

## Memoria de prácticas

### Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

”Herramientas biológicas de utilidad en la producción  
de aceite de girasol en España”  
2019-2020

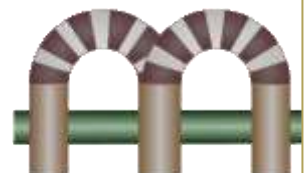
Alumno:

María de las Mercedes Romero Cuadrado

Del 9 de diciembre de 2019 al 9 de junio de 2020

Tutor Docente: Prof. Dr. D. Rafael Gómez Díaz

Tutor Laboral: Dra. Dña. Leire Molinero Ruiz





# MÁSTER EN AGROALIMENTACIÓN

Memoria de prácticas realizada por: María de las Mercedes Romero Cuadrado en la institución: Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) realizando la actividad "Herramientas biológicas de utilidad en la producción de aceite de girasol en España", en concreto cultivo en extensivo de girasol, en el Departamento de Protección de Cultivos, durante un periodo de 6 meses que culminó el 9 de junio de 2020.

Tutor Docente: Prof. Dr. D. Rafael Gómez Díaz

Tutor Laboral: Dra. Dña. Leire Molinero Ruiz, cuyo puesto en la institución corresponde a directora.

La presente memoria ha sido revisada por los tutores laboral y docente que dan su visto bueno.

Córdoba, 03 de julio de 2020

Fdo. el/a alumno/a:

VºBº Tutor Laboral

VºBº Tutor Docente

## Contenido

Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) / María de las Mercedes Romero Cuadrado .....	5
Antecedentes .....	5
<i>Sitio web</i> .....	5
<i>Ubicación</i> .....	5
<i>Instalaciones</i> .....	5
<i>Actividades y Servicios</i> .....	6
<i>Historia</i> .....	6
<i>Objetivos</i> .....	6
Objetivos generales .....	6
Descripción de la actividad realizada .....	7
1. Experimento in vitro .....	7
.....	8
2. Multiplicación de poblaciones de jopo .....	8
3. Apoyo a experimentos de la plataforma del boro .....	8
4. Experimento de control biológico jopo-girasol .....	8
Desarrollo de actividad científica .....	9
1. Resumen .....	9
Abstract .....	9
2. Introducción .....	10
.....	13
3. Materiales y Métodos .....	16
4. Resultados y Discusión .....	20
5. Conclusiones .....	23
Corolario .....	24
Valoración personal de la utilidad de la estancia .....	24
Agradecimientos .....	25
Bibliografía .....	26

Figura 1-. Cronograma del Experimento de Verticillium dahliae frente a bacterias .....	8
Figura 2-. Cronograma del Experimento de jopo (Orobanche cumana) en planta.....	9
Figura 3-. Calidad nutricional del aceite de girasol español. Fuente: Fundación Universitaria Iberoamericana, FUNIBERO .....	13
Figura 4-. Material de laboratorio empleado para la inoculación de agentes bio control .....	16
Figura 5-. Réplicas en fresco del patógeno Vd09-16.....	18
Figura 6-. Réplicas en fresco del patógeno Vd01-13.....	18
Figura 7-. Semillas secas del patógeno Oc01-15 .....	19
Figura 8-. Bandejas con macetas inoculadas, sembradas e identificadas.....	20
Figura 9-. Bandejas con macetas Control sembradas e identificadas.....	20
Tabla 1-. Plantilla de tabla de absorbancias (Experimento de jopo en planta) .....	17
Tabla 2. Plantilla para el cálculo de volumen de cada solución Madre .....	17
Tabla 3. Plantilla para el cálculo de la concentración real de cada solución Madre.....	17
Tabla 4-. Caracterización de cepas de Verticillium dahliae. García-Ruiz et al., 2014.....	18
Tabla 5-. Resultados del efecto de inhibición de los agentes bio control sobre los patógenos Vd01-13 y Vd09-16 y su error estándar (SE). Tratamiento de datos en Excel. ....	21
Gráfico 1-. Valores medios y errores estándar (SE) de altura de la parte aérea, peso de la raíz y peso de la parte aérea de girasoles sin jopo tras cinco semanas de crecimiento en invernadero, en condiciones óptimas y constantes de humedad, luz y temperatura. Tratamiento de datos en Excel. ....	23
Gráfico 2-. Valores medios y errores estándar (SE) de altura de la parte aérea, peso de la raíz con nódulos, peso de la parte aérea de girasoles con jopo y número de nódulos tras cinco semanas de crecimiento en invernadero, en condiciones óptimas y constantes de temperatura, luz y humedad. Tratamiento de datos en Excel. ....	23



## Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) / María de las Mercedes Romero Cuadrado

### Antecedentes

#### *Sitio web*

<https://www.ias.csic.es/>

#### *Ubicación*

Avenida Menéndez Pidal s/n, Campus Alameda del Obispo, 14004, Córdoba (España).

#### *Instalaciones*

Actualmente existen tres departamentos: Agronomía, Mejora Genética Vegetal, y Protección de Cultivos, sumando un total de 170 personas, incluyendo el personal de administración y servicios, técnicos e investigadores pre y post-doctorales.

- *Departamento de Agronomía:* se estudia la optimización del uso del agua de riego, la conservación del suelo y la necesidad de incrementar la calidad y cantidad de la producción ante el aumento de la población.
- *Departamento de Protección de Cultivos:* enfoque multidisciplinar que engloba morfología de cultivos frente a estreses, análisis de imágenes remotas, diagnóstico, biología y ecología, modelización, soporte a la decisión e impacto del cambio climático. Todo ello persigue minimizar los perjuicios al agro ambiente que un uso no racionalizado de agroquímicos puede ocasionar.
- *Departamento de Mejora Genética Vegetal:* conservación de los recursos genéticos, mejora del rendimiento y la calidad y el desarrollo de nuevos cultivos para energías renovables y mayor resistencia a enfermedades.

Cada departamento cuenta con instalaciones y equipo de laboratorio, invernaderos experimentales y parcelas de campo donde reproducir los experimentos a pequeña escala.

- **Invernaderos y finca experimental:** el IAS está ubicado en la finca Alameda del Obispo, propiedad de la Junta de Andalucía, de ellas tienen cedidas 12 Ha. destinadas a finca experimental. Actualmente el IAS tiene tres invernaderos, los dos primeros son uno de 580 m<sup>2</sup> y otro de 270 m<sup>2</sup>, destinados a experimentación. El tercero, es un invernadero multicapilla que cuenta con 5 módulos, entre ellos un módulo para experimentación con cultivos transgénicos. Su superficie total es de 240m<sup>2</sup>.
- **Umbráculos:** se dispone de 3 umbráculos de uso común, organizados interiormente en módulos para los diferentes experimentos. Todos disponen de malla antitrips y grifos para el riego. Los dos primeros, de 480 m<sup>2</sup> cada uno, son uno de techo plano y el otro en forma de capilla, están vallados perimetralmente con malla antiroedores y se dedican al cultivo en macetas sobre malla

antihierba; mientras que el tercero, de 340 m<sup>2</sup> y forma de túnel, se utiliza para cultivo directamente en suelo.

- Cámaras de cultivos: hay un total de 16 cámaras: 9 cámaras para crecimiento de plantas con un total de 133 m<sup>2</sup> y 7 cámaras frigoríficas para conservación y banco de germoplasma con un total de 117 m<sup>2</sup>.
- Salas de equipamiento científico: existen 240 m<sup>2</sup> de salas climatizadas para la instalación de equipamiento científico.
- Vehículos: la flota consta de 15 vehículos de uso general destinados a realizar los desplazamientos de prospecciones de campo y a las distintas fincas donde se llevan a cabo los experimentos.
- Salas de reuniones: hay disponibles 4 salas de reuniones, 2 en el edificio anexo y 2 en el principal:
  - Edificio Principal: sala para pequeñas reuniones 11 m<sup>2</sup>.
  - Sala de Juntas y conferencias 35.6 m<sup>2</sup>.
  - Edificio Anexo: dos salas de reuniones convertible en 1 con un total de 55.6 m<sup>2</sup>.

### *Actividades y Servicios*

Centro público de investigación en agricultura, perteneciente al CSIC.

