

# ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN LA PRODUCCIÓN DE ZANAHORIA DEBIDO A AMARILLEAMIENTOS Y ENROJECIMIENTOS

Asensio-S.-Manzanera, M.C., Vacas-Izquierdo, R., Ruano-Rosa, D. y Santiago, Y.

Unidad de Cultivos Leñosos y Hortícolas, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Valladolid

## RESUMEN

En los últimos años la zona productora de zanahoria en Castilla y León ha visto afectada su producción por diversos síntomas tales como retorcimiento y deformación de raíces, amarillamientos y enrojecimientos de las hojas, retraso en el crecimiento de los brotes, proliferación de raíces secundarias, proliferación de brotes en la corona, etc. Estos síntomas han sido relacionados con la presencia de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) y de su vector *Bactericera trigonica*.

En 2017 el ITACyL comenzó a trabajar en un proyecto junto a ASOPROFIT (Asociación para la Protección Fitosanitaria del Puerro, la Zanahoria y la Cebolla en Castilla y León) para tratar de dar solución a estas sintomatologías.

Uno de los objetivos a abordar es conocer el nivel de incidencia de estas sintomatologías en los cultivos, ya que no existen trabajos previos en la zona. Para ello se seleccionaron un total de 17 parcelas en las que se realizaron 3 visitas a lo largo del cultivo. En cada visita se registró la sintomatología en hojas y raíces y la presencia de los distintos estados del insecto en las plantas mediante observación y mangueros. Por último, se evaluó la producción en cosecha.

Los resultados nos muestran que la presencia del insecto fue importante en la campaña sobre todo a partir del mes de agosto. Los rendimientos registrados fueron muy variables en las parcelas prospectadas, independientemente del número de raíces no comerciales por presentar síntomas.

Se encontraron correlaciones entre la captura y visualización de insectos con los síntomas de las parcelas en las visitas y cosecha y entre los síntomas entre sí a lo largo de la campaña y la cosecha.

De todo ello se puede concluir que la observación de huevos y ninfas en plantas y mangueros será imprescindible para prevenir un posible aumento de la población de adultos en campo y por tanto de los síntomas asociados a su presencia, así como el aspecto visual de la planta, ya que será indicativo de los síntomas que tendremos en la raíz en el momento de la cosecha.

## INTRODUCCIÓN

La superficie de hortalizas de Castilla y León es de 13.780 ha. Los cultivos hortícolas que mayor importancia tienen en superficie son el guisante verde con un total de 1.904 ha, la zanahoria con 2.694 ha, la cebolla con 1.557 ha, el ajo con 1.480 ha y el puerro con 956 ha (Anuario Estadística Agraria, 2016).

A nivel nacional, Castilla y León es el primer productor de puerro en España, segundo productor de zanahoria y tercer productor de cebolla. La superficie de zanahoria en Castilla y León durante el año 2015 fue un 40 % de la superficie total nacional, siendo la segunda comunidad que registró mayor producción después de Andalucía.

La zona de producción hortícola de Castilla y León donde se localizan principalmente estos cultivos es la comarca agraria de Cuéllar en Segovia y el sureste de la provincia de Valladolid. Se trata de cultivos que se producen en su mayoría al aire libre con grandes superficies de cultivo.

Hace algunos años comenzaron a aparecer síntomas en cultivos de zanahoria en esta zona consistentes en: retorcimiento de raíces, amarillamientos y enrojecimientos de hojas, retraso en el crecimiento de brotes, proliferación de raíces secundarias, proliferación de brotes en la corona, deformación de raíces, y reducción del rendimiento por parcela, así como de la calidad del producto. Estos síntomas fueron relacionados con la presencia de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) y del vector *Bactericera trigonica*, aunque también aparecieron algunos fitoplasmas y virus.

Con el fin de dar solución a los problemas surgidos con estas patologías en zanahoria, así como a los problemas que habían aparecido en puerro y cebolla (enanismo, rajado, amarillamientos y enrojecimiento de fustes y marchitamientos de puntas) asociados con el psílido *Bactericera tremblayi*, se creó la Asociación para la Protección Fitosanitaria del Puerro, Zanahoria y Cebolla en Castilla y León (ASOPROFIT) con fecha 17 de marzo de 2015. Esta Asociación está formada por 73 socios que incluyen cooperativas agrícolas, industrias agroalimentarias, semilleros e industrias transformadoras y fabricantes de productos terminados. La Asociación representa el 41,57% de la superficie de puerro, 52,59% de la de zanahoria y 17,01% de la de cebolla de Castilla y León.

