

Universidad Pública de Navarra

***Nafarroako Unibertsitate
Publikoa***

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
INGENIARIEN**

NEKAZARITZAKO

**DE INGENIEROS AGRONOMOS
TEKNIKOA**

GOI MAILAKO ESKOLA

**ESTUDIO DE LA AFECCIÓN DEL NEMATODO DE LAS
AGALLAS DEL CEREAL (*Anguina sp*), EN CEBADA**

Presentado por

MIKEL ALCASENA GURUPEGUI (*e*)*k*

aurkeztua

INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA
EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS

***NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKOA
NEKAZARITZA ETA ABELTZAINZA USTIAPENAK BEREZITASUNA***

Octubre, 2012

Agradecimientos

Principalmente quisiera agradecer a mi tutor **Luis Miguel Arregui**, profesor de la UPNA/NUP del Dpto. de Producción Agraria, y al director de mi trabajo, **Juan Antonio Lezaun**, técnico del INTIA en las oficinas de Villava, experto en la protección de cultivos. Sin ellos no podría haber llevado a cabo dicho trabajo.

Quisiera agradecer a todas las personas que desde otro punto académico y/o personal me han ayudado a llevar a cabo este trabajo:

A **Ricardo Biurrun**, técnico del INTIA y responsable de plagas, por facilitarme información para realizar el trabajo y por su opinión técnica para llevarlo a cabo.

A **María del Mar Rebolé Beaumont**, Jefa de Negociado de Laboratorio Pecuario en el laboratorio de Calidad Agroalimentaria en Villava (Navarra), por facilitarme un lugar donde realizar los análisis y por involucrarse tanto en el trabajo, explicándome y ayudándome a realizar los análisis de forma correcta.

Agradecer también a toda la plantilla del Laboratorio de Calidad Agroalimentaria de Villava, por ser atentos conmigo y mis necesidades.

Por supuesto, no quisiera olvidar a mis amigos y amigas que me han acompañado en todo el proceso académico, tanto a mis compañeros de clase, como a mis compañeros de estudio con los que he pasado interminables horas en la biblioteca y como no, a mis amigos y amigas de toda la vida que me han sufrido mucho a lo largo de mi etapa universitaria y lo han seguido haciendo durante este trabajo. Ellos y ellas, saben quienes son.

Y evidentemente, mis mayores agradecimientos a mis padres Francisco Javier Alcasena y Araceli Gurupegui, y a mi hermana Itziar, que me han apoyado en mis días de flaqueza y felicitado mis éxitos académicos.

Índice

<u>Resumen</u>	1.
<u>Introducción</u>	4.
<u>Antecedentes</u>	5.
A) <u>CEBADA</u>	5.
1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA CEBADA EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA	5.
a. <u>Comunidad Foral</u>	5.
b. <u>Zona media</u>	6.
2. LA CEBADA. TAXONOMÍA, MORFOLOGÍA Y FISIOLÓGÍA	7.
a. Taxonomía	7.
b. Morfología	7.
c. Fisiología de la formación de la espiga y del llenado del grano	10.
3. CICLOS DEL CULTIVO DE CEBADA	11.
B) <u>Anguina sp</u>	14.
1. INTRODUCCIÓN	14.
2. TAXONOMÍA	15.
3. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL NEMATODO	15.
4. CICLO BIOLÓGICO	17.
5. SINTOMATOLOGÍA Y DAÑOS	19.
a. Cultivos a los que afecta	19.
i. Gramíneas	19.

→ TRIGO.....	20.
ii. Compuestas.....	21.
6. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	22.
7. PERIODO DE ATAQUE.....	22.
8. INCIDENCIA DE ANGUINA EN NAVARRA.....	23.
c) <u>RESOLUCIÓN LEGAL</u>	24.
<u>Objetivos</u>	27.
<u>Material y métodos</u>	28.
1. ZONA DE ESTUDIO.....	28.
1.1. Localización.....	28.
2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	29.
2.1. Ensayo de cultivos sensibles.....	29.
2.2. Ensayo inoculación de semillas afectadas.....	31.
2.3. Continuidad del nematodo en las campañas 2011-2012.....	32.
3. MATERIAL VEGETAL.....	33.
3.1. Ensayo de cultivos sensibles.....	33.
3.2. Ensayo inoculación de semillas afectadas.....	34.
3.3. Continuidad del nematodo en las campañas 2011-2012.....	34.
4. CALENDARIO DE LABORES Y MUESTREOS.....	35.
4.1. Ensayo de cultivos sensibles.....	35.
4.1.1. Calendario de labores.....	35.
4.1.2. Riego.....	35.
4.1.3. Toma de muestras.....	36.

4.1.4. Cosecha.....	37.
4.2. Ensayo de inóculo en semilla.....	37.
4.2.1. calendario de labores.....	37.
4.2.2. Riego.....	38.
4.2.3. Toma de muestras.....	38.
4.3. Continuidad del nematodo en las campañas 2011-2012.....	38.
4.3.1. Siembra.....	38.
4.3.2. Riego.....	38.
4.3.3. Toma de muestras.....	38.
5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS.....	39.
5.1. Análisis realizado en el laboratorio de calidad agroalimentaria de Villava.....	39.
6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	42.

Resultados.....43.

1. ENSAYO DE CULTIVOS SENSIBLES.....	43.
a. Análisis de plantas durante el ciclo del cultivo.....	43.
b. Análisis de espigas maduras próximas a la cosecha.....	46.
2. ENSAYO DE INÓCULO DE SEMILLA.....	50.
3. CONTINUIDAD DEL NEMATODO EN LAS CAMPAÑAS 2011-2012.....	51.

Conclusiones.....55.

Bibliografía.....56.

ESTUDIO DE LA AFECCIÓN DEL NEMATODO DE LAS AGALLAS DEL CEREAL (*Anguina sp*), EN CEBADA.

Realizado por: Mikel Alcasena Gurupegui.

Director: Juan Antonio Lezaun.

Tutor: Luis Miguel Arregui Odériz.

Departamento: Producción Agraria.

RESUMEN:

La cebada es uno de los cereales más sembrados en Navarra, suponiendo hasta 87.968 hectáreas, tanto de secano como de regadío, proporcionando una cosecha de 327.248 toneladas en 2011 (Fuente: Coyuntura Agraria). En los últimos años, se ha detectado la presencia en la espiga de unos daños cuyos síntomas se asemejan al ataque de nematodos de agallas en la espiga del trigo (*Anguina sp*).

Dado que esta plaga resulta desconocida y que no está descrita en cebada, se ha diseñado un estudio para:

1. Conocer los cultivos sensibles a este nematodo.
2. Conocer el estado fenológico en el que el nematodo se encuentra en la panta.
3. Conocer el efecto causado por el cambio en la fecha de siembra para el control del nematodo.
4. Conocer si la utilización de la semilla infectada facilita la propagación del nematodo.
5. Valorar la incidencia y la continuidad de la plaga en la campaña 2011-2012

Los ensayos realizados durante el estudio, son los siguientes:

1. Descripción del nematodo en el Laboratorio de Biología Vegetal del Gobierno de Navarra, a partir de agallas recogidas la campaña pasada y muestras de plantas recolectadas en esta campaña.

2. Para determinar la incidencia del nematodo sobre los cultivos, se han diseñado ensayos en campo llevados a cabo por INTIA (Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agrarias), en los cuáles:
 - a. Se tomarán muestras a lo largo del ciclo del cultivo con el fin de conocer cual es el momento en el que en nematodo ya se encuentra en la planta.
 - b. Se tomarán muestras de espigas para detectar la presencia del nematodo.
 - c. Se contarán las espigas afectadas al final del ciclo de diferentes especies.
 - d. Se comprobará si la utilización de semilla contaminada es una vía de dispersión de la plaga y si estas semillas contaminadas llegan al almacén mezcladas con el grano
 - e. Se muestrearan en la campaña 2012 las mismas parcelas (Larraga, Mendigorria y Mañeru) que en 2011.

Tras el análisis estadístico correspondiente, los resultados obtenidos nos proporcionarán una información que podrá se utilizada como conclusiones de este trabajo:

1. Se ha detectado la presencia del nematodo (*Anguina sp.*) en cebada (cv. Meseta). No se ha detectado ni en trigo (cv. Nogal), ni en avena (cv. Aintree), ni en guisante (cv. James).
2. En cebada, utilizando métodos sofisticados de laboratorio se puede observar la presencia del nematodo en la espiga, desde la aparición de la última hoja. De forma más sencilla (lupa cuanta hilos) se puede observar la presencia de la agalla de la espiga, a partir del inicio de la floración.
3. El retraso de la fecha de siembra no es suficiente garantía para eliminar los daños por infección del nematodo.

4. La utilización de semilla infectada facilita la propagación del nematodo.
5. Durante el periodo de recolección, parte de los granos infectados caen al suelo y parte se lleva con lo cosechado.
6. En Larraga, Mendigorriá y Mañeru, el porcentaje de parcelas de cebada con incidencia del nematodo ha disminuido en la campaña 2012, respecto a la campaña 2011.

Introducción

Desde el año 2000 se viene observando en los campos de cebada de Aragón, la incidencia de algún tipo de afección que origina espigas erectas y vacías, este mismo efecto se empezó a observar en 2008 en Navarra. En 2011, la superficie de cebada afectada en Navarra llegó a ser de un 2-3%, y aunque globalmente supone el 0,3% de la producción total, en algunas parcelas las pérdidas pudieron llegar hasta el 30% a causa de ese fenómeno que dejaba las espigas vacías y que por consiguiente, totalmente erectas.

La causa de esta afección no se determinó hasta 2011, cuando en el Laboratorio de Biología Vegetal del Gobierno de Navarra se observó la presencia de agallas en el interior de los granos rudimentarios. La identificación de dicho patógeno aún no es precisa, así que le llamaremos *Anguina sp.*, ya que actúa como *Anguina tritici*, pero el trigo no es su huésped, teniendo además algunas diferencias entre ellas que desechan la opción de *tritici* como patógeno de éste cereal. El análisis se realizó en el mes de junio de 2011 por el Laboratorio de referencia, en Madrid.

Anguina sp. no es una plaga nueva ya que su incidencia está descrita desde mitades del siglo XX. en trigo. En España se tiene constancia de su existencia desde 1947 (Ministerio de agricultura). A pesar de ello, no se ha tenido en cuenta como un problema grave de los cereales. No se sabe cuál ha podido ser la causa exacta, pero lo cierto es que ahora parece que está tomando más relevancia sobre el cultivo de la cebada.

Aunque no es una plaga considerada como de cuarentena, es necesario confirmar el nematodo causante de los síntomas, el modo de acción del nematodo y la eficacia de las medidas de control, puesto que este organismo puede tener una supervivencia en suelo de hasta 30 años en condiciones de sequía.

Antecedentes

A) CEBADA

1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA CEBADA EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA

a. Comunidad Foral

El cultivo de cebada tiene una gran importancia en Navarra ya que como podemos ver en la Tabla 1, supone más del 35% de la superficie dedicada a cultivos de la Comunidad Foral.

En esta tabla se unifican los cultivos de secano y de regadío. Los cultivos en secano tiene un mayor arraigo que los de regadío en Navarra. Las superficies de regadío se suelen dejar para otros cultivos con mayores necesidades hídricas. Cabe decir, que las hectáreas incluidas en la tabla engloban los dos ciclos de cebada, las de largo y las de corto.

Tabla 1. Superficie total de hectáreas cultivadas y superficie total de cebada cultivada en la Comunidad Foral de Navarra (Coyuntura Agraria - Gobierno de Navarra, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente y Servicio de Información y Gestión Económica).

	Total cultivos (ha)	CEBADA (ha)	%
2012	277.372	94.402	34,03
2011	273.047	87.098	31,90
2010	272.860	93.396	34,23
2009	277.894	102229	36,79
2008	289.080	103.606	35,84
2007	273.545	112.574	41,15
2006	274.385	103.348	37,67
2005	274.535	102.586	37,37
2004	267.944	99.337	37,07
2003	270.990	103.195	38,08
Media	275.165	100.177	36,41

b. Zona media

La zona media de Navarra tiene por tradición destinar gran superficie de sus tierras al cereal, de hecho, esta zona produce casi el 30 % del cereal total de la Comunidad.

La mayor parte de la superficie destinada al cereal se cultiva en secano, ya que en muchos de las parcelas de la Merindad de Olite aún no se han transformado al regadío. Aquí se muestra la superficie dedicada a cebada en Navarra y la dedicada en la Comarca V. Además se añade en la Tabla 2 el porcentaje dedicado a cebada en esta Comarca comparada con el total de la Comunidad Foral.

Tabla 2. Superficie y producciones de cebada en Navarra y en la Comarca V (Coyuntura Agraria - Gobierno de Navarra, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente y Servicio de Información y Gestión Económica).