### *Historia*

El IAS fue fundado en 1992 como un centro singular del CSIC en investigación agraria, con un enfoque específico hacia los sistemas agrícolas andaluces, como cultivos herbáceos de secano y regadío y olivar, con objeto de compatibilizar la producción de alimentos con la conservación de los recursos naturales y protección medioambiental.

### *Objetivos*

Casi 30 años más tarde, los objetivos del IAS se centran en el análisis estratégico de los recursos para mejorar la sostenibilidad de la agricultura, así como en investigar opciones existentes para explotar estos recursos de una forma sostenible y económicamente viable y con el fin de optimizar su uso y minimizar la degradación ambiental.

## Objetivos generales

Debido a la situación acontecida con el estado de alarma, consecuencia de la pandemia mundial de coronavirus (COVID19) que hemos vivido en los últimos meses, el desarrollo de varios objetivos se ha visto truncado, bien en sus fases finales, bien experimentos completos que no se han podido llevar a cabo.

El período de prácticas realizado se distribuyó en los siguientes objetivos:

1. **Experimento *in vitro***: enfrentamiento en placa entre el hongo patógeno de girasol *Verticillium dahliae* y *Pseudomonas* y otras bacterias inhibidoras del crecimiento de hongos patógenos de cultivos.
  - a. Hacer enfrentamiento en placa Petri
  - b. Medir crecimiento de las placas
  - c. Analizar los datos junto con los de experimentos previos



2. **Multiplicación de poblaciones de jopo (*Orobancha cumana*) en invernadero.**
  - a. Inocular girasol con poblaciones de jopo y mantenerlo en invernadero durante 4-5 meses.
  - b. Embolsado individual de jopos emergidos para evitar cruce de polen.
  - c. Recogida de jopos, secado y tamizado de semillas.
  
3. **Apoyo a experimentos de la plataforma del boro: preparación de material para la siembra de experimentos de campo.**
  
4. **Experimento de control biológico jopo-girasol: experimento en macetas de invernadero.**
  - a. Preparar material de invernadero (sustrato de crecimiento, macetas, etiquetas, bandejas).
  - b. Pesar las semillas de jopo y mezclarlas con el sustrato.
  - c. Germinar semillas de girasol y sembrarlas.
  - d. Cuidar el experimento durante las siguientes 5-6 semanas.
  - e. Tomar datos (peso y altura de las plantas, raíces, nódulos de jopo).
  - f. Analizar datos morfológicos.

Si bien la labor que he desempeñado a lo largo de todo mi período de prácticas ha atendido todos los objetivos propuestos, he dedicado mayor tiempo en aquellos objetivos que suponían un avance en la línea de investigación abierta en lo referente a cultivo extensivo de girasol. Estos objetivos son el 1 y 4. Paralelamente, he ido atendiendo los objetivos 2 y 3, siguiendo las pautas marcadas por mi tutora.

## Descripción de la actividad realizada

### 1. Experimento in vitro

Se evaluó la efectividad de diez agentes bio control en dos agentes patógenos de la especie *V. dahliae*. El experimento se realizó en una temperatura ambiente mantenida de  $18\pm 2$  °C, en laboratorio y en condiciones de esterilidad. De enero a febrero (*Figura 1*). La reproducción del ensayo se llevó a cabo preparando seis repeticiones de cada enfrentamiento.





which causes broomrape, with several bacterial strains in order to compare their effects in growth of *V. dahliae* and in *O. cumana*, as well as in sunflower growth.

## 2. Introducción

### *a. Evolución del sistema alimentario español desde el S. XX hasta nuestros días*

A principios de siglo XX, la economía española, y su sistema alimentario, se sustentaba en una base de perfil agrario y rural: en torno a dos terceras partes del total de sus activos. Casi las dos terceras partes del gasto medio familiar se destinaba a gasto alimentario (Maluquer de Motes, 2013).

Durante el primer tercio del siglo XX creció en España el consumo de kilocalorías per cápita. La dieta seguía basándose en productos agrícola frescos y productos de primera transformación. Hubo un incremento del consumo de productos cárnicos y lácteos (Cussó *et al.*, 2007), que ha perdurado hasta la actualidad, así como de productos de origen vegetal como el aceite, la patata o el azúcar.

Durante este periodo, la difusión de una nueva base energética inorgánica en España posibilitó las innovaciones del cambio técnico agrario (abonos químicos, aumento del riego mediante obras hidráulicas, maquinaria metálica, rotaciones más intensivas) que promovieron el crecimiento y diversificación de la producción agraria, así como de los rendimientos y de la productividad (Gallego, 1993). Este crecimiento intensivo trajo consigo cambios estructurales paulatinos en la distribución poblacional de medios rurales y grandes urbes, ya que al mismo tiempo que se industrializaba el medio rural ello propició un crecimiento en el resto de la economía en beneficio de los sectores industrial y de servicios. La consecuencia a medio plazo ha sido la continua despoblación de zonas rurales dedicadas a la agricultura hasta nuestros días.

El sector alimentario español constituyó durante la primera mitad del siglo XX la base exportadora de la economía española: cítricos levantinos, aceites y vinos (Pinilla *et al.*, 2009).

La guerra e inmediata posguerra civil española supusieron un claro retroceso, tanto en la producción como en los niveles de consumo, que solo recuperaron los índices de preguerra avanzada la década de los cincuenta (García, 1957).

A partir de los años cincuenta se inicia un nuevo ciclo en el sistema alimentario español, protagonizado por la fuerte industrialización del sector, lo que llevó al inicio de la crisis de segmentación del sector agrícola entre agricultura tradicional y la formación de modernos complejos agroindustriales (Juan i Fenollar, 1978; Sumpsi, 1997; Naredo, 2004). Las mejoras productivas de los modernos complejos agroindustriales introdujeron un cambio en el comportamiento del consumidor, que se vio inclinado a un creciente consumo de proteínas animales.

La agricultura tradicional se vio afectada por la introducción de nuevos cultivos de oleaginosas y cereales para abastecer la actividad ganadera intensiva. La producción total de granos entre 1940 y 1970 se duplicó, y se introdujo la soja y el girasol en las rotaciones de cultivos (Clar, 2005). Asimismo, se consolidó una corriente importadora de maíz y de soja que fue fundamental para la creciente producción de carne a un precio asequible (Viladomiú, 1985). También se vio favorecido el consumo de aceites de soja y de girasol debido a la estratégica prioridad de exportación sobre el consumo nacional de productos como el aceite de oliva (Tió, 1982).

En las últimas décadas del siglo XX el sistema alimentario español mantuvo una gran diversificación de alimentos procesados y atrajo la segmentación de consumo: consumidores de productos ecológicos,

vegetarianos en sus diversas acepciones, colectivos gourmet, etc. Comenzó una preocupación creciente por los efectos de la alimentación en la salud (Collantes, 2016).

El mayor cambio en el sistema alimentario español lo ha marcado la capacidad de distribución. En España el peso de los hipermercados hasta casi finales de los años ochenta siguió siendo pequeño, frente al protagonismo del formato supermercados. El mensaje básico del hipermercado era *compre una sola vez por semana y compre barato* y se adaptaba muy bien a los productos de larga duración, pero no a los productos frescos.

### *b. Regeneración del tejido agrícola rural*

“La Política Agraria Común (PAC) es una política común a todos los estados miembros de la Unión Europea y que representa una asociación entre la agricultura y la sociedad” (Junta de Castilla y León, 2012). Desde su puesta en acción, en 1962, pretende afrontar dos objetivos básicos comunes:

- Mejorar la productividad agrícola, para que los consumidores pudieran disfrutar de unos suministros estables, a un precio siempre asequible. Por ello, los agricultores europeos producen y distribuyen una gran variedad de alimentos y de una calidad controlada para que los consumidores gocen de una calidad alimentaria correcta.
- Garantizar a los agricultores una calidad de vida razonable, que supone el acceso de estos a subvenciones y ayudas que promuevan el desarrollo de la actividad agrícola y así no se pierda la economía rural.