En 2017 el ITACyL puso en marcha un proyecto financiado por la Medida 16.2 del Plan de Desarrollo Rural de Castilla y León (2014-2020), en colaboración con ASOPROFIT (Asociación para la Protección Fitosanitaria del Puerro, la Zanahoria y la Cebolla en Castilla y León) que lleva por título “Nuevas estrategias para mitigar los daños causados por las enfermedades de especies hortícolas de reciente aparición”. Los objetivos del proyecto son conocer el nivel de incidencia de la enfermedad en zanahoria, puerro y cebolla en Castilla y León, la etiología de la enfermedad con la detección e identificación de los patógenos implicados, estudio de la epidemiología de la enfermedad y el estudio de distintos factores para su control.

Teniendo en cuenta que no existen trabajos previos en la zona, el objetivo principal de este trabajo fue conocer el nivel de incidencia de estas sintomatologías en el cultivo de zanahoria y cómo repercute en las pérdidas de rendimiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el año 2017 se prospectaron un total de 17 parcelas de zanahoria distribuidas por las provincias de Valladolid, Segovia y Ávila.

Municipio	Provincia	Variedad	Fecha siembra	Fecha recolección
CAMPO DE CUELLAR	SEGOVIA	SOPRANO	14/05/2017	20/09/2017
CHATÚN	SEGOVIA	BRILLYANCE	04/05/2017	05/09/2017
COGECES DE ÍSCAR	SEGOVIA	SOPRANO	29/05/2017	26/09/2017
DEHESA MAYOR (CUELLAR)	SEGOVIA	SOPRANO	26/05/2017	09/10/2017
MATA DE CUELLAR	SEGOVIA	SOPRANO	20/05/2017	12/09/2017
NAVALMANZANO	SEGOVIA	SOPRANO	09/05/2017	26/09/2017
OLMEDO 1	VALLADOLID	SOPRANO	08/05/2017	23/10/2017
OLMEDO 2	VALLADOLID	NAMIBIA /SOPRANO	31/03/2017	23/10/2017
PEDRAJAS DE SAN ESTEBAN 1	VALLADOLID	SOPRANO	04/05/2017	28/09/2017
PEDRAJAS DE SAN ESTEBAN 2	VALLADOLID	MAESTRO	24/05/2017	28/09/2017
POLLOS	VALLADOLID	SOPRANO	22/05/2017	26/10/2017
SAMBOAL	SEGOVIA	BRILLYANCE	09/05/2017	09/10/2017
SAN PABLO DE LA MORALEJA	VALLADOLID	NAMIBIA/ SOPRANO	06/04/2017	18/09/2017
SAN VICENTE DE ARÉVALO	ÁVILA	NAMIBIA/ BRILLYANCE/ NAVAL	16/06/2017	18/09/2017
TRASPINEDO	VALLADOLID	SOPRANO	01/06/2017	26/10/2017
VILLANUEVA DE DUERO	VALLADOLID	BRILLYANCE	11/05/2017	23/10/2017
VILLAVERDE DE ISCAR	VALLADOLID	SOPRANO/ BRILLYANCE	13/04/2017	20/09/2017

En cada parcela se realizaron 3 visitas durante el cultivo: en inicio de campaña (V1), en la mitad del ciclo del cultivo (V2) y en el momento previo a la recolección (V3), en las que se registraron las sintomatologías observadas en hojas y raíces. Se diferenciaron los siguientes síntomas: proliferación de hojas en corona, amarilleo y enrojecimiento en hojas, hojas en mosaico, rizado de hojas, hojas filiformes, protuberancias, proliferación de raíces secundarias, y raíces bifurcadas, deformadas y

rajadas. Para cada síntoma se anotó un valor de 1-9 correspondiente a la incidencia de la superficie afectada en la parcela, tal y como se muestra en la tabla siguiente:

<b>1</b>	0 %	<b>4</b>	20-30 %	<b>7</b>	50-60%
<b>2</b>	<10 %	<b>5</b>	30-40 %	<b>8</b>	60-70 %
<b>3</b>	10-20 %	<b>6</b>	40-50 %	<b>9</b>	>70 %

Adicionalmente se registraron los distintos estados del insecto mediante observaciones y magueos, evaluándose la presencia/ausencia de huevos y/o ninfas en 50 plantas y el número de adultos total en 5 repeticiones de 10 magueos cada una con manga entomológica en campo.

