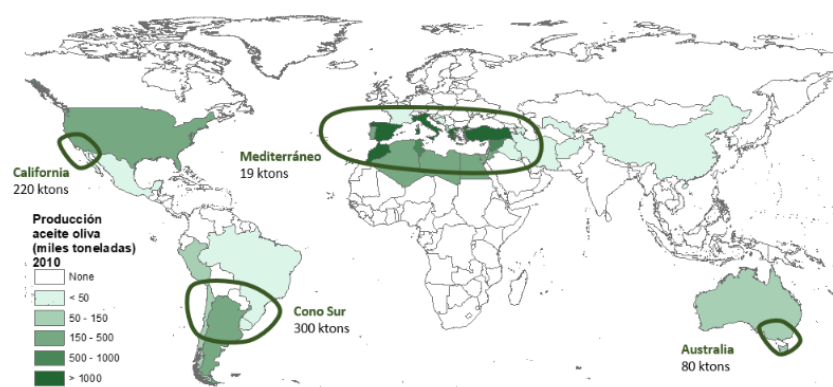


Figura 1.1. Producción mundial del aceite de oliva (media 2011/15). **Fuente:** Ojeda-Rivera, J. F., et al, 2018.

Respecto a las zonas olivareras de España, España se puede dividir en 10 zonas según reportó el Ministerio de Agricultura en 1972. En la figura 1.2. podemos observar dicha distribución encontrando hasta 20 variedades diferentes (Barranco D. et al., 2008).

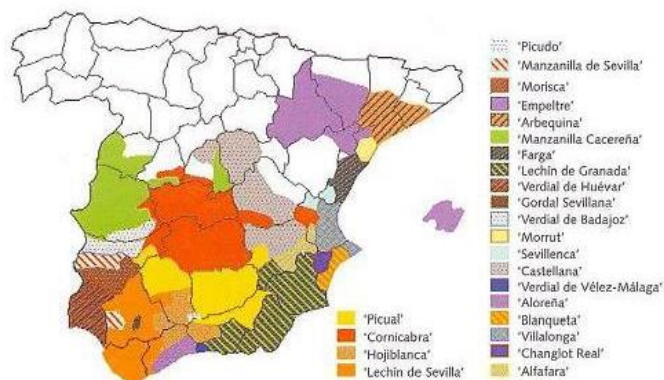


Figura 1.2. Distribución geográfica en España de las variedades de olivo. **Fuente:** Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación.

1.2. Producción de aceite de oliva

Con el objetivo de evaluar la demanda global del aceite de oliva virgen (principal tipo de aceite de oliva comercializado por las empresas andaluzas) se ha realizado un análisis de la evolución del consumo mundial de aceite de oliva. Dado que no se dispone de información específica al respecto, se ha comparado esta evolución con los datos proporcionados por el Consejo Oleícola Internacional sobre la producción de aceite de oliva (Pajares E. M., y Molina J. R. L., 2009). A nivel mundial, la producción de aceite de oliva crece en torno a 17.000 toneladas al año, registrándose la menor cifra en 1982 con 1,3 millones de toneladas (Barranco D. et al., 2008) y la mayor en la actualidad con una producción que oscila entre 2,8 y 3,2 millones de toneladas (COI, 2023).

Para los principales países productores de aceite de oliva, la evolución de la producción en los últimos 20 años se ha duplicado, siendo España el principal productor seguido de Italia y Grecia (COI, 2023) [Tabla 1.3].

Tabla 1.3. Producción de aceite de los principales países productores desde 2005 a 2019
(x1000 toneladas). **Fuente:** Elaboración propia

	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
España	1230,0	1789,9	1262,2	1290,6	1403,3	842,2	1781,5	618,2	1615,0	1391,9	1401,5	1030,0	1236,1	1111,4	826,9
Italia	340,0	173,6	428,9	182,3	474,6	222,0	463,7	415,5	399,2	440,0	430,0	540,0	510,0	490,0	636,5
Grecia	300,0	185,0	346,0	195,0	320,0	300,0	132,0	357,9	294,6	301,0	320,0	305,0	327,2	370,0	424,0
Túnez	300,0	140,0	325,0	100,0	140,0	340,0	70,0	220,0	182,0	120,0	150,0	160,0	170,0	160,0	220,0
Turquía	225,0	193,5	263,0	178,0	150,0	160,0	135,0	195,0	191,0	160,0	147,0	130,0	72,0	165,0	112,0
Marruecos	145,0	200,0	140,0	110,0	130,0	120,0	130,0	100,0	120,0	130,0	140,0	85,0	85,0	75,0	75,0
Portugal	125,4	100,3	134,8	69,4	109,1	61,0	91,6	59,2	76,2	62,9	62,5	53,4	36,3	47,5	29,1
Siria	120,0	100,0	100,0	110,0	110,0	105,0	180,0	175,0	198,0	180,0	150,0	130,0	100,0	154,0	100,0

1.3. Estructura vegetativa.

1.3.1. El árbol.

El olivo, dependiendo de la variedad, normalmente es de tamaño mediano pudiendo llegar a medir de 4 a 8 metros de altura. Su copa es ramificada y redondeada con un tronco grueso y relativamente corto, podemos encontrar desde plantas individuales hasta dos o tres plantas agrupadas considerándose como un solo olivo [Figura 1.3] (Candela, J. M., 2023), puede permanecer vivo y manteniendo la producción cientos de años, siempre y cuando se realice el período de poda cada cierto tiempo para aclarar y permitir en su mayor medida la entrada de luz en su interior (Barranco D. et al., 1999).



Figura 1.3. Olivo típico del cultivo “picual”. **Fuente:** Elaboración propia.

1.3.2. La hoja.

Presenta una forma muy básica, es decir, aspecto lanceolado y con bordes enteros, su longitud de limbo oscila entre 3 y 9 cm y presenta un ancho de 1 a 1,8 cm. La nerviación central es muy marcada y las secundarias a penas se aprecian. Presenta un peciolo muy corto y una disposición decusada en los nudos, es decir, hojas opuestas que se disponen entre sí a 90°. Normalmente pueden vivir dos o tres años, aunque también pueden permanecer hasta la edad adulta del árbol (Navero, D. B. y Romero, L. R., 2004) [Figura 1.4].



Figura 1.4. Rama joven mostrando la disposición de las hojas. **Fuente:** Elaboración propia.

1.3.3. La raíz.

En función del origen del olivo y las condiciones del suelo, la morfología de las raíces va a ser de una forma u otra (Barranco D. et al., 1999), normalmente, el sistema radicular puede extenderse desde los 15-20 cm hasta los 100 cm de profundidad y lateralmente pueden llegar incluso a comunicarse con las raíces de los olivos vecinos [Figura 1.5] (Navero D. B. y Romero, L. R., 2004).



Figura 1.5. Sistema radicular de un olivo adulto. **Fuente:** Barranco D. et al., 2008

Respecto a la absorción de agua y nutrientes, ocurre en las zonas más jóvenes situadas detrás de los ápices (Naveiro D. B. y Romero, L. R., 2004) donde se encuentran los pelos radicales que son extensiones de células epidérmicas [Figura 1.6] (Barranco D. et al., 2008). Por lo tanto, estas zonas presentan una mayor sensibilidad a infecciones por hongos o nematodos. El desarrollo de nuevas raíces laterales y velocidad de crecimiento de éstas va depender de las condiciones ambientales en las que se encuentre el olivo, un olivo en condiciones de secano y en verano, va a presentar unas raíces laterales con una longitud de hasta 10 cm (Naveiro D. B. y Romero, L. R., 2004).

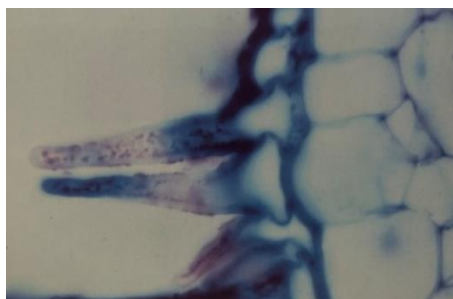


Figura 1.6. Sección del exterior de una raíz joven mostrando los pelos radicales. **Fuente:** Barranco D. et al., 2008

1.4. Polinización y fecundación.

Este proceso es esencial para que se pueda llevar a cabo la formación de frutos (Barranco D. et al., 2008), apenas un 2% de las flores del olivo terminan siendo fecundadas y posteriormente convirtiéndose en fruto, este proceso es el que recibe el nombre de “cuajado” de la aceituna”, el 98% restante de las flores se caen del árbol (Ministerio de agricultura, 2008).

En el olivo, también se forman frutos sin beneficio de la polinización llamados partenocárpicos, que en términos comunes, se conocen como zofairones o azofairones, este tipo de frutos, suelen ser más pequeños que los frutos normales [Figura 1.7] y no tienen valor económico, incluso en muchas ocasiones ni si quiera llegan a formar parte de la cosecha (Barranco D. et al., 1999).



Figura 1.7. Frutos partenocárpicos (más pequeños) y frutos normales (más grande). **Fuente:** Elaboración propia.

1.5. Enfermedades del olivo y control biológico.

Al igual que todas las plantas, el olivo puede sufrir daños debido a la acción de agentes externos (F. de Andrés, 1991). Es muy importante, desde el punto de vista fitopatológico, distinguir entre plaga y enfermedad. El término plaga se utiliza para referirse a los agentes bióticos que causan daños en el olivo sin interferir en su fisiología; por otra parte, el término enfermedad hace referencia a los daños que causan virus, bacterias, hongos o fitoplasmas y establecen una relación más duradera con el árbol y alteran su fisiología (Romero Azogil A, 2017). Los agentes causantes de las enfermedades del olivo se agrupan y clasifican de la siguiente manera (De Andrés Cantero F., 2001).

1.5.1. Origen no parásito.

1.5.1.1. Agentes edáficos.

El olivar es un tipo de cultivo en el que las pérdidas de suelo presentan un enorme impacto en la producción si se comparan con las de otros cultivos. Por ello se considera necesario estudiar las exigencias climáticas y edáficas del olivar, el manejo de suelos, control de malas hierbas, análisis de las necesidades hídricas y nutritivas del olivar, etc. Los suelos son capaces de adsorber una enorme cantidad de sustancias en forma de iones o moléculas que entran en contacto con ellos, es decir, en la solución del suelo existen iones con carga positiva (cationes) y otros con carga negativa (aniones). Otro aspecto importante de los suelos, es la materia orgánica, ya que es uno de los

factores más importantes para determinar la productividad del suelo, esta materia orgánica aparece en el suelo como consecuencia de la actividad de los seres vivos y se encuentra constituida por microorganismos, residuos animales y vegetales (García F. et al., 2010.).

El olivo requiere varios elementos químicos presentes en el suelo para su crecimiento. Estos elementos se dividen en macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes u oligoelementos (hierro, cobre, manganeso, boro, zinc y sodio). La falta de alguno de estos elementos puede disminuir la producción del olivar. Las deficiencias se denominan carencias y los excesos se conocen como toxicidad. Las deficiencias se pueden corregir mediante el uso de fertilizantes, siendo muy importante conocer los síntomas de carencias o excesos de estos elementos (De Andrés Cantero F., 2001)

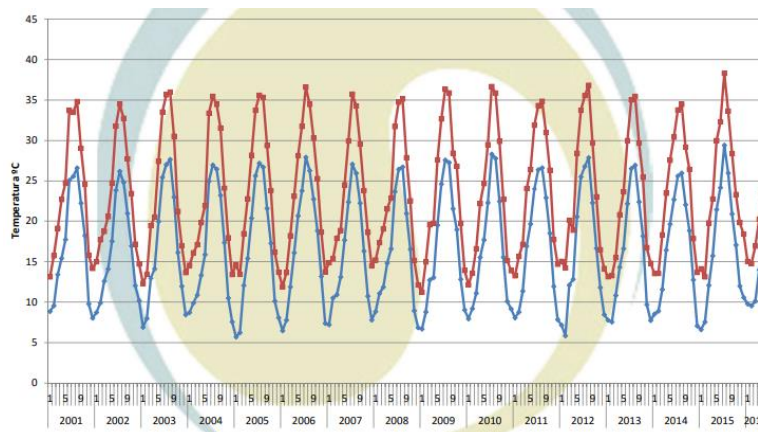
1.5.1.2. Agentes climáticos.

En las últimas décadas, debido al nuevo modo de producción y consumo del ser humano, están ocurriendo cambios importantes sobre la tierra, estos cambios están desencadenando un calentamiento global y con ello un cambio climático que está provocando la emisión de gases CO₂ y NO₂. Entre estos cambios nos encontramos incrementos de las temperaturas, descensos de las pluviometrías, heladas extremas y sequías extremas (Ministerio de Agricultura, España, 2015).

Las plantas tienen un desarrollo óptimo cuando las variaciones de temperatura no presentan un valor negativo sobre las funciones del olivar, pues la temperatura regula el momento de la germinación, velocidad de crecimiento o la duración del ciclo vegetativo. El momento óptimo de la producción ocurre cuando se dan inviernos no muy fríos y veranos largos, cálidos y secos. Por lo general, el olivo es sensible a temperaturas de -5°C, provocando la muerte en ramas de edad joven. Cuando las temperaturas descienden a -10°C se producen daños irreparables en ramas viejas llegando incluso a provocar la muerte del olivo. La temperatura óptima que se ha establecido se encuentra en

12,5 °C. Por otro lado, las temperaturas extremas también afectan al ciclo reproductivo, se ha demostrado que temperaturas superiores a 30°C en pleno momento de la floración resulta un factor limitante para la floración (Almorox J. et al., 2015).