El plan de la PAC en el período 2014-2020 conllevaba la total desvinculación del sector oleícola de la misma, quedando así anulada la posibilidad de recibir ayudas y subvenciones por parte de la Comunidad Europea. Este hecho ha favorecido la desmotivación en gran parte de las nuevas generaciones de agricultores con el consecuente abandono de zonas rurales. Teniendo en cuenta que, en lo que a cultivos de girasol se refiere, tan solo en España se han cultivado más de 700.000 ha en 2019, se trata de una cifra preocupante trasladada a la despoblación rural.

A pesar de ello, cultivos como el de girasol han permitido a agricultores cumplir los requisitos para poder recibir la ayuda económica “pago verde” de la PAC (Flores *et al.*, 2016).

En el plan estratégico de la PAC post-2020 se prevé una mayor ambición medioambiental y acción por el clima, y una apuesta decidida por el relevo generacional (MAPA, 2020).

### *c. El girasol*

#### **i. Descripción taxonómica y morfológica:**

*Helianthus annuus* L., del griego *Helios* (sol) y *Anthos* (flor). Planta herbácea de la familia *Asteraceae* (plantas compuestas).

Presenta un sistema radicular potente, con raíz principal profunda y abundantes raíces secundarias, sin embargo, tiene una baja capacidad de penetración. El tallo es grueso, pudiendo llegar a alcanzar una altura de 3 metros. Los girasoles de pipas alcanzan más altura que los de producción oleícola. Sin ramificaciones. Las hojas son grandes, alargadas,

ovaladas, con 3 nerviaciones principales, unidas al tallo por el peciolo. La distribución de las hojas es alterna en la parte superior del tallo y opuesta en la parte inferior. La inflorescencia o capítulo floral ronda el tamaño de 10-30 cm de radio y está formado por cientos de flores tubulares diminutas que al ser fecundadas originan el fruto y flores liguladas estériles, que parecen pétalos, de un color amarillo vistoso que atrae a los insectos polinizadores y se disponen en una o dos líneas en el perímetro del capítulo (Seiler, 1997). La relación de inflorescencias por planta es inversamente proporcional a la producción de semillas.

### **ii. Origen:**

Originario del continente americano, de exactitud incierta. Existen estudios antropológicos que sugieren que la domesticación de la especie *Helianthus annuus* L. se dio en el actual México, al mismo tiempo que en los actuales Estados Unidos. Se evidencia la obtención de aceites, tintes y su uso medicinal y ornamental (Lentz *et al.*, 2008; Putt, 1997).

Fue introducido en Europa por colonizadores españoles, difundiéndose inicialmente como planta ornamental. En el siglo XIX, en Rusia, comienza a emplearse el cultivo de girasol con fin alimenticio y se reproducen las primeras mejoras genéticas. A finales del siglo XIX, las semillas de girasol modificadas genéticamente llegan a Estados Unidos. Ya a comienzos del siglo XX, en Europa, comienza a emplearse el cultivo de girasol para producción oleaginosa, sustitutoria de la producción de aceites comestibles habituales que se vio dificultada por los continuados acontecimientos bélicos (Putt, 1997).

### **iii. Calidad nutricional:**

La planta de girasol tiene varias vías de aprovechamiento en la industria alimentaria: por consumo directo de semillas o pipas (girasoles de boca o de confitería), por consumo del aceite de las semillas (girasol oleaginoso), por utilización de despojos (capítulos florales secos o harinas obtenidas tras la extracción de aceite) destinados a alimentación animal.

Las semillas oleaginosas son en general de color negro, de pequeño tamaño, con un alto contenido en aceite aproximadamente un 50 % y bajo contenido en cáscara. El contenido de aceite depende del porcentaje de cáscara y de la concentración de aceite en la almendra (Fernández-Martínez *et al.*, 2009).

Aunque la pipa puede ser consumida directamente o usada en confitería, en la actualidad el principal aprovechamiento de la semilla de girasol es la extracción de aceite.

**ACEITE DE GIRASOL****España**

Por 100 gramos:

Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad
Energía (Kca)	899	Fibra (g)	0	Vitamina C (mg)	0
Proteína (g)	0	Calcio (mg)	0	Vitamina D ( $\mu$ )	0
Grasa Total (g)	99.90	Hierro (mg)	0	Vitamina E (mg)	48.70
Colesterol (mg)	Tr	Yodo ( $\mu$ g)	-	Vitam. B12 ( $\mu$ )	0
Glúcidos (g)	0	Vitamina A (mg)	Tr	Folato ( $\mu$ g)	0

Figura 3-. Calidad nutricional del aceite de girasol español. Fuente: Fundación Universitaria Iberoamericana, FUNIBERO

A nivel molecular, el aceite de girasol se compone mayoritariamente de triacilglicéridos. El resto son compuestos liposolubles, de los cuales el más evidente, e importante en términos nutricionales, es el tocoferol o vitamina E (Velasco *et al.*, 2015).

El aceite de girasol se puede clasificar comercialmente en función del perfil de ácidos graso que presente (ASAGIR, 2003):

- Aceite poliinsaturado: contenido de ácido linoleico entre el 45 % y 75 %, dependiendo del ambiente.
- Aceite monoinsaturado: contenido en ácido oleico medio (de 55 a 75 %) o alto (de 85 a 90 %). Este tipo de aceite presenta una mayor estabilidad termo oxidativa que el aceite de tipo poliinsaturado que lo hace más apropiado para procesos que requieren elevadas temperaturas (frituras, etc.).

La vitamina E o tocoferol es un potente antioxidante, que se encuentra en las semillas de girasol en mayor proporción que en el resto de la planta, para conservar las grasas insaturadas que ésta contiene (DellaPenna *et al.*, 2006; Grusak *et al.*, 1999).

En la dieta humana es esencial para mantener una buena salud. La deficiencia de vitamina E (en la forma  $\alpha$ -tocoferol) es poco común y está relacionada con casos de desnutrición severa o casos de individuos con defectos genéticos (Brigelius-Flohé, 2006; Traber, 2007; Muller, 2010; DellaPenna *et al.*, 2011). Sin embargo, una dieta poco variada puede dificultar la ingesta diaria recomendada.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han establecido unos niveles de ingesta diarias recomendadas (IDR) de vitamina E dependiendo de la edad del individuo que pueden ser aplicadas por todos los países.

*d. La importancia del cultivo de girasol*

**i. Económica:**

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es el cultivo oleaginoso más importante de Europa donde, incluyendo los países transcontinentales de Kazajistán, la Federación Rusa y Turquía, se localiza el 64 % de la superficie de cultivo y se produce el 73 % del aceite de girasol del mundo (FAOSTAT, 2020). La UE es el tercer productor mundial (20 %), por detrás de Ucrania y Rusia, que producen el 26 % y el 22 % respectivamente de los 48 millones de Tm de semilla de girasol en el mundo. Rumanía es el primer productor comunitario (30 %) seguido de Bulgaria (21 %), Hungría (20 %) y Francia (1 7%) (FAOSTAT, 2020).

España, a pesar de ser el tercer país en superficie de cultivo, ocupa el quinto puesto en el ranking comunitario (9 % de la producción), debido fundamentalmente a la alta dependencia del cultivo de la disponibilidad de agua en primavera y verano. Es el principal cultivo herbáceo oleaginoso en España, seguido muy de lejos por la colza. En 2019 se han cultivado más de 700.000 ha de girasol en España, de las que se ha obtenido una producción de casi 800.000 Tm (MAPA, 2020a). El cultivo de girasol en España se extendió rápidamente durante los años 70 y 80 del siglo XX porque, aunque no tenía rendimientos muy altos, éstos compensaban un bajo coste de implantación y mantenimiento y permitían ocupar terrenos, que quedarían solamente de barbecho, en alternancia con los cereales.

La principal productora de girasol en la campaña 2018/19 ha sido Castilla y León, seguida de Andalucía. En Castilla y León se han producido más de 320.000 de Tm de semilla y en Andalucía casi 300.000 Tm, lo que corresponde, respectivamente, al 40 y 38% de la producción española (MAPA, 2020a).

**ii. Agronómica:**

Contribuye a la exploración de perfiles profundos en el suelo. Además, y aunque actualmente no se aplican altas dosis de abonado a los cereales, aprovecha cualquier resto que pudiera quedar en profundidad después de estos cultivos, que son los introducidos en las rotaciones con girasol (Blamey *et al.*, 1997).