En el momento de la cosecha se tomaron dos repeticiones de una superficie de 1 m de longitud y la mitad de la meseta de anchura. Se limpiaron las raíces y se separaron tres grupos: las comerciales, las no comerciales por un menor tamaño y las sintomáticas. Se consideró producción comercial aquella producción apta para consumo en fresco, es decir aquellas raíces enteras, sanas y con un tamaño adecuado para su comercialización.

Cada grupo de raíces se pesó y contabilizó. Adicionalmente, para las raíces sintomáticas se anotó un valor del 1 (ausente) a 9 (muy severo) para cada síntoma y se anotó la impresión general de la cosecha en base a la precocidad, uniformidad y forma de las raíces (1-excelente, 9-muy malo).

Con los datos de los síntomas en campo de las tres visitas, presencia del insecto y los datos de cosecha, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson. Con los datos de cosecha se hizo separación de medias mediante la prueba del rango múltiple de Duncan.

## **RESULTADOS**

En la tabla 1 se recogen los datos de rendimiento comercial de las parcelas de estudio. El rendimiento de la producción comercial varió desde 0, registrado en la parcela de Olmedo 1 donde todas las raíces eran sintomáticas y por tanto no aptas para su comercialización en fresco, hasta 129.589 kg/ha de Olmedo 2, una parcela situada en el mismo municipio. El promedio de las parcelas prospectadas fue de 82.641 kg/ha.

El porcentaje de destrío debido a un tamaño menor de la raíz osciló entre 0,34 (Mata de Cuéllar) y 8,84% (San Pablo de la Moraleja), con un promedio de 1,93 %.

En principio cabe esperar que el número de raíces y el peso de raíz comerciales sea mayor en parcelas con un mayor rendimiento y, aunque en algunas parcelas sí parece seguir esta dinámica, como es el caso de Olmedo 2, esta relación está muy condicionada por la variedad de zanahoria seleccionada.

En cuanto al destrío debido a raíces sintomáticas no aptas para su comercialización en fresco, varió entre el 0 % de Traspinedo y San Vicente de Arévalo, y 100 % en la parcela de Olmedo 1 (tabla 2). El promedio de destrío de todas las parcelas debido a raíces sintomáticas fue de 18,38 % siendo por tanto esta enfermedad la principal causa de destrío.

Los datos del nivel de incidencia de adultos (capturados en mangueros) en las parcelas de la zona de prospección por fechas aparecen en la figura 1. Es importante destacar que el número de capturas registrado para la mayoría de las parcelas durante el mes noviembre fue superior a 500 insectos, a excepción de las parcelas limítrofes de la zona de mayor producción o aquellas parcelas aisladas donde este dato es considerablemente menor.

En cuanto a la correlación de la presencia del insecto en las tres visitas (V1, V2 y V3) se encontró correlación para la presencia de huevos y ninfas en plantas entre V1-V2 y V2-V3, así como correlación entre los adultos capturados en V2-V3 (tabla 3).

Para la presencia del insecto y los síntomas en las tres visitas (V1, V2 y V3) y la cosecha (C) se encontró correlación entre los adultos capturados en los mangueros y la presencia de huevos y ninfas en plantas en V1 con los síntomas de amarillos y proliferación de hojas en V2 (tabla 4). Además, la presencia de huevos y ninfas en V1 estuvo correlacionada con la impresión general, los amarillos y las rojeces en cosecha. En V2 la presencia de huevos y ninfas se correlacionó con la impresión general, los amarillos y la proliferación y protuberancias de raíces en cosecha. Por último, los mangueros en V3 se correlacionaron con las rojeces y proliferación y protuberancias en raíces.

Respecto a la correlación de síntomas entre las tres visitas se encontró una alta correlación entre los amarillos de V1 con la proliferación y protuberancias y raíces en V3. También se encontró correlación entre los amarillos y amarillos-rojeces con la proliferación y protuberancias en raíz y la proliferación de hojas en V2. Las rojeces en V2 estuvieron relacionadas además de con la proliferación y protuberancias de raíces en V2 y con la proliferación de protuberancias y raíces, la proliferación de hojas, las raíces deformadas y rajadas de V3 (tabla 5). Estos síntomas de amarillos y rojeces en puntas han sido los síntomas más frecuentes aparecidos en trabajos realizados en las islas Canarias (Quintana et al, 2016).

