

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida



Foto 1. Agallas producidas por *Meloidogyne*
(M. López-Gómez)

1. Los nematodos fitoparásitos
2. Origen y causa de la enfermedad
3. Nematodos en horticultura protegida
4. Rotación de cultivos
5. Dinámica poblacional
6. Estimación de daño: Índice de agallas
7. Pérdidas de producción
8. Gestión integrada
9. Control de nematodos
10. Perspectivas de futuro
11. Referencias bibliográficas



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida / [Verdejo-Lucas, S.; Talavera, M;]. - Almería. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2015. 1-25 pp. Formato digital (e-book) - (Protección de Cultivos)

Producción Integrada - Hortícolas- Formación - Calidad



Este documento está bajo Licencia Creative Commons.
Reconocimiento-No comercial-Sin obra derivada.
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es>

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura protegida

© Edita JUNTA DE ANDALUCÍA. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
Almería, Julio de 2015.

Autoría:

Soledad Verdejo Lucas ¹

Miguel Talavera Rubia ²

¹ IFAPA Centro La Mojonera,

² IFAPA Centro Camino de Purchil

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

1.- Los nematodos fitoparásitos.

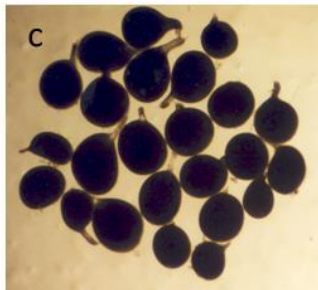
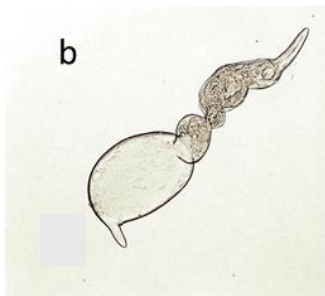


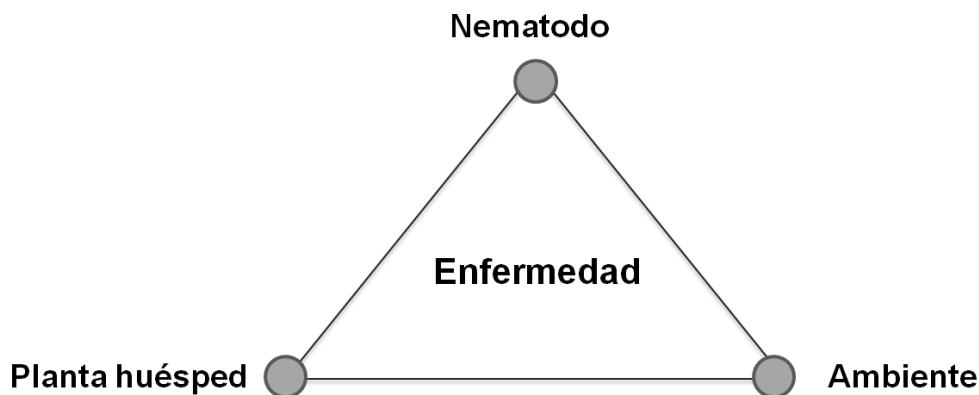
Foto 2. Estado juvenil vermiforme (a) y formas globosas de estados adultos (b y c).

- Grupo de organismos que viven en el suelo y se alimentan de las raíces, aunque algunos lo hacen de la parte aérea, de las plantas cultivadas ocasionando pérdidas de productividad al interferir con la absorción de agua y nutrientes.
- Son animales microscópicos, transparentes que suelen tener forma de hilo (vermiformes), con una longitud entre 0,1 y 3 mm, aunque algunos géneros presentan estados adultos con formas globosas.
- Se distinguen de otros nematodos por la presencia del estilete, una estructura en forma de lanza situada en la región anterior del cuerpo, con el cual perforan las células vegetales para alimentarse.
- Se distribuyen en el campo en agregados o focos y se dispersan mediante mecanismos pasivos.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

2.- Origen y causa de la enfermedad.

La enfermedad se produce cuando un agente nocivo (nematodo) interacciona con la planta huésped en un ambiente favorable para el desarrollo de la misma.

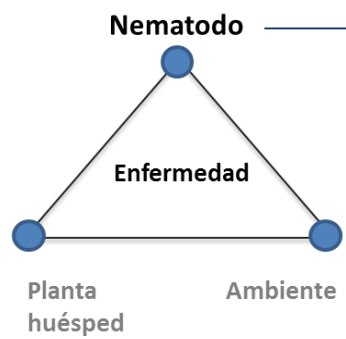


Los principales factores que favorecen el desarrollo de la enfermedad son:

- I. La población inicial del nematodo pre-plantación (P. inicial)
- II. La susceptibilidad del cultivo
- III. La temperatura del suelo

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

3.- Nematodos en horticultura protegida.



Meloidogyne es el principal nematodo en la horticultura protegida a nivel mundial por su frecuencia de aparición y abundancia.

Tabla 1
Nematodos fitoparásitos asociados a cultivos hortícolas protegidos en Almería y Cataluña

Invernaderos en Almería (54 parcelas)		Invernaderos en Cataluña (40 parcelas)	
Nematodo	Porcentaje	Nematodo	Porcentaje
<i>MELOIDOGYNE</i>	100	<i>MELOIDOGYNE</i>	100
<i>Pratylenchus</i>	17	<i>Pratylenchus</i>	15
<i>Tylenchorhynchus</i>	9	<i>Tylenchorhynchus</i>	50
<i>Helicotylenchus</i>	13	<i>Helicotylenchus</i>	5
<i>Paratylenchus</i>	13	<i>Paratylenchus</i>	5
<i>Pratylenchoides</i>	4	<i>Aphelenchus</i>	25
<i>Aphelenchidae</i>	30	<i>Telotylenchus</i>	20
<i>Criconematidae</i>	2	<i>Aphelenchoides</i>	18
<i>Tylenchidae</i>	26	<i>Dytilenchus</i>	8
		<i>Heterodera</i>	5

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

3.1.- Nematodos en horticultura protegida: Especies de *Meloidogyne*.