		Navarra	Comarca V	% sobre el total
2011	Superficie total (Has)	87.968	20.335	23,12
	Producción total (Tn)	327.248	86.720	26,50
2010	Superficie total (Has)	94.473	21.725	23,00
	Producción total (Tn)	362.768	92.012	25,36
2009	Superficie total (Has)	88.502	24.280	27,43
	Producción total (Tn)	303.589	86.084	28,36
2008	Superficie total (Has)	92.433	24.520	26,53
	Producción total (Tn)	301.786	92.221	30,56
2007	Superficie total (Has)	107.748	28.006	25,99
	Producción total (Tn)	348.785	89.997	25,80
2006	Superficie total (Has)	107.866	30.053	27,86
	Producción total (Tn)	447.646	135.730	30,32
2005	Superficie total (Has)	103.135	29.026	28,14
	Producción total (Tn)	400.831	124.976	31,18
2004	Superficie total (Has)	102.054	29.067	28,48
	Producción total (Tn)	414.047	115.693	27,94
2003	Superficie total (Has)	109.121	30.810	28,23
	Producción total (Tn)	440.480	120.638	27,39
2002	Superficie total (Has)	101.389	27.875	27,49
	Producción total (Tn)	284.513	90.489	31,80
			MEDIA	27,57 %

2. LA CEBADA. TAXONOMÍA, MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA

a. Taxonomía

La cebada es una planta herbácea, monocotiledónea, anual y hermafrodita de fecundación autógama. Su cultivo se extiende principalmente por la zona templada. Pertenece a la familia de las Poaceas. Existen muchas variedades de cebada, pero todas ellas se caracterizan por presentar las mismas características.

La mayoría de las cebadas cultivadas pertenecen a la especie *Hordeum vulgare* L. *sensu lato*, que es un miembro de la tribu *Triticeae* de la familia *Gramineae*. (Molina Cano, *et al.* 1989).

b. Morfología

La hoja de cebada tiene dos partes claramente diferenciadas: la vaina que se inserta en el nudo y envuelve el entrenudo situado sobre él, y el limbo o lámina que es divergente del tallo. En el punto de unión entre el limbo y la vaina se encuentran dos estructuras muy características: la lígula, que es una fina membrana blanquecina de borde irregular que se halla en contacto íntimo con el tallo, y las aurículas que son dos prominencias de forma de hoz que lo envuelven cruzándose en la parte opuesta (Molina Cano, *et al.* 1989).

Todas tienen un tallo que sale del nudo de ahijamiento y tiene un número determinado de tallos, es decir, de hijuelos. El hijuelo constituye la unidad básica de una mata de gramínea, que en general, se comporta como una planta independiente. Cada hijuelo nace del meristemo lateral situado en la axila de la hoja.

La formación de hijuelos equivale a un proceso de ramificación. Dado que el tallo no se alarga, los hijuelos se amontonan junto al ápex (ápice) del vástago inicial, en una zona situada cerca de la superficie del suelo, también llamado *nudo de ahijado* (Pujol Palol, 1998). Este número dependerá de la variedad con la que estemos trabajando y por supuesto de las condiciones agro-meteorológicas. El tallo

de la cebada es lo que se denomina en botánica como caña y esta formada por una serie de nudos y abultamientos de donde salen las hojas, que son opuestas entre sí, y una serie de segmentos huecos llamados entrenudos. Es característico también en cereales, sus raíces de morfología fasciculada que será la que proporcionará alimento, hidratación y sostén a la planta.

El comienzo del periodo reproductivo es difícil de determinar, ya que la planta no presenta modificaciones morfológicas visibles externamente. Tan solo seccionándola y examinando en una secuencia el ápex, es posible descubrir las variaciones que este sufre desde el estadio vegetal hasta el estadio de *doble pliege*, que se ha tomado tradicionalmente como referencia del inicio del periodo reproductivo (Pujol Palol, 1998). Al acabar la fase de iniciación floral todas las espiguillas embrionarias han alcanzado, aproximadamente, el mismo estado de desarrollo. A partir de dicho momento, la planta sufre una serie de transformaciones que afectan, no tan solo al ápex, sino también al tallo y a otros órganos de la misma. El ápice se transforma en inflorescencia: en cada primordio de espiguilla se irán desarrollando los distintos órganos florales. El proceso culminará en los estadios de meiosis o formación de los gametos, *antesis* o floración y *fecundación*, estadio con el que se acaba la fase y el propio periodo (Pujol Palol, 1998). En el receptáculo formado por las glumillas, se encuentran los órganos florales: tres estambres, un ovario con dos estigmas velludos y dos pequeños órganos llamados lodículas, que tiene funciones relacionadas con la apertura de la flor. La polinización se produce en general cuando la espiga no ha emergido aun de la cubierta formada por la vaina de la banderola (Molina Cano, *et al.* 1989).

Centrándonos en la espiga de la cebada, la cual está situada al extremo de cada tallo fértil, esta compuesta de un eje articulado, el raquis, compuesto de una serie de entrenudos, cada uno de los cuales porta una tríada de espiguillas unifloras. En el extremo del último entrenudo del tallo acaba en una estructura en forma de vaso más o menos abierto y/o escotado, o de plataforma, denominada collar, y en la cual se inserta el primer entrenudo del raquis de la espiga, que es, en general, de forma y tamaño diferentes a los entrenudos siguientes.

Cada flor consta de dos pequeñas glumas en la parte exterior de forma alargada y estrecha y terminada en una arista o “barba”. A diferencia de la lemma, la pálea posee un surco situado longitudinalmente, en cuya parte inferior se inserta un filamento velludo llamado raquilla. La lemma está recorrida por longitudinalmente por cinco nervios.

Por último, la semilla de la cebada, o más correctamente descrito como fruto seco indehisciente denominado cariósido. Cuando el grano en formación, aun en la espiga, ha terminado la acumulación de materia seca, es decir, se ha “llenado” del todo, el ovario hinchado ha ocupado ya todo el espacio disponible situado entre la lemma y la pálea. Una vez seco el grano, las paredes exteriores del ovario se funden íntimamente con las glumillas (grano vestido). El grano de cebada es fusiforme, morfológicamente hablando, las cubiertas lemma y pálea, se arrugan en la época de maduración (Molina Cano, *et al.* 1989).



Figura 1. Grano maduro de cebada.

c. Fisiología de la formación de la espiga y del llenado del grano.

En la cebada, el número final de espigas depende tanto de la cantidad de tallos formados durante el ahijado como de la proporción en la que sobrevivan para desarrollar una espiga viable. Mientras que la formación de tallos se encuentra influida principalmente por el genotipo, la climatología y la fertilidad del suelo; la supervivencia de la espiga es el resultado, por una parte, de la competición entre los distintos órganos en crecimiento (raíces, tallos, hojas y meristemo apical) por un suministro limitado de asimilados y, por otra, del equilibrio entre hormonas reguladoras del crecimiento.

Inmediatamente después de la polinización, el grano de cebada sufre una serie de multiplicaciones. Este período de desarrollo del grano, conocido como *fase cenocítica*, se prolonga durante tres o cuatro días y, a su término, se ha formado un tejido meristemático que constituye el futuro endospermo. La *fase de proliferación celular* finaliza dos semanas después de la fase anterior, en función de la temperatura del aire. La velocidad de formación de células en el endospermo está asociada con el suministro de carbohidratos durante este periodo. De este modo la fase de proliferación determina el tamaño potencial de los granos ya que controla el número total de células producidas por el endospermo. Posteriormente, durante la *fase de expansión*, estas células acumularán más o menos carbohidratos y proteínas, determinando la extensión en que el tamaño potencial del grano se transformará en el peso real.

El desarrollo del grano en la cebada sigue una curva sigmoidea. Durante las primeras etapas de formación del endospermo la velocidad de crecimiento es relativamente lenta, incrementándose progresivamente durante la fase de expansión hasta hacerse casi lineal en función del tiempo para finalizar de forma más o menos brusca (Molina Cano, *et al.* 1989).

En resumen, según López Bellido (1991), el número final de granos desarrollado en una espiga es determinado durante dos fases, que siguen a la formación de la espiguilla y de las flores. La primera fase incluye la antítesis,

fecundación y formación de un número de máximo de granos por espiga. En la segunda fase, el número de granos preformado es reducido de acuerdo con la variedad y las condiciones ambientales, teniendo lugar el desarrollo del grano hasta su completo llenado.

Una vez que el número real de granos ha sido establecido, el tamaño que estos puedan alcanzar durante el periodo de maduración va a determinar la medida en que su capacidad de almacenamiento será utilizada para convertirse en cosecha real.

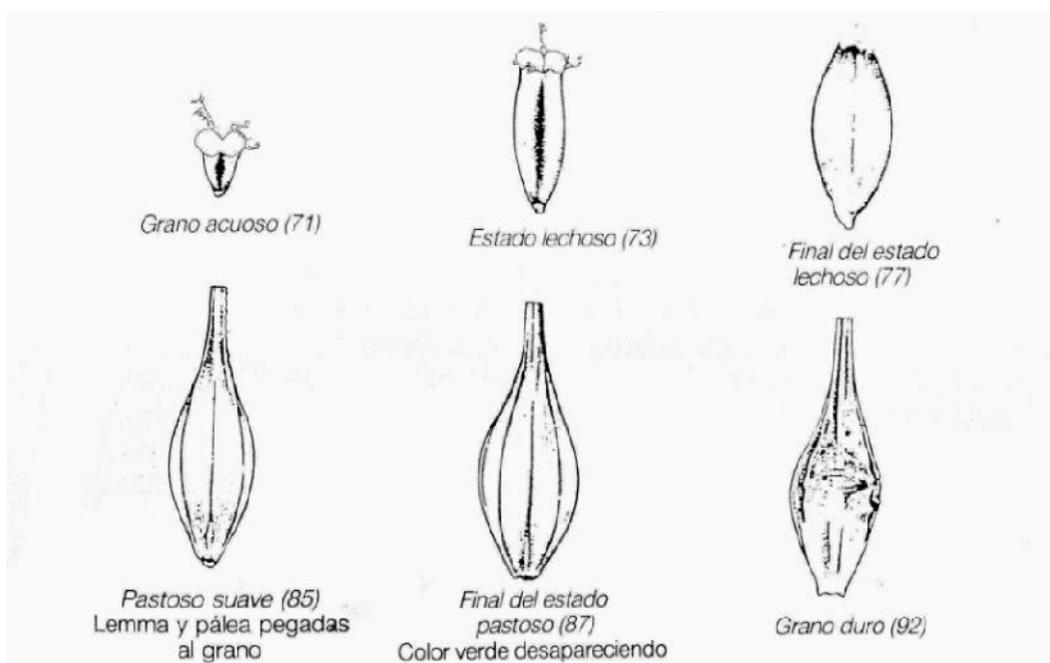


Figura 2. Estados fenológicos en la maduración de la cebada.

3. CICLOS DEL CULTIVO DE CEBADA

La clasificación de la planta de cebada en fases, significa normalmente el tiempo que transcurre entre la siembra y la cosecha de los granos. Por ello los grupos en que se clasifican las variedades se diferenciarán según atiendan a la fecha de recolección o la fecha de madurez del grano ya que cada fase de llenado del grano indicará en que punto de madurez se encuentra.

Normalmente el cereal se clasifica comúnmente en dos grupos, el de otoño y el de primavera.

Las cebadas de primavera tienen un ciclo más corto que las de invierno y son de 130-180 días y 240-270 días respectivamente. Las cebadas de primavera son las habitualmente sembradas en zonas donde el invierno es tan fuerte que la planta sería incapaz de soportarlo, a pesar de tener una resistencia de hasta -10º C una vez sembrado. Estas zonas se encuentran en las altitudes más cercanas a los polos, sin poder sobrepasar los 65º de latitud en Rusia ni en América en el hemisferio norte (Molina Cano, *et al.* 1989). Las cebadas de ciclo corto más comúnmente sembradas son: Clairión, Pewter y Quench según, (GENVCE – Grupo de Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos de España).

Por el contrario, las cebadas de ciclo más largo, las de invierno, son aquellas que se siembran en lugares con inviernos más cálidos, es decir, tiene unas temperaturas soportables por el cultivo. Además estas variedades necesitan la vernalización para realizar su ciclo como es debido por eso tiene que pasar por unos periodos fríos. Las variedades de ciclo largo más comunes en Navarra son: Opal, Naturel, Hispanic, Meseta y Archipel (Según GENVCE – Grupo de Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos de España), siendo las de ciclo largo las más utilizadas en nuestra latitud.

La época de cosecha será aproximadamente en las mismas fechas siendo entre junio y julio los meses comúnmente destinados a la recolección del grano maduro tanto en variedades de ciclo largo (otoño) o ciclo corto (primavera). Las condiciones de recolección varían según su destino, pero deberá ser cosechado con un 12 % de humedad como mucho.

El desarrollo de una plántula de cebada, como cualquier fenómeno biológico es un proceso continuo, sin embargo, pueden distinguirse diversas fases (Molina Cano, *et al.* 1989). Las fases del cultivo de la cebada están identificadas por diversos autores, autores como Zadocks, (1974). Gracias esta normalización de los estados

fenológicos de la cebada, ayudan a unificar el lenguaje que usamos cuando nos referimos a operaciones de cultivo, manejo o toma de datos con fines técnicos o científicos.