Por último, destacar la relación de las rojeces en V3 con la proliferación de hojas y rajados de raíz en cosecha (tabla 6).

## **DISCUSIÓN**

Los resultados en cosecha muestran que existe mucha variabilidad en los rendimientos de las parcelas prospectadas, encontrando parcelas con altos rendimientos y alto porcentaje de raíces sintomáticas, y parcelas con un menor rendimiento y bajos porcentajes de raíces con síntomas, entendiendo que factores de tipo agronómico como elección de la variedad y manejo de la parcela podrían influir en el rendimiento final de la parcela en cosecha.

En estudios realizados en *Trioza apicalis*, vector de CaLso en el norte de Europa, se observaron pérdidas significativas de rendimiento debida a la alimentación de las hembras del insecto. Es cierto que otros factores, como la presencia/ausencia de la bacteria en el vector y la cantidad de bacteria inoculada por cada individuo, influirían también en esta pérdida de rendimiento (Nissinen et al, 2013). En el caso de *Bactericera*

*trigonica*, los estudios realizados hasta el momento han probado que la cantidad de bacteria inoculada es mayor en hembras, siendo más eficientes en la inoculación (Antolínez et al, 2016).

La evolución del insecto a medida que avanzaba el cultivo ha tenido un aumento progresivo por tanto sería muy útil el seguimiento de los datos de los mangueros y la observación de los distintos estados del insecto en las plantas para evitar un aumento de las plantas sintomáticas. En el caso concreto de los mangueros, un alto número de capturas en la mitad de la campaña sería indicativo de lo que sucedería durante el momento de la recolección, ya que entre estos dos puntos se produce una progresión en aumento.

Existe una relación entre la presencia del insecto con los síntomas tanto en raíz como en hojas, principalmente los amarillos y la proliferación de hojas en la primera visita y la proliferación y protuberancias en raíces en la última visita y en cosecha. Por tanto, es importante controlar el insecto para prevenir la aparición de síntomas.

Los síntomas entre las visitas y cosechas están relacionados todos entre sí, siendo imposible separar unos de otros, aunque los síntomas en hojas en las visitas están correlacionados con los síntomas de raíz en cosecha. Será importante observar el aspecto visual de la planta en campo, ya que indicará qué síntomas y qué cantidad de raíces sintomáticas se pueden encontrar antes de empezar a cosechar.

## TABLAS

**Tabla 1.** Rendimiento comercial (kg/ha), N° raíces comerciales, peso raíz comercial (g) y porcentaje de destrío de la producción no comercial de zanahoria. Los datos muestran el promedio de dos repeticiones.

MUNICIPIO	Rendimiento comercial (kg/ha)		N° raíces comerciales		Peso raíz comercial (g)		% destrío por menor tamaño	
OLMEDO 2	129.589	a	168,5	a	73,09	abcd	1,08	b
VILLANUEVA DE DUERO	123.733	ab	109	b	84,99	abc	1,11	b
POLLOS	114.360	abc	110	b	77,99	abcd	0,42	b
TRASPINEDO	109.954	abc	118,5	ab	60,32	def	1,41	b
CAMPO DE CUÉLLAR	106.878	abcd	108	b	82,13	abc	0,36	b
COGECES DE ÍSCAR	103.457	abcde	95	b	90,67	a	1,06	b
DEHESA DE CUÉLLAR	99.495	abcdef	135,5	ab	69,57	abcde	0,6	b
PEDRAJAS DE SAN ESTEBAN 2	92.578	bcdefg	126	ab	86,05	abc	0,74	b
NAVALMANZANO	87.074	cdefgh	141	ab	71,2	abcde	2,05	b
VILLAVERDE DE ÍSCAR	74.391	defgh	120	ab	75,12	abcd	0,97	b
SAN VICENTE DE ARÉVALO	73.504	defgh	94	b	89,93	ab	0,65	b
SAMBOAL	71.779	efghi	102	b	67,15	cdef	5,23	ab
CHATÚN	66.811	fghi	123	ab	51,84	ef	3,91	ab
PEDRAJAS DE SAN ESTEBAN 1	59.417	ghi	102	b	68,39	bcde	0,72	b
SAN PABLO DE LA MORALEJA	52.924	hi	118,5	ab	47,36	f	8,84	a
MATA DE CUÉLLAR	38.957	i	35,5	c	89,98	ab	0,34	b
OLMEDO 1	0	j	0	c	0	g	3,97	ab

\*Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba de rangos múltiples de Duncan con  $\alpha=0,05$ .