Las especies de *Meloidogyne* más frecuentes en los invernaderos de Almería son *M. javanica*, *M. incognita* y *M. arenaria*.

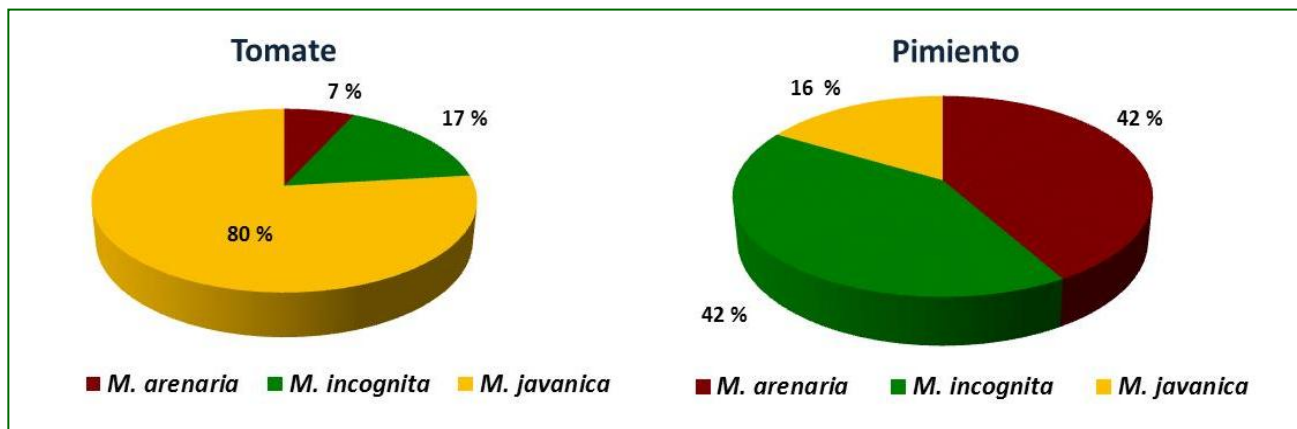


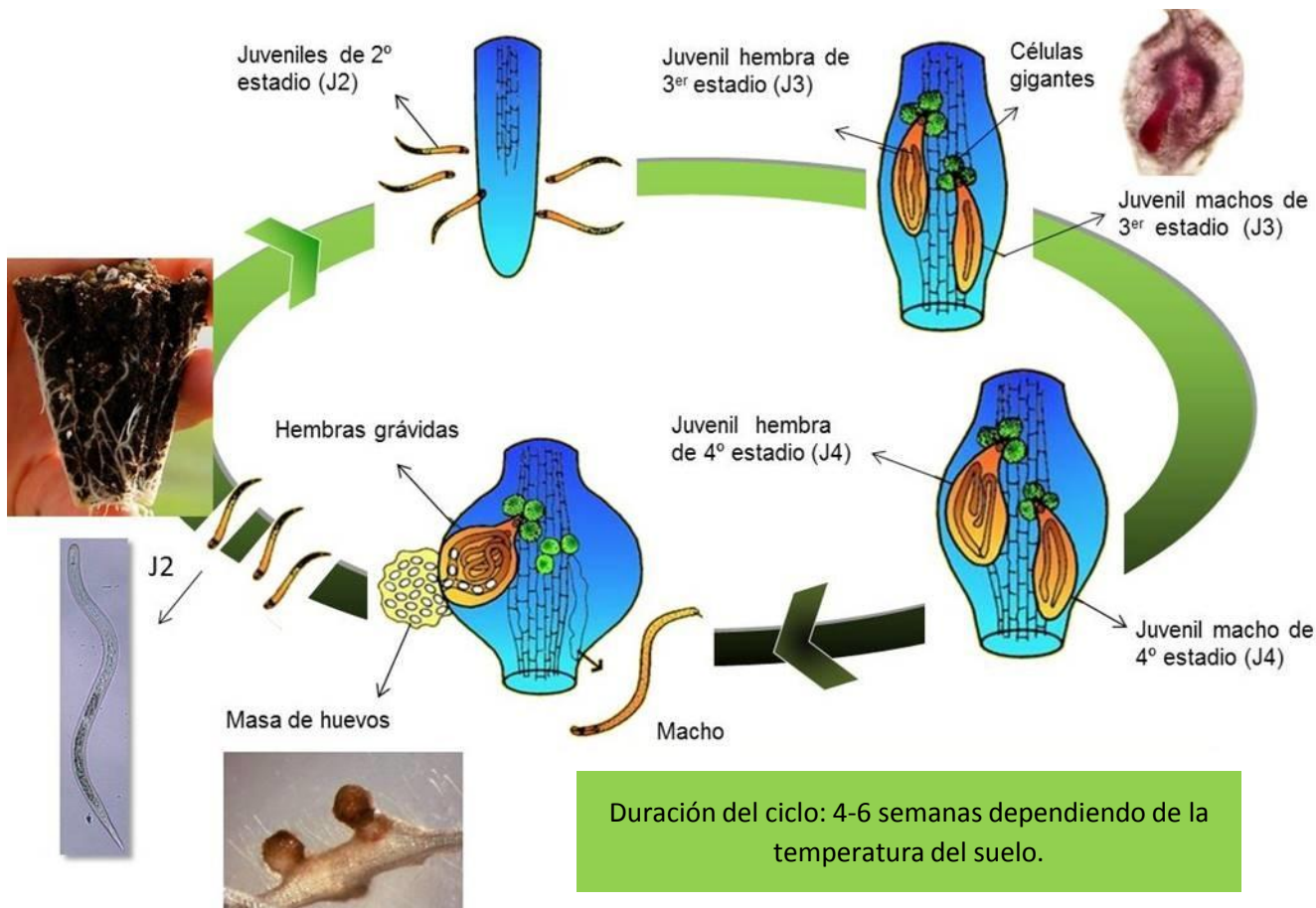
Fig. 1. Especies de *Meloidogyne* y frecuencia de aparición en tomate y pimiento en los invernaderos almerienses