Según estudios del Ministerio de Agricultura, el aumento de las temperaturas que se observan en la siguiente gráfica presentan una serie de ventajas y desventajas en el cultivo del olivar.



Gráfica 1.1. Evolución de la temperatura media anual desde 2001 hasta 2016. **Fuente:** Ministerio de agricultura.

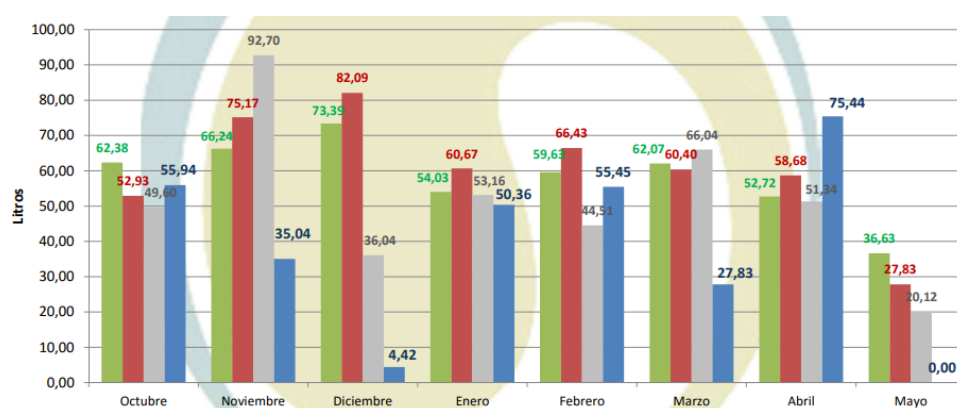
Ventajas:

- Los inviernos más cortos y suaves están reduciendo el estrés por el frío y el olivo incrementa su período útil de crecimiento siendo más susceptible de tener mayor cosecha (Ministerio de Agricultura, España, 2015).
- Adelanto de la maduración del fruto lo que conlleva una temprana recolección y cosechas más uniformes (Ministerio de Agricultura, España, 2015).
- Descenso de plagas como la mosca y la cochinilla dando como resultado un incremento en las cosechas y en su calidad (Ministerio de Agricultura, España, 2015).

Inconvenientes:

- Debido a la falta de acumulación de horas de frío, las floraciones son más escalonadas, se observan mayores corrimientos de flores y menor fertilidad pues la flor aumenta su sensibilidad a momentos de estrés (Ministerio de Agricultura, España, 2015).
- Debido al incremento de períodos sin lluvia y el aumento de las temperaturas se han reducido los rendimientos medios grasos (Ministerio de Agricultura, España, 2015).
- El hecho de que las temperaturas sean altas durante el endurecimiento del hueso supone que el crecimiento y desarrollo de la aceituna sea limitado (Ministerio de Agricultura, España, 2015).
- Las plagas se han aclimatado a estos incrementos de temperatura por lo que presentan una menor sensibilidad (Ministerio de Agricultura, España, 2015).

Otro aspecto a tener en cuenta y que afecta de una forma significativa a la producción es el descenso en la concentración de la pluviometría en los últimos años.



Gráfica 1.2. Evolución de la concentración media desde 2001 hasta 2015. En verde se muestran las últimas 15 campañas; en rojo las 8 últimas campañas; en gris las últimas 4 campañas y en azul la campaña de 2015. **Fuente:** Ministerio de agricultura.

Según técnicos y especialistas de instituciones agrarias, de los cultivos más perjudicados por la escasez de precipitaciones se encuentra el olivo. La situación de estrés hídrico se traduce en que el fruto no crece incluso llega a arrugarse, todo esto conlleva a que no se produzca un correcto crecimiento del fruto y con ello que la campaña de aceite sea menor (EFEAGRO, 2022).

1.5.2. Origen parásito.

1.5.2.1. Virosis.

El olivo, como ya se ha demostrado, es susceptible a infecciones víricas, aunque este tipo de infecciones no suponen una mayor importancia económica en comparación con las enfermedades víricas de otros árboles frutales y plantas tuberíferas. Hasta el momento se han descrito alrededor de 13 virus que afectan al olivo, dentro de los cuales, 5 son virus muy polífagos, concretamente uno de ellos, virus latente del olivo, se ha detectado también en cítricos de Italia y Turquía. De momento no se conoce con exactitud los vectores animales implicados en la propagación de estos virus. En los últimos 10 años se han descubierto en Italia cuatro fitoplasmas asociados a olivos afectados por brotaciones anuales, deformaciones de hojas, brotes, entrenudos cortos y clorosis foliar (Chávez Alfaro R. et al., 2019).

1.5.2.2. Bacterias.

Las bacterias juegan un papel crucial en la salud y el desarrollo del olivo, sin embargo, son unas de las principales causantes de enfermedades que dificultan su producción y calidad. Existen varias especies que colonizan el olivo, siendo *Pseudomonas savastanoi* y *Xylella fastidiosa* las más comunes. El control de estas enfermedades bacterianas es muy complejo, se utilizan técnicas como la poda o la eliminación de ramas, así como la aplicación de productos fitosanitarios (González M. M. L., 2014).

La tuberculosis provocada por la bacteria *Pseudomonas savastanoi* pv. *Savastanoi* (Pss) presenta unos síntomas muy característicos en el olivo como la formación de tumores (verrugas o excrescencias). Éstos tienen forma redondeada y en su etapa inicial son muy esponjosos, se pueden formar en el tronco, ramas, tallo y brotes; con muy poca frecuencia aparecen en las hojas, frutos o raíces [Figura 1.8] (Smith, 1920).



Figura 1.8. Tumor en rama producido por *P. savastanoi* pv. *Savastanoi*. **Fuente:** Jose M. Q. et al., 2007

El control de la tuberculosis se lleva a cabo mediante métodos de prevención, pues esta enfermedad, una vez que se ha establecido en la planta, es muy difícil de erradicarla debido a la escasa eficacia de métodos curativos que hay para tratarla (Quesada J. M. et al., 2006). En cuanto a los métodos de detección e identificación de *Pseudomonas savastanoi* pv. *Savastanoi* no están muy estudiados hasta el momento, han sido las técnicas serológicas las empleadas por distintos autores para la identificación de esta bacteria y se han descrito anticuerpos monoclonales de esta bacteria (Peñalver. R, 1998).

También vamos a hablar de *Xylella fastidiosa*, una bacteria fitopatógena de la familia *Xanthomonadaceae*, que coloniza y se multiplica en los vasos xilemáticos del olivo alimentándose de la savia. Es considerada la de mayor importancia dentro de las especies “fastidiosas” por sus grandes pérdidas económicas que ocasiona en el cultivo del olivar. Su origen surge en el continente americano, y es a partir de 2013 cuando logra llegar al sureste de Italia donde se expande hasta España, Francia o Portugal (Tolocka P. A. et al., 2021). *Xylella fastidiosa* es una bacteria no flagelada con movilidad vertical a través del xilema causando biopelículas en los vasos xilemáticos del olivo y del insecto vector. Los mecanismos causantes de la enfermedad aún se desconocen aunque se sabe que se debe a respuestas fisiológicas del olivo desencadenadas por un déficit hídrico debido al taponamiento de los vasos xilemáticos, por lo tanto, los síntomas observables en la planta son los siguientes: secamiento de los olivos afectados, follaje con aspecto necrótico acompañado de un halo de clorosis sobre el limbo foliar [Figura 1.9], llegando

en ocasiones extremas a ocasionar la muerte del árbol (Marco Noales E. y Barbé Martínez S., 2018)



Figura 1.9. Hojas de olivo infectadas por *Xylella fastidiosa*. **Fuente:** Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

1.5.2.3. Hongos.

En cuanto a este grupo extenso de agentes infecciosos del olivar, sólo un grupo pequeño de Ascomycota causan enfermedades más graves, éstos aparecen de forma latente en las hojas y frutos del árbol, se pueden desarrollar sobre un amplio rango de temperatura, de entre 5 y 30° y sus conidios se dispersan por el agua. Dada su importancia cabe mencionar las siguientes especies: *Spilocaea oleaginea* (repilo), *Pseudocercospora cladosporioides* (emplomado o repilo plumizo), *Verticillium dahliae* (verticilosis), *Camarosporium dalmaticum* (escudete), *Colletotrichum acutatum* (antracnosis o aceituna jabonosa), *Neofabaea vagabunda* (lepra del olivo) y *Capnodium sp.* (negrilla) (Romero Azogil A, 2017).

El Repilo del olivo causado por el hongo *Spilocaea oleaginea* es considerada la enfermedad más común del olivo en España ocasionando graves daños en las hojas del árbol que lo debilitan y originan una de las pérdidas de cosechas más grandes (6%) pudiendo llegar a ser catastróficas en determinados lugares y años (López Doncel L. M., et al 2000). La sintomatología más característica de esta infección causada por este hongo se expresa en la aparición de unas manchas en forma de círculos que aparecen fundamentalmente en el haz de la hoja, estas manchas presentan un tamaño variable y su color suele ser oscuro debido al desarrollo de las esporas [Figura

1.10]. Sobre todo en verano, en condiciones desfavorables, aparecen punteaduras y manchas atípicas. Estas lesiones se pueden desarrollar también por el nervio central del envés de la hoja incluso llegar a las aceitunas donde se llegan a formar deformaciones causadas por la paralización del desarrollo del fruto (Junta de Andalucía, 2010).



Figura 1.10. Hojas de olivo infectadas por *Spilocaea oleaginea*. **Fuente:** López Doncel L. M. et al., 2000

Para el control de esta enfermedad se emplean fungicidas cúpricos, aunque tiene un inconveniente y es que el uso de éstos causa contaminación ambiental, por lo que se llega a la necesidad de reducir el impacto de los fungicidas sobre el medio ambiente. El silicio se ha demostrado que su absorción por parte del olivo contribuye a que éste exhiba una mayor tolerancia al estrés abiótico como las sequías, temperaturas bajas o toxicidades y además soportan mejor el ataque de plagas y enfermedades como el caso del hongo *Spilocaea oleaginea* y su enfermedad del Repilo del olivo (López Doncel L.M., et al., 2000)

El Repilo plumizo, causado por el hongo *Pseudocercospora cladosporioides*, es una enfermedad que se caracteriza por el alto nivel de defoliación que posee, además de causar retardo en la maduración de los frutos y una bajada en el rendimiento del aceite (Muñoz M. C. C., 2017). Los daños causados por este hongo no son muy conocidos pues normalmente se pueden confundir con otros hongos que también provocan defoliaciones en el olivo, además, debido a la clorosis que presentan las hojas se puede confundir con otras enfermedades abióticas. Este hongo, fundamentalmente ataca a las hojas, a los peciolos y a los pedúnculos de frutos, sus síntomas se observan sobre las hojas viejas situadas en la parte baja del olivo expresándose en

forma de manchas irregulares de colores amarillentos que con el tiempo se necrosan, en el envés aparecen manchas de color grisáceo o plumizo que son las que le dan este nombre a la patología [Figura 1.11] (Benali A., 2004) La severidad de esta infección varía según la variedad de olivo, las condiciones climáticas y la ubicación geográfica (Muñoz M. C. C., 2017)



Figura 1.11. Síntomas del Repilo plumizo causado por *Pseudocercospora cladosporioides* en hojas de olivo (A y B) y en aceitunas (C). **Fuente:** Ávila De La Calle A. et al., 2004.

La enfermedad de Verticilosis en el olivo es causada por el hongo *Verticillium dahliae* (Díaz R. J., 2009), un patógeno fúngico transmitido por el suelo que causa marchitez vascular (Cardoni M. et al., 2022) por lo que representa uno de los mayores problemas con respecto a la salud del cultivo del olivar (Díaz R. J., 2009). Desde el punto de vista morfológico, se observa la presencia de muchos conidios transparentes que terminan en ramificaciones dispuestas en un patrón circular. Estas ramificaciones están compuestas por 3-4 fiálides en cada punto de ramificación. La característica más evidente de esta enfermedad se ve reflejada en la marchitez y se debe al efecto tóxico y a la acumulación en los tejidos vasculares [Figura 1.12 y 1.13] (Rodríguez Navarro E., 2006). En España se descubrió por primera vez en 1975 en Córdoba hasta que se expandió hasta la mayoría de todos los cultivos olivareros de Andalucía; en todos estos casos, los ataques de esta enfermedad fueron motivados por implantar plantaciones de olivo en suelos que habían sido utilizados anteriormente con otros cultivos susceptibles a la Verticilosis. Los síntomas suelen aparecer a los 2 años de la plantación pudiendo aparecer incluso antes dependiendo de la susceptibilidad del olivar o de la virulencia del patógeno (Rodríguez Jurado D., 1994). La invasión al sistema vascular de la planta por parte de *Verticillium dahliae* provoca la paralización del flujo de agua dando

lugar a la disfunción del xilema lo que conlleva a una reducción de la actividad fotosintética (Cardoni M. et al., 2022), presenta dos formas de síntomas distintas: apoplejía y decaimiento lento. La apoplejía es la forma más temprana de la enfermedad y se desarrolla durante el invierno, principios de primavera e incluso ocasionalmente durante el otoño. Se caracteriza por la necrosis rápida de los brotes, ramas principales y secundarias, que se extiende desde las partes superiores hacia la base del árbol. En los casos más extremos, esto puede llevar a la muerte del árbol. En el caso del decaimiento lento, se observa un síntoma distintivo que se manifiesta en la necrosis de las inflorescencias, lo cual provoca que las flores se marchiten y las hojas caigan prematuramente, excepto las ubicadas en las partes más altas del árbol, las cuales permanecen adheridas hasta después del verano (Rodríguez Jurado D., 1994). Puesto que la Verticilosis afecta significativamente a la salud del olivo, esta enfermedad se expresa en una producción reducida y en una deficiente maduración de los frutos, por lo tanto, como consecuencia, la calidad del aceite obtenido disminuye su rendimiento obteniéndose unos aceites de baja calidad (Civantos, 1999).