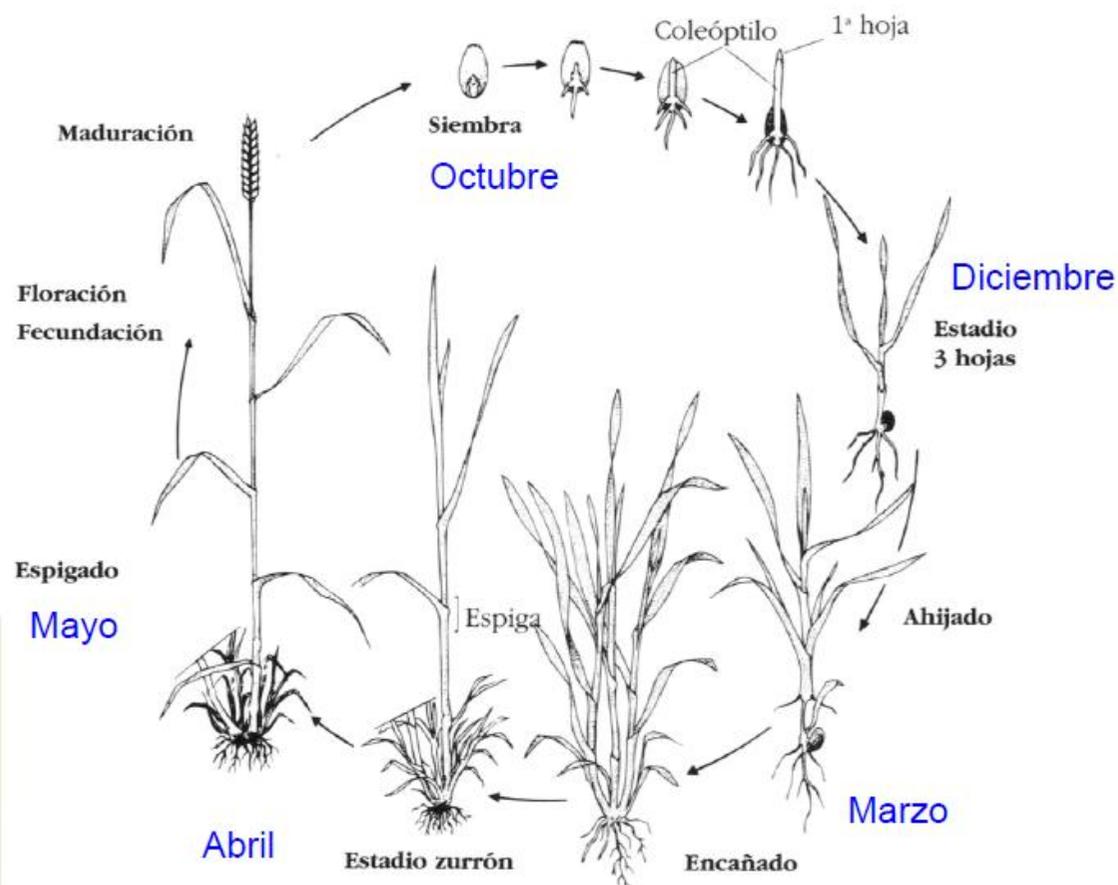


Figura 3. Desarrollo fenológico de un cereal de invierno.

B) ANGUINA SP.

1. INTRODUCCIÓN

El Doctor John Turberville Needham (1713-1781), biólogo Inglés, escribió una carta dirigida al Presidente de la Sociedad Real de Londres el 22 de diciembre de 1747, la cual fue publicada en una revista de la época el año siguiente explicando lo que se había encontrado al abrir un grano de trigo vacío. Así decía la carta: *“Al abrir posteriormente los pequeños granos de trigo manchado, nos proporcionó más que un polvo negro, en lo que se había convertido toda la sustancia de la espiga; percibí una sustancia fibrosa, blanca y suave, que coloqué sobre mi porta objetos.; parecía consistir íntegramente de fibras longitudinales enlazadas entre sí; (...) Hice caer un glóbulo de agua sobre él para tratar de comprobar si las partes separadas podían observarse de forma más conveniente; cuando para mi gran sorpresa, estas fibras (...) instantáneamente se separaron, tomaron vida y se movieron irregularmente, (...) continuaron así por espacio de nueve a diez horas, cuando las deseché”* (Christie, 1970).

Esta fue la primera referencia escrita que se conoce sobre una de las especies del género *Anguina*, *Anguina tritici*, a pesar de que aun no se le conocería con este nombre hasta la aparición de Steinbuch que en 1799 describió la morfología del nematodo con más detalle.

Los nematodos, son animales de simetría bilateral, generalmente de pequeño tamaño, muy a menudo fusiformes y de sección circular. Estos poseen generalmente una abertura bucal bordeada por los labios portadores de los órganos sensoriales, que pueden tener o no estilete y que a continuación de la cual se encuentra la cavidad bucal o *estoma*, un esófago, un intestino y un recto que termina en un ano ventral, terminal o subterminal. El cuerpo se halla recubierto por una cutícula, no presenta metamerización (segmentación) interna y no posee, casi nunca, apéndices externos (Bonnemaison, 1964).

2. TAXONOMÍA

Los individuos del género *Anguina*, pertenecen a la familia *Anguinidae* y esta familia a su vez, pertenece al orden *Tylenchida*. Los nematodos de esta orden, se incluyen a la Clase *Secernentea*. Todos los englobados en esta clasificación, entran dentro del *Phylum Nematoda* (Chitwood, 1958).

3. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL NEMATODO

La cutícula de los miembros de esta familia tiene anulaciones transversales delicadas y además fueron observadas líneas no longitudinales.

El estilete es pequeño y delgado, con el *conus* generalmente mas corto que el eje. En algunas especies de anguina, el *conus* puede estar ligeramente flexionado. Tienen además perillas pequeñas y el esqueleto cefálico débilmente desarrollado. Los transportadores del estilete se adjuntan a las perillas y a la placa basal del esqueleto.

Este género tiene el bulbo esofágico medio con o sin engrosamientos refractarios y el bulbo terminal puede estar en el exterior, ligeramente superpuesto al intestino en el lado dorsal o formando un lóbulo distinto. En algunas ocasiones, las secreciones de la glándula esofágica dorsal pueden acumularse en el istmo o *procorpus* dando la apariencia de un “órgano de almacenamiento” (Thorne, 1961).

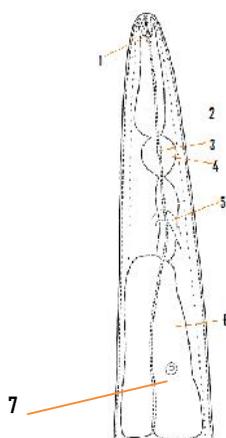


Figura 4. Esquema de *Anguina sp.* Parte superior; 1: Estilete; 2: Faringe; 3: Estrechamiento de la luz del bulbo esofágico medio; 4: Bulbo muscular medio del esófago; 5: Anillo nervioso; 6: Glándula esofágica ventral; 7: Istmo.

Los sexos se hallan separados en dos individuos, masculinos y femeninos. El aparato reproductor macho desemboca directamente en el recto y forma una cloaca, mientras que los órganos femeninos poseen un orificio especial, la *vulva*, situado en la cara ventral. Estos animales poseen aparato excretor y nervioso, pero no contienen, sin embargo, aparato circulatorio (Bonnemaison, 1964)

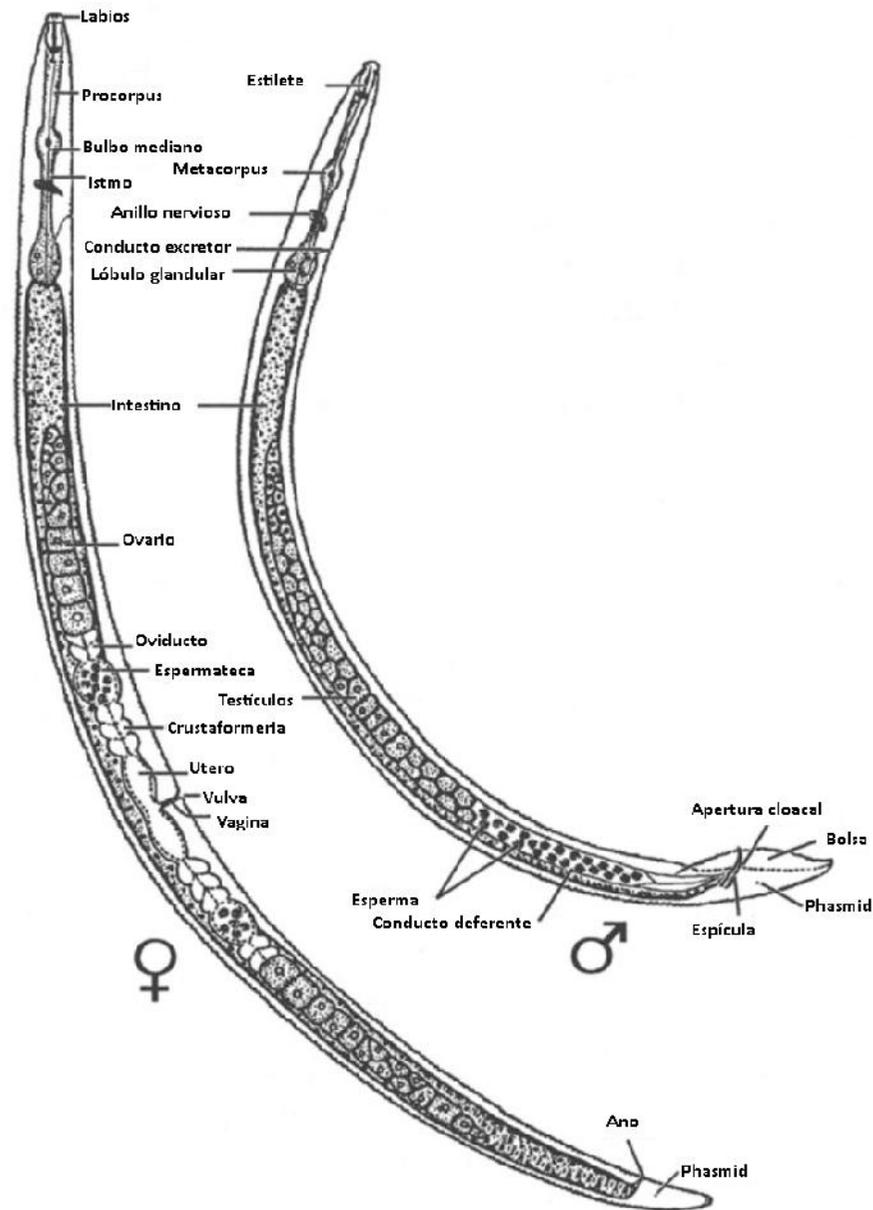


Figura 5. Esquema sobre la morfología de un nematodo hembra y uno macho.

El sistema reproductivo femenino se trata de un sistema prodélfico (disposición de los úteros de forma paralela desde su unión con la vagina). Las pocas células habitualmente presentes en la rama posterior del sistema reproductivo son restos de gónadas pares ancestrales y los labios vulvares pueden estar protuberados

hacia fuera. Unas pocas células firmemente empaquetadas siempre están presentes entre el saco uterino y la *Crustaformería* (región glandular de la parte distal del útero que puede desempeñar un papel en la formación de la envoltura de huevo, a veces llamado el quadricolumella: cuatro filas de células con cuatro células por fila). La evolución hacia el parasitismo esta marcada por el aumento en el número de células en la crustaformería. Tiene formada una espermateca axial. La oogonia puede estar organizada en tándem con algunas o con muchas células en circunferencia. En el último caso es probable que esté presente el raquis.

El macho tiene un par de espículas. La bolsa, en general, envuelve la mayor parte de la cola. Los testículos son similares a la estructura del ovario. Los machos tienen un esperma redondeado (Nicoll, 1935).

Según (Scopoli, 1777), el género *Anguina* consta de hembras engrosadas. El bulbo esofágico medio tiene engrosamientos rectorios (destinado para otras funciones) y el istmo está separado del bulbo terminal por constricción. La crustaformería consta de un tubo largo multinucleado compuesto por células hexagonales y el ovario tiene en su interior muchas oogonias (Célula germinal femenina que representa el primer estadio evolutivo de las células sexuales) en circunferencia. Los testículos de los individuos machos tienen dos flexuras y una bolsa que envuelve la mayor parte del tallo, excepto la punta.

4. CICLO BIOLÓGICO

Los nematodos del género *Anguina* producen agallas sobre las partes aéreas de los vegetales y, por lo general, son parásitos de otras gramíneas también. Algunas especies de *Anguina* penetran en el parénquima de la hoja o del tallo, cuando estas estructuras son recientes o jóvenes y originan el desarrollo de las agallas que a menudo producen cambios morfológicos pronunciados en los tejidos vegetales. Sin embargo, en nuestro caso, la *Anguina* penetra en el tejido del primordio de las flores y provocan estímulos que dan por resultado el desarrollo de una agalla, en lugar de

una semilla normal. Estos individuos que se alimentan de su huésped y que producen pérdidas en la cosecha, en este caso cebada, disminuyen considerablemente el rendimiento de ese año y los siguientes si no se controla el cultivo y/o la parcela. El nematodo se detecta normalmente por la presencia de color negro o marrón en el grano cosechado además de tener un tamaño y un peso menor al normal.

En condiciones naturales, las agallas secas que contienen miles de larvas de segunda muda caen al suelo desde las espigas maduras. Probablemente, las larvas comienzan a abandonar la agalla en otoño y terminan su éxodo en primavera. Las primeras que escapan invernan en los vegetales, si los hay disponibles y ellas llegan a alcanzarlos (Christie, 1970). Según Marcinowski (1909) demostró que las larvas son capaces de vivir en el suelo en estado activo, cuando menos durante seis meses, y según Leukel (1929) las larvas, en busca de vegetales, pueden moverse por el suelo, bien sea horizontal o verticalmente, cuando menos en una distancia de treinta centímetros (Christie, 1970).

Las larvas se sitúan entre las hojas jóvenes que encierran el extremo de crecimiento, y también se sitúan arriba, en los nódulos del tallo, bajo las vainas de las hojas. Leukel (1929) comenta que las plantas de cereal pueden infestarse tan pronto, aunque no antes, como el coleoptilo deja desprender el tallo. Se conservan susceptibles mientras el punto terminal del crecimiento se encuentra cerca de la base de la planta. El clima frío y húmedo favorece la infestación, pues la planta crece con mayor rapidez en climas calurosos y pasa más pronto a través de este periodo susceptible.