**iii. Industrial:**

Los beneficios económicos del girasol proceden principalmente de su explotación en la industria (alimentaria y otras), y en la producción de biodiesel. Además, la parte sólida de los capítulos de girasol una vez separadas las semillas, se utiliza en alimentación animal. Es lo que se llama torta de girasol (Dorrel *et al.*, 1997). Los capítulos de las plantas, que inicialmente portan las inflorescencias y más tarde las semillas, también se utilizan con fines ornamentales (Park *et al.*, 1997).

En España, la producción de girasol se destina fundamentalmente a la extracción de aceite para consumo humano. Es el **tercer aceite vegetal consumido a nivel nacional** (17,3 L *per cápita*), después del aceite de oliva (22,21 L *per cápita*) y mezcla de AOV y AOVE (18,84 L *per cápita*). **El consumo de AOVE está por debajo del de girasol** (12,71 L *per cápita*) (MAPA, 2020b). Arrojadados estos datos, la Asociación Española del Girasol (AEG) desea dar



visibilidad al cultivo del girasol y su industria extractora, cuya importancia contribuye a generar tejido productivo ligado al medio rural y a fijar población, en especial, en zonas con pocas alternativas agrícolas.

*e. Perspectiva futura en el marco alimentario*

La producción de aceite de girasol constituye casi el 10 % de la producción mundial de aceites y grasas y, aunque el consumo global de éstos crece a un ritmo de unos 9 millones de toneladas anuales, la legislación de la Unión Europea no permite que aumente el volumen destinado a biodiesel, por lo que en los próximos años cada vez tendrá mayor importancia la producción de aceite de girasol para uso en alimentación, cosmética y otros como la industria de fabricación de pinturas o tintes. Por otro lado, el uso del aceite de palma en Europa disminuirá gradualmente durante los 10 próximos años hasta prácticamente desaparecer en 2030, por lo que éste también será un factor que favorezca el empleo del aceite de girasol en la industria alimentaria (OIL WORLD, 2020).

*f. Protección del cultivo de girasol*

La importancia relativa que tienen las enfermedades del girasol en los países donde se cultiva depende principalmente de las características edáficas y agroclimáticas de cada lugar. En España, las enfermedades del girasol están causadas en su mayoría por patógenos de suelo, y suelen manifestarse por marchiteces y podredumbres (de tallo y/o de capítulo). El jopo, la podredumbre carbonosa y el mildiu son las enfermedades que tienen mayor impacto en la producción, si bien en los últimos años se viene observando focos de verticilosis.

A continuación, se expone una breve contextualización de cada una de las enfermedades citadas:

El **jopo** es la principal limitación de naturaleza biótica para la producción de aceite de girasol en principales países productores del Mediterráneo -entre los que se encuentra España-, Este de Europa y Asia (Molinero-Ruiz *et al.*, 2015). Esta enfermedad está causada por la planta parásita *Orobanche cumana* Wallr. La relación entre *O. cumana* y el girasol se denomina holoparasitismo. Hace referencia a que la planta de jopo, por carecer de sistema fotosintético propio, depende del girasol para completar todas las fases de su ciclo biológico. Crece por lo tanto a expensas del girasol, del que extrae agua, nutrientes minerales y compuestos orgánicos resultantes de su actividad de fotosíntesis. Esto explica la gran limitación que supone la presencia de jopo para el rendimiento del cultivo. Las infecciones de jopo en híbridos de girasol susceptibles suponen pérdidas de en torno al 50 % de la producción, pudiendo llegar al 100 % en zonas con elevada infestación.

Actualmente, el control del jopo se lleva a cabo mediante resistencia genética al patógeno o mediante resistencia genética a herbicidas utilizados en aplicaciones contra *O. cumana*, y más recientemente mediante combinación de ambas resistencias (Molinero-Ruiz *et al.*, 2015).

El patógeno causante de la **podredumbre carbonosa** es el hongo *Macrophomina phaseolina*. Este hongo se presenta en los cultivos en forma picnidial (*M. phaseolina*) o en forma esclerocial (*Sclerotium bataticola*) (Gulya *et al.*, 1997). Esta enfermedad está muy extendida en zonas de clima semiárido con tendencia a épocas de sequía y elevadas temperaturas durante el crecimiento de las plantas. Los síntomas característicos comienzan a verse durante la floración del girasol: marchitez de hojas y lesiones de color

grisáceo en la base del tallo, con esclerocios negros en tejidos internos. Al final de la maduración los síntomas se manifiestan como reducción del diámetro del capítulo del girasol, reducción del peso de las semillas, reducción del contenido en aceite, alteración de la composición de ácidos grasos del aceite, etc. El resultado se refleja en los casos más severos en una reducción del rendimiento de cultivo mayor al 50 % (Gulya *et al.*, 2017). La severidad con que el hongo ataque a la planta depende del estado en que ésta se halle: durante la formación de las semillas la planta se encuentra en un estado de mayor vulnerabilidad.

El control de *M. phaseolina* es posible mediante resistencia genética y técnicas como control de riego (en campos con riego), adelanto de siembra o control de abono y suelo entre otras (Gulya *et al.*, 2017).

La **verticilosis** es causada por el hongo ascomiceto *Verticillium dahliae* Kleb, que afecta a la planta sistémicamente provocando su marchitez. Los síntomas pueden verse al principio de la floración: tonos amarillos en los bordes de las hojas, evolucionando desde las hojas inferiores y hacia las superiores. En etapas más avanzadas del cultivo las lesiones de las hojas se agrandan hasta coalescer y finalmente las hojas se necrosan y se secan. En casos de ataques severos se han observado incidencias de hasta 90 % de plantas enfermas (García-Ruiz *et al.*, 2014). En cortes transversales del tallo se observan coloraciones marrones del sistema vascular. *Verticillium dahliae* tiene un amplio abanico de cultivos hospedantes, tanto herbáceos como leñosos, como alcachofa, algodónero, berenjena, lechuga, olivo y tomate (Martín-Sanz *et al.*, 2018). En España, las verticilosis de algodónero, alcachofa y olivo causan importantes mermas de producción y son por tanto objeto de importantes investigaciones. Aunque en España el cultivo de girasol no suele verse afectado, en países como Argentina, Francia, Hungría, Turquía o Rumanía sí. La limitación del rendimiento del girasol a causa de la verticilosis depende de la incidencia de la enfermedad y la severidad de los síntomas en las plantas enfermas.

El control de verticilosis se realiza mediante resistencia genética al patógeno y, en algunos casos, otras técnicas como rotación de cultivo o inundación prolongada del terreno (Gulya *et al.*, 1997).

### 3. Materiales y Métodos

#### a. Material genérico utilizado

Guantes de nitrilo; Desinfectantes en *spray* (alcohol 70 % y lejía 20 %); Agua destilada; Solución de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  10mM; Autoclave; Cámara de flujo de aire; Espectrofotómetro; Plantilla de “tabla de absorbancias” (*Tabla 1*); Plantilla de “cálculo del volumen necesario de cada solución Madre” (*Tabla 2*); Plantilla de “cálculo de concentración/titulación real de cada solución Madre” (*Tabla 3*); Balanza digital; Frascos; Moscas magnéticas; Agitador magnético; Vórtex; Cinta con indicador térmico; Puntas para micropipetas (con filtro y sin filtro); Micropipetas: de 0,5-10  $\mu$ l, de 10-100  $\mu$ l y de 100-1000  $\mu$ l.; Viales (Eppendorf); Tubos Falcon: de 15ml y de 40ml; Tiras de Parafilm; Utensilios de siembra; Utensilios de esterilización (mechero Bunsen, encendedor, bote con alcohol de 96°); Nevera; Incubadora; Estufa; Cajas de almacenamiento.