La lucha contra la Verticilosis del olivo presenta enormes desafíos debido a la gran capacidad de supervivencia del hongo en el suelo, su amplia gama de plantas hospedantes y la ubicación interna en los vasos del xilema, a pesar de esto, los avances en la investigación han permitido el desarrollo de medidas de control más efectivas, como técnicas de detección mejoradas, enmiendas orgánicas supresivas y agentes de control biológico. El manejo de la Verticilosis se basa en una combinación de estrategias preventivas y de control, que incluyen la exclusión del patógeno, la reducción del inóculo, la protección de las plantas y la utilización de variedades resistentes. Estas medidas se implementan con el objetivo de minimizar los efectos de la enfermedad y garantizar la sostenibilidad del cultivo del olivo (Alcázar J. B., 2009).



Figura 1.12. Hojas de olivo infectadas por *Verticillium dahliae*. **Fuente:** Carlos T. et al., 2011



Figura 1.13. Olivo infectado por *Verticillium dahliae* mostrando la enfermedad de Verticilosis.

Fuente: Carlos T. et al., 2011.

1.5.2.4. Nematodos

Los nematodos son gusanos redondos del filo Nematoda cuyo grupo incluye formas de vida libre y parásitos causando enfermedades en plantas, en este caso en el olivo. Se transmiten por el suelo y se alimentan de las células de las raíces utilizando el estilete, el cual introducen en las células e inyectan secreciones que succionan el contenido celular (Ali N. et al., 2014). Afectan al olivo debido a su amplia diversidad y su capacidad para infestar una variedad de plantas leñosas en climas templados. Se han identificado hasta 70 especies diferentes de nematodos que atacan las raíces del olivo. Una investigación específica en olivares adultos en la provincia de Jaén reveló que las infestaciones por *Pratylenchus spp.* son especialmente problemáticas (Nico A. I., 2003), al igual que las especies *Pratylenchus vulnus* o *Mesocriconema xenoplax* (Castillo P. et al., 2003) que pueden causar daños significativos, lo que tiene un impacto económico negativo en la producción de aceitunas (Nico A. I., 2003). En la mayoría de los casos, la sintomatología causada por

nematodos es muy inespecífica, observándose falta de crecimiento y decaimiento general por lo que estos síntomas se pueden confundir con situaciones de estrés (Yolanda F. L. et al., 2010). Para llevar a cabo una estrategia de control se utiliza la técnica que recibe el nombre de “exclusión” que consiste en evitar que un patógeno que no existe en un área, acceda a la misma. Para realizar esta técnica lo primero que se lleva a cabo es la exclusión del inóculo ya que es más fácil prevenir la infestación que eliminarla una vez causada (Thomason I. J. y Caswell E. P., 1987). Las medidas de exclusión que se aplican en olivares consiste en evitar que los nematodos accedan por la rizosfera a través del agua de riego, suelo o sustrato (Castillo, P. et al., 2003).

1.5.2.5. Insectos.

Se han registrado 14 especies de insectos fitófagos y 30 especies de insectos controladores para el cultivo del olivar, dentro de las especies fitófagas nos encontramos 8 queresas diaspididas, 3 queresas blandas, 2 lepidópteros, 1 coleóptero y 1 díptero (Rojas Ilaquita, S. M., 2022)

El “abichado del olivo” es una plaga común causada por *Euzophera pinguis* Haw. afectando al olivo en países meridionales donde es considerada una especie de gran importancia económica en España y Marruecos (Durán J. M. et al., 1998). En España se encuentra muy extendida por toda Andalucía, sobre todo en las zonas más térmicas es donde mayor registro de capturas se ha obtenido, siendo Serranía (Sevilla) y La Loma (Úbeda) las comarcas con mayores daños causados por *Euzophera pinguis* (Torres M. J. R., 2010). En cuanto al aspecto es el siguiente, el adulto es una mariposa de 2-2,5 cm de envergadura alar y de color marrón-grisáceo [Figura 1.14], se desarrolla en zonas donde se produce retención de savia (heridas) (Durán J. M. et al., 1998)



Figura 1.14. *Euzophera pinguis*, también conocido “abichado del olivo” **Fuente:** Durán J. M. et al., 1998.

El díptero *Bactrocera oleae* Gmel. o también conocido como “mosca del olivo”, al igual que el abichado del olivo, es una plaga muy conocida por los agricultores que se dedican al cultivo del olivo debido a los daños causados en el olivo (Aldebis H. K. y Osuna E. V., 2003) y en la producción y calidad del aceite (Torres M. J. R., 2009) pues las larvas de mosca dañan los frutos y generan condiciones propicias para que se desarrolle una microflora que causa descomposición y fermentación. Esto lleva a un aumento de la acidez del aceite, ya que los triglicéridos presentes en el aceite se descomponen en ácidos grasos debido a la actividad de los microorganismos (Torres-Vila L. M. et al., 2003). La incidencia de esta plaga es bastante elevada, en 2008 se recogieron unos porcentajes de frutos dañados por la mosca y se obtuvo que el 28,7% de las aceitunas de la provincia de Jaén presentaban estos desperfectos, por otro lado, el método de control más extendido se basa en tratamientos cebo aéreos (Dacus), esto consiste en aplicar un atrayente alimenticio para el adulto acompañado de un insecticida, este método ha demostrado ser el más eficiente y se utiliza en función de los umbrales de población adulta y larvaria existente (Torres M. J. R., 2009). En la Figura 1.15 se observa la especie causante de esta plaga, el díptero *Bactrocera oleae*.

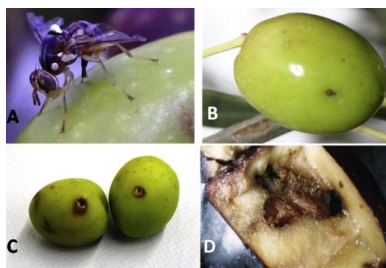


Figura 1.15. *Bactrocera oleae*, también conocida “mosca del olivo” **Fuente:** Ricardo M. et al., 2015.

La “polilla del olivo” (*Prays oleae*) sigue siendo considerada una de las plagas que más afecta a las plantaciones de olivos por su gravedad en los daños ocasionados (Nobre T. et al., 2018) llegando a reducir la producción entre un 50 y 60% (Ortiz A. et al., 2021). Este género realiza tres puestas al año y sus estados larvarios afectan a diferentes órganos del olivo pudiendo afectar a la caída de frutos o dañar las hojas, flores y frutos, además, la polilla del olivo también es la responsable de las grandes bajadas en el rendimiento del fruto, reduciendo el crecimiento del olivo, así como el cuajado y la calidad del aceite extraído del fruto (Nobre T. et al., 2018).

El “barrenillo del olivo” (*Phloeotribus scarabaeoides*) se considera una plaga secundaria del cultivo del olivar, los adultos miden en torno a 2,5 mm de largo y 2 mm de ancho, de color pardo [Figura 1.16]. A finales del invierno, los adultos realizan la puesta sobre los restos de poda y las hembras crean galerías en el interior, estas galerías interrumpen el transcurso de la savia provocando el secado y la caída de las hojas, frutos o ramas. Los daños ocasionados pueden ascender en ocasiones extremas al 70% (Eldesouki Arafat I., 2013). El control del barrenillo se basa en métodos culturales, como el adelantamiento de la poda para así evitar que las ramas pierdan agua y dificultar el desarrollo de los barrenillos, otra opción es la eliminación de la leña en el momento de la poda o cuando ha sido invadida por el barrenillo. En otros lugares donde se utiliza la leña para el comercio, se utilizan métodos fitosanitarios una vez que ya se han superado los umbrales de colonización (Vega J. G. et al., 2016).

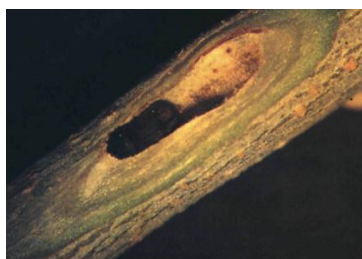


Figura 1.16. *Phloeotribus scarabaeoides* o “barrenillo del olivo” colonizando leña recién podada. **Fuente:** González R. & Campos M. 1990.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del presente Trabajo Fin de Grado es llevar a cabo una exposición de los diferentes métodos de control biológico frente a los distintos tipos de plagas que afectan al olivo (*Verticillium dahliae*, *Colletotrichum acutatum*, *Xylella fastidiosa* y *Pseudomonas savastanoi* pv.).

1. Estudio de las diferentes estrategias de control biológico para el manejo de plagas.
2. Evaluar la eficacia biológica de los agentes de control.
3. Investigar las ventajas y desventajas de los agentes de control biológico utilizados.
4. Comparativa entre control biológico y control químico
5. Contribuir al conocimiento científico y a la divulgación de estos tipos de tratamientos de control biológico.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados para la realización de este trabajo han sido las diferentes páginas de búsqueda de artículos científicos, tales como PubMed, SciELO, ScienceDirect, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), Google Académico y el servicio de Biblioteca Digital de la Universidad de Jaén.

PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

SciELO: <https://scielo.isciii.es/scielo.php>

ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>

MDPI: <https://www.mdpi.com/>

Google Académico: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>

Servicio de Biblioteca Digital de la Universidad de Jaén:
<https://www.ujaen.es/servicios/biblio/>

En cuanto a los métodos llevados a cabo para la elaboración de la revisión han sido los siguiente: búsqueda del artículo deseado para mi interés utilizando palabras claves como olivo, enfermedades, control biológico, bacterias, hongos..., lectura y análisis del artículo y por último citación del artículo elegido. En cuanto a la información encontrada, en su gran mayoría me ha servido para realizar tablas y utilizar imágenes para dar un aspecto más visual como el caso de las estructuras del olivo o la sintomatología de las enfermedades, aunque en otras ocasiones he intentado priorizar el uso de imágenes de fuente propia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Biocontrol de enfermedades ocasionadas por hongos.

Tabla 4.1. Recopilación de diferentes estudios sobre el biocontrol de enfermedades causadas por hongos. **Fuente:** Elaboración propia.

Artículo	Resumen	Autor
1.- Influencia de la variedad del olivar y de los tratamientos de biocontrol sobre el efecto de los extractos de tallo de olivo en la viabilidad de los conidios de <i>Verticillium dahliae</i> .	Se utilizaron los siguientes biocontroladores: <i>A. pullulans</i> , <i>Phoma</i> sp. y <i>B. amyloliquefaciens</i> sobre tres variedades de cultivo de olivo (Frantoio, Arbequina y Picual).	López-Moral A. et al., 2022
2.- Selección y evaluación de microorganismos para el biocontrol de <i>Verticillium dahliae</i> en olivo.	Se realizaron experimentos <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> y los agentes más eficaces fueron las cepas de <i>F. oxysporum</i> .	Varo A. et al., 2016
3.- Capacidad de biocontrol y producción de compuestos orgánicos volátiles como mecanismo potencial de acción de los endófitos del olivo contra <i>Colletotrichum acutatum</i> .	Se realizaron estudios <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> en los que se demuestra que <i>A. pullulans</i> reduce significativamente el desarrollo de <i>C. acutatum</i> mediante la producción de compuestos orgánicos volátiles (COV).	Sdiri Y. et al., 2022
4.- Potencial para el control biológico de la enfermedad de la pudrición de la raíz de los olivos por <i>Pythium schmitthenneri</i> (<i>Olea europaea</i> L.) mediante bacterias antagonistas.	Se realizaron estudios <i>in vivo</i> para controlar la pudrición de la raíz y se observó que las cepas ACBC1, SF14 y BM3-5 mostraron la mayor tasa de reducción de pudrición de la raíz.	Legrifi I. et al., 2022
5.- Respuestas genéticas inducidas en raíces de olivo tras la colonización por la bacteria endofítica de biocontrol <i>Pseudomonas fluorescens</i> PICF7.	Se estudia la capacidad de <i>P. fluorescens</i> PICF7 para inhibir el desarrollo de <i>V. dahliae</i> y los resultados obtenidos fueron favorables pues esta cepa es capaz de mostrar una serie de respuestas de defensa en el tejido de la raíz.	Schiliró E. et al., 2012