**Tabla 2.** Porcentaje de destrío, número de raíces y peso de raíces (g) sintomáticas de zanahoria. Los datos muestran el promedio de dos repeticiones.

MUNICIPIO	% destrío sintomáticas		N° raíces sintomáticas		Peso raíces sintomáticas (g)	
OLMEDO 2	9,67	cdef	15	cdefg	1.098	abcd
VILLANUEVA DE DUERO	9,9	cdef	10	efgh	802	bcd
POLLOS	10,06	cdef	11	efgh	859	abcd
TRASPINEDO	0	f	0	h	0	d
CAMPO DE CUÉLLAR	23,43	bcde	24	bcde	1.941	ab
COGECES DE ÍSCAR	0,58	f	1	gh	52	d
DEHESA DE CUÉLLAR	4,44	ef	6	gh	417	d
PEDRAJAS DE SAN ESTEBAN 2	10,78	bcdef	14	defgh	1.143	abc
NAVALMANZANO	8,6	def	12	efgh	861	abcd
VILLAVERDE DE ÍSCAR	20,96	bcde	22	bcdef	1.706	abc
SAN VICENTE DE ARÉVALO	0	f	0	h	0	d
SAMBOAL	25,98	bcd	27	bcd	1.771	abc
CHATÚN	4,85	ef	6	gh	306	d
PEDRAJAS DE SAN ESTEBAN 1	30,81	b	29	bc	2.005	a
SAN PABLO DE LA MORALEJA	29,77	bc	35	b	1.647	abc
MATA DE CUÉLLAR	22,66	bcde	8	fgh	718	dc
OLMEDO 1	100	a	137	a	51	d

\*Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba de rangos múltiples de Duncan con  $\alpha=0,05$ .

**Tabla 3.** Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables de medida de la presencia del insecto en las tres visitas (V1, V2 yV3).

	V2-Presencia HyN	V3-Presencia HyN	V3-Mangueos
V1-Presencia HyN	0,66**		
V2-Presencia HyN		0,73**	
V2-Mangueos			0,71**

\*\* : Correlación significativa al nivel 0,01; \* : Correlación significativa al nivel 0,05. H: huevos; N: ninfas.

**Tabla 4.** Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables de medida de la presencia del insecto con los síntomas en las tres visitas (V1, V2 yV3) y en la cosecha (C).

	V2-amarillos	V2-Proliferación hojas	C-Impresión general	C-Amarillos	C-Rojeces	C-Proliferación y protuberancias en raíces
V1-Mangueos	0,73**	0,56*				
V1-Presencia HyN	0,64**	0,65**	0,64**	0,64**	0,6*	
V2-Presencia HyN			0,58*	0,57*		0,53*
V3-Mangueos					0,6*	0,58*

\*\* : Correlación significativa al nivel 0,01; \* : Correlación significativa al nivel 0,05. H: huevos; N: ninfas.

**Tabla 5.** Coeficiente de correlación de Pearson entre los síntomas en las tres visitas (V1, V2 yV3).

	V2-amarillos	V2-Proliferación en hojas	V2-Proliferación y protuberancias en raíces	V3-Amarillos	V3-Proliferación en hojas	V3-Raíces deformadas	V3-Proliferación y protuberancias en raíces	V3-Raíz rajada
V1-Amarillos							0,94**	
V1-Raíces deformadas							0,64*	0,62*
V2-amarillos			0,57*	0,9**	0,65*			0,62*
V2-Proliferación en hojas	0,6*			0,87**				
V2-amarillos-rojeces		0,6*	0,59*					
V2-rojeces			0,72**		0,82*	0,77**	0,67*	0,78**
V2-Proliferación en hojas				0,71**	0,72**			
V2-Proliferación y protuberancias en raíces							0,97**	