Ya en el suelo, al reblandecerse la agalla, las larvas escapan y se desplazan por el sustrato edáfico. Las larvas son principalmente ectoparásitas, aunque protegidas por las vainas de las hojas que la rodean, pues no penetran en los tejidos vegetales en un grado apreciable antes de la formación de los primordios de las flores.

Cuando se forma el primordio de los botones florales, las larvas penetran en el tejido y estimulan el desarrollo de agallas, en lugar de semillas normales. Esto ocurre en todos o en algunos de los granos de la espiga. Esta agalla adquiere un color verde brillante al principio de su formación en el hueco de la semilla de cebada y va oscureciéndose a marrón negrozco a medida que se finaliza el ciclo del cereal. Casi siempre, estos nematodos cumplen su desarrollo una vez a invadida la inflorescencia y rara vez se encuentran adultos en las hojas. Una vez se acaba el ciclo y se procede a la cosecha del cereal, la “semilla” donde se encuentra la agalla cae sola o es expulsada cuando se pasa la cosechadora, por el propio funcionamiento de esta, aunque algunas de las agallas pueden pasar a la tolva de cosecha (Christie, 1970).

En estas agallas en desarrollo, los nematodos crecen rápidamente hasta alcanzar la madurez y las hembras comienzan a producir los huevos. Estas anguinas solo producen una generación cada año.

Las agallas pueden conservarse secas durante un largo periodo, pese a la cual las larvas se mantienen viables y se reaniman al humedecerse. Informa Fielding, (1951) haber echo salir de su estado latente a larvas de agallas que había tenido almacenadas durante 28 años (Christie, 1970).

Cabe decir, que este nematodo sólo puede desarrollarse en un medio suficientemente húmedo; su crecimiento y sus movimientos son extremadamente limitados cuando la humedad es inferior al 10%. Sin embargo, la inmersión y las lluvias fuertes, le son desfavorables (Bonnemaison, 1964).

5. SINTOMATOLOGÍA Y DAÑOS

a. Cultivos a los que afecta

i. Gramíneas

Anguina agrotis: se trata del parásito de los pastos del género *Agrotis*. También son huéspedes los pastos de los géneros *Festuca*, *Phleum* y *Poa*. Se indica

que este nematodo no ocasiona lesiones deformantes notables a los vegetales en desarrollo, aunque las flores infestadas experimentan modificaciones evidentes que se caracterizan por el alargamiento de las brácteas. Se cree que la agalla alargada, de color púrpura, que se observa en el pasto *Agrotis stolonifera* L. es un ovario modificado que, por lo general, contiene un nematodo adulto de cada sexo, aunque en ocasiones se encuentran un macho y dos o tres hembras o con mayor frecuencia, dos machos y dos o tres hembras (Christie, 1970).

Anguina graminophila: produce agallas en las hojas del pasto amófilo *Agrotis tenuis*. Las agallas se forman en los tejidos de las hojas, con mayor frecuencia cerca de su base y cada agallas contienen de dos a doce nematodos adultos de cada sexo (Christie, 1970).

Anguina graminis: es otro nematodo que produce agallas en las hojas de pastos. Se informa que se encuentra en unas nueve especies pertenecientes a los géneros *Agrotis*, *Deschampsia* y *Festuca*. Las vesículas, de color púrpura oscuro muy perceptible, por lo general contienen de cuatro a seis adultos de ambos sexos (Christie, 1970).

→TRIGO

Anguina tritici: La hembra es mucho más grande y de más grosor que el macho; tiene bulo esofágico mediano; la cola es redondeada en su extremo. Este nematodo es considerado como una importante plaga económica en centeno además de en trigo según Esser (1991), pero no se desarrolla la cebada ni la avena.

En la cosecha, las espigas de las plantas atacadas son más cortas que las de las plantas sanas y las prolongaciones de las glumas son casi perpendiculares al raquis. El grano este remplazado por una masa pequeña y casi esférica, marrón o negra y a la cual se le llama *grano añublado* en razón a su parecido con el grano atacado por el tizón. Este grano añublado es una pequeña agalla llena de larvas de nematodos. Estas larvas pueden lograr una supervivencia de 10 años si la agalla se

conserva en un lugar seco. Estas agallas sembradas juntamente con el trigo, se reblandecen en contacto con la humedad del suelo; las larvas recobran la actividad y pululan por la tierra hasta que encuentran una planta de trigo; se introducen en las vainas y llegan al brote terminal. Su presencia retrasa el crecimiento de la planta, las hojas se abarquillan pero no tiene producción de numerosos hijuelos.

En el momento de la formación de la espiga, las larvas penetran en los ovarios de las flores; su desarrollo es, entonces, muy rápido. Llegan a adultos, se aparean y cada hembra pone varios centenares de huevos que no tardan en llegar a la eclosión. Bajo la acción de las picaduras que efectúan estos animales, el ovario aborta y se transforma en una pequeña agalla que puede encerrar, como promedio, una descendencia de 6 a 7 hembras, o sea, de 10.000 a 15.000 larvas, que evolucionan hasta el segundo estado (Bonnemaison, 1964). Algunas variedades de trigo son más resistentes al ataque de este nematodo como son HD-2009 y WH-542 (Parveen, 2003).

ii. Compuestas

Anguina millefolli: Produce agallas en las hojas y se ha informado que aparece, cuando menos, en siete especies del género *Achillea*. En la especie más comúnmente aparecida, *Achillea millefolium*, las agallas son protuberancias irregulares y bastante pronunciadas, que se observan dispuestas en las hojillas. Por lo general, la primera vesícula que se forma en la primavera contiene de dos a ocho nematodos que llegan a ser los adultos de la primera generación de la temporada. Se encuentran representados ambos sexos, aunque no necesariamente en cantidades iguales (Christie, 1970).

Todas estas *Anguin*as mencionadas, no son las únicas, pero si varias de las que están en Europa.

6. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Recientemente, este nematodo no solo ha sido observado en la Comunidad Foral de Navarra, sino también en otras comunidades españolas. En la Figura 6 se observa cual ha sido la distribución geográfica de la plaga.



Figura 6. Mapa de España. En rojo, las provincias donde recientemente se han hallado parcelas infestadas de *Anguina sp.*

Como vemos en la Figura 6, la distribución del nematodo ha sido únicamente en el Noreste del estado. En la comunidad de Aragón, en las provincias de Zaragoza y de Huesca, y en la comunidad de Cataluña, en la provincia de Lleida. La cercanía de las comunidades afectadas indica que de momento es una plaga localizada (Comunicación personal con J. A. Lezaun).

7. PERIODO DE ATAQUE

Como ya se ha comentado anteriormente, los nematodos dispuestos en la parcela, saldrán de las agallas en otoño, cuando la humedad en el ambiente ha aumentado con respecto a la estación anterior y cuando la siembra se haya hecho o se vaya a hacer próximamente. Las lluvias otoñales hidratan el suelo humedeciendo las agallas las cuales se fisuran dejando escapar miles de individuos en busca de un huésped donde realizar su ciclo.

8. INCIDENCIA DE *ANGUINA SP.* EN NAVARRA

En Navarra se ha observado esta sintomatología muy puntualmente en los últimos 3-4 años, aunque ha sido este año cuando se ha mostrado claramente afectada un 2-3 % de la superficie de cebada y ha provocando pérdidas que si bien globalmente no representan más del 0,3% de la cosecha global de Navarra, sí han sido significativas en algunas zonas. La identificación del agente causante del problema de las “espigas vacías de cebada” como el nematodo de las agallas, fue realizada este pasado mes de junio por técnicos del ITG Agrícola, junto con el Laboratorio de Biología Vegetal del Gobierno de Navarra, y posteriormente ratificada por el laboratorio de referencia de nematodos de Madrid (Nota de prensa del INTIA sobre anguina, 2011)

En el mes de junio de 2011, se realizó una prospección en la zona donde más afección se ha visualizado. Se muestrearon 132 municipios, sin encontrarse su presencia en 112 de ellos (85%). En 10 municipios (8%) se localizó alguna parcela aislada con síntomas, en 6 municipios más (5%) se alcanzó una afección leve, puesto que el número de parcelas afectadas era inferior al 10% de incidencia de dicho nematodo, mientras que sólo en 4 municipios (3%) se consideró que la afección era grave porque el número de parcelas afectadas superó el 10% de incidencia.

C) RESOLUCIÓN LEGAL PARA EL CONTROL DE LA ANGUINA SP.

El Director General de Agricultura y Ganadería, Ignacio Guembe Cervera, mediante la Resolución 574/2011, del 15 de Junio, establece que se deben tomar medidas cautelares y fitosanitarias para el control de *Anguina cf. tritici*. o nematodo de las agallas del cereal, para estos cultivos de invierno.

La resolución toma a este organismo como *Anguina cf. tritici*, es decir, como el nematodo del trigo, pese a que sus ataques en las pasadas campañas fuera única y exclusivamente en cebada. *A. tritici* no se considera como un patógeno de nueva aparición, puesto que ha sido visto con anterioridad en diferentes países de la Unión Europea (España, Alemania y Francia), como fuera de ésta (Egipto, Etiopía, México, EE. UU.). Por eso, en la Directiva 2000/29/CE del Consejo de 8 de mayo de 2000 relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad, no aparece citado. No obstante, los efectos nocivos del mismo pueden suponer un importante problema fitosanitario para el sector productor de cereales de la Comunidad Foral de Navarra, y producir posibles pérdidas económicas importantes.

Aunque no se conozcan datos concretos de su biología y de sus formas de difusión más habituales, según esta resolución, es preciso llevar a cabo pautas de actuación en aquellos aspectos que se consideren, desde un punto de vista técnico, prácticas adecuadas para el control del mismo. Por ello, esta resolución, considera preciso definir medidas cautelares y fitosanitarias en el marco dispuesto en el Artículo 12 de la Ley Foral 4/2007 del 23 de marzo de sanidad vegetal, con el fin de controlar y evitar la propagación de dicho nematodo.

Dichas medidas deben incluir prospecciones generales para detectar la presencia del organismo, deberá llevar a cabo asesoramiento técnico y se deberá formar a los integrantes del sector cerealista para identificación de la sintomatología. Además deberán abarcar en la medida de las posibilidades, el control de la

propagación de movimientos de material vegetal, restos de cosecha, tierra y maquinaria, así como la rotación de cultivos en donde se haya detectado su presencia como mejor vía para el control del citado organismo.

Dicha resolución, aconseja que sea conveniente que se efectúe una evaluación continua de los resultados de tales medidas y que se considere la posibilidad de aplicar posteriormente otras en función de los resultados de esa evaluación.

Finalmente, la resolución 574/2011 del 15 de Junio, establece que:

- A) Aprobar las medidas cautelares y fitosanitarias para el control de Anguina cf tritici o "nematodo de las agallas del trigo" en los cultivos de cereal de invierno de la Comunidad Foral de Navarra.
- B) Las disposiciones contenidas en esta resolución serán de aplicación en el ámbito territorial de la Comunidad Foral de Navarra y afecta a los cultivos de cereales de invierno tanto para consumo como para la producción de semilla.
- C) La Dirección General de Agricultura y Ganadería del Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente directamente o a través de sus entes instrumentales y de la Estación de Avisos como instrumento de apoyo técnico en la lucha contra las plagas tal y como dispone el artículo 11 de la Ley Foral 4/2007 de 23 de marzo de Sanidad vegetal llevará a cabo las siguientes actuaciones:
 - 1.-Inspecciones oficiales para detectar la presencia del organismo en las zonas donde se cultive cereal, especialmente en las que se ha detectado en esta campaña la presencia, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 7 de la Ley Foral 4/2007 de 23 de marzo de sanidad vegetal relativo a poner en conocimiento de la administración por parte de los particulares, toda aparición atípica de organismos nocivos o de sus síntomas.

2.-Asistencia técnica a las cooperativas y explotaciones agrarias, así como prospecciones y analíticas para la detección.

3.-Acciones informativas, formativas y de experimentación.

4.-En las parcelas agrícolas o áreas previamente definidas, en donde se haya confirmado la presencia del organismo, se determinan las siguientes medidas cautelares y fitosanitarias:

- I. El cereal obtenido, no podrá tener como destino la producción de semillas, teniendo en cuenta algunas excepciones.
- II. Las parcelas no podrán ser utilizadas para la producción de semillas de cereal en la campaña siguiente.
- III. Se determina la existencia de razones fitosanitarias, para la excepción prevista en lo relativo a la quema de rastrojos. Será necesaria la autorización para su ejecución, con el fin de que se lleven a cabo de forma controlada.
- IV. Se recomienda extremar las medidas de limpieza de la maquinaria agrícola utilizada.
- V. Se recomienda realizar la recolección de esas parcelas en último lugar.
- VI. Se recomienda la práctica del barbecho o la inclusión de un cultivo alternativo distinto del cereal.
- VII. A la vista de la evolución del organismo en campañas sucesivas, las medidas recomendadas podrán pasar a ser obligatorias.
- VIII. La ejecución de estas medidas será con cargo a los afectados, y bajo su responsabilidad.
- IX. La presente Resolución entrará en vigor al día siguiente de su publicación.

Objetivos

1. Conocer los posibles cultivos huésped del nematodo.
2. Determinar los estados fenológicos del cultivo, en los que se detecta la presencia del nematodo.
3. Determinar el efecto del cambio de la fecha de siembra en la incidencia del nematodo.
4. Conocer la propagación de las agallas con la semilla.
5. Conocer el comportamiento de los granos de cebada infectados, durante el proceso de recolección.
6. Contabilizar la presencia del nematodo en la zona de Larraga, Mendigorri y Mañeru durante 2011 y 2012.