El primer artículo sobre la influencia de la variedad del olivar y de los tratamientos de biocontrol sobre el efecto de los extractos de tallo de olivo en la viabilidad de los conidios de *Verticillium dahliae*. (López-Moral et al., 2022) pretende determinar la resistencia del olivo mediante el efecto de dichos extractos del tallo (OSE) a la germinación de conidios de *Verticillium dahliae*. Para ello, se utilizaron métodos de sensibilidad *in vitro* en cultivos de olivo de

Frantoio, Arbequina y Picual siendo estos, respectivamente, tolerantes, susceptibles y altamente susceptible al parásito. Los agentes de biocontrol que se usaron fueron los siguientes: *Aureobasidium pullulans* cepa AP08 (hongo de color negro, similar a la levadura), *Phoma* sp. Cepa ColPat-375 (hongo endófito) y *Bacillus amyloliquefaciens* cepa PAB-24 (bacteria utilizada como biofertilizante y biocontrol). Los resultados obtenidos en el primer experimento revelaron que la concentración efectiva del extracto de tallo de olivo de ‘Frantoio’ (altamente tolerante a *V. dahliae*) mostró valores de inhibición de la germinación conidial (RGI) más altos que los de ‘Arbequina’ (susceptible) y ‘Picual’ (altamente susceptible), mientras que los valores de inhibición no difirieron entre los dos últimos [Tabla 4.2]. En el segundo experimento se analizó el efecto que tenían los agentes de control biológico sobre la variedad ‘Picual’, obteniéndose que el agente de biocontrol, *B. amyloliquefaciens* PAB024 y una sal de fosfato, fueron los más eficientes para inhibir la germinación de conidios a través de los extractos del tallo [Tabla 4.3] En el tercer experimento llevado a cabo, se aplicaron los 4 tratamientos (*A. pullulans*, *B. amyloliquefacens*, sal de fosfato y plantas control no tratadas) sobre las tres variedades de olivo, observándose que el efecto de los extractos de conidios en la inhibición de la germinación de conidios no fue verdaderamente significativa para la variedad ‘Frantoio’, mientras que para ‘Arbequina’ se observaron diferencias moderadas y para ‘Picual’ muy significativas, en este caso, *A. pullulans* AP08 mostró mayor efectividad. [Tabla 4.4].

Tabla 4.2. Concentraciones de extracto de tallo de olivo (OSE) de las variedades Frantoio, Arbequina y Picual para inhibir el 50% de la germinación conidial del aislado de *Verticillium dahliae* V180. **Fuente:** López-Moral A. et al., 2022

cultivar	CE ₅₀ (μL mL ⁻¹) ^a
Frantoio	16,2 ± 0,88b
Arbequina	21,7 ± 1,15 a
Picual	20,4 ± 1,08a

Tabla 4.3. Concentraciones de extracto (CE) de tallo de olivo de la variedad Picual tratado con varios compuestos para inhibir el 50% de la germinación conidial del aislado *V. dahliae*.

Fuente: Elaboración propia.

Tratamiento	Zona de aplicación	CE
B. amyloliquefaciens	Raíz	10,3
Fostito de cobre	Raíz	10,1
Fosfito de potasio	Raíz	11,8

Tabla 4.4. Concentraciones de extracto de tallo de olivo de las variedades Frantoio, Arbequina y Picual tratados con los compuestos más efectivos para inhibir el 50% de la germinación conidial de *V. dahliae*. **Fuente:** López-Moral A. et al., 2022

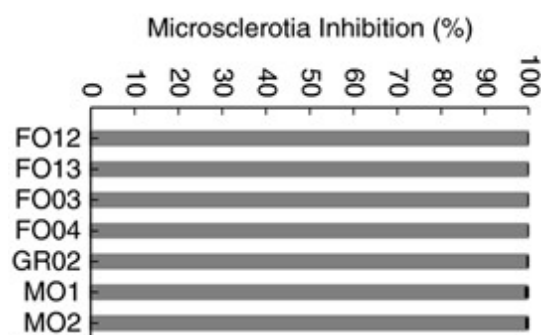
tratamiento ^{un}	CE ₅₀ (μL mL ⁻¹) ^b		
	Frantoio	Arbequina	Picual
controlar (-)	15,2 ± 2,07a	20,1 ± 0,90a	21,5 ± 0,85a
controlar (+)	16,1 ± 1,39 a	20,0 ± 2,44a	24,6 ± 0,69a
<i>Aureobasidium pululanus</i>	16,4 ± 1,36 a	17,9 ± 0,88ab	13,1 ± 1,01b
<i>Bacilo amyloliquefaciens</i>	14,8 ± 1,87a	13,0 ± 1,57c	10,3 ± 1,26b
fosfito de cobre	14,9 ± 0,83a	14,2 ± 1,19 aC	10,1 ± 1,34b
fosfito de potasio	14,7 ± 1,23a	18,3 ± 0,92ab	11,8 ± 1,52b

En el segundo estudio sobre la selección y evaluación de microorganismos para el biocontrol de *Verticillium dahliae* en olivo (Varo A. et al., 2016) se evaluaron 47 cepas y 9 mezclas de microorganismos contra *Verticillium dahliae* en tres etapas:

- 1) *In vitro*, para comprobar el efecto sobre el crecimiento micelial y la germinación de esporas del patógeno.
- 2) En suelo natural infestado para determinar el efecto de los agentes de biocontrol (ACB) sobre la viabilidad de los microesclerocios.
- 3) *In vivo*, para comprobar el efecto sobre la infección de olivos en condiciones controladas.

En el primer experimento *In vitro* el efecto de inhibición sobre *V. dahliae* fue detectado por las cepas FO03, FO04, FO12 de *F. oxysporum*, la cepa MU01 de *Mucos* sp., la cepa MU01 de *Rhizopus* sp. y *Trichoderma* sp. cepas

TV01. En el segundo experimento para detectar el efecto de los agentes de biocontrol sobre la viabilidad de los microesclerocios se observó que las cepas de *F. oxysporum* FO03, FO04, FO12, FO13 y los aislados de la cepa GR02 de *Gliocladium roseum* inhibieron completamente el desarrollo de *V. dahliae* [Gráfica 4.1]. Con respecto al último experimento realizado se observó que FO12 de *F. oxysporum* tuvo mejor efecto de inhibición (0% de desarrollo de la enfermedad), mientras que el tratamiento con MO01 redujo significativamente la incidencia de la enfermedad [Figura 4.1].



Gráfica 4.1. Efecto inhibitorio de los agentes de control biológico sobre la viabilidad de los microesclerocios (MS) de *V. dahliae* en suelo infestado. **Fuente:** Varo A. et al., 2016.

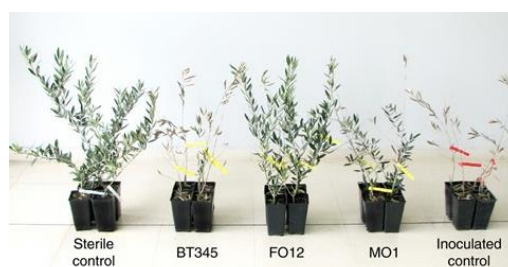
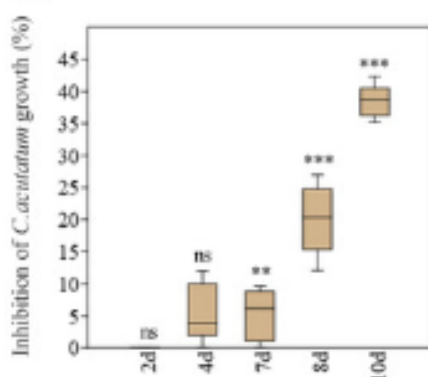


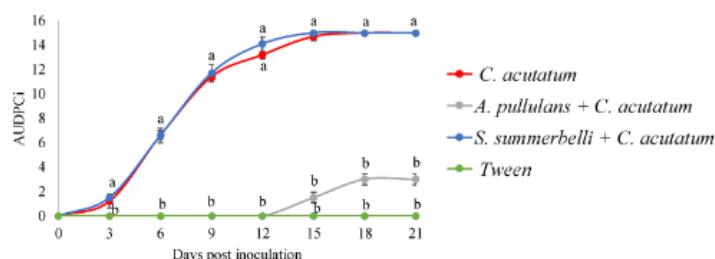
Figura 4.1. Respuesta diferencial de plantas de olivo susceptibles de la variedad Picual a las 14 semanas de su inoculación con *V. dahliae* y diferentes agentes de control biológico. **Fuente:** Varo A. et al., 2016.

El tercer artículo de Sdiri et al., (2022) sobre la capacidad de biocontrol y producción de compuestos orgánicos volátiles (COV) como mecanismo potencial de acción de los endófitos del olivo contra *Colletotrichum acutatum* consistió en evaluar la capacidad de los endófitos *Aureobasidium pullulans* y *Sarocladium summerbelli* para inhibir el desarrollo de *C. acutatum* y sus síntomas. En un primer ensayo *in vitro* sólo *A. pullulans* mostró la capacidad inhibitoria sobre el crecimiento de *C. acutatum*, su efecto inhibitorio se observó

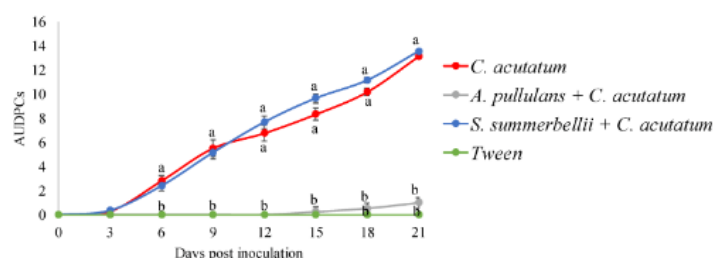
a los 7 días de la interacción al disminuir en un 5% el crecimiento del patógeno, a los 10 días ya había alcanzado el 39% de inhibición [Gráfica 4.2]. En el segundo ensayo *in vivo* se observó que *A. pullulans* redujo significativamente la incidencia y la gravedad de antracnosis con respecto al primer experimento, al día 15 ya se consiguió el 100% de inhibición [Gráfica 4.3 y 4.4]. El último ensayo de este estudio consistió en determinar los compuestos volátiles (COV) producidos durante la interacción de *A. pullulans* - *C. acutatum*. Como ya se ha estudiado anteriormente, *A. pullulans* mostró mayor efecto de biocontrol contra *C. acutatum*. Los resultados del cultivo dual muestran que el endófito inhibe el crecimiento de *C. acutatum* antes del contacto con el micelio, por lo tanto es probable que este efecto se deba a compuestos volátiles con actividad antimicrobiana producidos por *A. pullulans*. Durante el ensayo *in vivo* entre *A. pullulans* y *C. acutatum* se estudió la producción de COV tras 2, 8 y 16 días de la inoculación del olivo con el patógeno, se detectaron 38 compuestos, siendo los acoholes, aldehídos y cetonas las clases químicas más abundantes.



Gráfica 4.2. Inhibición (%) del crecimiento de *C. acutatum* por los endófitos *Aureobasidium pullulans*. **Fuente:** Sdiri et al., 2022.



Gráfica 4.3. Área bajo la curva de progresión de la enfermedad de incidencia (AUDPCi) y severidad (AUDPCs). **Fuente:** Sdiri et al., 2022.



Gráfica 4.4. Área bajo la curva de progresión de la enfermedad de incidencia (AUDPCi) de antracnosis en frutos de olivo para los diferentes tratamientos. **Fuente:** Sdiri et al., 2022.

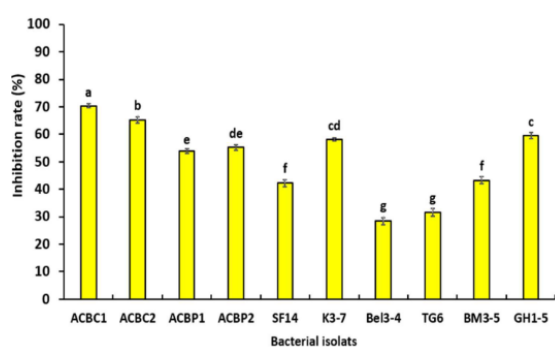
El cuarto artículo de Legrifi et al., (2022) sobre el potencial para el control biológico de la enfermedad de la pudrición de la raíz de los olivos por *Pythium schmitthenneri* (*Olea europaea* L.) mediante bacterias antagónicas tiene como objetivo comprobar la actividad antagónica de diez aislados bacterianos [Tabla 4.5] mediante dos estudios:

Tabla 4.5. Tratamientos utilizados en los bioensayos *in vivo*. **Fuente:** Legrifi et al., 2022.