Figura 4-. Material de laboratorio empleado para la inoculación de agentes bio control

Tabla 1-. Plantilla de tabla de absorbancias (Experimento de jopo en planta)

TABLA DE ABSORBANCIAS		
AGENTE BIOCONTROL	Abs DILUCIÓN 10 <sup>-2</sup>	Abs DILUCIÓN 10 <sup>-1</sup>
PIC 25		
PIC 105		
PIC 28		
PIC F4		
PIC F6		
PIC F7		
PIC 141		
PIC167		
B-944		
B-1054		

Tabla 2. Plantilla para el cálculo de volumen de cada solución Madre

CÁLCULO DE VOLÚMENES DE LAS SOLUCIONES MADRE A PARTIR DE LAS ABSORBANCIAS

<b>AGENTE BIOCONTROL</b>	Los pasos se repiten para cada agente bio control, previa medición de absorbancias en espectrofotómetro (Tabla 1)	
<b>1er PASO</b>	Hallar la concentración teórica de la solución Madre, calculando la media de $X_1 + X_2$	
	Abs 10 <sup>-1</sup> del ensayo anterior	Concentración real de la solución Madre del ensayo anterior
	Abs 10 <sup>-1</sup> del ensayo actual	$X_1$
	Abs 10 <sup>-2</sup> del ensayo anterior	Concentración real de la solución Madre del ensayo anterior
	Abs 10 <sup>-2</sup> del ensayo actual	$X_2$
<b>2º PASO</b>	Hallar volumen de solución Madre que hay que tomar para un volumen final conocido y a una concentración final conocida, usando la fórmula $V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$	
	V1	Volumen final conocido que quiero tener
	C1	Concentración final conocida que quiero tener
	V2	INCÓGNITA
	C2	Concentración teórica de la solución Madre actual (calculada en el 1er paso)

Tabla 3. Plantilla para el cálculo de la concentración real de cada solución Madre

CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN REAL DE LAS SOLUCIONES MADRE

<b>AGENTE BIOCONTROL</b>	Los pasos se repiten para cada agente bio control		
<b>1er PASO</b>	Recuento de ufc (unidades formadoras de colonias) en la lupa electrónica		
	Se toma por válido el recuento de aquellas 2 diluciones que presentan un total de 100-200 unidades y se calcula la media		
<b>2º PASO</b>	Hallar la concentración real ufc/ml de cada solución Madre		
	Dividir el recuento total de ufc de cada dilución en 6	Porque se inocularon 6 microgotas de cada dilución	ufc/ $\mu$ l
	Luego multiplicar por 100	Para cambiar de unidades (pasar de $\mu$ l a ml)	
	Y multiplicar por el factor de dilución	Para extrapolar la concentración de esa dilución a la solución Madre	ufc/ml

*b. Experimento in vitro*

**i. Patógenos:**

*Verticillium dahliae*, aislados Vd01-13 y Vd09-16.

Tabla 4-. Caracterización de cepas de *Verticillium dahliae*. García-Ruiz et al., 2014

Aislado	Año de recolección	Localización geográfica	Huésped
VdS01-13	2013	Cádiz, Andalucía (España)	Girasol
VdS09-16	2016	Kastamonu, Ahmetbey (Turquía)	Girasol

Los aislados se crecieron en placas con medio de agar de patata y dextrosa (PDA). Se crecieron por duplicado, y se preparó soluciones Madre, con cada uno de ellos, y varias diluciones para ajustar la concentración de conidias. Tras obtener la concentración deseada, se inocularon en placas para ser enfrentados con los agentes bio control.



Figura 6-. Réplicas en fresco del patógeno Vd01-13



Figura 5-. Réplicas en fresco del patógeno Vd09-16

**ii. Agentes Biocontrol:**

PICF6 y PICF7 (*Pseudomonas fluorescens*), 25 (*Pseudomonas sp.*), 28 (*Bacillus sp.*), 105 (*Pseudomonas indicas*), B-364, B-931, B-944, B-1013, B-1054.

Las cepas de bacterias se crecieron en placas con medio LB. Cada cepa se creció por duplicado. Se preparó soluciones Madre con cada cepa y varias diluciones (de -1 a -8) y se calculó el volumen de inoculación necesario de cada una mediante la medición de absorbancias en espectrofotómetro y una serie de cálculos (Tabla 1 y Tabla 2). Con la inoculación de las diluciones -4 a -8 se obtuvo la concentración real de cada solución Madre preparada (Tabla 3).

**iii. Medios de cultivo:**

Para este experimento se han utilizado los medios

- Agar de patata y dextrosa (PDA), óptimo para crecimiento de levaduras y hongos.
- Medio Luria Bertani (LB), óptimo para el crecimiento de la mayoría de los microorganismos.
- Agar nutritivo (NA), óptimo para el crecimiento de microorganismos y de bacterias en particular.

**iv. Cámara Neubauer (o hemocitómetro):**

Se utiliza para el conteo de conidias, en la preparación de la solución Madre de los agentes patógenos.

*c. Experimento de control biológico jopo-girasol*

**i. Patógeno:**

*Orobanche cumana* (jopo) 01-15 (Figura 7).

Se prepararon 96 pequeños sobres de papel albal con 0,007g de semillas.

**ii. Agente hospedador:**

Semillas sanas de girasol B117, se desinfectaron superficialmente, sumergiéndolas en una disolución de hipoclorito sódico (NaClO) al 10 % durante 5 minutos para esterilizar su cubierta.

Se utilizaron en total 192, una por cada maceta.

Dos días antes del día de la siembra, se germinaron las semillas de girasol en placas de Petri, a 28 °C, recubiertas éstas en su interior por círculos de papel de filtro estériles humedecidos con agua por ambas caras y la cara inferior recubierta con un poco de perlita estéril.

**iii. Agentes Biocontrol:**

PIC 25; PIC 28; PIC 105; PIC 141; PIC 167; PIC F4; PIC F6; PIC F7; B-944; B-1054.

Las bacterias agentes bio control empleadas en este experimento fueron seleccionadas en base a los mejores resultados obtenidos del tratamiento estadístico de datos recogidos del experimento de Vd01-13 y Vd09-16 (7 bacterias) y del experimento anterior de jopo en planta (3 bacterias). Para su uso, con anterioridad al día del experimento, se comprobó la viabilidad de aquéllas que aún se conservaban en nevera. Para ello se crecieron en LB con siembra en estría. El siguiente paso fue crecer todas las cepas en césped y conservarlas en nevera. 48 horas antes se crecieron de nuevo y por duplicado todos los agentes bio control en placas LB.

Se prepararon soluciones madre con cada cepa y varias diluciones (de -1 a -8) y se calculó el volumen de inoculación necesario de cada una mediante la medición de absorbancias en espectrofotómetro y una serie de cálculos (*Tabla 1* y *Tabla 2*). Con la inoculación de las diluciones -4 a -8 se obtuvo la concentración real de cada solución madre preparada (*Tabla 3*).

**iv. Material de invernadero:**

Durante las semanas previas a la inoculación de las semillas y su siembra, se preparó todo el material necesario de invernadero: sustrato, bandejas (una para cada tratamiento, en total 24) diferenciadas por colores según hubiese presencia o ausencia de jopo o fuesen tratamientos



Figura 7-. Semillas secas del patógeno Oc01-15

control, macetas (en total 192) con la dosis de semillas de jopo mezclada en el sustrato según el tratamiento y etiquetas identificadoras para cada tratamiento.



Figura 8-. Bandejas con macetas inoculadas, sembradas e identificadas



Figura 9-. Bandejas con macetas Control sembradas e identificadas

A partir de la siembra de las semillas de girasol inoculadas y durante las siguientes 5 semanas se mantuvo la constante supervisión del crecimiento de las plántulas. Durante los últimos dos días se procedió a la extracción de cada planta para medir los parámetros de altura de parte aérea, peso de raíz/peso de raíz con nódulos, peso de parte aérea, nº de nódulos y anotar los resultados para el posterior tratamiento de datos.

#### v. Material de laboratorio:

El día previo al experimento, se dejó preparado, identificado y esterilizado todo el material necesario para la inoculación de las semillas de girasol en la cámara de flujo (viales, tubos Falcon, solución de magnesio, agua destilada...). Anterior a ello, se necesitó medio de cultivo LB, discos de papel de filtro y perlita, todo esterilizado en autoclave. Para hacer el recuento de ufc se empleó la lupa electrónica y se extrapolaron los datos numéricos recogidos a la *Tabla 3*.