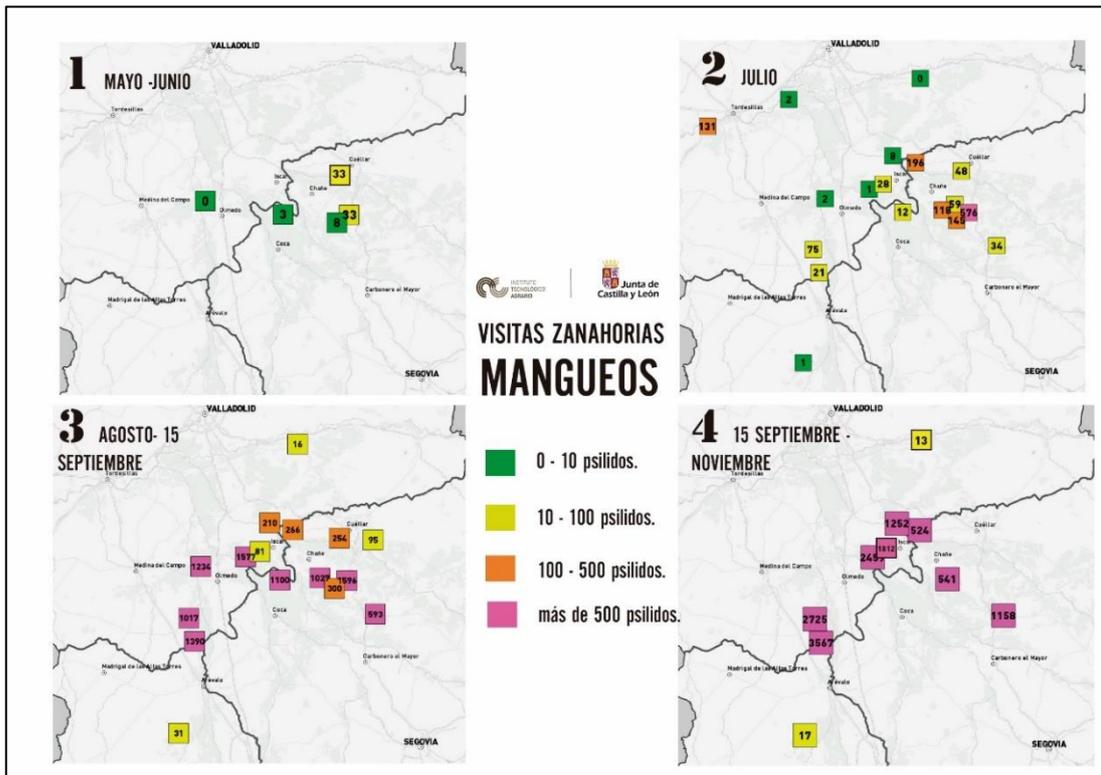
\*\* : Correlación significativa al nivel 0,01; \* : Correlación significativa al nivel 0,05.

**Tabla 6.** Coeficiente de correlación de Pearson entre los síntomas de las tres visitas (V1, V2 y V3) con la cosecha (C).

	C-Impresión general	C- Proliferación y protuberancias en raíces	C-Proliferación de hojas	C-Raíz rajada
V2-rojezes	0,61*			
V2-Proliferación y protuberancias en raíces	0,68**	0,64**		
V3-rojezes			0,8**	0,66*
V3- Proliferación y protuberancias en raíces	0,61*	0,61*		

\*\* : Correlación significativa al nivel 0,01; \* : Correlación significativa al nivel 0,05.

## FIGURAS



**Figura 1.** Mapa con el número de adultos capturados en los mangueros a lo largo de la campaña de cultivo de zanahoria de la zona de producción de Castilla y León – Año 2017.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Síntomas de raíces deformadas.



**Fotografía 2.** Zanahorias con síntomas de proliferación de raíces y proliferación de hojas.



**Fotografía 3.** Zanahoria con síntomas de rajado.

## BIBLIOGRAFÍA

Anuario de Estadística Agraria de la Junta de Castilla y León año 2016. (

Antolínez, C.A., Fereres, A., Moreno, A., 2016. Sex-specific probing behaviour of the carrot psyllid *Bactericera trigonica* and its implication in the transmission of 'Candidatus Liberibacter solanacearum'. European Journal of Plant Pathology, Vol. 147 (3): 627-637.

Nissinen, A. I., Haapalainen, M., Jauhiainen, L., Lindman, M., Pirhonen, M., 2014 Different symptoms in carrots caused by male and female carrot psyllid feeding and infection by 'Candidatus Liberibacter solanacearum'. Plant Pathology, Vol. 63 (4): 812-820.

Quintana González de Chaves, M.; Giménez Mariño, C.; Siverio de la Rosa, F., 2016. Actas XVIII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, 20-23 septiembre 2016, Palencia.