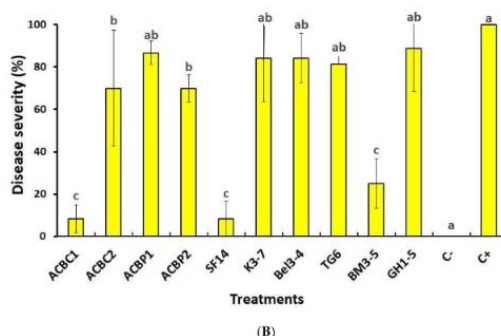
Código de aislamiento bacteriano	Especies
ACBC1	<i>Alcaligenes faecalis</i>
ACBC2	<i>Pantoea agglomerans</i>
ACBP1	<i>P. agglomerans</i>
ACBP2	<i>P. agglomerans</i>
SF14	<i>Bacilo amyloliquefaciens</i>
K3-7	<i>B. xiamenensis</i>
Bel3-4	<i>Sphingobacterium multivorum</i>
TG6	<i>B. subtilis</i>
BM3-5	<i>B. halotolerans</i>
GH1-5	<i>estenotrofomona maltofila</i>

- 1) *In vitro* para examinar la eficacia de estas cepas para inhibir el crecimiento micelial de *P. schmitthenneri*.
- 2) *In planta* con el fin de evaluar el potencial contra *P. schmitthenneri* para controlar la pudrición de la raíz en los olivos.

En primer lugar, se aplicó la técnica de placa de cultivo dual para determinar la capacidad inhibitoria de los 10 aislados frente al crecimiento de hifas de *P. schmitthenneri*. Las cepas mostraron diferentes tasas de inhibición siendo *A. faecalis* ACBC1, *B. amyloliquefaciens* SF14 y *Pantoea agglomerans* ACBC2 las cepas que mostraron mayor tasa inhibitoria (85, 81 y 80% respectivamente). Posteriormente se llevó a cabo un análisis estadístico en el cual se demostró que los COV bacterianos influyeron en el crecimiento micelial, obteniéndose que 6 de los 10 aislados bacterianos dieron una tasa de inhibición superior al 50% [Gráfica 4.5]. Por último, se realizó un bioensayo *in vivo*, obteniéndose que las cepas ACBC1, SF14 y BM3-5 mostraron los mejores resultados en cuanto a la reducción de la pudrición de la raíz [Gráfica 4.6].



Gráfica 4.5. Efecto de los compuestos orgánicos volátiles producidos por las bacterias analizadas sobre la inhibición del crecimiento de hifas de *P. schmitthenneri* después de 6 días de incubación. **Fuente:** Legrifi et al., 2022.



Gráfica 4.6. Observación de la severidad de la enfermedad (%) en la raíz de olivos tratados con suspensión bacteriana de los 10 aislados e inoculados con *P. schmitthenneri* después de 2 meses de incubación. C+, control positivo (sólo patógeno), y C-, control negativo (plantas tratadas solo con agua en ausencia de patógeno). **Fuente:** Legrifi et al., 2022.

El último artículo “Respuestas genéticas inducidas en raíces de olivo tras la colonización por la bacteria endofítica de biocontrol *Pseudomonas fluorescens* PICF7” (Schilirò E. et al., 2012) pretende estudiar el género *Pseudomonas fluorescens* PICF7 como agente de control biológico sobre *Verticillium dahliae*. Se recolectaron raíces de olivo cultivadas en condiciones no bióticas en diferentes momentos después de la interacción con PICF7. El análisis computacional ecológico 445 EST del olivo mostró que la defensa de la planta y su respuesta a diferentes situaciones de estrés representaban casi el 45% de los genes inducidos en las raíces colonizadas por *P. fluorescens* PICF7. Esto sugiere que *P. fluorescens* PICF7 es capaz de montar una serie de respuestas defensivas en los tejidos de la raíz del olivo y por lo tanto su actividad como agente de control biológico contra *V. dahliae* es efectiva. Esto podría explicarse por la capacidad que posee *P. fluorescens* para activar una serie de elementos específicos involucrados en etapas tempranas de los procesos de respuesta del olivo, además su capacidad de colonizar internamente y persistir dentro de los tejidos de la raíz del olivo nos lleva a la conclusión de que esta especie no es una amenaza sino que es capaz de superar las respuestas de defensa del huésped.

4.1.1. Biocontrol de Verticilosis.

Tabla 4.6. Comparativa de los diferentes estudios sobre *Verticillium dahliae*. **Fuente:** Elaboración propia.

Estudio	Microorganismos-tratamiento	Efectividad
“Influencia de la variedad del olivar y de los tratamientos de biocontrol sobre el efecto de los extractos de tallo de olivo en la viabilidad de los conidios de <i>Verticillium dahliae</i> ”	<i>A. pullulans</i> , <i>Phoma</i> sp. y <i>B. amyloliquefaciens</i> .	<i>B. amyloliquefaciens</i> y <i>A. pullulans</i> mostraron resultados significativamente favorables.
“Selección y evaluación de microorganismos para el biocontrol de <i>Verticillium dahliae</i> en olivo”	<i>F. oxysporum</i> .	Resultados favorables de la cepa FO12 de <i>F. oxysporum</i>

“Respuestas genéticas inducidas en raíces de olivo tras la colonización por la bacteria endofítica de biocontrol <i>Pseudomonas fluorescens</i> PICF7”	<i>Pseudomonas fluorescens</i> PICF7.	Casi el 45% de genes inducidos por <i>P. fluorescens</i> PICF7 mostraron respuestas defensivas sobre <i>V. dahliae</i>
--	---------------------------------------	--

Como se puede observar en la tabla 4.6. se han recogido varios estudios sobre Verticilosis en los que se emplean diferentes técnicas de control biológico y se utilizan diferentes microorganismos. Se realizan ensayos *in vivo*, *in vitro* o por riego de suelo infestado, además de realizarse análisis computacionales como en el caso de *Pseudomonas fluorescens* PICF7. Los microorganismos *B. amyloliquefaciens*, *A. pullulans*, *F. oxysporum* y *P. fluorescens* mostraron mayor efectividad como agentes de biocontrol, en el caso de *A. pullulans*, cuando se aplica a la los exudados de raíces de *V. dahliae* muestra un efecto significativo inhibiendo el crecimiento conidial en Arbequina y la germinación de microesclerocios en Frantoio, sin embargo, cuando se aplica *B. amyloliquefaciens* el mayor éxito inhibitorio se observa en la variedad Arbequina. Otro gran agente de biocontrol que obtiene muy buenos resultados cuando se aplica a la raíz del olivo es *P. fluorescens* PICF7, pues los análisis computacionales demostraron que esta especie es capaz de montar una serie de respuestas defensivas en los tejidos de la raíz del olivo y mostrar una actividad de biocontrol efectiva. En resumen cualquiera de estos tratamientos serían muy útiles aunque todavía queda mucho por estudiar e investigar, pero este conocimiento podría ser muy útil para prevenir infecciones o reducir la progresión de la enfermedad. Por otro lado, cuando el tratamiento se aplica por riego en suelos infestados, los tratamientos con mayor éxito fueron las cepas de *F. oxysporum* (FO04 y FO12) destacando la cepa FO12. También hay que mencionar los favorables efectos inductores de resistencia que muestra *F. oxysporum* cuando se aplica mediante pulverización en hojas ya que reduce el marchitamiento provocado por *V. dahliae*. Este estudio, al igual que los anteriores, nos proporciona una base práctica para el uso de estos tratamientos como unas posibles estrategias para la protección de plantas de olivo contra la infección causada por *V. dahliae*, además de dar un gran paso para el desarrollo de un tratamiento biológico eficaz y respetuoso con el medio

ambiente ya que contribuye a la reducción del uso de tratamientos químicos que son perjudiciales para el ecosistema.

4.1.2. *Aureobasidium pullulans* como agente de control biológico de diferentes enfermedades.

Como ya se ha mencionado anteriormente en el estudio llevado a cabo por Sdiri Y. et al., 2022 *A. pullulans* es un gran agente de control biológico contra la Verticilosis, sin embargo, se han realizado otros estudios que verifican que esta especie es capaz de actuar como agente de control biológico (ACB) de otras enfermedades como la Antracnosis producida por *Colletotrichum acutatum*. Este ACB muestra su efecto inhibitorio sobre *C. acutatum* antes de que ocurra el contacto físico, es decir, mediante la producción de COV. Algunos de estos COV, en particular el 2-metil-1-propanol y el 2-metil-1-butanol se identificaron a partir de *A. pullulans* y mostraron actividades inhibitorias. Puesto que en las etapas posteriores al ensayo se observó que el antagonismo de *A. pullulans* fue el más alto, se plantea la hipótesis de que los COV son muy importantes para reducir el desarrollo de antracnosis. Por lo tanto, se puede decir que el uso de este hongo como agente de control biológico supone una gran ventaja, pues como ya se ha dicho, presenta mecanismos de acción multifacéticos, es decir, actúa mediante múltiples mecanismos para controlar las plagas, además, es un agente que presenta una gran resistencia frente a las plagas, y sobre todo, la baja toxicidad que experimenta al usarse. A pesar de todas estas ventajas, hay que seguir estudiando su efectividad contra *C. acutatum* en condiciones *in vivo* e *in vitro*. Finalmente, se puede decir que es una gran alternativa hacia el control químico.

4.2. Biocontrol de enfermedades causadas por bacterias

Tabla 4.7. Recopilación de diferentes estudios sobre el biocontrol de enfermedades causadas por bacterias. **Fuente:** Elaboración propia.

Artículo	Resumen	Autor
1.- <i>Ooetonus vulgatus</i> (Hymenoptera, Mymaridae), un potencial agente de	Se realiza un estudio en el que se analizan los caracteres y código de ADN	Mesmin X. et al., 2020

biocontrol para reducir las poblaciones de <i>Philaenus spumarius</i> (Hemiptera, Aphrophoridae), el principal vector de <i>Xylella fastidiosa</i> en Europa.	de <i>O. vulgatus</i> para determinar el grado de parasitismo sobre <i>P. spumarius</i> .	
2.- Exploración de péptidos activos con actividad antimicrobiana in plantas contra la <i>Xylella fastidiosa</i> .	El estudio pretende determinar qué concentraciones de péptidos antimicrobianos (AMP) frente a <i>X. fastidiosa</i> . Los resultados dedujeron que GF19, KL29, FF13 e IL14 mostraron mayor capacidad inhibitoria sobre la enfermedad.	El Handi K. et al., 2022
3.- Cribado de la filosfera del olivo: Búsqueda y hallazgo de antagonistas potenciales frente a <i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>Savastanoi</i> .	Se utilizaron aislados de ciertas partes del olivo con susceptibilidad a la enfermedad y se aplicaron distintas cepas siendo <i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> y <i>Alcaliegenes</i> las más efectivas. <i>B. amyloliquefaciens</i> mostró más efectividad en condiciones <i>in vitro</i> .	Mina D. et al., 2020
4.- Un modelo de control biológico para gestionar el vector y la infección de <i>Xylella fastidiosa</i> en olivos.	A través del vector <i>P. spumarius</i> se estudia la eficacia de <i>Z. renardii</i> mediante un proceso de inundación.	Liccardo A. et al., 2020

En el primer estudio “*Ooctonus vulgatus* (Hymenoptera, Mymaridae), un potencial agente de biocontrol para reducir las poblaciones de *Philaenus spumarius* (Hemiptera, Aphrophoridae), principal vector de *Xylella fastidiosa* en Europa” de Mesmin et al., (2020) se realiza un ensayo de campo con huevos de *P. spumarius* para determinar la efectividad *Ooctonus vulgatus* como agente de biocontrol de *P. spumarius*. No hay muchas evidencias sobre *O. vulgatus*, en este estudio se proporciona un informe de este género en Córcega y se evalúa su biología como parasitoide de *P. spumarius* (principal vector de *X. fastidiosa*). En primer lugar, en este estudio, se analizan los caracteres de *O. vulgatus* que diferencian esta especie de otras, y posteriormente, se generan códigos de barras de ADN *COI* para determinar con precisión la especie. De

los 611 huevos muestreados, 437 dieron lugar a ninfas de *P. spumarius* y fueron 160 huevos de los que surgieron parásitos, de los cuales todos eran *O. vulgatus*. Se llevó a cabo un análisis para estudiar la distribución geográfica de *O. vulgatus* obteniéndose los resultados que se observan en la siguiente figura:

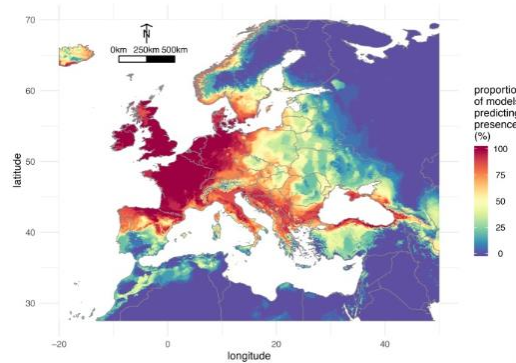
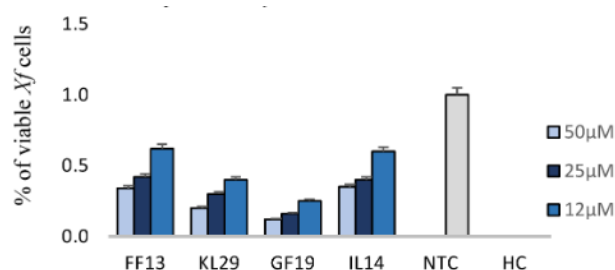


Figura 4.2. Modelo que predice la presencia de *O. vulgatus* en Europa. **Fuente:** Mesmin X. et al., 2020

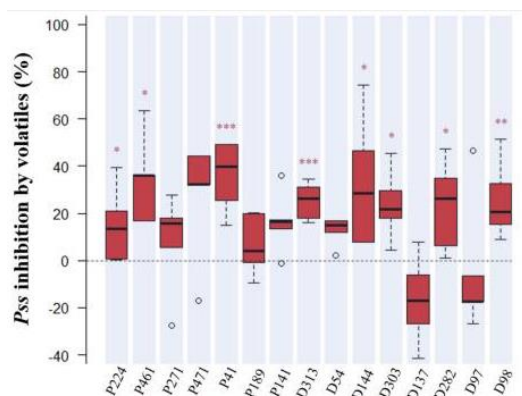
Una vez analizados estos resultados, y según el estudio de Cruaud et al., 2018, la distribución geográfica de *O. vulgatus* se superpone con el área de distribución de *P. spumarius*.