## 4. Resultados y Discusión

### a. Experimento *in vitro*

En este ensayo se quiso evaluar el efecto inhibitor que tiene cada agente bio control frente a los patógenos Vd01-13 y Vd09-16. Se usaron diez agentes bio control, de los cuales la mitad eran nuevos (B), es decir, se estaba estudiando por primera vez su efecto. Mientras que de la otra mitad (PIC) se comparó su poder inhibitor con respecto a ensayos de años anteriores.

Para llevar a cabo dicha evaluación se midió, al cabo de tres semanas, el radio del hongo inoculado en el centro de cada placa con respecto a cuatro puntos cardinales, dibujados simétricamente, donde se encontraban los inóculos de agente bio control. Las mediciones fueron recogidas en la *Tabla 5*.

Tabla 5-. Resultados del efecto de inhibición de los agentes bio control sobre los patógenos Vd01-13 y Vd09-16 y su error estándar (SE). Tratamiento de datos en Excel.

Tratamiento	Valores promedio de % inhibición	
	Vd01-13	Vd09-16
<b>PDA Control</b>	-	-
<b>PDA PIC 28</b>	53,80 ± 3,53	22,46 ± 6,92
<b>PDA PIC F6</b>	33,15 ± 3,50	20,82 ± 8,50
<b>PDA PIC F7</b>	56,01 ± 6,08	42,44 ± 6,36
<b>PDA B-364</b>	40,33 ± 3,89	17,07 ± 2,08
<b>PDA B-931</b>	88,67 ± 0,50	23,83 ± 4,48
<b>PDA B-944</b>	88,12 ± 0,34	65,78 ± 9,42
<b>PDA B-1013</b>	35,50 ± 1,83	12,53 ± 8,41
<b>PDA B-1054</b>	88,05 ± 0,41	27,14 ± 4,11
<b>LB Control</b>	-	-
<b>LB PIC 25</b>	50,67 ± 6,73	45,35 ± 5,78
<b>LB PIC 105</b>	55,87 ± 7,65	48,28 ± 1,85
<b>AN Control</b>	-	-
<b>AN PIC 25</b>	50,85 ± 9,45	53,93 ± 4,58
<b>AN PIC 28</b>	55,73 ± 4,28	63,11 ± 2,59
<b>AN PIC 105</b>	40,48 ± 6,87	58,96 ± 3,43
<b>AN PIC F6</b>	78,46 ± 3,91	33,27 ± 5,70
<b>AN PIC F7</b>	27,82 ± 13,96	41,04 ± 11,12
<b>AN B-364</b>	83,55 ± 0,82	87,82 ± 1,16
<b>AN B-931</b>	84,25 ± 0,49	79,96 ± 1,36
<b>AN B-944</b>	83,75 ± 1,33	78,91 ± 1,69
<b>AN B-1013</b>	83,15 ± 0,88	87,20 ± 1,51
<b>AN B-1054</b>	83,65 ± 1,84	87,91 ± 0,85

Tras la lectura de la Tabla 5, se observa:

- a simple vista, se pueden agrupar los efectos inhibitorios de los agentes bio control en:
  - alto (valores entre 90 y 70).
  - medio (valores entre 70 y 40).
  - bajo (valores >40).
- **en medio PDA**, óptimo para el desarrollo de hongos: los agentes bio control que mayor efecto de inhibición mostraron frente a Vd01-13 fueron B-931, B-944 y B-1054, siendo resultados muy similares entre sí. Y los agentes bio control que mayor efecto de inhibición mostraron frente a Vd09-16 fueron B-944 y PIC F7, respectivamente.
- **en medio NA**, óptimo para el desarrollo de bacterias: los agentes bio control que mayor efecto de inhibición mostraron frente a Vd01-13 fueron PIC F6, B-364, B-931, B-944, B-1013 y B-1054, con resultados muy similares entre sí. Y, a excepción de PIC F6, se repiten los agentes bio control que mayor efecto de inhibición mostraron frente a Vd09-16.
- los agentes bio control que más se repiten, considerando los enfrentamientos con ambas variedades de *V. dahliae*, dando buenos resultados de inhibición son B-944, B-1054 y B-931, respectivamente.

- considerando el grupo PIC de agentes bio control, aquéllos que mostraron mayor efecto inhibitorio fueron F6 (NA) F7 (PDA) para Vd01-13 y 28 (NA) F7 (PDA) para Vd09-16.

*b. Experimento de control biológico jopo-girasol*

En este ensayo se quiso estudiar el efecto de los agentes bio control sobre el patógeno y sobre el propio cultivo. Cabían varias posibilidades: encontrar un doble efecto positivo en el cultivo en presencia de los agentes bio control (perjudicar al patógeno y beneficiar sinérgicamente a la planta), encontrar el efecto de *vacuna* (perjudica al patógeno permitiendo un desarrollo normal sano de la planta) o encontrar el efecto negativo (no sólo no perjudica al patógeno, sino que perjudica a la planta dificultando su desarrollo normal).

Para estudiar dichos efectos se procedió a sembrar semillas de girasol, previamente inoculadas en agentes bio control, en dos poblaciones: una sin jopo (bandejas verdes, *Figura 8*) y la otra con jopo (bandejas azules, *Figura 8*). Además, ambas poblaciones contaban con repeticiones control sin agentes bio control (bandejas naranjas, *Figura 9*), la mitad de esas repeticiones tenían semillas inoculadas con agua y la otra mitad tenían semillas inoculadas con sulfato de magnesio.

Según los datos recogidos y tratados (*Gráfico 1* y *Gráfico 2*), se observa:

- inexistencia de relación lineal entre los parámetros medidos en ambas poblaciones (altura, peso de raíz o peso de raíz con nódulos, peso de parte aérea o número de nódulos).
- tendencia negativa del parámetro altura de la parte aérea en población con jopo, respecto de la población sin jopo, debido a la convivencia de la planta con una planta parasitaria con la que compite por la absorción de nutrientes del suelo.
- tendencia positiva del parámetro peso de raíz en población con jopo, respecto de la población sin jopo, debido a la presencia de nódulos.
- tendencia positiva del parámetro peso de parte aérea en población con jopo, respecto de la población sin jopo, lo que indica que no existe relación lineal directa entre la altura de la parte aérea y su peso.
- en la población sin jopo, lo deseable es encontrar agentes bio control que tengan un **efecto positivo en el desarrollo de la planta**. En este sentido, los agentes bio control que mejores resultados arrojaron respecto del tratamiento control con agua fueron PIC 28, PIC 105, PIC 141, PIC F6 y PIC F7, sobresaliendo PIC F6 por encima de todos.
- en la población con jopo, lo deseable es encontrar agentes bio control que tengan un **efecto negativo en el desarrollo del patógeno (jopo)**. En este sentido, los agentes bio control que mejores resultados arrojaron respecto del tratamiento control con agua fueron PIC 25, PIC 105, PIC F4, PIC F7 y B-1054, sobresaliendo PIC 105 y PIC F4 por encima de todos, porque son aquellos tratamientos en donde el número de nódulos en raíces es menor.
- Poblaciones control:
  - efecto positivo en los parámetros altura y peso de raíz de ambas poblaciones en presencia de los agentes bio control, respecto de los tratamientos control.
  - efecto negativo en los parámetros altura y peso de raíz de ambas poblaciones en el tratamiento control con sulfato de magnesio, con respecto al de agua.



Gráfico 1-. Valores medios y errores estándar (SE) de altura de la parte aérea, peso de la raíz y peso de la parte aérea de girasoles sin jopo tras cinco semanas de crecimiento en invernadero, en condiciones óptimas y constantes de humedad, luz y temperatura. Tratamiento de datos en Excel.