La frecuencia de aparición de las especies del nematodo estaba asociada a la secuencia de rotación dominante en los invernaderos de la zona (Flor-Peregrín et al., 2012). Así:

- En la zona de Levante: Tomate en monocultivo (89% parcelas) predomina *M. javanica*
- En la zona de Poniente: Rotaciones con pimiento (50% parcelas), predominan *M. incognita* y *M. arenaria*.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

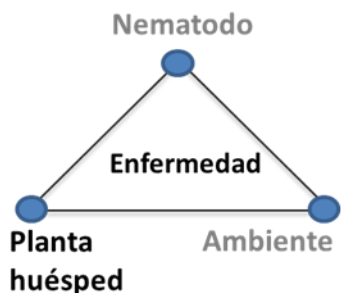
3.2.- Nematodos en horticultura protegida: Ciclo biológico de *Meloidogyne*.



Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

4.- Rotación de cultivos.

- El siguiente esquema muestra los cultivos más frecuentemente utilizados en secuencias rotacionales dentro de la horticultura protegida.



CULTIVOS HORTÍCOLAS PROTEGIDOS

Solanáceas y Cucurbitáceas

Monocultivo o en Rotación

SOLANÁCEAS

Tomate

Pimiento

Berenjena

CUCURBITÁCEAS

Pepino

Melón

Sandía

Calabacín

Otros cultivos : Judía verde

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

4.1.- Rotación de cultivos: Relación con el ciclo vital de *Meloidogyne*.

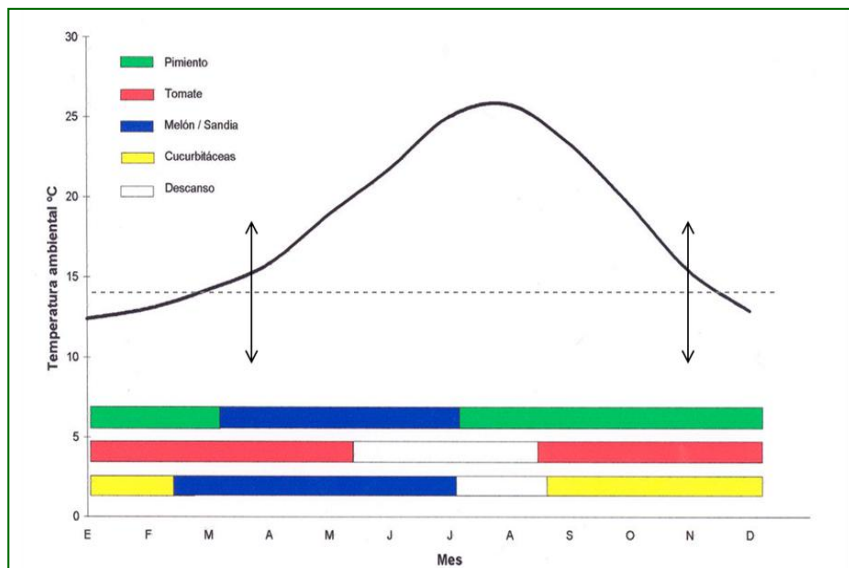


Fig. 2. Curva de temperatura ambiental y relación de las secuencias de rotación habituales en Almería con el ciclo vital de *Meloidogyne*. (Esquema Puigross 2005).

- La campaña agrícola principal en el noreste peninsular es la de primavera-verano, y en el sur, la de otoño-invierno.
- El nematodo completa dos o tres generaciones durante el ciclo de primavera-verano y una generación o ninguna en el ciclo de otoño-invierno.

La invasión de las raíces por parte de *Meloidogyne* se produce solamente a temperaturas del suelo superiores a los 15 °C. En los cultivos protegidos de Almería, se dan estas condiciones de temperatura durante ocho meses al año aproximadamente.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

5.- Dinámica poblacional.

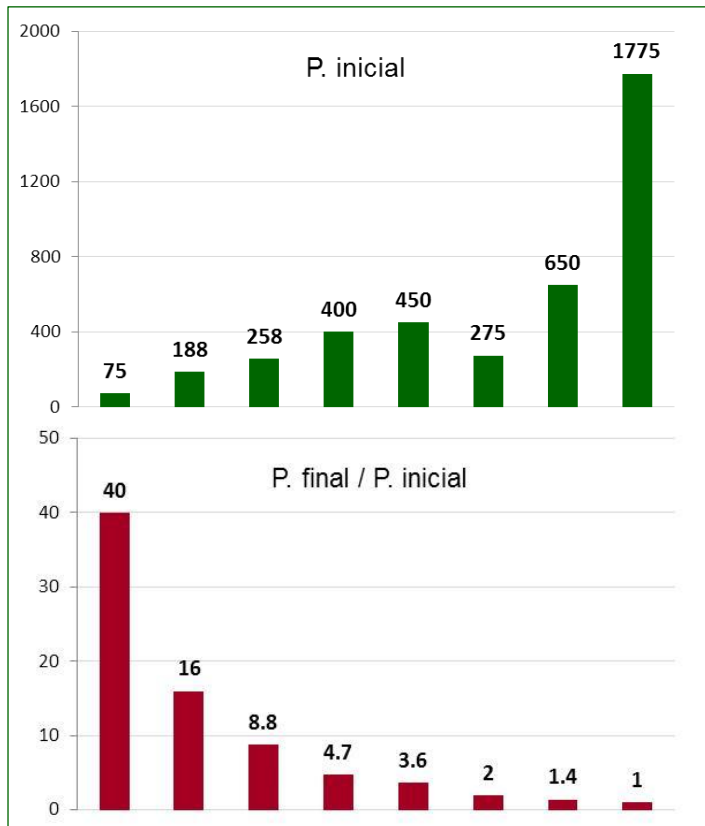


Fig. 3. Población inicial y tasa de reproducción de *Meloidogyne javanica* en tomate en un invernadero comercial.