En el segundo artículo de El Handi K. et al., (2022) “Exploración de péptidos activos con actividad antimicrobiana en plantas contra la *Xylella fastidiosa*” se pretende analizar la bioactividad de 9 péptidos antimicrobianos (AMP) frente a *X. fastidiosa*, obteniéndose que GF19, FF13 y IL14 fueron los AMP más activos reduciendo significativamente su crecimiento. Por último, mediante el ensayo PMAxx (utilizado para probar la viabilidad de las bacterias) se mostró que GF19 era muy activo a concentraciones de 25 y 50 μM , además, FF13 y KL29 también exhibieron una alta actividad con respecto a las células de *X. fastidiosa* sin tratar [Gráfica 4.7].



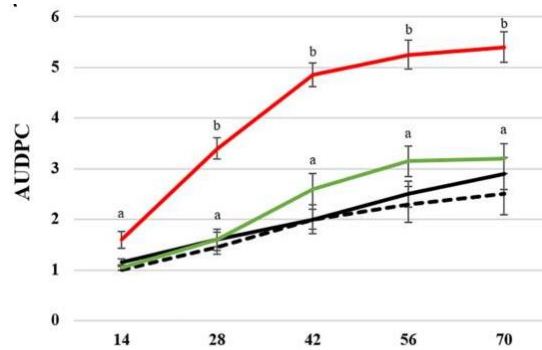
Gráfica 4.7. Viabilidad de células de *X. fastidiosa* tratadas con diferentes AMP a 12, 25 y 50 μM . **Fuente:** El Handi K. et al., 2022.

El tercer artículo de Mina D. et al., (2020) pretende seleccionar bacterias de la filosfera del olivo con capacidad antagonista sobre *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* (Pss) *in vitro* e *in vivo*. En este trabajo, se obtienen aislados bacterianos de la filosfera de dos cultivos de olivo (Cobrançosa y Verdeal Transmontana, tolerante y susceptible a la tuberculosis, respectivamente) y órganos vegetales (hojas, ramas y nudos). Casi el 50% de los aislados bacterianos fueron capaces de inhibir el crecimiento de *P. savastanoi* pv. *Savastanoi*, con inhibiciones que oscilaban entre el 15 y 85%. De estos, la mayoría pertenecían a los géneros *Pseudomonas* (8), *Bacillus* (4) y *Alcaligenes* (4). Diferentes aislamientos de *B. amyloliquefaciens* y *A. faecalis* mostraron una gran actividad inhibitoria sobre esta enfermedad en las variedades de *Cobrançosa* y *Verdeal*, respectivamente. Para aclarar el mecanismo de inhibición se estudió la producción de compuestos volátiles, este estudio se realizó exclusivamente para aquellas cepas que inhibieron más del 50% del crecimiento de *Pss*, en total, 15 fueron los aislados seleccionados pertenecientes a 12 géneros, entre los que destacan: *Pseudomonas*, *Serratia*, *Bacillus*, *Pantoea* o *Alcaligenes*, siendo P14, P461 y D144 los que presentaron mayores tasas de inhibición [Gráfica 4.8]



Gráfica 4.8. Efecto inhibitorio de COV sobre el crecimiento de *Pss* (%). **Fuente:** Mina D. et al., 2020

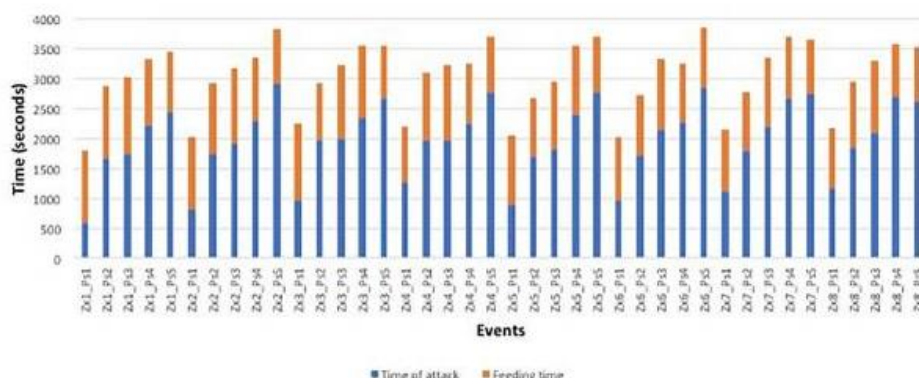
Una selección inicial reveló que *B. amyloliquefaciens* (P41) mostró el mayor efecto inhibitorio contra *Pss* además de incrementar el crecimiento de la planta, por lo tanto, se utilizó para ensayos *in planta* y los resultados obtenidos son los que se recogen en la siguiente gráfica [Gráfica 4.9]



Gráfica 4.9. Capacidad de P41 para suprimir el desarrollo de la enfermedad. Siendo la línea naranja la muestra tratada con *Pss*, la línea negra es el control, la línea verde es la muestra tratada con *Pss*+P41 y la línea de puntos es la muestra tratada con *B. amyloliquefaciens* (P41).

Fuente: Mina D. et al., 2020.

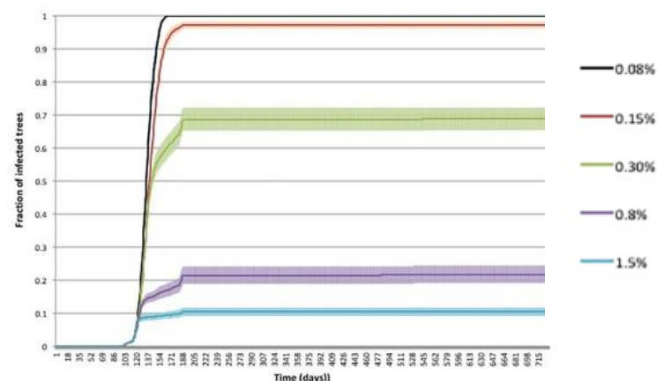
El cuarto artículo de Liccardo A. et al., (2020) pretende buscar una alternativa biológica al control químico de *Xylella fastidiosa*. El principal vector de *Xylella*, *Philaenus spumarius*, ingiere la bacteria mientras se alimenta de plantas infectadas y a partir de ahí la transmite. En este estudio se va a emplear el método de inundación en el cual los agentes de control biológico tienen la capacidad de matar una gran cantidad de vectores de plagas, se usa cuando la acción del patógeno es muy rápida, para llevar a cabo este método se utilizó el enemigo natural de *P. spumarius*, *Zelus renardii* (una especie de insecto de la familia Reduviidae). El ataque y tiempo de alimentación para cada uno de los 40 eventos observados sufridos por 8 *Z. renardii* sobre 5 *P. spumarius* se puede observar en la siguiente gráfica [Gráfica 4.10].



Gráfica 4.10. Tiempo total por ataque (azul) y alimentación (naranja) de *Zr* sobre *Ps*, t_{tot} .

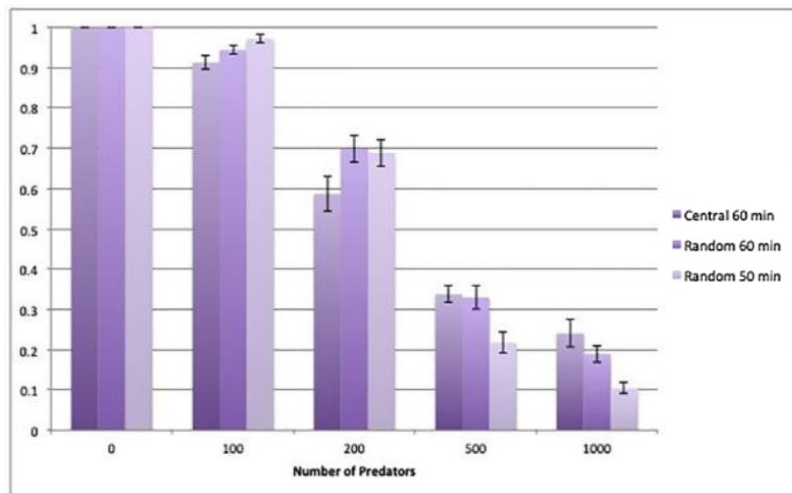
Fuente: Liccardo A. et al., 2020

La gráfica 4.11 muestra como el período de iniciación del depredador para matar a la presa es más corto que los siguientes. Se realizaron simulaciones numéricas, se consideraron 3 valores diferentes de distancias entre árboles, $s = 4,5,6$. Los cultivos intensivos con menor distancia entre olivos ($s = 4$) se ven favorecidos respecto a los que presentan distancias más altas ($s = 6$) lo que supone un mayor riesgo de que cada olivo se infecte. En el caso de cultivos con espaciamiento $s = 6$ para un sistema cerrado, la infección se detiene prácticamente el primer año, como se puede observar en la siguiente gráfica [Gráfica 4.11].



Gráfica 4.11. Huerto cerrado. Evolución temporal de la fracción de árboles infectados. **Fuente:** Liccardo A. et al., 2020.

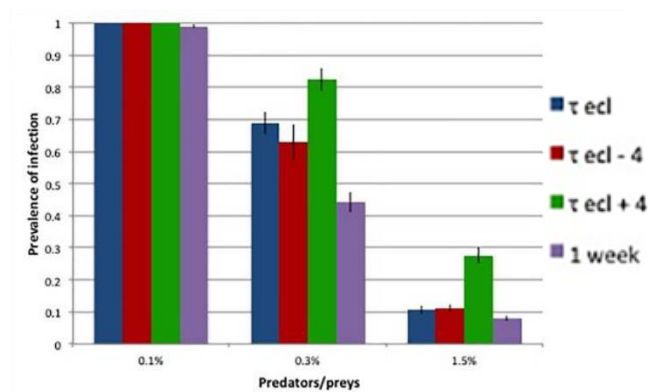
Suponiendo que los depredadores se distribuyen de forma aleatoria sobre el cultivo en el momento de la inundación, cada depredador consumía su propia reserva de alimento en el mismo olivo y la población de presas fue eliminada sin necesidad de que los depredadores se movieran del árbol. En este caso, después de consumir la presa, cada depredador podría encontrar un olivo vecino y explotarlo lo que supondría una competencia entre depredadores. De una forma similar, no se observaron diferencias cuando se liberaron todos los depredadores juntos en el momento de la eclosión del huevo en lugar de distribuirse aleatoriamente [Gráfica 4.12].



Gráfica 4.12. Huerto cerrado. Prevalencia de la infección para dos valores diferentes de tiempo total por presa muerta ($\tau_{\text{tot}} = 50 \text{ min}$ y 60 min) y dos procedimientos de liberación diferentes.

Fuente: Liccardo A. et al., 2020

Los mejores resultados se obtuvieron cuando se introdujeron los depredadores no todos al mismo tiempo, sino distribuidos durante un período de una semana en el tiempo medio de eclosión y como se muestra en la gráfica 4.13 esta solución permitió conseguir mejoras en el estudio, este procedimiento permitió reducir el impacto.



Gráfica 4.13. Huerto cerrado-Efecto de anticipar la introducción de *Z. renardii* de 4 días con respecto al tiempo medio de eclosión. **Fuente:** Liccardo A. et al., 2020.

4.2.1. Biocontrol de *Xylella fastidiosa*.

Tabla 4.8. Comparativa de los diferentes estudios sobre *X. fastidiosa*. **Fuente:** Elaboración propia.