Material y métodos.

1. ZONA DE ESTUDIO

1.1. Localización

Ensayo “cultivos sensibles”: La parcela donde se ha realizado el ensayo para conocer su incidencia en otras especies está situada cerca del cruce de Larraga con Berbinzana, a 7 kilómetros de la villa de Larraga, en la comarca de Tafalla. Se encuentra a unos 38 km de Pamplona y se trata de la parcela 269, polígono 5 según el registro catastral. Esta parcela tiene una extensión de casi 60.000 m², a pesar de que para el ensayo sólo se ha utilizado una pequeña parte de la parcela.

Ensayo “propagación por semilla”: La parcela donde se encuentra el ensayo de inoculación de agallas en siembra de cebada en regadío, queda dentro de la finca experimental del INTIA en Sartaguda. La finca queda situada en la Ribera Alta del Reino, a 82 km. de la capital de la comunidad y se trata de la parcela 1342 del polígono 3. Dentro de ésta parcela el ensayo fue ubicado en la sub-parcela H.



Figura 7. Mapa de Navarra. Quedan marcados en rojo los municipios donde se han realizado los ensayos, Larraga (sup.) y Sartaguda (inf.)

2. Diseño Experimental.

2.1. Ensayo de “cultivos sensibles”



Figura 8. Vista aérea de la parcela del ensayo de Larraga. Polígono: 5; Parcela: 269

Este ensayo ubicado en Larraga se trata de un ensayo de bloques al azar con 4 repeticiones. Consta de 6 niveles: Trigo, cebada de ciclo largo, cebada de ciclo corto, avena y guisante, y barbecho. Todas las especies de ciclo largo fueron sembradas el 25 de octubre, excepto la cebada de ciclo corto, que fue sembrada el 21 de diciembre.

Cada parcela elemental tiene unas dimensiones de 3 metros de ancho y 54 metros de largo. No hay separación entre parcelas. A su vez, cada una de estas parcelas se ha dividido en 4 parcelas de 10 m de largo separados por 2 m de pasillo por donde se circula con el tractor para realizar de abonado, aplicación de herbicidas y cualquier otra labor que se considere necesaria. Finalmente podemos decir que el ensayo esta formado por 72 mini parcelas de 3x10.

A continuación se muestra el esquema del diseño del ensayo.

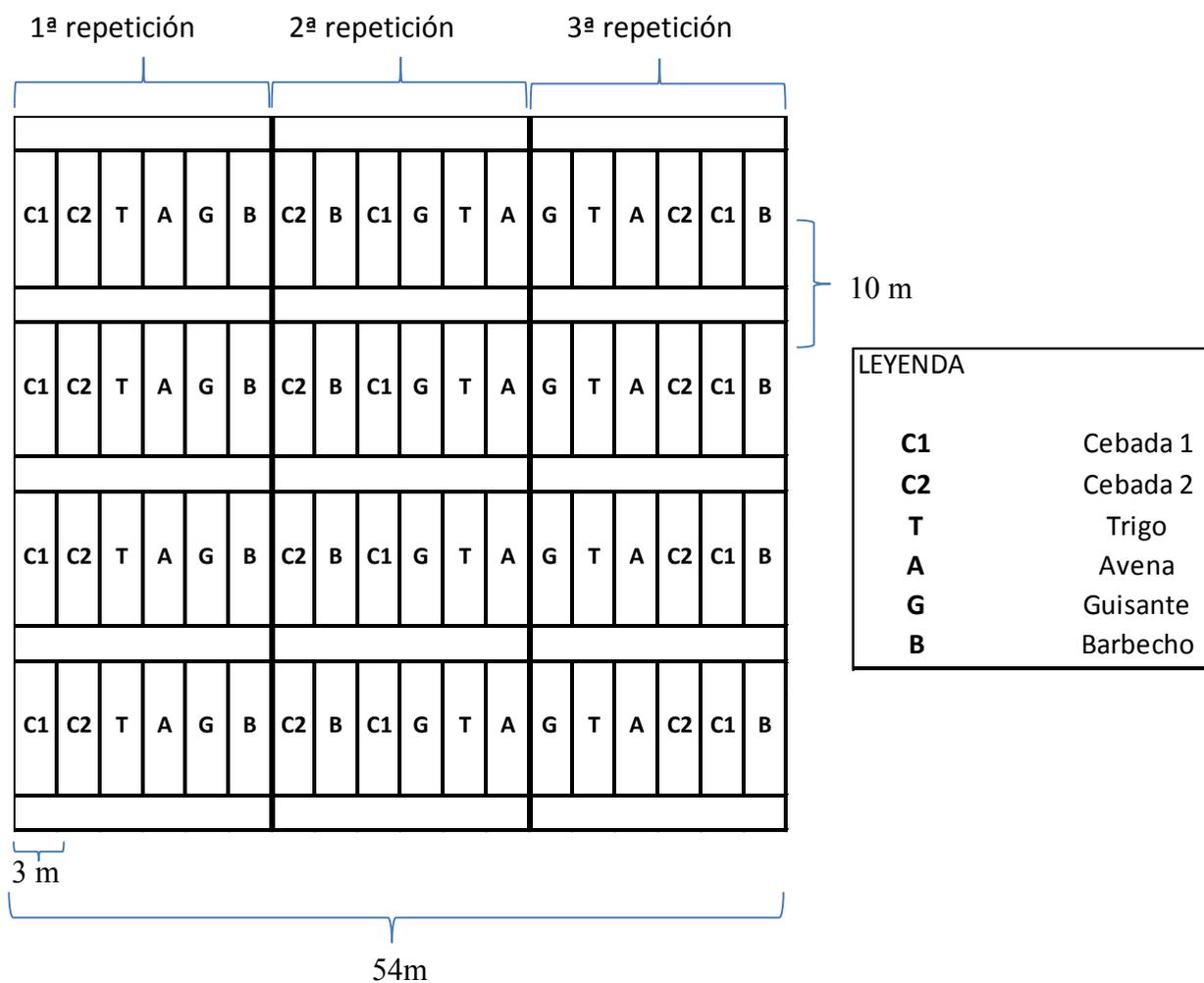


Figura 9. Distribución de las especies en el ensayo. C1, corresponde a la cebada sembrada el 25/10/2012 y C2 corresponde a la cebada sembrada el 21/12/2012.

2.2. Ensayo inoculación de semillas afectadas



Figura 10. Vista aérea del ensayo de siembra de cebada inoculada con agallas de *Anguina sp.* Polígono: 3; Parcela: 1342; Sub-parcela: H. Localizado en el Municipio de Sartaguda.

Este ensayo está situado en una de las parcelas de experimentación dentro de la finca de INTIA en Sartaguda. Se trata de un ensayo de un solo factor, la presencia de anguina en semilla cosechada, en bloques al azar con 2 tratamientos y 3 repeticiones. El ensayo se sembró con cebada de ciclo largo variedad Meseta el 25/11/11 con una dosis de 400 semillas/m².

Se eligió una parcela en la que no se había sembrado cebada en varios años para evitar que pudiera estar contaminada de *Anguina sp.* y se realizó el laboreo habitual para la siembra de cereal.

El tratamiento número uno no están infestadas con agallas del nematodo. Sin embargo, al tratamiento número dos se le añaden un 2% de agallas, es decir, 2 agallas por cada 100 semillas. El borde (B) también estará libre de *Anguina*. En total el ensayo consta de 100 m².

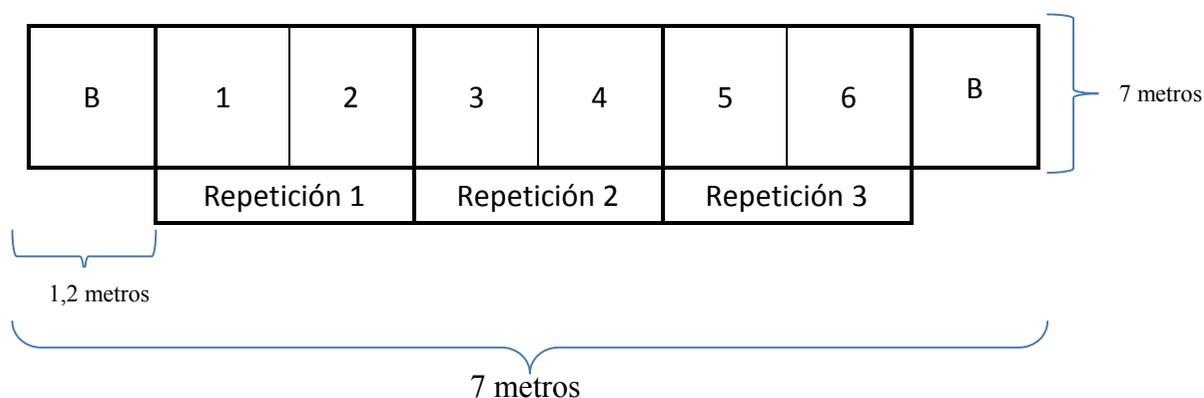


Figura 11. Distribución del ensayo de inoculación de agallas de *Anguina sp.* en la siembra de cebada.

No se realizaron tratamientos nematicidas ni insecticidas, con el fin de no influir en el resultado. Además, como es una finca que limita con frutales, se le colocó una maya protectora contra pájaros para que estos no pudieran interferir en el ensayo.

Las mini-parcelas fueron cosechadas para controlar el paso de semillas infectadas a la tolva de la cosechadora. Previo a la cosecha, se realizan análisis visuales de la presencia del nematodo en el ensayo.

2.3. Continuidad del nematodo en las campañas 2011-2012

La incidencia del nematodo en la villa de Larraga fue determinada por el Instituto Técnico en Gestión Agrícola (ITGa) ahora llamado INTIASA en el mes de junio de 2011. En junio de 2012, se visitaron las mismas parcelas que se habían visitado el año anterior.

3. Material vegetal

3.1. Ensayo de cultivos sensibles.

Las variedades de las distintas especies han sido las siguientes:

Tabla 3. Especies y variedades de los cultivos sembrados en Larraga.

Nº	Variedad	Fecha de siembra
Cebada 1	Meseta	25/10/12
Cebada 2	Meseta	21/12/12
Trigo	Nogal	25/10/12
Avena	Aintree	25/10/12
Guisante	James	25/10/12
Barbecho	---	

La variedad de cebada sembrada, ha sido Meseta (Marisa S.A.) de dos carreras. Es una variedad comúnmente utilizada en Navarra, por su adaptación al medio, rusticidad y alto rendimiento. Es una variedad de ciclo largo, con una alta resistencia a algunas enfermedades como Rincosporiosis (*Rhynchosporium secalis*). Además obtiene un alto peso específico y un alto potencial de rendimiento y tiene una fecha de espigado media. Presenta una planta de talla baja, con una capacidad de ahijamiento bastante elevada y con un comportamiento medianamente resistente frente al encamado. Muestra una resistencia media a la mayoría de las enfermedades foliares (GENVCE, 2007).

El trigo nogal (Marisa. S.A.), es una variedad de trigo blando de ciclo largo. Se debe destacar su elevado potencial de producción así como su buena adaptación a todas las zonas agroclimáticas y productivas. Presenta una alta resistencia a la Roya parda (*Puccinia tritici*). Se obtiene un elevado peso específico, y un contenido en proteína que se ha clasificado como medio a alto. Presenta buenas harinas panificables aunque su calidad harinera varía en función del contenido en proteína del grano: para los valores más bajos ha presentado harinas de media fuerza y

tenaces; por el contrario, para los más altos se han considerado muchas veces como mejorante y equilibrada (GENVCE, 2007).

En el caso de la avena Aintree, se trata de un cereal de ciclo largo. Variedad de avena muy sembrada en Navarra, con buena productividad, y bien adaptada a diferentes situaciones. Su sensibilidad al encamado es media. El ciclo la hace apropiada tanto para siembras tempranas como para un poco más tardías. (ITGa Avance informativo; boletín nº 219, Agosto 2011)

El guisante de la variedad James se sembró con intención de averiguar si este nematodo afectaba también a alguna leguminosa. Con lo que sus características productivas tampoco son nuestro mayor interés.

3.2. Ensayo inoculación de semillas afectadas

La cebada utilizada en este ensayo ha sido también variedad Meseta de dos carreras. Como ya he explicado anteriormente, es una variedad comúnmente utilizada en Navarra, por su adaptación al medio, rusticidad y alto rendimiento (GENVCE, 2007).

Las agallas utilizadas, son agallas de *Anguina* sp. que se recogieron en la anterior campaña con el fin de utilizar exactamente el mismo patógeno que atacó los cultivos de cebada.

3.3. Continuidad del nematodo en las campañas 2011-2012

En el mes de junio de 2011, al identificarse el problema, se realizó una prospección visual del cultivo de cebada en Navarra. Se muestrearon 132 municipios de la zona media de Navarra, más concretamente, de los municipios más cercanos a Larraga, donde se encontró el mayor porcentaje de incidencia. Se anotaron las incidencias de esos municipios, con el fin de poder analizarlos con las incidencias aparecidas en 2012.

En junio de 2012 se realizó una nueva prospección en la zona de mayor afección en la campaña anterior, aunque la situación de los cultivos no era la misma que el año anterior a causa de la sequía invernal. Muchos de los agricultores que sembraron cebada en 2011, se decantaron por cultivar otras especies en esta última campaña, evitando de este modo la incidencia del dicho nematodo en el cultivo y por consiguiente en sus parcelas.