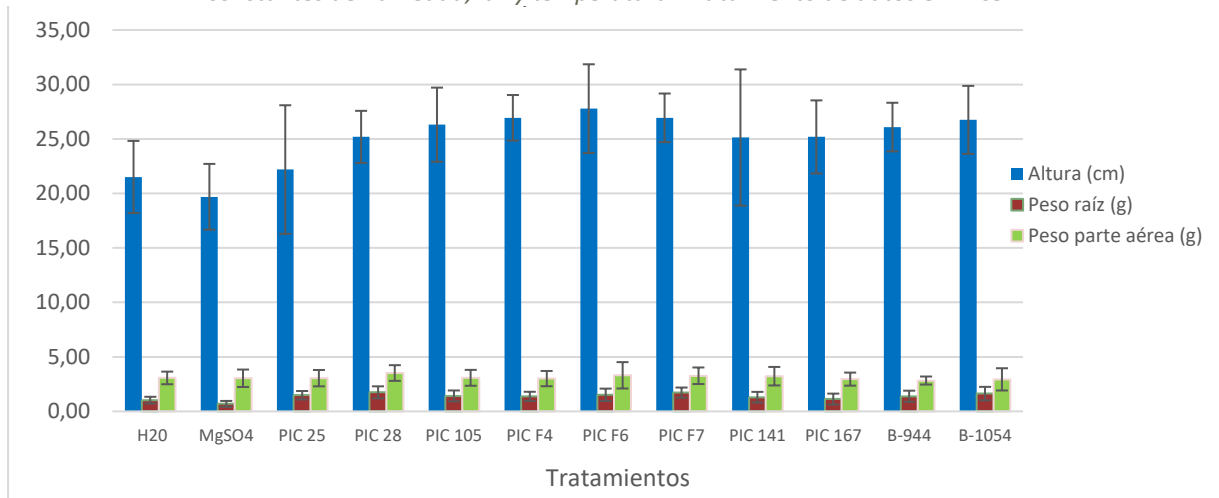
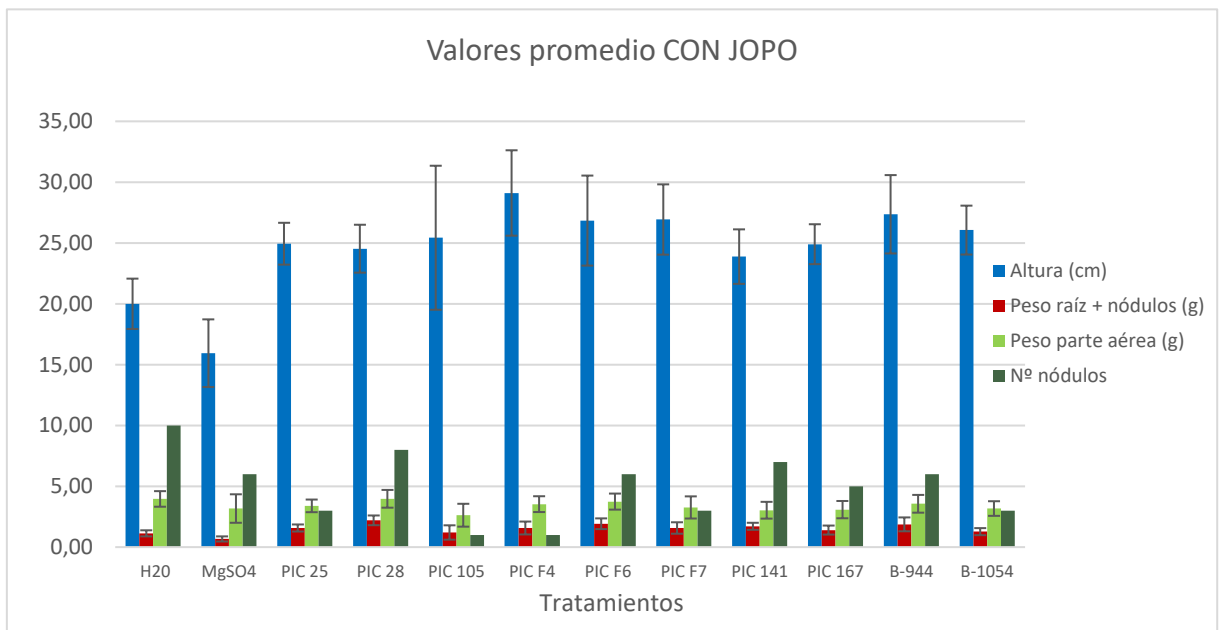


Gráfico 2-. Valores medios y errores estándar (SE) de altura de la parte aérea, peso de la raíz con nódulos, peso de la parte aérea de girasoles con jopo y número de nódulos tras cinco semanas de crecimiento en invernadero, en condiciones óptimas y constantes de temperatura, luz y humedad. Tratamiento de datos en Excel.



## 5. Conclusiones

### a. Experimento in vitro

Los resultados del tratamiento en PDA tienen menor margen de error por la exigencia a la que el medio somete a los agentes bio control, ya que favorece el crecimiento de hongos,

pero no de bacterias. Dicho de otro modo, parece que el efecto inhibitorio de los agentes bio control en medio PDA es determinante.

Según parece, de las cepas bacterianas empleadas en este ensayo, las cepas nuevas (B) tienen mayor impacto negativo frente al crecimiento de las dos especies de *V. dahliae*. Destacan las cepas B-944, B-931 y B-1054 como aquéllas con mayor efecto inhibitorio.

Entre las cepas veteranas (PIC), se percibe que la F7 es la que mejor trabaja, proporcionando efecto inhibitorio alto en ambas especies de *V. dahliae*.

#### *b. Experimento de control biológico jopo-girasol*

Se evidencia una mejoría en el desarrollo de la planta (girasol) en presencia de los agentes bio control empleados. Destacan: PIC 28, PIC 105, PIC 141, PIC F6 y PIC F7, sobresaliendo PIC F6 por encima de todos.

Así mismo, se evidencia el efecto combativo que presentan los agentes bio control frente a *O. cumana*. Destacan: PIC 25, PIC 105, PIC F4, PIC F7 y B-1054, sobresaliendo PIC 105 y PIC F4 por encima de todos.

Existen, por tanto, agentes bio control óptimos para el correcto desarrollo del cultivo de girasol y para potenciar su producción. Y la cepa que mejor cumple ambas cualidades parece ser PIC 105.

No hubo evidencias de cepas empleadas que causaran un efecto negativo en el desarrollo de la planta.

## Corolario

En mi caso particular con la institución de IAS – CSIC, la atención y comunicación han sido siempre satisfactorias. He recibido una atención y formación profesional por encima de mis expectativas en un periodo de prácticas. También he podido disfrutar de cursos de formación en Prevención de Riesgos Laborales en laboratorio. La atención y confianza que han depositado en mí, sin duda han contribuido a reforzar mi madurez profesional. Sin duda, recomiendo la realización de prácticas con Leire y sus compañeros, porque van a exigirte el potencial que vean en ti.

## Valoración personal de la utilidad de la estancia

A mi modo de entender, y a falta de contratos laborales, se hace especialmente necesaria la realización de prácticas en empresa o institución para adquirir competencias profesionales como la disciplina en el horario, la formalidad en la comunicación, la autogestión del estrés, el desarrollo de los conocimientos teóricos y la autoconfianza y actitud determinante. Y, además, se presenta la gran ventaja de darse uno mismo a conocer y crear o ampliar redes de contactos. En definitiva, esta experiencia permite desarrollar

la madurez profesional y construir una reputación laboral que puede respaldar nuestro posicionamiento futuro.

El tiempo que pude desarrollar mis prácticas físicamente (los tres primeros meses de un total de seis), adquirí destreza y confianza en el trabajo de laboratorio y pude cumplir con más de la mitad de mis objetivos. Gracias a ello he podido concluir mis prácticas de forma más o menos satisfactoria. Desafortunadamente, debido al estado de alarma en el que hemos vivido en el último trimestre (marzo-junio), que ha impedido la presencialidad en actividades no esenciales para el aprovisionamiento de la población, hay objetivos planteados que no se han podido realizar y aspectos esenciales -como el manejo de programas más elaborados para el tratamiento de datos- de los que ha habido que prescindir.

## Agradecimientos

A Leire, mi tutora de prácticas y directora de la Institución, Ana Belén, mi segunda tutora de prácticas durante mi estancia en laboratorio, Pedro, Carmen, Antonio y Antonio M.B., por su paciencia, su ayuda, su apoyo y, sobre todo, por los conocimientos prácticos que me han transmitido. La organización es clave y la paciencia es la madre de la Ciencia.

A mis padres, porque sin muchos de los recursos que ellos me regalan, yo no podría avanzar al ritmo en que lo hago. Gracias a su apoyo, su cariño, su confianza y su infinita generosidad hoy he llegado hasta aquí.