Estudio	Microorganismos-tratamiento	Efectividad
“ <i>Ooctonus vulgatus</i> (Hymenoptera, Mymaridae), un potencial agente de biocontrol para reducir las poblaciones de <i>Philaenus spumarius</i> (Hemiptera, Aphrophoridae), el principal vector de <i>Xylella fastidiosa</i> en Europa”	<i>Ooctonus vulgatus</i>	Resultados positivos con respecto a <i>O. vulgatus</i> como agente de biocontrol
“Exploración de péptidos activos con actividad antimicrobiana in plantas contra la <i>Xylella fastidiosa</i> ”	Péptidos antimicrobianos (AMP) GF19, KL29, FF13 e IL14	GF19 como péptido antimicrobiano más efectivo
“Un modelo de control biológico para gestionar el vector y la infección de <i>Xylella fastidiosa</i> en olivos”	<i>Zelus renardii</i>	Resultados favorables en el ensayo por inundación de <i>Z. renardii</i>

Una vez analizada la anterior tabla podemos ver que el biocontrol de *Xylella fastidiosa* se puede llevar a cabo mediante diferentes tratamientos y usando distintos tipos de microorganismos. Por ejemplo, en el primero y en el tercer estudio se utilizan insectos como agentes de biocontrol (*Ooctonus vulgatus* y *Zelus renardii*, respectivamente). Sin embargo, se puede decir que estas técnicas no son las más efectivas, pues en el caso de *O. vulgatus*, esta especie no actúa directamente la capacidad de transmisión de *P. spumarius* (vector de *X. fastidiosa*), es decir, su mecanismo de acción de basa en matar al huésped en una etapa temprana de desarrollo y reduce el porcentaje de vectores transmisibles de la enfermedad. Por otro lado, *Z. renardii* es un insecto que, al igual que *O. vulgatus*, actúa sobre *P. spumarius*, pero en este caso sigue el procedimiento de infección por inundación, el cual, según el estudio se basa en la liberación masiva del depredador sobre un cierto cultivo

de olivar, pero esto genera controversias, pues este depredador actúa sobre presas móviles, y al ser un insecto no se puede controlar al 100%, es decir, si este depredador se encuentra en un olivo alimentándose de una presa y termina saciándose puede irse a un olivo vecino en el cual ya hay otro depredador y se puede generar competencia entre ellos, por lo tanto, habría que controlar la liberación de *Z. renardii* para intentar evitar al máximo estos problemas. Además, según los estudios, los síntomas se manifiestan a los años de la primera infección por lo que para prevenir el control de la infección habría que aplicar la técnica antes de la primera transmisión. Dicho esto, estas técnicas son un punto de partida para fomentar la investigación sobre este parásito y reducir su propagación reduciendo el uso de tratamientos químicos. Si comparamos estas técnicas con la del uso de péptidos antimicrobianos (AMP) podemos ver que el empleo de estos péptidos muestran mayor efectividad ya que actúan directamente contra la enfermedad y reducen su sintomatología casi al 100%, pero no todo son ventajas pues presenta algunos inconvenientes como por ejemplo los altos costes de fabricación de estos AMP, además varios inconvenientes pueden limitar el desarrollo de los péptidos, pues la degradación proteolítica y la interacción de los AMP con las enzimas pueden disminuir su actividad antimicrobiana.

4.2.2. *Bacillus amyloliquefaciens* actuando como agente de biocontrol de Tuberculosis y la enfermedad de la pudrición de la raíz.

Según los estudios de Legrifi I. et al., 2022 y Mina D. et al., 2020 *Bacillus amyloliquefaciens* es un gran agente para el biocontrol de enfermedades tales como la Tuberculosis del olivo y la pudrición de la raíz de los olivos. Para ambas enfermedades se llevaron a cabo diferentes métodos de acción por parte de este agente, en el caso de la Tuberculosis, el aislado P41 de esta cepa reveló los rasgos antagónicos más prometedores frente a *Pss* en condiciones *in vitro*, en el caso de la pudrición la cepa *B. amyloliquefaciens* SF14 fue la que mostró la mayor tasa inhibitoria sobre *P. schmithenneri* tanto en experimentos *in vitro* como *in vivo*.

Hasta donde sabemos, *B. amyloliquefaciens* representa un papel esencial como agente biológico para el control de la tuberculosis, por lo tanto, se ha propuesto el uso de *B. amyloliquefaciens* para controlar y prevenir daños por enfermedades a pesar de que se necesitan experimentos previos en condiciones naturales para confirmar su potencial de control biológico.

4.3. Biocontrol de agentes climáticos u otros aspectos del control biológico.7

Tabla 4.9. Biocontrol de agentes climáticos y otros aspectos. **Fuente:** Elaboración propia.

Artículo	Resumen	Autor
1.- Evaluación de rizobacterias autóctonas de biocontrol del olivo como protectores contra la sequía y el estrés salino	En este estudio se aplican rizobacterias para reducir los síntomas producidos por sequía o estrés siendo <i>Pseudomonas</i> sp. PICF6 la bacteria utilizada y a la que se asocia la actividad de la 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico desaminasa (ACD)	Montes-Osuna N. et al., 2021

El artículo de Montes-Osuna N. et al., (2021) “Evaluación de rizobacterias autóctonas de biocontrol del olivo como protectores contra la sequía y el estrés salino” afirman que el estrés causado por la sequía y la salinidad podría comprometer el crecimiento y la productividad de los cultivos olivareros. Muchos estudios han aplicado rizobacterias para reducir los síntomas producidos por estos factores, lo que se asocia en muchas ocasiones a la actividad de la 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico desaminasa (ACD). Una variedad de rizobacterias del olivo se analizó *in vitro* para determinar su actividad de ACD. *Pseudomonas* sp. PICF6 mostró este fenotipo. En el presente estudio se confirmó la presencia de una desaminasa no identificada, se llevaron a cabo experimentos con olivos de la variedad ‘Picual’ inoculados con PICF6 y sometidos a estrés salino o sequías. Sin embargo, se observaron efectos diferenciales en las plantas bacteriizadas, además los estudios realizados demuestran que la cepa PICF6 tiene la capacidad de colonizar endófitamente el interior de la raíz. Lo que sería interesante investigar si el gen *acdS* de PICF6 se expresa en el sistema radicular del olivo. En

resumen y desde un punto de vista práctico, este agente de biocontrol no parece poseer una gran capacidad para paliar los efectos provocados por los estreses abióticos evaluados en este estudio.

Una vez realizado este estudio de los diferentes agentes de control biológico utilizados para las plagas más comunes ya mencionadas anteriormente, podemos decir que, el control biológico contra las plagas es una alternativa muy exitosa, pues las ventajas que presenta este tipo de tratamiento son evidentes, desde el alto grado de sostenibilidad que muestra en el cultivo donde se utiliza, hasta su gran capacidad de resistencia que muestra frente a la enfermedad, pues los organismo en muy pocas ocasiones desarrollan resistencia frente al patógeno. También cabe mencionar que la efectividad mostrada por parte de este tipo de tratamiento puede depender de factores ambientales, como la humedad, temperatura o disponibilidad de nutrientes, además de mostrar una acción inicial más lenta con respecto al control químico. Finalmente y para terminar con la comparación entre métodos de control biológico o químico, una vez analizados todos los resultados y sabiendo que el control químico muestra desventajas tales como, una menor resistencia a las plagas, pues el repetido uso de estos tratamientos hacen a las plagas más resistentes al producto, la toxicidad hacia el medio ambiente y el riesgo para la salud son bastantes elevados en comparación con el control biológico, que como ya se ha estudiado, no muestra signos significativos de toxicidad y riesgo y por último, el control químico no sabe distinguir entre productos beneficiosos o plagas por lo que el uso de estos tratamientos puede llevar a la eliminación de enemigos naturales de las plagas; quedan expuestas las notables ventajas del uso de métodos de biocontrol de plagas en el olivar.

5. CONCLUSIONES

- El control biológico de plagas del olivar es una alternativa prometedora y sostenible al control químico, los agentes de control biológico pueden ofrecer una eficaz capacidad de defensa frente al control de plagas y reducir los impactos ambientales y los riesgos para la salud.
- Se ha demostrado que organismos como *A. pullulans*, *Phoma sp*, *B. amyloliquefaciens*, *F. oxysorum*, *P. fluorecens*, *O. vulgatus*, *Z. renardii* presentan un papel fundamental para el control biológico de plagas del olivar.
- El microorganismo *A. pullulans* actúa contra Verticilosis o Antracnosis llevando a cabo diferentes mecanismos de acción y consiguiendo, en ambos casos, la inhibición o reducción de la enfermedad.
- Eficiente defensa por parte de *B. amyloliquefaciens* como agente de biocontrol frente a la Tuberculosis o la enfermedad de pudrición de la raíz.
- Con respecto a la resistencia inducida por parte del control biológico se ha demostrado que muestra una ventaja significativa en comparación al control químico, pues se ha visto que las plagas muestran una mínima tendencia a desarrollar resistencia a los agentes biológicos lo cual garantiza una eficacia a largo plazo.
- La implementación y la adopción del control biológico puede contribuir a la sostenibilidad y resiliencia del sistema agrícola al reducir el uso de los tratamientos químicos y disminuir el impacto ambiental, así como promover un equilibrio ecológico en el ecosistema agrícola. En general, el control biológico se presenta como una estrategia prometedora a pesar de que es necesario seguir estudiando e investigando sobre estas técnicas de control contra las plagas, ya sea en el cultivo del olivar como en cualquier otro tipo de cultivo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aldebis, H. K., & Osuna, E. V. (2003). La mosca del olivo, daños y métodos de lucha. *Vida rural*. 176: 42-46.
- Almorox, J., Suñer, L., Laurent, G., & Aguirre, M. E. (2015). Análisis de las temperaturas en dos áreas de interés olivícola del sudoeste bonaerense, Argentina. *Revista de Climatología*. 15: 65-75.
- Ali, N., Chapuis, E., Tavoillot, J. y Mateille, T. (2014). Nematodos fitoparásitos asociados al olivo (*Olea europaea* L.) con un enfoque en la cuenca mediterránea: una revisión. *Comptes Rendus Biologies*. 337 (7-8): 423-442.
- Alves, J. F., Mendes, S., Alves da Silva, A., Sousa, J. P., & Paredes, D. (2021). Land Use Effect on Olive Groves Pest *Prays oleae* and on Its Potential Biocontrol Agent *Chrysoperla carnea*. *Insects*. 12(1): 46.
- Anton, F. A., & Laborda, E. (1989). Estudio de la susceptibilidad/resistencia de variedades del olivo (*Olea europaea* L.) al patógeno *Cycloconium oleaginum* (Cast.)(*Spilocaea oleaginae* Hugh.). *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*. 4: 385 403.
- Ávila De La Calle, A., Benali, A., & Trapero Casas, A. (2004). Variabilidad morfológica y cultural de " *Pseudocercospora cladosporioides*", agente del emplomado del olivo. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*. 30: 369-384.
- Barranco, D., Navero, D. B., & Romero, L. R. (2008). El cultivo del olivo (7ª edición).
- Barroso-Albarracín, J. B., Rincón Romero, A. M., Chaki, M., Carreras Egaña, A., Pérez-Artés, E., Valderrama, R. & Mercado-Blanco, J. (2014). *Trichoderma harzianum* como agente de control biológico frente a la Verticilosis del olivo. Trabajo presentado en el XVII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología.

- Becerra, V. C., Miano, J. L. & Maldonado, D. G. (2002). Cochinilla negra del olivo: control mediante insecticidas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 34(1): 7-10.
- Benali, A., Ávila de La Calle, A., & Trapero Casas, A. (2004). El emplomado del olivo, una grave enfermedad poco conocida. *Vida rural*.198: 32-36.
- Benítez, Y., García-Limones, C., Moyano, E., Casas, A. T., Caballero, J. L., Blanco, J. M., & Dorado, G. (2007). El repilo del olivo: clonación, cuantificación de la expresión génica y análisis del poliformismo entre cultivares de genes expresados diferencialmente. *Congreso de la Cultura del Olivo*. (pp. 663-672).
- Bertolini, E., Fadda, Z., García, F., Celada, B., Olmos, A. Gorris, M. T., Del Río C., Caballero J. M., Durán-Vila N., Cambra M. (1998). Virosis del olivo detectadas en España. Nuevos métodos del diagnóstico. 102: 191-193.
- Bringas, E. L. (2018). Estudio genético de la plaga del olivo “*bactrocera oleae*” (Rossi 1790) y su aplicación al control biológico. Tesis Doctoral defendida en Universidad Computense de Madrid.
- Cabrera, A. P., Martínez, P. G., & Martínez, J. D. S. (2015). Análisis de la expansión del olivar en la provincia de Jaén a través de fuentes cartográficas(1956-2007) 1. In *Anales de geografía de la Universidad Complutense*. 35(1):119.
- Cardoni, M., Quero, J. L., Villar, R., & Mercado-Blanco, J. (2022). Physiological and Structural Responses of Olive Leaves Related to Tolerance/Susceptibility to *Verticillium dahliae*. *Plants*. 11(17): 2302.
- Carlos, T., Francisco Javier, L. E., Luis, F. R., Miguel Ángel, B. L., Antonio, T (2011). La Verticilosis, un grave problema de la olivicultura actual. *Nutrición y Sanidad vegetal: Olivar*.