- El daño que sufre el cultivo y las pérdidas de producción dependen de los niveles poblacionales de *Meloidogyne* al inicio del cultivo (P_i) y de su tasa de reproducción (P_f/P_i).
- La tasa de reproducción es inversamente proporcional a la P_i : A mayor población inicial menor P_f/P_i .
- La P_f/P_i está fuertemente influenciada por la temperatura del suelo que determina el número de generaciones que el nematodo completa durante un ciclo de cultivo.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

5.1.- Dinámica poblacional. Idoneidad de los cultivos para *Meloidogyne*.

La mayoría de los cultivos que se realizan en invernadero son susceptibles a *Meloidogyne*, el cual, se reproduce en ellos sin impedimento. No obstante, la cantidad de nematodos que los cultivos son capaces de soportar es diferente. Así, las solanáceas soportan niveles más altos que las cucurbitáceas y se consideran mejor huésped del nematodo que las cucurbitáceas.

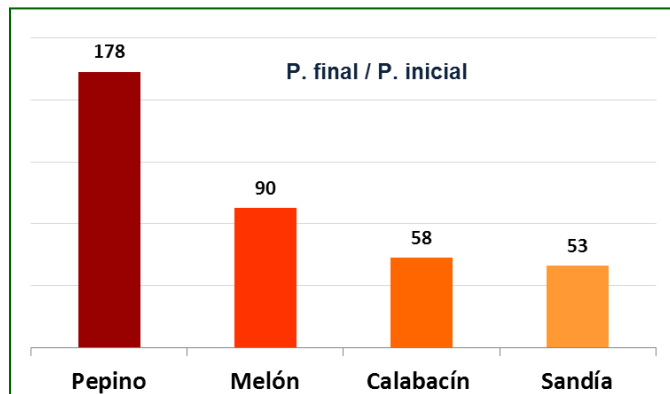


Fig. 5. Reproducción de *Meloidogyne* en diferentes cucurbitáceas.

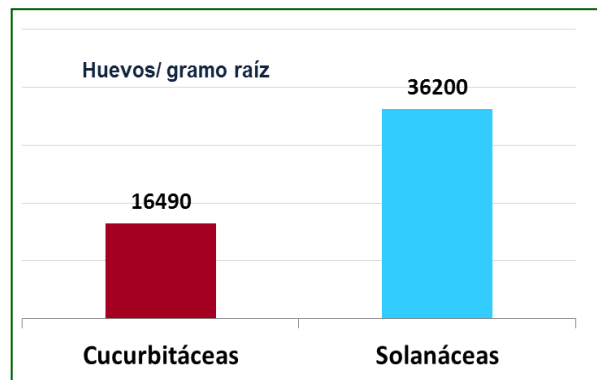


Fig. 4. Reproducción de *Meloidogyne* en Cucurbitáceas y Solanáceas.

Dentro de las cucurbitáceas, el pepino es el mejor huésped de *Meloidogyne* ya que soporta la mayor tasa de reproducción, seguido del melón, el calabacín, y en último lugar, la sandía que es un huésped pobre del nematodo.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

5.2.- Dinámica poblacional. Idoneidad de los cultivares para *Meloidogyne*.

Dentro de un mismo cultivo, se ha demostrado en experimentos repetidos (Exp. 1 y 2), que también existen diferencias entre los distintos cultivares en cuanto a los niveles que alcanza el nematodo como se aprecia en el ejemplo del calabacín.

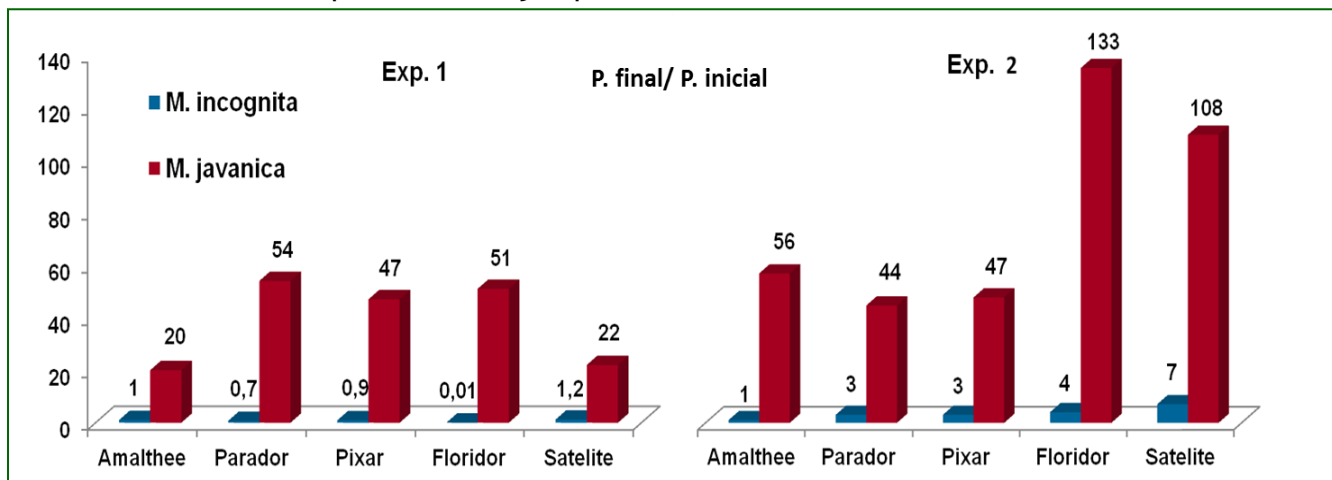


Fig. 6. Tasa de reproducción de *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica* en cinco cultivares comerciales de calabacín en dos experimentos independientes, Exp. 1 y Exp. 2

- Tanto en el Exp.1 como en el Exp. 2, se observan grandes diferencias entre los aislados del nematodo: La tasa de reproducción de *M. javanica* oscilaba entre 44 y 133 veces la población inicial, mientras que la de *M. incognita* oscilaba entre 1 y 7 veces.
- El calabacín es un buen huésped para *M. javanica* pero un huésped pobre para *M. incognita*.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

6.- Estimación de daño: Índice de agallas.