4. Calendario de labores y muestreos

4.1. Ensayo de cultivos sensibles.

4.1.1. Calendario de labores

TRABAJO	FECHA	DOSIS/ha	Descripción del trabajo previsto (P)
Labrar	Ago-11		Vertedera / chisel
Labores preparatorias	Sep-11		Grada / Rastra
Superfosfato (45%)	Oct-11	120 kg	Presiembra
Siembra	Oct-11		Sembradora chorrillo de cereal. Cebada: 400 granos/m ² / Trigo: 500 / Avena: 450 / Guisante: 84
Sulfamida (40%-N y 14% SO ₃)	Ene-12	60 UF (N) y 21 UF (SO ₃)	1ª Cobertera
Herbicida	Nov-11		Herbicida antigramineo y antiodico a aplicar en post emergencia de malas hierbas.
Pasillos	Ene-12		Pase rotavator, pasillos de 2 metros de anchura en las cabeceras del ensayo y entre repeticiones separadas por filas
Cosecha	Jul-12		Con cosechadora de microparcelas

4.1.2. Riego

La parcela donde se ha realizado el ensayo se trata de un terreno de secano, es decir, el riego aportado al terreno no ha sido otro que el aportado por las precipitaciones en la zona. Bien es cierto, que este año no ha llovido todo lo esperado y por esta razón se le realizó al ensayo, un aporte de agua mediante cisterna para tratar de salvar los cultivos que estaban sufriendo una grave sequía. Este riego fue realizado el 07/03/2012 y se le hizo un aporte hídrico al suelo de 20 litros/m².

4.1.3. Toma de muestras

A lo largo de la campaña de los cultivos, se ha ido realizando algunas tomas de material vegetal con el fin de analizarlas en laboratorio y determinar cuando y donde se encuentra el nematodo. Principalmente se tomaron las muestras de cebada ya que fue en este cultivo donde hubo incidencia en las campañas anteriores. Se tomaron 5 muestras en diferentes estados del cultivo.

Tabla 4. Muestras tomadas a lo largo de la campaña 2011-2012.

TOMAS DE MUESTRA	FECHA
Toma de muestra 1º	11-dic
Toma de muestra 2º	21-feb
Toma de muestra 3º	01-abr
Toma de muestra 4º	29-abr
Toma de muestra 5º	06-may

Las 5 muestras se tomaron de la misma forma. En primer lugar, el técnico se coloca en un extremo, al comienzo de la mini-parcela. Avanza dos metros desde su posición hacia el frente y se desplaza medio hacia un lado, como indica la Figura 12 y recoge 5 plantas enteras (incluso con raíz) de la parcelilla. Así, de este modo, como la parcelilla tiene 10 metros, se toman 20 plantas por cada parcelilla para su posterior análisis en laboratorio.

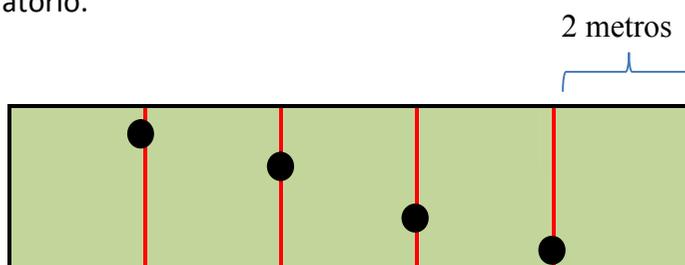


Figura 12. Croquis toma de muestras en una mini-parcela en el ensayo de cultivos sensible.

Además, al final del ciclo de los cultivos, se realiza un conteo de espigas “erectas” por metro cuadrado. Para este análisis se utiliza una décima de metro cuadrado y se coloca a los pies del cultivo para contar el número de espigas infectadas por el nematodo. La décima de metro cuadrado se lanza al azar para realizar el conteo. El resultado obtenido por esa décima parte de metro cuadrado se multiplica por diez, y así, de este modo, conocemos la incidencia de *Anguina sp.* en un metro cuadrado.

4.1.4. Cosecha

La cosecha se realizó con una cosechadora de mini-parcelas el 12/07/2012, habiendo realizado ya todo el conteo pertinente.

4.2. Ensayo de inóculo en semilla

4.2.1. Calendario de labores

TRABAJOS	FECHA INICIO	FECHA FINAL	Descripción del trabajo previsto (P)
Laboreo	Octubre	Noviembre	Laboreo habitual para la siembra de cereal
Preparación de la semilla	Octubre	Noviembre	Semilla variedad Meseta. La semilla debe estar libre de Anguina. Se añadirán agallas de Anguina en una proporción de 2% (2 agallas por cada 100 semillas). No se añadirá ningún producto fitosanitario para desinfectar la semilla
Siembra	Noviembre	Noviembre	Con sembradora de microparcels a la dosis de 400 semillas/m ²
Abonado	Febrero	Marzo	Urea
Herbicidas	Febrero	Marzo	En función de la problemática.
Insecticidas	Noviembre	Junio	No se realizará ningún tratamiento insecticida-nematicida al ensayo para evitar la interacción con el resultado.
Cubrir con redes	Abril	Junio	Cubrir con redes antipájaros para evitar que dañen el ensayo
Cosecha	Junio	Julio	Cosechadora de microparcels. No se controlará la cosecha, pero se cogerán muestras de todas las parcelas

4.2.2. Riego

Esta parcela de Sartaguda corresponde una parcela de regadío, es decir, se aplicó un riego en las parcelas del ensayo. La dosis de riego aproximada fue de unos 35-40 l/m² en cada riego y las fechas de riego se concentraron en tres épocas distintas: 24 de febrero, 20 de marzo y 30 de mayo de 2012. El riego del ensayo fue escaso ya que con el aporte de agua por lluvias cubrió el resto de las necesidades hídricas del cultivo.

4.2.3. Toma de muestras

Se tomaron 500 gr de cebada de la tolva de la cosechadora de cada una de las mini parcelas para realizar el conteo de granos infectados con agalla. Esos 500gr de cebada, se llevaron a analizar al Laboratorio de Calidad agroalimentaria de Villava, para que el técnico de laboratorio analizase dicha muestra grano a grano.

En primer lugar, se identifican las semillas pequeñas o de escaso desarrollo y se separan del resto de semillas sanas. Una vez separas las poco desarrolladas de las sanas, se deberá comprobar si las primeras tienen en su interior agallas de color oscuro o si por el contrario, son semillas poco desarrolladas por otras causas.

Después de realizar la comprobación, se separan las semillas sanas, las semillas con poco desarrollo y las semillas infestadas y se hace un conteo para saber el porcentaje de presencia de agallas en esos 500 gr de muestra.

4.3. Continuidad del nematodo en las campañas 2011-2012

4.3.1. Siembra

En 2011, todas las parcelas prospectadas eran de cebada, ya que era en el único cultivo en el que había aparecido el nematodo, pero en 2012, un 68% de las parcelas realizaron una rotación cambiando el cultivo de cebada por otra especie. Un 59 % de las parcelas afectadas el año anterior se encontraban sembradas de trigo, un 4% de girasol, un 1% de colza, un 2% de maíz y también un 2% de barbecho. Solamente un 32% de las parcelas repitieron cultivo y se sembraron nuevamente de cebada.

4.3.2. Riego

Generalmente, las parcelas prospectadas, pertenecían a cultivos en secano, por lo que el riego era suministrado por las precipitaciones producidas en la zona.

4.3.3. Toma de muestras

Las muestras fueron tomadas de forma numérica midiendo la incidencia del nematodo en las parcelas. El técnico se desplazó a cada una de las parcelas para

realizar un reconocimiento de estas. Si existía incidencia, se debía tomar el porcentaje de infección en cada una de esas parcelas. El método de toma de datos, se realizo mediante una décima de metro cuadrado, el cual se depositaba en el cultivo, y se realizaba el conteo de espigas erectas y el total de espigas, tanto sanas como vacías, dentro de éste recuadro. Tras la toma de datos, las parcelas se separaban según el grado de infección entre el 0, 1, 5, 25 y 50% de incidencia. El dato obtenido sobre la décima de metro cuadrado, se multiplicaba por diez, y se conocía el porcentaje de incidencia en un metro cuadrado teniendo como referencia que en un metro cuadrado se encontraron unas 300 espigas de media.

5. Métodos de análisis de muestras

5.1. Análisis realizado en el Laboratorio de Calidad Agroalimentaria de Villava.

El análisis de laboratorio se ha llevado a cabo utilizando técnicas específicas del análisis de material vegetal infestado de nematodos. Concretamente se ha utilizado el método de análisis de Baermann (Talavera Rubia, 2003)

La técnica de Baermann es usada para separar las larvas del nematodo del material vegetal a analizar. Ésta técnica se basa en la migración activa o movimiento de los organismos. El equipo utilizado comúnmente para está técnica es el siguiente:

- Embudo – tamaño de acuerdo a requerimiento
- Base para embudo
- Tubo de silicona
- Clip de abrazadera o resorte
- Gasa
- bisturí
- Punzón
- Microscopio
- Siracusa
- Pipeta Pasteur + alfiler
- Cajas de Petri (de plástico o cristal)
- Pinzas
- Agua
- Cubre objetos y portaobjetos

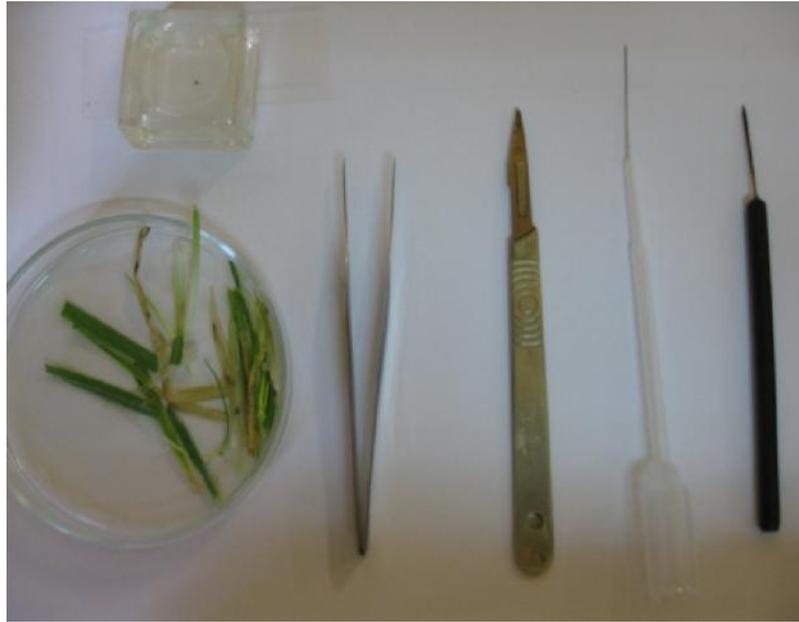


Figura 13. Varios de los materiales utilizados en el análisis de laboratorio. Arriba: portaobjetos sobre una *Siracusa*. Abajo, de Izq. a Dcha.: Placa Petri con restos de material vegetal, pinzas, bisturí, pipeta Pasteur + Alfiler y punzón.

PROCEDIMIENTO

1. Se colocan los embudos sobre unos soportes para que queden suspendidos. en la boca más pequeña del embudo se inserta un tubo de silicona, de fácil manipulación, para poder cerrarlo con un clip metálico, con el fin de que no se nos escape la muestra a analizar.
2. La muestra de cebada obtenida en la parcela de ensayo se separa en unidad de planta y se procede a su despedazamiento con el fin de facilitar su raspado con el bisturí. Este raspado ayuda a que los individuos que están en las hojas, raíces y espiga se desprendan del material vegetal con mayor facilidad. El raspado además esta acompañado con agua y se realiza sobre una placa Petri para que no se pierdan organismos en el proceso. tras el análisis de tres o cuatro unidades de planta, se traspasa el material vegetal y el agua con el raspado al embudo con la gasa para filtrar los posibles organismos en la muestra de los materiales vegetales analizados. Este embudo se llena de agua y se deja reposar para que los organismos puedan decantarse en el fondo de la

“manguerilla” la cual esta limitada con la pinza. Debemos asegurarnos que el material vegetal queda totalmente sumergido.

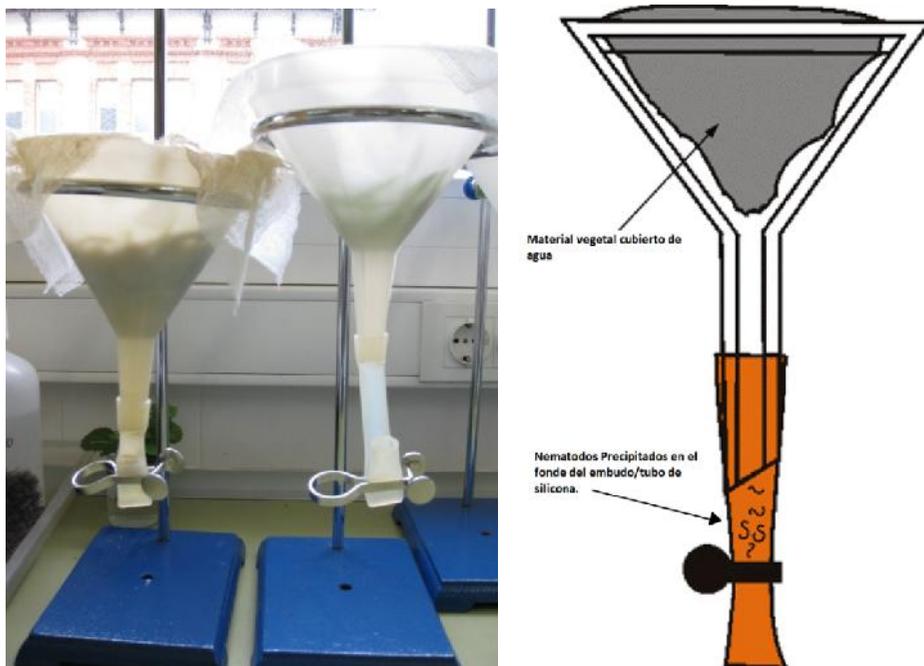


Figura 14. Imagen de dos embudos con "manguerilla" de silicona y pinza de metal. Dentro del embudo se encuentra el material vegetal con una gasa como filtro del material con los organismos (Izq.). Los nematodos se precipitan en el fondo de la "manguerilla" que se decantaron hasta el codo producido por la pinza de metal (dcha.).