Al Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM), por apoyar la dedicación a la investigación de jóvenes universitarios, y por confiar en este proyecto en particular, en su edición de becas 2019. Ojalá cada vez seamos más.

A la Fundación universitaria para el desarrollo de la provincia de Córdoba (FUNDECOR), eficaz y eficiente en la atención a los estudiantes. Siempre amables y facilitando la información actualizada por diferentes vías digitales. Especial mención a Lucía, Virginia, Tania y alguna compañera más de la que no recuerdo su nombre, pero seguro que ella sí recuerda el mío.

Finalmente, y no menos importante:

- a mi tutor académico, Prof. Dr. Rafael Gómez, por aceptar el reto de tutorizar mi TFM a pesar de la dificultad añadida que ha supuesto estar confinados y valernos completamente de las tutorías online, y por confiar en mi capacidad para abordar esta tarea.
- al coordinador del Máster, Prof. Dr. Manuel A. Amaro, por su paciencia ante los innumerables cambios que se han acontecido forzosamente en este último trimestre. Siempre la calidad antes que la cantidad.

## Bibliografía

ASAGIR (2003) Asociación Argentina de Girasol. <http://www.asagir.org.ar>

Blamey, F.P.C., Zollinger, R.K., Scheniter, A. (1997). Sunflower Production and Culture. Pp. 595-670 en: "Sunflower Technology a Production". Ed. A.A. Scheniter. ASA, CSSA, SSSA. Madison WI, USA.

Brigelius-Flohé R (2006). Bioactivity of vitamin E. *Nutr. Res. Rev.*, **19**, 174-186.

Clar, E. (2005). Del cereal alimento al cereal pienso: Historia y balance de un intento de autosuficiencia ganadera: 1967-1972. *Historia Agraria*, **37**, 513-544.

Collantes, F. (2016). A la mesa con Malassis: Modelos de consumo alimentario en la España contemporánea. En D. Gallego, V. Pinilla & L. G. Germán (Eds.), *Estudios sobre el desarrollo económico español* (pp. 281-300). Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Cussó, X. & Garrabou, R. (2007). La transición nutricional en la España contemporánea: Las variaciones en el consumo de pan, patatas y legumbres (1850-2000). *Investigaciones de Historia Económica*, **7**, 69-100.

DellaPenna D y Mène-Saffrané L. (2011). Vitamin E. En: Kader JC y Delseny M (Eds.), *Advances in botanical research*, **59**, 180-216.

DellaPenna, D y Pogson, B.J. (2006). Vitamin synthesis in plants: tocopherols and carotenoids. *Ann. Rev. Plant Biol.*, **57**, 711-738.

Dorrel, D.G., Vick, B.A. (1997). Properties and Processing of Oilseed Sunflower. Pp. 709-746 In: "Sunflower Technology a Production". Ed. A.A. Scheniter. ASA, CSSA, SSSA. Madison WI, USA.

FAOSTAT, 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>

Fernández-Martínez J.M., Pérez-Vich B., Velasco, L. (2009) Sunflower. En: Vollmann J y Rajcan I (Eds.), *Oil Crops*. Springer, pp. 155-232.

Flores-Calvete, G., Botana-Fernández, A., Pereira-Crespo, S., Valladares-Alonso, J., Pacio-Rivas, B., Aguión-Sandá A. & Resch-Zafra, C. (2016). AFRIGA, Nº 121: 184-200. Gallego, D. (1993). Pautas regionales de cambio técnico en el sector agrario español (1900-1930). *Cuadernos Aragoneses de Economía*, **3**, 241-276.

García, T. (J. Gómez) (1957). La evolución de la cuestión agraria bajo el franquismo. Paris: Parti communiste français.

García-Ruiz, R., García-Carneros, A. B., Molinero-Ruiz, L. (2014). A new race of *Verticillium dahliae* causing Leaf Mottle of Sunflower in Europe. Vol. 98:10, pp. 1435- 1435 In: "The American Phytopathological Society". USA.

Grusak M.A., DellaPenna, D. (1999) Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, **50**, 133-161.

Gulya, T., Rashid, K.Y. and Masirevic, S.M. (1997). Sunflower Diseases. Cap. 6, pp. 263-380 en: "Sunflower Technology a Production". Ed. A.A. Scheneiter. ASA, CSSA, SSSA. Madison WI, USA.

Juan i Fenollar, R. (1978). La formación de la agroindustria en España (1960-1970): Una aproximación causal y regional. Madrid: Servicio de Publicaciones Agrarias.

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 2012. PAC Castilla y León. [En línea] Available at:  
[http://www.pac.jcyl.es/web/jcyl/PAC/es/Plantilla100/1284244311816/1284253013404/\\_/\\_](http://www.pac.jcyl.es/web/jcyl/PAC/es/Plantilla100/1284244311816/1284253013404/_/_)

Lentz D.L, Pohl, M.D., Alvarado, J.L., Tarighat, S., Bye, R. (2008) Sunflower (*Helianthus annuus* L.) as a pre-Columbian domesticate in Mexico. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, USA 105:6232-6237.

Maluquer de Motes, J. (2013). La inflación en España: Un índice de precios de consumo, 1830-2012. *Estudios de Historia Económica*, (64).

MAPA, 2020. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticasagrarias/agricultura/avances-superficies-producciones-agricolas/>

Martín-Sanz, S. Rueda, A. B. García-Carneros, S. González-Fernández, P. Miranda-Fuentes, S. Castuera-Santacruz, L. Molinero-Ruiz, (2018). Genetics, Host range, and Molecular and Pathogenic Characterization of *Verticillium dahliae* from Sunflower reveal two differentiated groups in Europe. Vol. 9:288 In: "Frontiers in Plant Science". Ed. T. Miedaner. University of Hohenheim, Germany.

Molinero-Ruiz, L., Delavault, P., Pérez-Vich, B., Pacureanu-Joita, M., Bulos, M., Altieri, E., Domínguez, J. (2015). History of the race structure of *Orobancha cumana* and the breeding of Sunflower for resistance to this parasitic weed. Vol 13:4 en "Spanish Journal of Agricultural Research".

Muller, D.P. (2010) Vitamin E and neurological function. *Mol. Nutr. Food Res.* **54**, 710-718.

Naredo, J. M. (2004). La evolución de la agricultura en España (1940-2000). Granada: Universidad de Granada.

OIL WORD, 2020. <https://www.oilword.biz/>

Park, C.S., Marx, G.D., Moon, Y.S., Wiesenborn, D., Chang, K.C., Hofman, V.L. (1997). Alternative uses of Sunflower. Pp. 765-808 en "Sunflower Technology and Production". Ed. A.A. Scheniter. ASA, CSSA, SSSA. Madison WI, USA.

Pinilla, V., Ayuda, M. I. (2009). Foreign Markets, Globalisation and Agricultural Change in Spain. En V. Pinilla (Ed.), *Markets and Agricultural Change in Europe from the 13th to the 20th Century* (pp. 173-208). Turnhout: Brepols.

Putt, E.D. (1997). Early history of sunflower. In: Schneiter AA (Eds.), *Sunflower Technology and Production*. Agronomy Monograph (American Society of Agronomy, Madison, WI), 35:1-19.

Seiler GJ (1997) Anatomy and morphology of sunflower. In: Schneiter AA (Eds.), *Sunflower Technology and Production*. Agronomy Monograph (American Society of Agronomy, Madison, WI), 35:67-111.

Sumpsi, J. M. (1997). La modernización de la agricultura y el desarrollo económico. *Papeles de Economía Española*, **73**, 149-159.

Tió, C. (1982). La política de aceites comestibles en la España del siglo XX. Madrid: Servicio de Publicaciones Agrarias.

Traber, M.G. (2007) Vitamin E regulatory mechanisms. *Ann. Rev. Nutr.*, **27**, 347-62.

Velasco, L., Ruiz-Méndez, M.V. (2015) Sunflower minor constituents. In: Martínez-Force E, Dunford NT y Salas JJ (Eds.), *Sunflower Oilseed. Chemistry, Production, Processing and Utilization*. AOCS Press, Champaign, IL, pp. 297-330.

Viladomiú, L. (1985). Análisis de la inserción de España en el complejo soja mundial. *Agricultura y Sociedad*, **34**, 151-178.