- El índice de agallas es una estimación cualitativa de la severidad de la enfermedad.
- Proporciona información sobre la distribución espacial del nematodo en la parcela y permite seguir su evolución en el tiempo mediante la confección de mapas de referencia.
- El índice de agallas se correlaciona directamente con las pérdidas de producción.



Foto 3. Agallas de *Meloidogyne* en un patrón híbrido de cucurbitácea

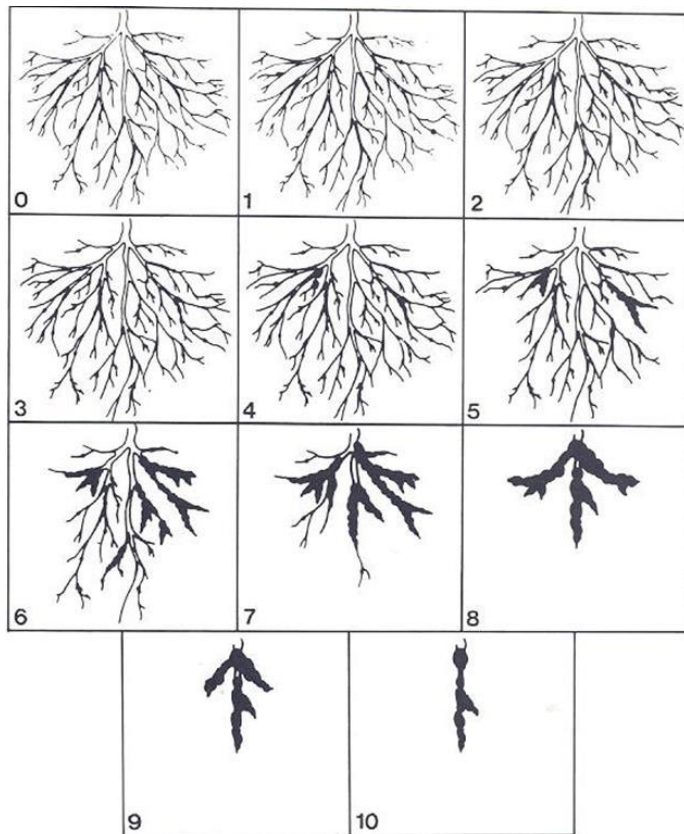
Tabla 2. Correspondencia entre el Índice de agallas y las pérdidas de producción en calabacín.

Índice agallas (escala 1-10)	Producción (Kg / Planta)	Pérdidas de producción (%)
0	3,8	0
1-2	3,6	7
3-4	3,1	20 %
5-6	1,9	49 %
7-8	1,2	68 %

Valores basados en experiencias de campo

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

6.1.- Estimación de daño: Índice de agallas (Escala 0-10).



0. Raíces completamente sanas. No hay infección.
1. Muy pocas agallas, muy pequeñas, se detectan si se examina la raíz en detalle.
2. Agallas muy pequeñas, como en "1" pero más numerosas y fáciles de detectar.
3. Muchas agallas pequeñas, algunas juntas. Raíz funcional no seriamente afectada.
4. Muchas agallas pequeñas, algunas grandes, la mayoría de las raíces todavía funcionales.
5. El 25% de las raíces severamente agalladas y no son funcionales.
6. El 50% de las raíces severamente agalladas y no son funcionales.
7. 75% de las raíces severamente agalladas y no son funcionales.
8. Planta sin raíces sanas aunque todavía verde. Nutrición de la planta interrumpida.
9. Raíces completamente agalladas y se están pudriendo. La planta se está muriendo.
10. La planta y las raíces están muertas.

Fig. 7. Esquema de Zeck (1971) para estimar el daño por *Meloidogyne*

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

7.- Pérdidas de producción.

- Las pérdidas de producción se correlacionan directamente con la población al inicio del cultivo (P_i), por lo que presentan oscilaciones dependiendo de la P_i , la susceptibilidad del cultivo y temperatura del suelo a lo largo del ciclo de cultivo.



30 - 36 % tomate



60 - 88 % pepino



30 - 52 % calabacín



5 - 30% lechuga



27 - 37% sandia

Foto 4. Pérdidas de producción producidas por *Meloidogyne* en diversos cultivos en invernadero. Datos basados en experiencia acumulada en ensayos de campo.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

8.- Gestión integrada.



Foto 5. Panorámica de la horticultura protegida en el sur de España.

- El factor clave en los invernaderos es el clima bajo la cubierta que favorece el desarrollo y precocidad del cultivo, pero también el desarrollo de plagas y enfermedades.
- La intensidad con que se realizan los cultivos y los cortos periodos de barbecho entre cultivos sucesivos, impiden, en gran medida, la mortalidad natural de los nematodos por ausencia de planta huésped.

La gestión integrada debe ir dirigida al **conjunto** de la **campaña agrícola**, en lugar de a uno de los cultivos que la componen, ya que la(s) táctica(s) que se apliquen en un cultivo probablemente afectarán al cultivo siguiente en la rotación.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

8.1.- Gestión integrada: Terminología.



Foto 6. Raíz de tomate con agallas y masas de huevos de *Meloidogyne*.

ESTRATEGIA

- Serie o conjunto de acciones planificadas encaminadas a conseguir un fin determinado.