3. Al cabo de 24 horas, los nematodos y otros posibles organismos, se encuentran decantados en el fondo de la "manguerilla", con la solución acuosa. En ese tiempo la mayoría de los nematodos de la muestra habrán descendido hasta el final del embudo ya que los individuos de *Anguina* son nematodos de gran tamaño comparado con el resto de las familias de nematodos.
4. Abrimos el clip y recolectamos los nematodos en una placa Petri.
5. Se realiza un análisis visual previo al microscopio para visualizar si se tienen individuos de la familia *Anguinidae*. Una vez visualizado algún individuo sospechoso de pertenecer a la familia, se capturan con la pipeta Pasteur, a la que se le ha añadido un alfiler con la punta arqueada al final de éste, y se coloca sobre un portaobjetos. Se añade una gota de agua sobre el porta y se coloca el cubreobjetos.

6. A continuación se procede a la identificación del nematodo.
7. Si el resultado es positivo, se manda una muestra de la las cebadas ha analizar al laboratorio de referencia de Madrid.
8. Si el resultado es negativo, se desecha el material analizado y se repiten los pasos con el resto de la muestra a analizar.

6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente con el programa SPSS 15.0 para Windows, mediante el análisis de la varianza y una separación de medias utilizando el test de Duncan con un nivel de significación del 5%.

Resultados y Discusión

1. Ensayo de cultivos sensibles

a. Análisis de plantas durante el ciclo del cultivo

En el ensayo de cultivos sensibles al nematodo se realizaron unos muestreos en todas las especies cultivadas. Como vemos en la Tabla 5, el único cultivo afectado por el nematodo, fue el cultivo de la cebada. El resto de especies no mostraron individuos de *Anguina sp.*, en ninguno de los muestreos realizados a lo largo de la campaña.

Tabla 5. Fechas y resultados de los análisis realizados a todas las especies del ensayo de cultivos sensibles.

Tomas de muestra	Fecha	Cebada	Trigo	Avena	Guisante
Toma de muestra 1º	11-dic	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Toma de muestra 2º	21-feb	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Toma de muestra 3º + Madrid	01-abr	¿Negativo?	Negativo	Negativo	Negativo
Toma de muestra 4º	29-abr	¿Negativo?	Negativo	Negativo	Negativo
Toma de muestra 5º	06-may	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo

Únicamente se encontró en el cultivo cebada, de la variedad meseta, incidencia del nematodo en los análisis realizados. Por ello, los análisis que se detallan seguidamente, hacen referencia solamente al cultivo de cebada.

En las dos primeras muestras, no se encontró incidencia del nematodo en las plantas de cebada. Estas plantas aun eran pequeñas y no tenían demasiado desarrollada la espiga.

La tercera toma de muestras de cebada fue dividida en dos lotes, ya que uno de los lotes se enviaría al laboratorio de referencia en Madrid. Esta muestra fue enviada para que analizaran la incidencia del nematodo en la planta y para encontrar individuos, algo necesario para poder determinar la especie. En el lote analizado en el Laboratorio de Calidad Agroalimentaria de Villava no se encontró ningún nematodo causante de agallas, sin embargo, en el Laboratorio de Referencia de

Madrid, se encontró un único individuo del nematodo *Anguina sp.* Esto puede deberse a que los análisis del laboratorio de referencia hallan podido ser más exhaustivos que los análisis realizados en el laboratorio de Villava, y a que en estas fechas, que aun se encuentra el nematodo en L2, se encuentran dificultades para diferenciar el nematodo con el resto de tejidos vegetales.

La cuarta muestra que fue analizada únicamente en el Laboratorio de Villava, tampoco se encontró rastro del nematodo, a pesar de que la espiga estaba ya formada. La no aparición de nematodos en la muestra tomada, podría deberse a que el nematodo aun estuviera en L2, y fuese realmente difícil haberlo detectado con el material utilizado en el Laboratorio de Villava. Si se hubiese enviado una muestra al Laboratorio de Madrid, se podría haber detectado algo, pero no se envió ninguna muestra.

Sin embargo, en la quinta muestra, cuando la espiga estaba ya en un avanzado estado de desarrollo, fue la única muestra en la que se encontraron agallas del nematodo en el Laboratorio de Villava. Estas agallas no eran maduras, ya que el color de estas no era de color oscuro o de un tono pardo-negruzco, si no que tenían un tono verde brillante. Dentro de estas agallas se encontraron nematodos adultos, los cuales fueron enviados a Madrid para la confirmación de la especie.

Según Christie (1970), el nematodo abandona la agalla en otoño en busca del cultivo y acaban su ciclo al final de la primavera. Cuando se ha formado el primordio de los botones florales, las larvas en L2, penetran en el tejido y estimulan el desarrollo de agallas, en lugar de semillas normales. En estas agallas en desarrollo, los nematodos crecen rápidamente hasta alcanzar la madurez y las hembras comienzan a producir los huevos. Por esto, al no crear la agalla casi al final de la campaña del cultivo y el pequeño tamaño de las larvas L2 del nematodo, es difícil encontrar individuos de *anguina* antes de la formación de la agalla.

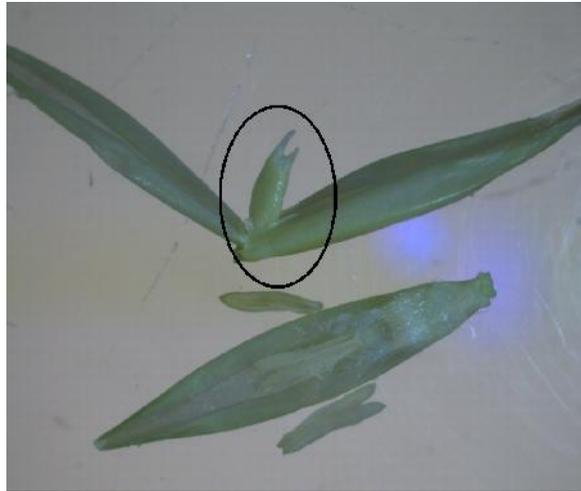


Figura 14. Agalla verde dentro de un grano de cebada (Sup.) y grano sano en el cual se ven los estambres (inf.)



Figura 15. Nematodo adulto (Izq.) de una agalla verde (Dcha.) y agrupación de huevos sin eclosionar expulsados por la agalla verde (Circulo rojo). Visto en lupa a 20x de aumento.



Figura 16. Nematodos en L2 (flechas negras) y huevos sin eclosionar (Circulo rojo) de la misma agalla verde. Visto en lupa a 40x de aumento.

b. Análisis de espigas maduras próximas a la cosecha.

Al final de la campaña, el cultivo de la cebada manifestó la presencia del nematodo en sus espigas. Sin embargo, el resto de especies no manifestaron ningún tipo de evidencias sobre la incidencia del nematodo.

Como ya hemos dicho, el cultivo de cebada fue el único cultivo que manifestó la presencia del nematodo en sus espigas. Las espigas de cebada afectadas tenían unas características fáciles de diferenciar a simple vista ya que estas tienen un menor tamaño comparado con espigas sanas tal y como vemos en la Figura 17.



Figura 17. Espiga Infectada por Anguina sp. (Izq.) y espiga sana (Dcha.)

Los granos afectados, al no desarrollar su ciclo de forma adecuada y a que el espacio que ocupa la semilla ha sido sustituido por la agalla del nematodo, también son fáciles de diferenciar. Además, si observamos las semillas con atención, podríamos ver como dentro de las glumillas se encuentra un cuerpo extraño, la agalla, de color oscuro y de un tamaño menor a la semilla sana. Como la agalla es de un tamaño menor a la semilla sana, el grano queda considerablemente reducido y la diferenciación con los granos sanos queda visualmente clara como podemos ver en la Figura 15.



Figura 17. Semillas sanas (Izq.), semillas con agallas (Centro) y agallas extraídas de las semillas infectadas (Dcha.)

Estas agallas que se encuentran en el interior de la semilla, son fácilmente visibles a trasluz (Véase Figura 18) y por eso es fácil reconocerlo en campo.



Figura 18. Semillas infectadas por *Anguina* sp. vistas a trasluz

En este ensayo se muestrearon todos los cultivos, pero en trigo, en avena y en guisante no se encontró afección alguna por nuestro nematodo, por lo que

únicamente se muestrearon las espigas de cebada. Se analizaron tanto las de ciclo largo, como las de ciclo corto, por ello, la fecha de siembra será nuestro factor final de este estudio.

Los datos se han repartido según las épocas de siembra. Los datos de color tostado, se refieran a la cebada de ciclo largo, es decir, a la cebada sembrada en primer lugar el 25/10/2011. En cambio, los datos de color azul corresponden a los de segunda época de siembra o ciclo corto, sembrado el 21/12/2011. De este modo analizaremos los datos según parcelilla y según la época de siembra.

Tabla 6. Resultados obtenidos en el muestreo de espigas afectadas/m2. "O" hace referencia al mes de Octubre y "D" al de Diciembre.

Parcela	Nº espig afectadas/ 1m ²										
O1A	20	D1A	0	D2A	0	O2A	0	D3A	10	O3A	10
	40		10		0		0		10		0
	30		0		40		0		0		20
	100		10		20		0		10		0
	30		20		10		0		0		10
	30		30		10		0		0		0
	50		0		20		10		0		0
	10		10		0		0		0		0
	30		0		0		0		0		0
	30		0		0		0		10		0
O1B	10	D1B	30	D2B	0	O2B	10	D3B	0	O3B	0
	10		10		0		0		0		10
	60		30		10		0		10		0
	0		30		10		0		0		20
	10		100		0		10		20		10
	0		30		0		0		0		0
	70		50		0		20		0		0
	70		0		0		10		0		0
	30		70		0		0		0		0
	70		40		0		0		0		10

Como observamos en la Tabla 6, los resultados de los conteos de espigas infectadas por metro cuadrado, varían mucho en función de la localización de las parcelillas. Para realizar un análisis estadístico, utilizaremos el test de Duncan. Este test compara pares de medias, y por eso, hemos realizado la media de las muestras con el mismo tratamiento. Como vemos en la Tabla 7, se ha realizado la media con los datos del mismo mes (Octubre o Diciembre), y de la misma repetición (1, 2 o 3).

Tabla 7. Resumen de datos para el análisis estadístico.

Tratamiento	Repetición	Sub-muestra	Media
Octubre	1	A	35
Octubre	1	B	
Octubre	2	A	4
Octubre	2	B	
Octubre	3	A	5,5
Octubre	3	B	
Diciembre	1	A	23,5
Diciembre	1	B	
Diciembre	2	A	6
Diciembre	2	B	
Diciembre	3	A	2,5
Diciembre	3	B	

Tras realizar el análisis mediante el programa estadístico SPSS 15.0, mediante el test de Duncan, los resultados han sido los siguientes:

Tabla 8. Medias Marginales Estimadas.

Fecha de siembra	Media	Error típ.
Octubre	14,833	10
Diciembre	10,667	6

Tabla 9. Variable dependiente: Espigas/m2.

F	GI1	GI2	Significación
1,399	1	4	0,302

Habiendo analizado los datos mediante el test de Duncan con un nivel de significación del 5%, el resultado obtenido es $p=0,302$.

Como $p=0,302 > 0,05$, estadísticamente se concluye que no hay diferencias significativas si el factor es la fecha de siembra.

Aunque la fecha de siembra no influye de manera significativa, se observa una tendencia a reducir la infección del nematodo con el retraso de la siembra, si bien dicho retraso no fue suficiente garantía para erradicar el problema.

Sin embargo, Singh, et al. (1988) realizaron un estudio sobre la fecha de siembra con *Anguina tritici* que afecta a trigo, y concluyeron que el retraso de la fecha de siembra produce una mayor incidencia del ataque del nematodo. Según estos autores, el nematodo tiene más tiempo para la infección porque la planta realiza un crecimiento más lento cuanto más tardía es la siembra. Esto sería contradictorio con nuestros resultados, pero conviene indicar: i) que las diferencias entre fechas de siembra no han sido significativas, y ii) que el nematodo estudiado en este Trabajo Final de Carrera, no es *Anguina tritici*.

2. Ensayo de inóculo de semilla

En el ensayo de inóculo de *Anguina sp.* en las semillas de siembra, se analizaron las muestras de las semillas cosechadas. Este fue el resultado de la toma de muestras:

Tabla 10. Cuadro resumen de presencia del nematodo en el ensayo de Sartaguda.

Parcela	Repetición	Inóculo	Presencia (nº nematodos/500gr)
1	1	No	0
2	1	Si	3
3	2	No	0
4	2	Si	2
5	3	No	0
6	3	Si	4

Solamente en las parcelas donde se sembró con inóculo del nematodo, ha aparecido la incidencia y en el resto de parcelas la incidencia ha sido nula.