- Castillo, P., Jiménez Díaz, R. M., Rapoport, H. F., & Nico, A. I. (2003). Nematodos fitoparásitos en viveros de olivo. Boletín de sanidad vegetal. Plagas. 29: 255-263.
- Castillo, P., Nico, A. I., & Jiménez-Díaz, R. M. (2003). Control de nematodos en viveros de olivo en la agricultura sostenible. Agro latino. 136: 76-80.
- Chávez Alfaro, R., Casilla Garcia, E., Salazar, L., Sepulveda, G., Huarachi, A., & Bartolini, I. (2019). Avances en la investigación colaborativa y control integrado de la “Hoja de hoz” en los cultivos de olivo de Tacna y Arica. Ciencia & Desarrollo. 7: 7-12.
- Clara, M. I. E., Rei, F. T., do Rosário Félix, M., Leitao, F. A., Serrano, J. M. F., & de Fátima Potes, M. (1997). Virosis que afectan a *Olea europaea* L. y técnicas de diagnóstico. Revista oficial del Consejo Oleícola Internacional. 66: 56-60.
- Conde, P., Montelongo, M. J., & Leoni, C. (2013). Enfermedades del olivo. Aceite de oliva: de la planta al consumidor. 1: 183-213.
- De Andrés Cantero, F. (2001). Enfermedades y Plagas del olivo (4ª Edición), 646 pp Riquelme y Vargas Ediciones, SL Jaén.
- Díaz, R. J., Casas, J. T., Boned, J., Landa, B. B., & Cortés, J. N. (2009). Uso de Biotenpara la protección biológica de plantones de olivo contra la Verticilosis causada por el patotipo defoliante de *Verticillium dahliae*. Boletín de sanidad vegetal. Plagas. 35: 595-615.
- Díaz, R. M. J., & Ruiz, E. R. (2018). El olivo Vertirés: una solución innovadora para el control de la Verticilosis causada por los patotipos y razas de *Verticillium dahliae*. Mercacei magazine. 95:132-144.
- Durán, J. M., Alvarado, M., Serrano, A., & De la Rosa, A. (1998). Contribucion al conocimiento de *Euzophera pingueis* (Haworth,[1881])(Lep: *Pyrallidae*), plaga del olivo. Boletín de sanidad vegetal. 24: 267-278.

- El Handi, K., Sabri, M., Valentini, F., De Stradis, A., Achbani, E. H., Hafidi, M., El Moujabber, M., & Elbeaino, T. (2022). Exploring Active Peptides with Antimicrobial Activity In Planta against *Xylella fastidiosa*. *Biology*. 11(11): 1685.
- Eldesouki Arafat, I. (2013). Interacciones de *Batrocera oleae* Gmel. (Mosca del olivo) con *Botryosphaeria dothidea* Moug. (Escudete de la aceituna) y de *Phloeotribus scarabaeoides* Bern. (Barrenillo del olivo) con *Verticillium dahliae* Kleb. causante de la Verticilosis del olivo. Tesis Doctoral defendida en Universidad de Córdoba.
- Francisco, G. Z. (2010). Suelo, riego, nutrición y medio ambiente en el olivar. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. (190 p.)
- García Figueres, F. (2010). El repilo del olivo y acebuche, Junta de Andalucía. Boletín de sanidad vegetal. Plagas. 12: 31-35.
- González, M. M. L. (2014). Riesgo para el cultivo de ornamentales de bacteriosis emergentes y exóticas: prevenir es mejor que curar. In VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental: Las buenas prácticas agrícolas en horticultura ornamental. (pp. 16-24).
- González, R. & Campos, M. (1990). Cría en laboratorio de *Phloeotribus scarabaeoides* (Bernard, 1788). Boletín de sanidad vegetal. Plagas. 16: 335-361.
- Iannotta, N., Noce, M. E., Perri, L., Scalercio, S., & Vizzarri, V. (2006). Assessment of susceptibility of olive cultivars to the *Bactrocera oleae* (Gmelin, 1790) and *Camarosporium dalmaticum* (Thüm.) Zachos & Tzav.-Klon. attacks in Calabria (Southern Italy). *Journal of Environmental Science and Health*, art B. 42(7): 783-793.
- Jose, M. Q., Ramón P., Edson B., Carmina I. S., Jaime P. & María M. L. (2007). Efectos de tratamientos químicos sobre los síntomas de la tuberculosis del olivo. *Vida rural*. 42.

- Legrifi, I., Al Fiquigui, J., El Hamss, H., Lazraq, A., Belabess, Z., Tahiri, A., Amiri, S., Barka, E. A., & Lahlali, R. (2022). Potential for Biological Control of *Pythium schmitthenneri* Root Rot Disease of Olive Trees (*Olea europaea* L.) by Antagonistic Bacteria. *Microorganisms*. 10(8): 1635.
- Liccardo, A., Fierro, A., Garganese, F., Picciotti, U., & Porcelli, F. (2020). A biological control model to manage the vector and the infection of *Xylella fastidiosa* on olive trees. *PloS one*, 15(4): e0232363.
- López Doncel, L. M., Trapero Casas, A., & Viruega Puente, J. R. (2000). Respuesta del olivo a la inoculación con *Spilocaea oleagina*, agente del repilo. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*. 26: 349-363
- López-Moral, A., Agustí-Brisach, C., Leiva-Egea, F. M., & Trapero, A. (2022). Influence of Cultivar and Biocontrol Treatments on the Effect of Olive Stem Extracts on the Viability of *Verticillium dahliae* Conidia. *Plants (Basel, Switzerland)*. 11(4): 554.
- Lorite, IJ, Gabaldón-Leal, C., Santos, C., Cruz-Blanco, M., León, L., Porras, R., Belaj, A., & de la Rosa, R. Impacto del cambio climático sobre la agricultura andaluza: Olivar. *Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural*.
- Marco N. E. & Barbé M. S. (2018). *Xylella fastidiosa*. La amenaza de una bacteria fitopatógena emergente. *Revista de la Sociedad Española de Microbiología*. 65
- Mesmin, X., Chartois, M., Genson, G., Rossi, J. P., Cruaud, A., & Rasplus, J. Y. (2020). *Ooetonus vulgatus* (Hymenoptera, Mymaridae), a potential biocontrol agent to reduce populations of *Philaenus spumarius* (Hemiptera, Aphrophoridae) the main vector of *Xylella fastidiosa* in Europe. *PeerJ*. 8: 85-91
- Mina, D., Pereira, J. A., Lino-Neto, T., & Baptista, P. (2020). Screening the Olive Tree Phyllosphere: Search and Find Potential Antagonists Against

Pseudomonas savastanoi pv. *savastanoi*. *Frontiers in microbiology*. 11: 2051

Miranzo, M., & del Río, C. (2015). Las consecuencias del cambio climático en Magreb. *UNISCI*. 39: 127-150.

Montes-Osuna, N., Gómez-Lama Cabanás, C., Valverde-Corredor, A., Legarda, G., Prieto, P., & Mercado-Blanco, J. (2021). Evaluation of Indigenous Olive Biocontrol Rhizobacteria as Protectants against Drought and Salt Stress. *Microorganisms*. 9(6): 1209.

Moral, J., Roca, L. F., & Trapero Casas, A. (2007). La lepra de la aceituna, una enfermedad poco conocida en el olivar. *Vida rural*. 245: 54-56.

Moral, J., & Trapero, A. (2009). Resistencia del olivo a la Antracnosis causada por *Colletotrichum spp*. *Sociedad Española de Fitopatología*. 66: 22-30.

Moral, J., Xaviér, C., Roca, L. F., Romero, J., Moreda, W., & Trapero, A. (2014). La Antracnosis del olivo y su efecto en la calidad del aceite. *Grasas y aceites*. 65(2).

Muñoz, M. C. C., Aguilar, R. D., & Aguilar, A. D. (2017). Repilo plumizo del olivo: estudio in vitro del efecto de diferentes fungicidas sobre el crecimiento y supervivencia de *Pseudocercospora clarosporioides*.

Naveiro, D. B., & Romero, L. R. (2004). El cultivo del olivo. *Consejería de Agricultura y Pesca*. (pp. 800).

Nico, A. I. (2003). Incidencia y patogenicidad de nematodos fitopatógenos en plantones de olivo (*Olea europaea* L.) en viveros de Andalucía, y estrategias para su control. Tesis Doctoral defendida en Universidad de Córdoba.

Nobre, T., Gomes, L., & Rei, F. T. (2018). Uncovered variability in olive moth (*Praysoleae*) questions species monophyly. *PloS one*, 13(11).

- Ojeda-Rivera, J. F., Andreu-Lara, C., & Infante-Amate, J. (2018). Razones y recelos de un reconocimiento patrimonial: los paisajes del olivar andaluz. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*. 79: 8.
- Oliveira, R., Moral, J., Bouhmidi, K., & Trapero, A. (2005). Caracterización morfológica y cultural de aislados de *Colletotrichum spp.* causantes de la Antracnosis del olivo. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*. 31: 531-548.
- Ortiz, A., Porras, A., Marti, J., Tudela, A., Rodríguez-González, Á., & Sambado, P. (2021). Mating Disruption of the Olive Moth *Prays oleae* (Bernard) in Olive Groves Using Aerosol Dispensers. *Insects*. 12(12):1113.
- Pajares, E. M., & Molina, J. R. L. (2009). La exportación de aceite de oliva virgen en Andalucía: Dinámica y factores determinantes. *Revista de estudios regionales*. 86: 45-70.
- Peñalver, R., García, A., Ferrer, A., & López, M. M. (1998). La tuberculosis del olivo: Diagnóstico, epidemiología y control. *Phytoma España*, 102: 177-179.
- Quesada, J. M., Peñalver, R., García, A., Bertolini, E., & López, M. M. (2006). Bases para el control preventivo de la tuberculosis del olivo. *Vida Rural*. 228, 50-54.
- Ramón i Muñoz, R. (2005). La producción y el comercio de aceite de oliva en los países del Mediterráneo (1850-1938): competencia y especialización. *Mediterráneo económico*. 7.
- Rejón García, J. D., Suárez, C., Alché Ramírez, J. D. D., Castro, A. J., & Rodríguez García, M. I. (2010). Evaluación de diferentes métodos para estimar la calidad del polen en distintos cultivares de olivo (*Olea europaea* L.). *Polen*. 20: 61-72.
- Resumen de los datos sobre producción integrada (2014). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- Ricardo, M., Susana, C., Paula, B. & José, A. P. (2015). A review of *Batrocera oleae* (Rossi) impact in olive products: From the tree to de table. Elsevier. 44: 226- 242.
- Rodríguez Navarro, E. (2006). Estudio epidemiológico de la Verticilosis del olivo (*Verticillium dahliae*, [Klebahn 1913]) en la provincia de Granada. Universidad de Granada.
- Rodríguez Jurado, D., Blanco López, M. Á., & Jiménez Díaz, R. M. (1994). La verticilosis del olivo.
- Rojas Ilaquita, S. M. (2022). Diversidad de especies de insectos controladores biológicos de insectos plagas en el cultivo de *Olea europaea* L., 1753 (olivo) en la Cooperativa 28 de agosto, del distrito La Yarada Los Palos, Tacna 2021. Tesis Doctoral defendida en Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Romero Azogil, A. (2017). Hongos y otros parásitos del olivo (*Olea europea* L.). (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Romero, J., Raya, M. C., Roca, L. E., Moral, J., & Trapero, A. (2015) La lepra del olivo. Especial olivar.
- Ruano Rosa, D., Valverde-Corredor, A., Gómez-Lama Cabanás, C., Sesmero, R., & Mercado-Blanco, J. (2015). Caracterización de nuevos agentes de control biológico bacterianos efectivos frente a *Verticillium dahliae* y otros patógenos de interés en el olivar. Fundación del olivar. Trabajo expuesto en el XVII Simposio científico-técnico EXPOLIVA.
- Schilirò, E., Ferrara, M., Nigro, F., & Mercado-Blanco, J. (2012). Genetic responses induced in olive roots upon colonization by the biocontrol endophytic bacterium *Pseudomonas fluorescens* PICF7. *PloS one*. 7(11): e48646.
- Sdiri, Y., Lopes, T., Rodrigues, N., Silva, K., Rodrigues, I., Pereira, J. A., & Baptista, P. (2022). Biocontrol Ability and Production of Volatile Organic

Compounds as a Potential Mechanism of Action of Olive Endophytes against *Colletotrichum acutatum*. *Microorganisms*. 10(3): 571.

Thomason, I. J., & Caswell, E. P. (1987). Principles of nematode control. Principles and practice of nematode control in crops. 87-130.

Tolocka, P. A., Giolitti, F., Guzmán, F. A., Mattio, M. F., Nome, C. F., Ortega, L. I., & Haelterman, R. M. (2021). Caracterización de *Xylella fastidiosa* a partir de materiales vegetales y cepas aisladas de olivo (*Olea europea* L.) e implementación de un sistema de diagnóstico serológico en Argentina. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*. 47: 380-389.

Torres, M. J. R. (2009). Comentarios a los métodos de control de la mosca del olivo. *Vida rural*. 291: 17-20.

Torres, M. J. R. (2010). Aumentan los ataques de polilla del olivo en Andalucía. *Vida rural*. 316: 46-51.

Torres-Vila, L. M., Rodriguez-Molina, M. C., & Martínez, J. A. (2003). Efectos del daño de la mosca del olivo y del atroje sobre la microflora en pasta y la acidez del aceite virgen de oliva. *Grasas y Aceites*. 3: 285-294.

Trapero Casas, A., & González, N. (2006). El Escudete de la aceituna II: caracterización morfológica, fisiológica y patogénica del agente causal. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*. 32: 723-737.

Varo, A., Raya-Ortega, M. C., & Trapero, A. (2016). Selection and evaluation of micro organisms for biocontrol of *Verticillium dahliae* in olive. *Journal of applied microbiology*. 121(3): 767–777.

Vega, J. G., Moraga, E. Q., & Aranda, M. C. (2016). Control biológico del barrenillo del olivo (*Phloeotribus scarabae oides*), mediante hongos entomopatógenos. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*. 281: 42-47.

Yolanda, F. L., Benjamín, R. O., Beatriz, A. T. E., & Patricia, D. Q. E. (2010). Nemátodos Asociados al Cultivo del Olivo (*Olea europaea* L.).