TACTICA

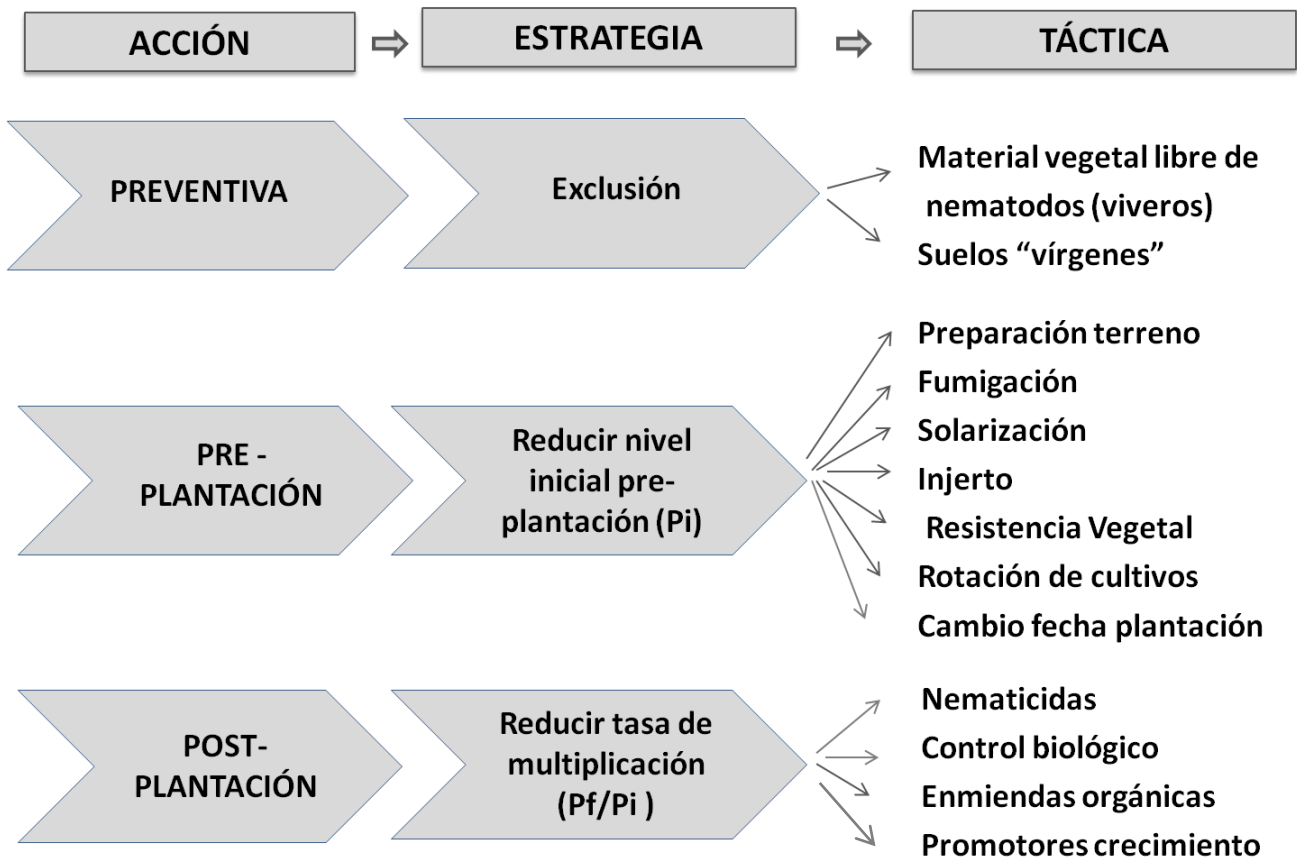
- Procedimiento o método (específico) que se sigue para conseguir un fin determinado.

GESTIÓN INTEGRADA

- Conjunto de medidas que pueden aplicarse simultánea o secuencialmente, en base al conocimiento de la biología y epidemiología del nematodo, en las condiciones ambientales del área de producción, para conseguir un control racional mediante la introducción de métodos químicos y biológicos y otras técnicas que compatibilicen las exigencias de la sociedad, la protección del medio ambiente y la productividad agrícola.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

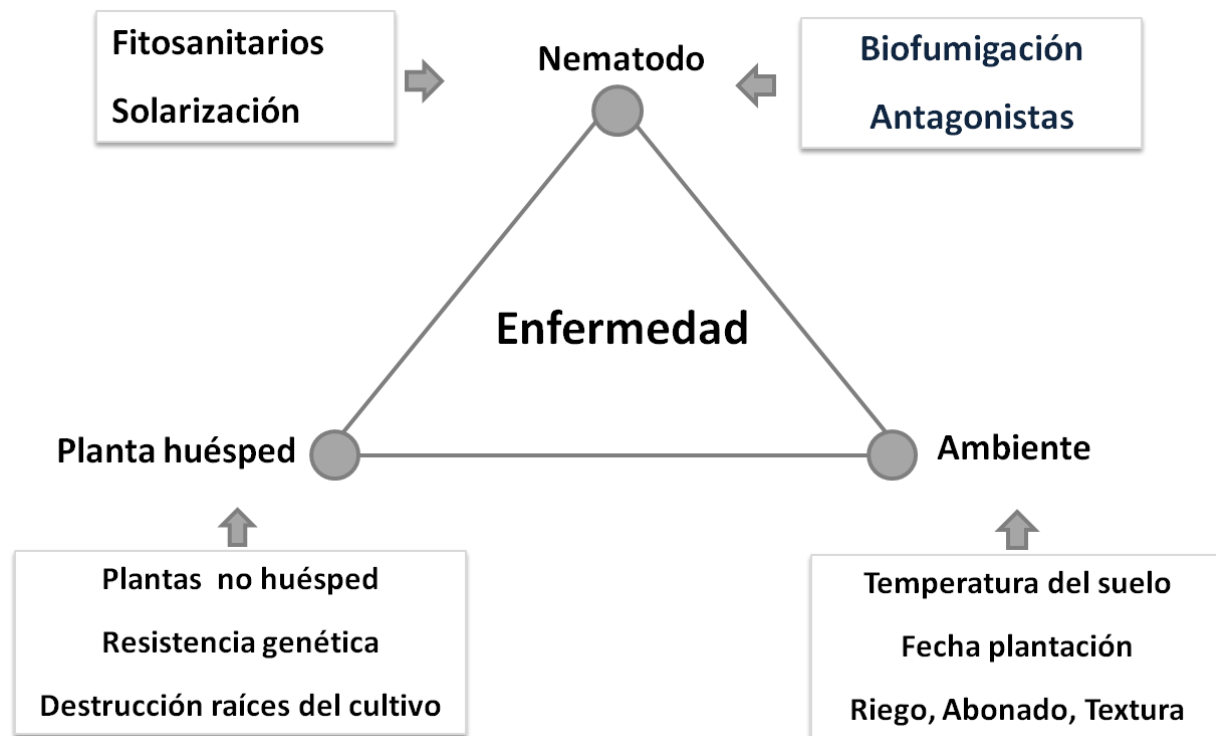
9.- Control de nematodos.



Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

9.1.- Control de nematodos en cultivos protegidos.

- Los métodos de control directos van dirigidos al nematodo. Los métodos indirectos van dirigidos a la planta o a modificar el ambiente donde interacciona el nematodo con la planta huésped.



Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

9.2.- Control de nematodos: Mecanismos de acción.

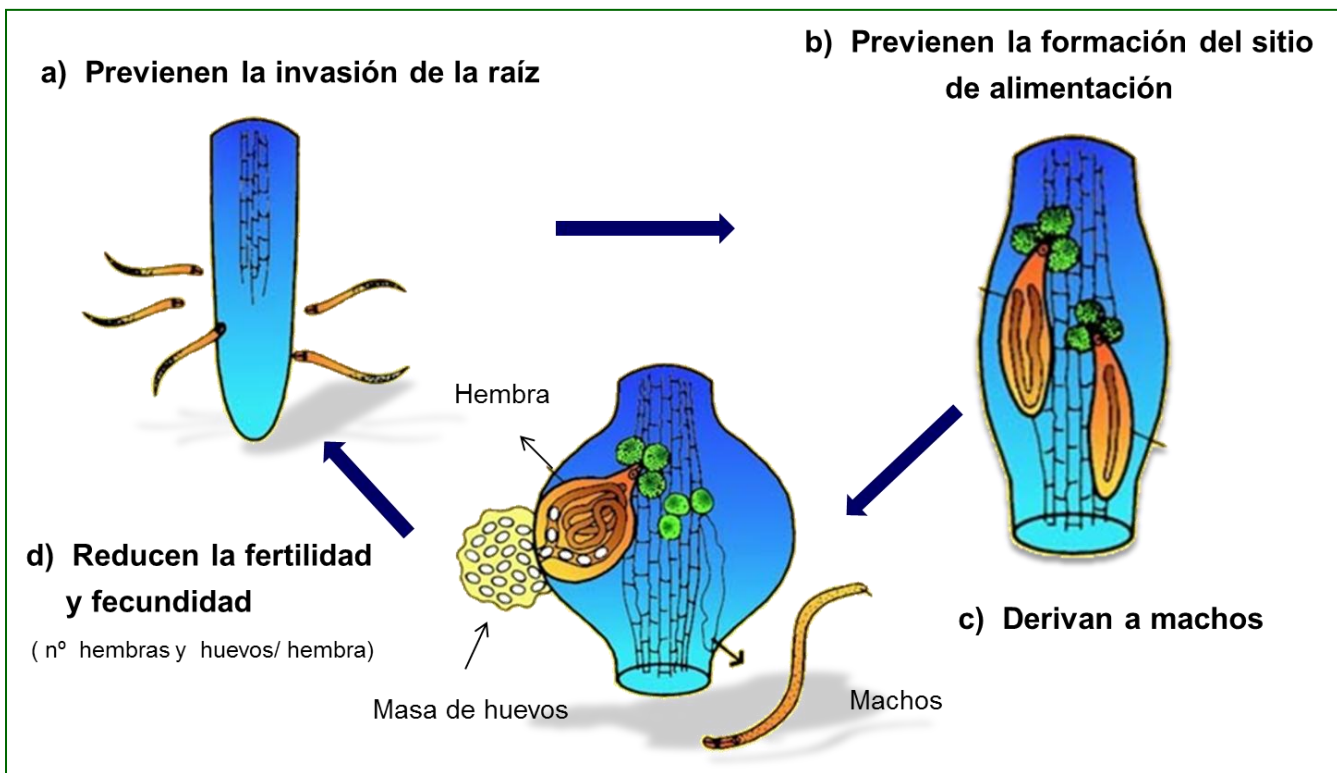
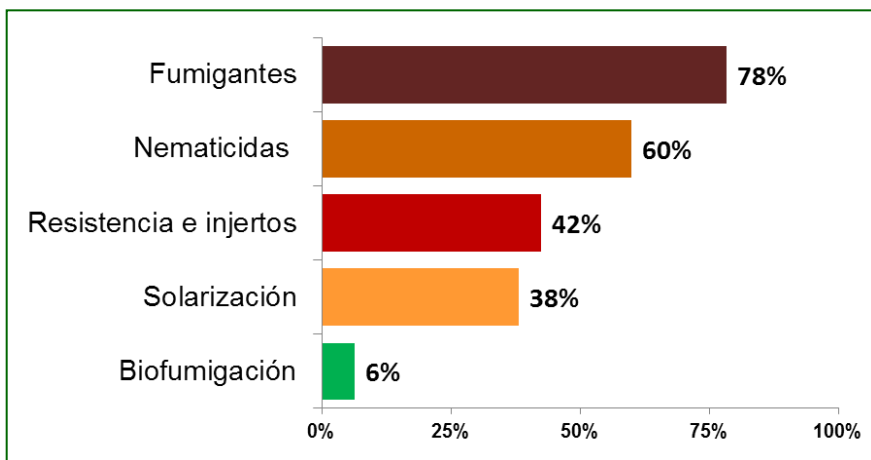


Fig. 8. Etapas del ciclo de vida de *Meloidogyne* donde actúan las tácticas de control y efecto que producen sobre el nematodo.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

9.3.- Control de nematodos: Consideraciones y métodos más utilizados.