Parece ser que la cosechadora no recoge todos los granos infectados, y eso puede ser debido a que el grano infectado tiene un menor peso al resto y la

cosecadora puede que haya expulsado esos granos ligeros mediante sus ventiladores. Estos ventiladores son utilizados para eliminar la paja y otros elementos indeseados de los granos limpios. Por eso, como el peso, los granos infectados han podido ser expulsados de nuevo a la parcela.

Aun y todo, hay un porcentaje que si que llega a la tolva, y por eso, es recomendable no usar las semillas cosechadas en la siembra de parcelas si existen evidencias del nematodo. De ahí que la resolución legal indique varias actuaciones ha realizar durante la campaña y en las campañas siguientes. Entre ellas recomienda realizar inspecciones oficiales para detectar la presencia del organismo en las zonas donde se cultive cereal, especialmente en las que se ha detectado la presencia del nematodo. Además, en las parcelas agrícolas o áreas previamente definidas, en donde se haya confirmado la presencia del organismo, se determinan varias medidas cautelares y fitosanitarias, como que las semillas provenientes de parcelas infectadas no podrán usarse como semilla de siembra, se recomienda cosechar las parcelas afectadas en último lugar, la practica del barbecho, la utilización de semillas certificadas para evitar la entrada del patógeno a nuestra parcela, etc.

Según Limber (1980) el cual realizó un estudio sobre la migración vertical de los nematodos en el suelo, el nematodo es capaz de desplazarse como máximo de 7 a 19 cm, aunque el 75% de los nematodos se encuentran en el primer cm de suelo. Esto es indicador de la baja movilidad de los nematodos para desplazarse de un lado a otro y por ello solo pudieron aparecer espigas infectadas unicamente en las parcelas donde se sembraron las semillas con el inóculo y no donde estaban libres del nematodo.

3. Continuidad del nematodo en las campañas 2011-2012.

En la campaña cerealista finalizada en 2010-2011, se analizaron los municipios de Larraga, Mendigorria y Mañeru, con intención de conocer la incidencia del nematodo en estas zonas cerealistas y poder conocer datos de reales de

afección. Tras esta prospección, se observaron estos porcentajes, todos ellos en cultivos de cebada, donde se encontró el nematodo:

Tabla 11. Cuadro de cultivos prospectados campaña 2011.

Prospección de municipios	Número	Porcentaje
Parcelas Prospectadas	190	
No encontrados síntomas	117	62
Afección leve (1%)	37	19
Afección moderada (25%)	26	14
Afección significativa (50%)	10	5

Al final de la campaña cerealista del año 2011-2012, se realizó la misma prospección. Como observamos en la Tabla 12, el 58% de los cultivos de cebada del año anterior, fueron cambiados por el cultivo de trigo, el 4% por el de Girasol, el 2% por el maíz o por el barbecho y el 1% por la colza. El 1% restante, se trata de campos cosechados, que no se pudo prospectar si era cebada o no. Únicamente el 32%, repitió el cultivo de cebada.

Tabla 12. Porcentaje de cultivos de rotación del año 2012.

CULTIVO	Porcentaje
Trigo	58
Cebada	32
Girasol	4
Barbecho	2
Maíz	2
Colza	1
Cosechado	1

Se analizaron los campos de cebada y se obtuvieron el porcentaje de incidencia de estos campos. Como vemos en la Tabla 13, el 67% de las parcelas prospectadas habían cambiado de cultivo. De las 49 parcelas que cultivaron cebada de nuevo, el 82% estaban libres de *Anguina sp.*, el 12% tenían un 1% de incidencia, que aunque sea bajo, sin un tratamiento adecuado de la parcela, la incidencia podría ir en aumento los siguientes años. En un 2% de las parcelas se encontraron un 25% de incidencia y en el 4% restante se analizaron unas parcelas con hasta el 50% de incidencia.

Tabla 13. Porcentaje de campos infectados según la incidencia mostrada en campo

Prospección de municipios	Número	Porcentaje
Parcelas Prospectadas	153	
Otros cultivos	104	67
Afección en cultivos de cebada	Número	Porcentaje
Parcelas de cebada	49	
No encontrados síntomas	40	82
Afección leve (1%)	6	12
Afección moderada (25%)	1	2
Afección significativa (50%)	2	4

Tabla 14. Comparación del porcentaje de incidencia en la campaña 2011-2012

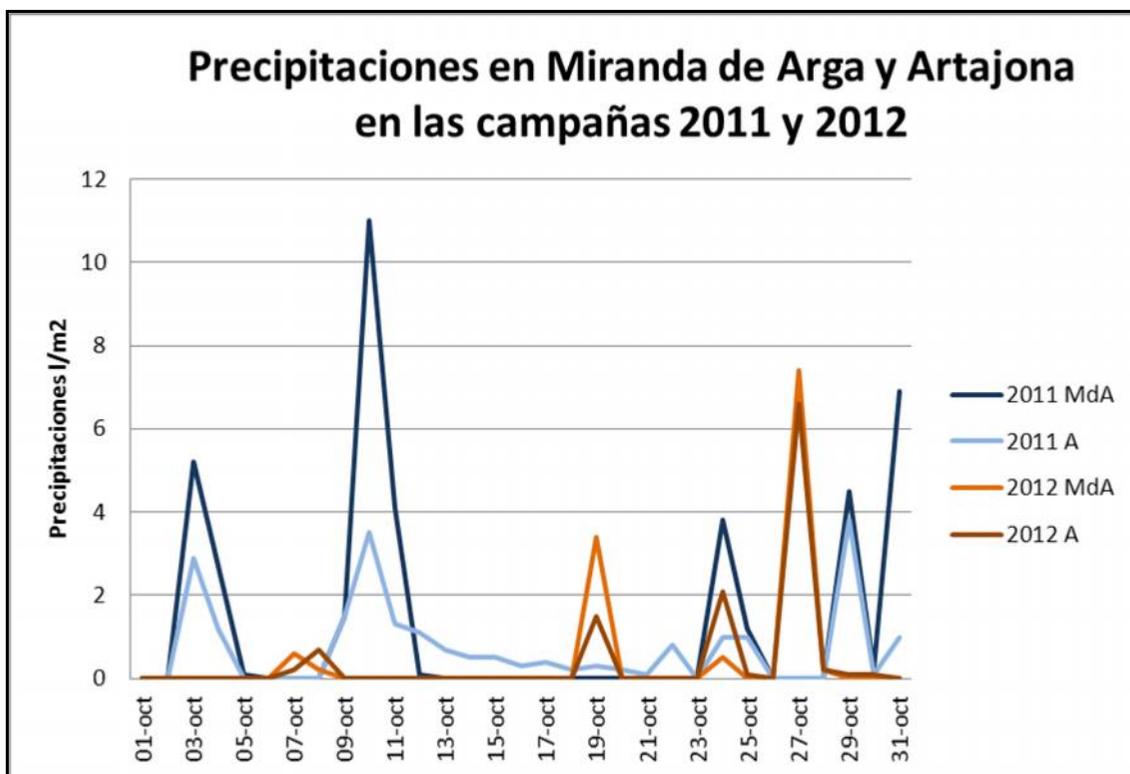
Incidencia	2011 (% de incidencia)	2012 (% de incidencia)
No encontrados síntomas	62	82
Afección leve (1%)	19	12
Afección moderada (25%)	14	2
Afección significativa (50%)	5	4

Como vemos en la Tabla 14, en la campaña 2012 de cebada el porcentaje de incidencia ha disminuido en los porcentajes de 1, 25 y 50% y han aumentado las parcelas libres del nematodo.

La presencia del nematodo en el cultivo, como ya hemos dicho, depende de la humedad en el suelo en la época de germinación del grano, y la humedad del suelo varía en función de las precipitaciones en la zona. Según Bonnemaïson (1964), los nematodos solo pueden desarrollarse en medios suficientemente húmedos. Con una humedad relativamente baja, las agallas no se rompen, por ello es necesaria la humedad, pero con la inmersión y las lluvias fuertes, los nematodos se ven desfavorecidos y el parasitismo se ve dificultado.

Las precipitaciones durante el mes de octubre en 2012, fueron inferiores a octubre de 2011, originando una baja humedad del suelo en un momento crítico para la eclosión de las agallas (Gráfica 1). Como consecuencia de ello, la población de

nematodo se pudo ver reducida y particularmente, en las parcelas con un porcentaje de incidencia bajo en 2011 (1-5%).



Gráfica 1. Precipitaciones ocurridas en los meses de octubre en los municipios de Miranda de Arga y Artajona.

Conclusiones

1. Se ha detectado la presencia del nematodo (*Anguina sp.*) en cebada (cv. Meseta). No se ha detectado ni en trigo (cv. Nogal), ni en avena (cv. Aintree), ni en guisante (cv. James).
2. En cebada, utilizando métodos sofisticados de laboratorio se puede observar la presencia del nematodo en la espiga, desde la aparición de la última hoja. De forma más sencilla (lupa cuanta hilos) se puede observar la presencia de la agalla de la espiga, a partir del inicio de la floración.
3. El retraso de la fecha de siembra no es suficiente garantía para eliminar los daños por infección del nematodo.
4. La utilización de semilla infectada facilita la propagación del nematodo.
5. Durante el periodo de recolección, parte de los granos infectados caen al suelo y parte se lleva con lo cosechado.
6. En Larraga, Mendigorri y Mañeru, el porcentaje de parcelas de cebada con incidencia del nematodo ha disminuido en la campaña 2012, respecto a la campaña 2011.

Bibliografía

- **Bellido L.L., 1991:** “Cultivos herbáceos. Vol. 1. Cereales”. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 85, 98, 135, 140-144, 263-271.
- **Bellido L.L.:** “Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España” Parte II. Abonado de los principales cultivos en España. Córdoba (España). Pp. 123-133
- **Bonnemaison L., 1964:** “Enemigos Animales, de las plantas cultivadas y forestales”. Tomo I. Ed. Industrias gráficas García. Barcelona. Pp. 11 – 32.
- **Brzeski M.W., 1981:** “The genera of Anguinidae (Nematoda, Tylenchida)”. Ed. Instytut Warzywnictwa. Skierniowice (Poland). Reveu Nématol. 4 (1). Pp. 23-36.
- **Christie J. R., 1970:** “Plant nematodes” Editado originalmente por: Estaciones Agrícolas Experimentales de la Universidad de Florida en 1959. Ed. Español por Limusa en 1970 como “Nematodo de los vegetales, su ecología y control”. México. Pp. 196 – 208
- **Clement-Grandcourt M. y Prats J., 1969:** “Los cereales”. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 242
- **Coyuntura agraria.** Datos de superficies y rendimiento cerealista de la Comarca V. www.cfnavarra.es/agricultura/coyuntura/coyuntura.htm
- **Dirección General de Agricultura y Ganadería, 2011:** Resolución 00574/2011 de 15 de junio. “Medidas cautelares y fitosanitarias para el control de *Anguina cf. titici* o “nematodo de las agallas del trigo” en los cultivos de cereal de invierno de la Comunidad Foral de Navarra.

- **Esser R.P., J.H.O'Bannon and R.A.Clark, 1991:** "Procedures to detect wheat seed gall nematode (*Anguina tritici*) should an infestation appear in Florida". Circular nº 186. Florida Dept. Agric. and Consumer Serv. Division of plant industry. Florida (EE.UU.)
- **FAO.**Requerimientos de cebada: www.fao.org/docrep/W2962S/w2962s07.htm.
- **GENVCE,** Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cereales en España. www.genvce.org/.
- **Gokte N. y Swarup G., 1987:** "Studies on morphology and biology of *Anguina tritici*". Ed. Indian Journal Nematology nº 17(2). Pp.306-317.
- **ITGa, 2011:** Avance informativo Boletín nº 219. "Recomendaciones de nuevas variedades"
- **Limber D. P., 1980:** "Measurement of vertical migration of *Anguina tritici* in soil under experimental conditions". Ed. Plant Important Branch, Plant Quarentine Division, Agriculture Research Services, Unite States Departament of Agriculture.
- **Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente:** www.magrama.gob.es
- **Molina Cano J.L., 1989:** "La cebada. Morfología, fisiología, genética, agronomía y usos industriales". Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- **Parveen R., Khan A.A., Imran M. y Ansari A.A, 2003:** "Response of wheat varieties to the seed gall nematode, *Anguina tritici*". Ed. Plant Pathology and

Nematology Laboratories, Department of botany, Aligarh Muslim University.
India. Nematol. Media, nº 31. Pp: 103-104

- **Prescott J.M., Burnett P.A., Saari E.E., Ransom J., Bowman J., De Millano W., Singh R.P., Bekele G., 1986:** “Enfermedades y plagas del trigo: Una nueva guía para su investigación”. Ed. Mundi prensa. España. Pp: 99

- **Singh R., Beniwal M.S, Karwasra S.S. y Saharan H.S., 2009:** “Effect of sowing date on the incidence of loose smut flag smut and seed gall of wheat. Ed. Bangladesh J. Agril Res. 34(1). Bangladesh (India). Pp. 1-4

- **Taylor A.L., 1971:** “Introducción a la nematología vegetal aplicada”. Guía de FAO para el estudio y combate de los nematodos parásitos de las plantas. Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma

- **Talabera Rubia M., 2003:** “Manual de nematología agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal”. Ed. Conselleria d’Agricultura i Pesca de les illes Balears. Islas Baleares (España). Pp. 18-19