- Los nematodos fitoparásitos no pueden erradicarse de los suelos infestados por lo que hay que convivir con el problema. El fin que se persigue con las medidas de control es mantener los niveles del nematodo por debajo del umbral económico de daño. Las condiciones climáticas, avance tecnológico en la zona y expectativas de retorno económico influyen en la elección de la medida de control a emplear en situaciones concretas.



Ninguno de los métodos disponibles consigue más de un 90% de control sostenido en el tiempo. Por ello, es necesario realizar un control preventivo y continuado en el tiempo e integrar distintas tácticas que puedan aplicarse de forma simultánea o secuencialmente.

Fig. 9. Métodos de control y frecuencia de uso por los agricultores.

Umbral económico de daño: Nivel poblacional al cual el valor del daño causado por el nematodo iguala el coste de la medida de control.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

10.- Perspectivas de futuro.

Meloidogyne

¿Incremento del problema o de la percepción del problema?



Foto 7. Engrosamientos de las raíces causados por *Meloidogyne*

- Las altas temperaturas que prevalecen en el suelo debidas, por un lado, al adelanto del trasplante al verano (julio-agosto) de los cultivos de otoño (septiembre-octubre), y por otro, a la prolongación de las temperaturas veraniegas hasta bien entrado el otoño (final de noviembre) aceleran el desarrollo del nematodo y la aparición de los síntomas de daño.
- La generalización del injerto de la sandía en patrones de cucurbitáceas, para controlar la fusariosis, ha conllevado un incremento de las poblaciones del nematodo ya que todos esos patrones son susceptibles al nematodo.
- La resistencia parcial de los patrones de tomate a *Meloidogyne* favorece la aparición de poblaciones virulentas que sobrepasan la resistencia e inutilizan esta táctica de control.
- El incremento del monocultivo, tanto de los cultivos de ciclo largo como de ciclo corto (2-3 cultivos por campaña), favorece la persistencia del nematodo al disponer de planta huésped casi todo en año.
- La aplicación de los fumigantes a dosis inferiores a las recomendadas sin sellado del suelo hace que estos sean menos efectivos para el control de nematodos.
- La solarización realizada a temperaturas y/o durante tiempo insuficientes disminuye su eficacia en el control del nematodo.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

11.- Referencias bibliográficas.

- Andrés-Yeves M. F., Verdejo-Lucas S. 2011. Enfermedades causadas por nemátodos fitoparásitos en España. Sociedad Española de Fitopatología - Phytoma. Valencia, España. 255 pp.
- Cortada, L., Sorribas, F. J., Ornat, C., Kaloshian, I. Verdejo-Lucas, S. 2009. Patrones de tomate: Resistencia variable frente al nematodo *Meloidogyne*. Horticultura, 212: 12-17.
- Flor-Peregrín, E., Talavera, M., Sayadi, S., Chiroso-Rios, M., Salmerón, T., Verdejo-Lucas, S. 2012. Las enfermedades causadas por nematodos (*Meloidogyne* spp) en los cultivos hortícolas bajo abrigo de Almería: Visión de los asesores técnicos. Agrícola Vergel 359: 290 -294.
- Flor-Peregrín, E., Talavera, M., Sayadi, S., Chiroso-Rios, M., Salmerón, T., Blanco, M., Verdejo-Lucas, S. 2012. Especies de *Meloidogyne* y su distribución en los cultivos hortícolas protegidos de Almería. Agrícola Vergel 361: 376-381.
- Talavera M. 2004. Manual de Nematología. Quaderns d'Agricultura. Conselleria d'Agricultura i Pesca de les illes Balears. Palma de Mallorca, España. 28 pp.
- Talavera, M., Salmerón, T., Chiroso-Ríos, M., Fernández, M. M., Verdejo-Lucas, S. 2014a. Nemátodos fitoparásitos en cultivos hortícolas. Granada. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 1-15 pp. SERVIFAPA, www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa.

Estrategias para la Gestión Integrada de Nematodos en Horticultura Protegida

11.- Referencias bibliográficas.

- Talavera, M., Salmerón, T., Flor-Peregrín, E., Vela-Delgado, M. D., Chiroso-Ríos, M., Fernández, M. M., Verdejo-Lucas, S. 2014b. Manejo integrado de nemátodos fitoparásitos en cultivos hortícolas. Granada. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 1-22 pp. SERVIFAPA, www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa.
- Talavera, M., Verdejo-Lucas, S. 2015. Gestión de nematodos fitoparásitos. Horticultura 316: 16-21
- Verdejo-Lucas, S. 2009. Manejo integrado de nematodos. Horticultura 213: 10-12.
- Verdejo-Lucas, S. 2014. Los nematodos del género *Meloidogyne* en tomate. Agropanorama 2: 20-22.
- Verdejo-Lucas, S., Blanco, M., Talavera, M., 2013. Detección de poblaciones virulentas de *Meloidogyne* frente al gen Mi de resistencia en tomate. Phytoma. 245: 22-26.
- Verdejo-Lucas, S., Talavera, M. 2015. Patrones de tomate para la protección frente a nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp.). Almería. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 1-22 p. SERVIFAPA, www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa.
- Zeck, W.M., 1971. A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer. Ag. 24: 141-144.



Más información del Área de Protección de cultivos en:
www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa
webmaster.ifapa@juntadeandalucia.es

ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE NEMATODOS EN HORTICULTURA PROTEGIDA

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

Avenida de Grecia s/n
41012 Sevilla (Sevilla) España
Teléfonos: 954 994 595 Fax: 955 519 107
e-mail: webmaster.ifapa@juntadeandalucia.es
www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa



www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL