



Departamento de Producción Vegetal y Agronomía



ROTACIONES DE CULTIVO EN SISTEMAS DE LABOREO DE CONSERVACION EN ZONAS SEMIÁRIDAS

Equipo investigador: AURORA SOMBRERO SACRISTÁN
AVELINO DE BENITO MUÑOZ
ISABEL GONZÁLEZ BARRAGÁN
M^º AMPARO ALVAREZ NIETO

Duración: 2002-2004

Financiación: INIA. Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias (RTA-02-058-C3-1).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y Objetivos

La agricultura española de este nuevo milenio requiere para su propia subsistencia una adaptación a la política agrícola comunitaria con perspectivas de la ampliación a países lejanos a nuestro entorno. Teniendo en cuenta las características de nuestra agricultura semiárida, la competitividad va a ser un componente desfavorable para la sustentabilidad del sector. Por tanto, la viabilidad de nuestras explotaciones requiere la utilización de otros sistemas de cultivo que propicien una disminución notable de los costes de producción. A este respecto, las rotaciones de cultivo en laboreos de conservación, mínimo y no laboreo, son muy importantes para una agricultura próspera puesto que solucionan graves problemas y cubren riesgos producidos por el monocultivo de cereal, además de que la reducción del laboreo de los suelos supone un gran ahorro de medios y de inputs de producción que repercute indudablemente en el beneficio económico de los agricultores.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con sistemas de laboreo de conservación en los proyectos precedentes "Alternativas de laboreo para la agricultura de zonas semiáridas" (1994-1997) y "Alternativas de laboreo de conservación para la agricultura de zonas semiáridas" (1998-2001), cabe pensar que en gran parte de los suelos españoles tan castiga-

dos por el monocultivo de cereal y por el exceso de labor, es posible realizar rotaciones en estas técnicas de laboreo y así aumentar la fertilidad de los suelos.

En este proyecto han participado tres equipos de investigación de las comunidades de Madrid, Navarra y Castilla-León coordinados desde esta región.

Los objetivos fijados en este proyecto fueron:

- 1) Estudio del efecto de las rotaciones y de los sistemas de laboreo de conservación sobre las propiedades del suelo.
- 2) Racionalización y optimización de la fertilización de acuerdo con los cultivos y con los nutrientes del suelo.
- 3) Identificación, evolución y control de la flora arvense en las rotaciones de cultivo en los sistemas de laboreo. Utilización de plantas herbicidas en el control de malas hierbas en laboreo convencional y no laboreo.
- 4) Comparación del desarrollo y producción de los cultivos de las rotaciones en los laboreos de conservación.
- 5) Evaluación económica de las rotaciones de cultivo en estos sistemas.

Situación actual y Resultados

En Castilla-León, los ensayos se iniciaron en 1994/95 en Torrepadierne (Burgos) y desde la campaña 2001, se introdujo la rotación de cebada/garbanzo/cebada/veza/trigo en los tres sistemas de laboreo (Laboreo Tradicional, LT; Laboreo Mínimo, LM y No laboreo, NL). En Zamadueñas (Valladolid), los ensayos se implantaron en la campaña 2001 y las rotaciones sembradas en Laboreo Tradicional (LT) y No Laboreo (NL) fueron: Centeno/cebada/guisante, Centeno/guisante/cebada y Cebada/cebada/cebada.

Los cultivos de garbanzo y veza en Torrepadierne (Burgos), debido a las malas condiciones climatológicas (heladas y lluvia) y de siembra en estas dos campañas, no tuvieron buena implantación, no pudiendo realizarse el seguimiento de su desarrollo como se hubiera deseado. En estas parcelas, al tener menor número de plantas de cultivo, la infestación de malas hierbas fue tan grande que no se obtuvo cosecha.

El diseño experimental fue un split-plot con cuatro bloques donde factor principal fue el sistema de laboreo y subfactor, las rotaciones de cultivos. La valoración del efecto de las rotaciones y del laboreo sobre los parámetros señalados en los objetivos se realizó, siguiendo el modelo de diseño descrito, con el programa estadístico S.A.S.

En Torrepadierne, las diferencias encontradas en las propiedades físico-químicas del suelo han sido considerables, así, el contenido de materia orgánica, fósforo, potasio y el porcentaje de nitrógeno en el suelo aumentaron con diferencias altamente significativas en los laboreos de conservación, mínimo y no laboreo con respecto al laboreo convencional en los quince primeros centímetros del suelo. En las rotaciones de cultivo, el contenido de materia orgánica y el porcentaje de nitrógeno en el suelo aumentaron en las de leguminosas frente a los cultivos de cereal, si bien el contenido en fósforo y potasio no mostraron diferencias entre rotaciones.

La compactación del suelo en la capa arable fue menor en el laboreo tradicio-

nal hasta el desarrollo del cultivo, pero después los valores se igualaron. En el subsuelo la compactación fue mayor en este sistema debido a la formación de la suela de labor.

Las especies que representaron más del 90% de malas hierbas en el ensayo de Torrepadierne por orden de importancia fueron: *Gallium*, *Bromus*, *Sinapis*, *Papaver*, *Lithospermum*, *Caucalis*, *Quenopodium*, *Poligonum* sp. La densidad total de plantas y la biomasa de malas hierbas en estado de ahijamiento del cereal fue diferente entre sistemas de laboreo y rotaciones (Tabla 1). Así, en los laboreos de conservación, y sobre todo en mínimo laboreo, la presencia de malas hierbas fue mayor y diferente que en el laboreo tradicional. La proliferación de *Bromus*, *Gallium* y *Papaver* fueron más abundantes en el mínimo laboreo. La biomasa de malas hierbas siguió una tendencia similar que el número de plantas, excepto en la campaña 2002 donde el desarrollo de malas hierbas fue mayor significativamente en no laboreo que en los otros sistemas. En cuanto a rotaciones, en la primera campaña el número de plantas de malas hierbas fue mayor en los cultivos de veza y trigo, mientras que en la segunda campaña las diferencias aparecieron en las rotaciones cereal/leguminosa como resultado de la no presencia de los cultivos anteriormente descrito.

La influencia de la competencia de las malas hierbas se hizo evidente en las producciones de cultivo. En general, las producciones fueron menores en los laboreos de conservación (Tabla 2). El rendimiento de cereal presentó diferencias significativas entre sistemas de laboreo y fue menor en no laboreo que en el laboreo tradicional en las dos campañas. Los resultados de las rotaciones de cultivo mostraron una producción mayor en la rotación cereal/barbecho y cereal (cebada)/cereal (trigo) que en la rotación cereal/leguminosa debido sobre todo a la gran invasión de malas hierbas que presentaron las parcelas de leguminosa en la campaña 2002. En la siguiente campaña, la producción de cereal fue menor en la rotación cereal (cebada)/leguminosa, mientras que en la rotación cereal (trigo)/leguminosa fue mayor.

Tabla 1. Densidad total de plantas de la flora arvense en función del sistema de laboreo y de las rotaciones durante dos campañas en Torrepadierne (Burgos). LT; laboreo tradicional; LM, laboreo mínimo y NL, no laboreo. C/C, cereal/cereal; C/B, cereal/barbecho; C/L, cereal/Leguminosa y L/C, leguminosa/cereal.

Campañas	2001/2002		2002/2003	
Sistemas de laboreo	Densidad Plantas/m ²	Gramos/m ²	Densidad Plantas/m ²	Gramos/m ²
LT	319 b	5,43 c	641 b	8,70 c
LM	785 a	21,15 b	1869 a	22,43 a
NL	448 b	34,74 a	965 ab	16,63 b
Rotaciones				
C/ C L/C	404bc	22,15 ab	547 b	10,14 c
C/B L/C	259 c	12,50 b	551 b	10,22 c
L/C C/L	202 c	13,48 b	2187 a	28,55 a
C/L C/C	592 ab	20,47 ab	796 b	12,80 bc
L/C C/L	1129 a	33,20 a	1711 a	17,87 b

Los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 2. Producción de cereal en tres sistemas de laboreo y diferentes rotaciones de dos campañas en Torrepadierne (Burgos). LT; laboreo tradicional; LM, laboreo mínimo y NL, no laboreo. C/C, cereal/cereal; C/B, cereal/barbecho; C/L, cereal/Leguminosa.

2002	2003	2001/2002	2002/2003
Sistemas de laboreo		Rendimiento (Kg./ha)	Rendimiento Kg./ha
LT		2377 a	2802 a
LM		2187 a	1478 b
NL		1873 b	1685 b
Rotaciones			
C/C	Cebada /L	2114 a	1011 c
C/B	C/C	2378 a	1466 b
C/L	Trigo /L	1945 b	3024 a

Los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes.

Los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes.

En el ensayo de Zamadueñas, las especies más representativas fueron: *Fumaria*, *Sinapis*, *Quenopodium*, *Poligonum sp.*, *Papaver* y *Lactuca*. La densidad de plantas de malas

hierbas fue mayor significativamente en el laboreo tradicional que en no laboreo, si bien, en las distintas rotaciones no se observaron diferencias claras entre ellas.

La producción de cebada fue significativamente mayor en siembra directa que

en laboreo tradicional en la primera campaña, mientras que en la segunda estas diferencias no aparecieron (Tabla 3). En cuanto a rotaciones, en la segunda cam-

paña, la producción de cebada, guisante y centeno fue similar en todas las rotaciones, realizando el análisis separadamente.

Tabla 3. Producción de cereal en dos sistemas de laboreo y diferentes rotaciones de dos campañas en Zamadueñas (Valladolid). LT; laboreo tradicional; y NL, no laboreo.

	Campaña 2001/2002	Campaña 2002/2003
Sistemas de laboreo	Rendimiento (Kg./ha)	Rendimiento Kg./ha
LT	1858 b	1297 a
NL	2215 a	1189 a
Rotaciones		
Centeno/Cebada	1990 ab	1372 a
Guisante/Cebada	—	1310 a
Cebada/Cebada	2098 ab	1304 a
Centeno/guisante	2009 a	1323 a
Cebada/guisante	1925 b	1116 a
Cebada/Centeno	2263 a	1182 a
Guisante/centeno	—	1311 a

Los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes.



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE VIGILANCIA Y PREVENCIÓN DE PROTECCIÓN VEGETAL Y CLIMATOLOGÍA. RED DE VIGILANCIA – NORTE

Equipo investigador: AVELINO DE BENITO MUÑOZ
ALBERTO PEREZ SANZ

Duración: 2000-2004

Financiación: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (2003-000967).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y Objetivos

El desarrollo experimental de nuevas tecnologías de la comunicación e información, y concretamente las recientes herramientas disponibles para la difusión y gestión de la información en Internet, hacen de los Sistemas de Información Geográfica, S.I.G., una herramienta indispensable en los procesos de toma de decisiones. Estas herramientas, introducen componentes especiales y llegan a un mayor número de usuarios por su integración con los datos disponibles.

Dado que el clima ejerce una influencia significativa sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas y de los animales; la existencia de estaciones agroclimáticas en determinadas zonas representa un potencial de información extremadamente importante para la planificación y el desarrollo agropecuario.

La zona fronteriza entre Castilla y León y Portugal, que limita con las provincias de Zamora y Salamanca, está caracterizada por una orografía acentuada, con valles encajados y zonas semi-montañas con microclimas característicos y temperaturas superiores a las medias de las provincias limítrofes. De esta diversidad parte la necesidad de un conocimiento profundo de los diferentes climas existentes mediante la instalación cuidadosa de una red micrometeorológica representativa.

Además, para que esta información tenga un aprovechamiento pleno a todos los niveles de los servicios agrícolas y empresariales es fundamental su sistematización y reunificación de todos los elementos en una base de datos regional de información geográfica.

En particular, la provincia de Zamora tiene un clima heterogéneo que va desde Mediterráneo, Semiárido Continental, semiárido, en las penillanuras del este y centro de la provincia, a Mediterráneo Templado, seco, en las zonas sinuosas del oeste, mas concretamente en los Arribes del río Duero. En general toda la provincia se caracteriza por una distribución irregular de precipitaciones a lo largo del año con elevados déficits hídricos en verano.

Por otro lado es interesante el desarrollo de un sistema de avisos y de prevención de plagas de cultivos que esté disponible en tiempo real a través de Internet, complementado con otro que posibilite la apreciación de los productos de estas zonas como oriundos de una agricultura respetuosa con el medio ambiente.

Al estar disponible la red, a través de su aplicación práctica, este S.I.G. abre una serie de numerosas utilidades para promover una gestión más eficaz de los recursos naturales. En concreto, desde la utilización como sistema de avisos de protección de las plantas con acceso a través de Internet, y gestión de la aplicación del agua en el

riego para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos; hasta la monitorización del riesgo de heladas y otras adversidades climáticas que afectan sobremanera al sector agrario de la provincia, con posibilidad de uso por innumerables entidades públicas y privadas a nivel provincial, regional y nacional.

Los objetivos de este proyecto son:

- 1.- Instalación y puesta en funcionamiento de una red de vigilancia para la previsión y protección vegetal y medida de parámetros agroclimáticos..
- 2.- Disposición de los datos de forma integrada y accesible a los agricultores y a sus asociaciones para una mejor gestión de los recursos del medio rural.

Estado actual y Resultados

De acuerdo con el plan de trabajo planteado en el protocolo del proyecto, en el año 2002 se realizaron las siguientes actividades:

Se definieron las zonas de interés agrícola mas adecuadas para situar las estaciones, donde las condiciones agroclimáticas fueron homogéneas y las plagas de los cultivos fueron un factor importante en la disminución del rendimiento y de la calidad de las producciones. En esto se contó con el asesoramiento de los técnicos de la delegación territorial de agricultura de la provincia de Zamora.

Se hizo un inventario de las estaciones meteorológicas automáticas existentes en la provincia para evitar coincidencias en la localización de las estaciones y ampliar la extensión de la red.

Se seleccionaron los parámetros de medida para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto y dotar a las estaciones de los sensores necesarios para determinar las variables necesarias mas habituales en los modelos de predicción de plagas.

Se planteó el concurso de adquisición de las estaciones, se valoraron todas las ofertas de los concursantes, se adjudicaron a la oferta más ventajosa y se solicitó su adquisición.

Se visitaron las zonas previamente seleccionadas con técnicos de agricultura, de los consejos reguladores y con investigadores del ITACYL para elegir las parcelas de posible ubicación de las estaciones.

Los criterios de selección de las localizaciones han sido los señalados por FAO en el libro dedicado a la instalación de estaciones agrometeorológicas.

Es decir, se han tenido en cuenta parámetros que pueden afectar la representatividad de los datos tomados en ellas:

- Topografía: Pues afecta a la temperatura del aire, a la precipitación y a la velocidad y dirección del viento. El área de emplazamiento debe ser llana o con una ligera pendiente que no provoque turbulencias de viento.
- Masas y corrientes de agua: Deben estar lejos, a ser posible, a no ser que interesen las condiciones específicas del microclima creado por estos accidentes.
- Altitud sobre nivel del mar: Debe ser representativa de la zona que se quiere tipificar, puesto que al aumentar la altitud disminuye la temperatura y aumentan la lluvia y el viento
- Montañas: Deben estar a distancias 50 veces superiores a su altura, a no ser que interesen los datos en las condiciones específicas de montaña.
- Vías de comunicación: Lo mas lejos posible, al igual que las líneas eléctricas de alta tensión

Se consultó a los propietarios de las parcelas, se obtuvo su autorización para señalar el lugar mas adecuado dentro de cada finca y se comprobó la cobertura telefónica en el punto de ubicación de cada una de las estaciones.

En el año 2003, siguiendo los criterios ya especificados, se construyeron las bases de instalación del pluviómetro y de la torre donde van colocados los sensores, el panel solar de alimentación energética y la caja hermética con los circuitos de comunicaciones, el microprocesador de almacenamiento de datos y el moden de transmisión de los mismos vía G.S.M.

Las estaciones de la provincia de Zamora se situaron en los municipios de:

- Brime de Urz con cultivos de viñedo y cereal de secano.
- Morales de Toro con viñedo, en denominación de origen Toro.
- Sanzoles con viñedo, en denominación de origen Toro.
- El Pego con viñedo, en denominación de origen Toro.
- Villanueva del Campeán con viñedo en la zona de Tierra del Vino.
- Fuentesaúco con cultivos de leguminosas, patata y viñedo.
- Fermoselle norte, con viñedo de Arribes del Duero, olivo y frutales.
- Fermoselle sur, con viñedo de Arribes del Duero, olivo y frutales.

Los sensores colocados en cada una de las torres de las diferentes estaciones fueron los siguientes: Temperatura del aire, humedad relativa, radiaciones global y par, velocidad y dirección del viento, antena de recepción telefónica y transmisión de datos, panel solar de recarga de batería de alimentación, caja hermética con circuitos electrónicos de comunicaciones microprocesador de almacenamiento de

datos y moden para transmisión telefónica vía G.S.M.

En otro soporte aparte, separado de la torre, se situó el pluviómetro a 1,5 metros de altura sobre el suelo.

El medidor de humedad del suelo se enterró a 20 centímetros de profundidad y el de humectación de hoja se situó en el lugar adecuado entre la vegetación a 25 centímetros sobre el suelo.

Además de este material se suministró un ordenador portátil y cables de transmisión de datos, para poder recogerlos directamente de cada estación al ordenador y así evitar su pérdida en caso de fallo en la transmisión telefónica.

A finales del año 2003 se han comenzado a recibir los datos de cada una de las estaciones y se ha iniciado la elaboración de una página web para poner a disposición de los usuarios interesados, en una primera fase, los datos máximos, mínimos y medios diarios de algunos parámetros y los acumulados de la precipitación.

También se han mantenido las estaciones en perfecto funcionamiento y solucionados las anomalías y problemas surgidos en este periodo.



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE VIGILANCIA Y PREVENCIÓN DE PROTECCIÓN VEGETAL Y CLIMATOLOGÍA. RED DE VIGILANCIA – ZONA CENTRO

Equipo investigador: AVELINO DE BENITO MUÑOZ
ALBERTO PEREZ SANZ

Duración: 2000-2004

Financiación: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (2003-000968).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y Objetivos

Este proyecto, que es idéntico al anterior en su planteamiento, objetivos y metodología, pretende realizarse en la zona fronteriza del Centro de Portugal y Castilla y León, provincia de Salamanca.

El clima de esta provincia es muy heterogéneo, en ella se pueden diferenciar diferentes microclimas como Mediterráneo Semiárido Continental, semiárido, en las llanuras del Este y del Centro, Mediterráneo Continental, semicálido húmedo y seco, en el Oeste, Mediterráneo Templado, seco y húmedo en las zonas de transición de montaña a meseta en el Sur y finalmente Mediterráneo Templado Fresco, húmedo y seco, en las sierras del Sur. En realidad toda la provincia se caracteriza por una distribución irregular de precipitaciones a lo largo del año que van desde los 500 mm a los 1400 mm, con elevados déficits hídricos en verano en el Centro y Oeste de la provincia.

Esta heterogeneidad está motivada por una orografía acentuada, que varía desde los 450 metros sobre nivel del mar a los 2.800 sobre todo en el Oeste y Sur de la provincia, con valles encajados y zonas montañosas con climas característicos y temperaturas muy variables con respecto a la media provincial.

Estado actual y Resultados

En el año 2003, siguiendo los criterios ya especificados en el proyecto de la zona

norte, se construyeron las bases de instalación del pluviómetro y de la torre donde van colocados los sensores, el panel solar de alimentación energética y la caja hermética con los circuitos de comunicaciones, el microprocesador de almacenamiento de datos y el moden de transmisión de los mismos vía G.S.M.

Las estaciones de la provincia de Salamanca se situaron en los municipios de:

- Pedrosillo el Ralo con cultivos de leguminosas, patata y cereal de secano.
- Cantalpino con cultivo de patata.
- Encinas de Arriba con cultivos de regadío de maíz, remolacha y patata.
- San Esteban de la Sierra con viñedo olivo y frutales.
- Sotoserrano con olivo y frutales.
- Lagunilla con olivo.
- Pereña, con viñedo de Arribes del Duero.
- Aldeadávila con viñedo de Arribes del Duero, olivo y frutales.

Los sensores y el equipamiento colocados en cada una de las estaciones fueron los mismos que en las de la zona Norte.

También a finales del año 2003 se han empezado a recibir los datos de cada una de las estaciones, y se han mantenido en perfecto funcionamiento solucionando los problemas que han ido surgiendo desde su instalación.

RED DE EXTENSIÓN EUROPEA PARA EL DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN DE LEGUMINOSAS GRANO

Equipo investigador: AURORA SOMBRERO SACRISTÁN
PIERRE CASTA
JOSÉ RAMÓN VALLES RODRIGUEZ
TEODORO VICENTE GONZÁLEZ

Duración: 2003-2006

Financiación: UNIÓN EUROPEA. (QLRT-2001-0248)

Introducción y Objetivos

La Unión Europea necesita nuevas fuentes de proteína para alimentación animal, ya que debido al déficit de producción y a la prohibición de utilizar harinas de carne y huesos procedentes de animales, depende de la importancia de proteínas vegetales.

Las leguminosas grano son las fuentes más importantes de proteína, sin incluir los forrajes frescos. Varias especies de leguminosas grano están adaptadas a diferentes condiciones de suelo y clima de la Unión Europea, especialmente el grupo de cultivos proteaginosos como se llaman en el esquema de la Política Agraria Común (guisante, habas y altramuces dulces). La investigación genética ha mejorado su valor nutricional, eliminando los factores antinutritivos y mejorando la digestibilidad. Si bien, algunos factores antinutricionales pueden aún ser reducidos en habas y altramuces, estas leguminosas son una buena fuente de proteínas digestibles permitiendo complementar a los cereales para hacer una dieta equilibrada para animales, sin necesitar ningún tratamiento, como se ha establecido por programas de investigación recientes. La soja, que está bien adaptada a regiones húmedas y templadas de Europa, también puede ser una excelente fuente de proteína después de su tratamiento en calor. Otras leguminosas adaptadas a regiones áridas podrían utilizarse como fuente proteica para dietas de animales: garbanzos, yeros, vezas o almortas, en las cuales la mejora genética

está eliminando algunos factores antinutricionales.

Las leguminosas grano son recomendables para sistemas de agricultura sostenible gracias a su buena adaptación en rotaciones de cultivo, permitiendo restringir el uso de fertilizantes químicos. Como todas las plantas leguminosas, la habilidad para crecer sin fertilizantes nitrogenados permite reducir el consumo de energías fósiles y las pérdidas de gases aumentando el efecto invernadero.

Las leguminosas representan un 15-25% de las rotaciones de cultivo fuera de Europa, mientras que en diferentes países de la Unión Europea, las leguminosas grano han sido descuidadas durante muchos años y ahora, solo representan entre un 1-5% de cultivos arables. Los cultivos oleaginosos representan sólo 1.2 Mha en la Unión Europea, la soja y otras leguminosas grano alrededor de 0.5 Mha cada una, comparado con 30 Mha de cereales. Esto indica no sólo una situación desequilibrada en las rotaciones de cultivo sino también en la producción de alimento animal. La Unión Europea importa el 75% de estos materiales ricos en proteína, principalmente soja desde América. Si Europa quiere desarrollar un sistema de agricultura sostenible, es esencial reforzar la producción de las leguminosas en la agricultura para alcanzar un equilibrio.

Algunas actividades para el desarrollo de leguminosas grano se están llevando a cabo en los Estados Miembros de la UE, asociados y candidatos, pero no están coordinadas o integradas a escala Euro-

pea. Por ello, se necesita un grupo integrado y multidisciplinario europeo para optimizar los esfuerzos y explotar los conocimientos regionales y la investigación reciente.

El proyecto tiene ámbito europeo por participar diferentes países de la Unión Europea: Francia, Bélgica, Alemania, Dinamarca y España y no comunitario, Suiza. El número de participantes es de catorce equipos. La coordinación general la realiza Francia y hay tres coordinadores en tres regiones definidas ayudados por tres titulados superiores que llevarán a cabo los trabajos y actividades de divulgación y estarán trabajando en las tres zonas siguientes:

- Zona Sur que comprende España y el Sur de Francia cuyo coordinador esta en el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL).
- Zona Centro dónde estarán Norte de Francia y Bélgica, que estará coordinado por la Unión Nacional Interprofesional de Plantas ricas en proteínas (UNIP), Francia.
- Zona Norte con Alemania y Dinamarca, coordinado en PRO-PLANT, Alemania.

Los objetivos fijados en este proyecto son:

- 1.- Obtener una base de datos armonizada en leguminosas grano
 - Variedades (catálogos europeos y nacionales de guisante, altramuces, y habas).
 - Productos de protección de cultivos (herbicidas, fungicidas, insecticidas, reguladores de crecimiento). Se estudiarán los nombres, materia activa, distribuidores, eficacia, precio, etc.).
 - Publicaciones sobre lo dicho anteriormente e incluirlos en una página Web.
 - Realización de encuestas a personas relacionadas con el sector de leguminosas grano (agricultores, mejoradores, empresas de semi-

llas, de fitosanitarios, industria, etcétera).

- 2.- Organizar una red de ensayos de campo de diferentes variedades de distintas especies de leguminosas grano en distintas regiones y demostrar su viabilidad.
- 3.- Realizar un análisis económico de los cultivos de leguminosas grano en las diferentes zonas.
- 4.- Elaborar análisis medioambiental. Se estudiarán los impactos ambientales del consumo de energía, calidad de agua, fitotoxicidad, biodiversidad y uso y fertilidad de la tierra.
- 5.- Divulgar resultados.
 - Se realizarán publicaciones, artículos, notas técnicas con recomendaciones de interés sobre variedades, agronómicas, costes de producción y comerciales de leguminosas grano.
 - Organizar visitas de campo para todo el sector de leguminosas grano.

Situación actual y Resultados

- 1.- Se está realizando la base de datos armonizada en leguminosas grano sobre:
 - Variedades (catálogos europeos y nacionales) de guisante, altramuces, y habas.
 - Glosario común a todos los participantes en relación a especies, fisiología, técnicas de cultivo, plagas y enfermedades y cualidades nutritivas
 - Productos de protección de cultivos (herbicidas, fungicidas, insecticidas, reguladores de crecimiento).
- 2.- La red de ensayos de campo de diferentes variedades y especies de leguminosas grano en esta campaña y en distintas regiones de los países participantes alcanzó 75 ensayos varietales y 7 campos de demostración. Se utilizó un protocolo armonizado en todos los ensayos y

2 variedades comunes para las distintas especies (guisantes, habas y altramuces) para poder comparar los resultados de los ensayos. Las variedades de invierno no se pudieron estudiar esta campaña ya que los hielos invernales destruyeron muchas plantas y afectaron demasiado a todos los ensayos de invierno.

En general para todas las zonas, los guisantes de primavera se han revelado como la mejor opción de producción de grano sobre todo en clima oceánico o continental templado. En zonas extremas de sequía primaveral o acidez de suelo otras especies como yeros o altramuces azules respectivamente pueden equiparar los rendimientos a los de los guisantes.

A nivel nacional se ha conseguido fomentar una red de ensayos en distintas comunidades con un protocolo y variedades comunes que servirá para evaluar la interacción entre variedades y zonas climáticas y orientar a los agricultores en cada comunidad.

3.- Después de haber decidido las rotaciones que se iban a estudiar en cada zona para homogeneizar las comparaciones y realizado unas tablas de recogida de datos comunes a todos los integrantes, se están recopilando todos los datos necesarios tanto para el análisis económico como para el estudio de impacto ambiental.

4.- Para el análisis de impacto ambiental de las fórmulas de alimentación animal se compararán, en Alemania, dos esquemas diferentes:

- Uno basado en cereales y guisantes de producción local,
- Otro basado en la importación de soja y el uso de cereales.

Paralelamente, se está organizando un simposio internacional sobre leguminosas grano e impacto ambiental en Noviembre en Zurich, Suiza.

5. - Divulgar resultados.

- Se ha realizado un tríptico de presentación general del proyecto que se elaboró en inglés y se distribuyó a los participantes como tarjeta de presentación para que el proyecto se conozca en Europa. Se acordó utilizar la página Web del AEP www.grain-legumes.com para presentar el proyecto, comunicar internamente a los participantes y publicar todos los resultados del proyecto.
- Este primer año, todos los integrantes del proyecto han organizado visitas de campo para el sector de leguminosas grano, mostrando los ensayos y orientando los agricultores sobre especies, técnicas culturales, y variedades
- En Castilla y León aprovechando las jornadas de campo del ITACyL se presentó el proyecto y los ensayos situados en la finca de Zamadueñas a los agricultores interesados por las leguminosas. La asistencia y participación fue aproximadamente de 500 personas.

APLICACIÓN DE MARCADORES MOLECULARES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UNA COLECCIÓN NUCLEAR DE *PISUM*

Equipo investigador: EMILIO CERVANTES RUIZ DE LA TORRE
ROSARIO LAGUNA REDONDO
ALVARO RAMOS MONREAL
CONSTANTINO CAMINERO SALDAÑA
ALBERTO MARTÍN SANZ
MANUEL JULIO RODRÍGUEZ CACHÓN
CARMEN ALICIA GARCÍA VAQUERO

*Instituto de Recursos Naturales (SALAMANCA)

Duración: 2002-2004

Financiación: INIA. Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias. Acción Estratégica: Conservación de recursos genéticos de interés agroalimentario (RF01-029-C2-2).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y Objetivos

El presente proyecto nació como consecuencia de los resultados de uno anterior ("Racionalización de las colecciones de *Pisum* de origen español conservadas en el CRF"), en el que, a partir de información referente a los datos de pasaporte, la caracterización agromorfológica y la utilización de diversas herramientas relacionadas con los marcadores moleculares (ISSRs), se definió la colección nuclear de variedades locales de origen español (Caminero y col, 1998; Caminero y col, 2001).

Huelga ahondar en el enorme interés que el conocimiento de los guisantes con esta procedencia tienen dentro del contexto de la mejora genética, orientada esta a la obtención de variedades rentables y competitivas para ser incluidas en las rotaciones de los secanos castellano-leoneses. Sin embargo, la búsqueda de dicho conocimiento se veía entorpecida por lo inmanejable del número de entradas que componían la colección (unas 300 variedades locales y ecotipos silvestres), imposibilitando la realización de estudios profundos que manejasen correc-

tamente la variabilidad encerrada. Por tanto, se consideró en primer lugar la formación de una colección nuclear que, por definición, es una colección con un número de entradas pequeño y manejable que contenga la mayor parte de la variabilidad encerrada en la colección original (Brown, 1995). Como ya se ha comentado, dicha colección pudo ser obtenida en el proyecto anterior, englobando 41 entradas, siendo el cometido del presente proyecto el iniciar los trabajos referentes a esa "búsqueda" más profunda relativa al fondo genético del material español, su reacción ante determinados estreses bióticos y abióticos y su potencial de utilización en mejora.

En concreto, el presente proyecto, se centra en los siguientes objetivos:

- 1.- Obtener métodos rápidos basados en técnicas moleculares para la identificación y caracterización de las poblaciones que componen la colección nuclear.
- 2.- Definir las relaciones filogenéticas y tendencias evolutivas entre las diferentes entradas.

- 3.- Explorar acerca de la expresión en la colección nuclear de ciertas características fenotípicas de interés (fenología, tolerancia a estreses, componentes del rendimiento...)

Resultados hasta la fecha

Hasta el momento se cuenta con los resultados de caracterización agromorfológica en tres ambientes diferentes, dos de ellos en siembra primaveral y uno invernal, estando en este momento en vigor el proceso de evaluación en un cuarto ambiente, también en condiciones de siembra invernal. También se cuenta con evaluaciones referentes a determinados estreses bióticos (bacteriosis) y abióticos (heladas y salinidad) en condiciones controladas.

Los caracteres considerados en la evaluación en campo son muy diversos, contemplando desde aquellos que definen el comportamiento fenológico del periodo reproductivo, o los referentes a diversas componentes del rendimiento, hasta otros meramente descriptivos de la morfología.

Si bien el proceso de análisis estadístico e interpretación de resultados está aún en marcha, no concluyendo hasta que se disponga de la totalidad de los datos, si podemos adelantar, a nivel muy grosero y general, que se está detectando cierta tendencia de la variabilidad expresada por casi todos estos caracteres en función de la zona de recogida de las distintas variedades locales (Ramos, 2003), puntos en los que se supone cada una de esas variedades evolucionó sujeta a mecanismos de selección natural y artificial a lo largo de generaciones, pues normalmente estas semillas eran transmitidas de padres a hijos como parte incluso de la herencia que les dejaban.

También se están encontrando fuentes de resistencia a bacteriosis dentro de la especie cultivada (Martín y col, 2002; Martín y col, 2004) no descritas previamente, así como umbrales interesantes de su explotación en mejora en lo referente a adaptación a condiciones de helada y de salinidad del suelo.

Caso de confirmarse todo lo anteriormente expuesto, estaríamos ante un fondo genético, muy poco explotado hasta el momento a nivel práctico, de enorme importancia y susceptible de ser utilizado en la mejora del cultivo.

Referente a las metodologías de marcadores moleculares, decir que, hasta la fecha, tan solo se está trabajando con cuatro de las variedades locales (aquellas que en función de los resultados del proyecto preliminar mayor variabilidad encerraban). Con ellas se han amplificando 80 cebadores RAPDs y 64 combinaciones AFLPs, con el objetivo de seleccionar aquellas combinaciones que mayor número de productos amplificados y polimorfismos definan para ser utilizados en este último año en la caracterización del resto de la colección nuclear. Asimismo, se están optimizando para este tipo de materiales las metodologías MFLP y SSAP, considerando su aplicación sobre la colección completa en función de los resultados que se obtengan con las mismas cuatro variedades locales utilizadas para la selección de los otros marcadores.

Comentar por último que, para una mejor aplicación del estudio del fondo genético español y su utilización futura, se contemplan en todos los ensayos 30 variedades comerciales como testigo, figurando entre ellas desde las obtenidas en el propio ITACyL hasta otras de las más utilizadas en la región, pasando por una serie de líneas que en función de nuestros trabajos precedentes están demostrando un alto interés para ser consideradas por las casas comerciales para su distribución en Castilla y León.

Bibliografía

- Brown, A.H.D. 1995. Core Collections of Plant Genetic Resources. T. Hodgkin, A.H.D. Brown, T.J.L. Van Hintum and E.A.V. Morales (eds), IPGRI, 3-19.
- Caminero, C., González, M.R., Laguna, R. Martín, J.A. y Ramos, A. 1998. 3rd European Conference on Grain Legumes. AEP, 194-195.
- Caminero C., Campo L., González R., Rodríguez M., García A., Ribas M.J.,

- Laguna, R. and Ramos, A. 2001. Advances in the formation of the spanish pea (*Pisum sativum* L.) core collection. 4th European Conference on Grain Legume, Cracow.
- Martín, A., Caminero, C., Laguna, R., Rodríguez, M., García, C.A., Fraile, M.C., Ramos, A. 2002. Resistencia a la raza 6 de la grasa bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*) en la evaluación de la colección nuclear de guisante (*Pisum sativum* L.) de origen español. Actas del II Congreso de Mejora Genética de Plantas, Almería.
- Martín, A., C. Caminero, C. A. García, M.J. Rodríguez, R. Laguna and A. Ramos. 2004. Screening for *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* race 6 resistance in the Spanish pea (*Pisum sativum* L.) landraces core collection. 5th European Conference on Grain Legume, Dijon (enviado).
- Ramos, A. 2003. Estudio de la variabilidad en la colección de variedades locales españolas de guisante (*Pisum sativum* L.). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.



OBTENCIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE GUISANTE PROTEGINOSO ADAPTADAS A CONDICIONES SEMIÁRIDAS

Equipo investigador: ALVARO RAMOS MONREAL
ROSARIO LAGUNA REDONDO
CONSTANTINO CAMINERO SALDAÑA
MANUEL JULIO RODRÍGUEZ CACHÓN
ALBERTO MARTÍN SANZ
CARMEN ALICIA GARCÍA VAQUERO

Duración: 2001-2003

Financiación: INIA. Programa Nacional de Recursos y Tecnologías
Agroalimentarias (RTA01-109-C2-1).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y Objetivos

Este proyecto es continuación de una serie de anteriores con el mismo título. En él se ha contemplado la redefinición del ideotipo buscado, adaptado a siembra otoñal-invernal, la única que demuestra rentabilidad en los secanos de Castilla y León (Caminero, 2002). Se considera asimismo en dicho ideotipo la incidencia comprobada, y limitante para el cultivo en nuestra región, de *Pseudomonas syringae* pv *pisi* (Martín y col, 2004a) y del complejo *Ascochyta* sp. (Bretag y Ramsey, 2001; Lawyer y Chun, 2001). Dentro de los estreses abióticos, el objetivo serán variedades altamente tolerantes a las heladas invernales, que escapen en floración a posibles heladas tardías y que minimicen el riesgo de reducción de rendimiento por sequía terminal a final de ciclo. Se plantea iniciar los trabajos relacionados con la búsqueda de marcadores moleculares ligados a los distintos genes involucrados en los caracteres objetivo, que puedan servir para incluir dentro del plan de mejora la selección asistida por marcadores en un futuro cercano: De esta forma se contaría con una herramienta que permita reducir el tiempo necesario en la obtención de variedades de una forma más eficaz.

Los objetivos generales perseguidos serán:

- 1.- Continuar con los procesos de fijación de genotipos y selección del material segregante generado en los proyectos anteriores.
- 2.- Redefinir el ideotipo necesario en condiciones de siembra temprana.
- 3.- Buscar fuentes de resistencia genética a la raza 6 de *Pseudomonas syringae* pv *pisi* dentro de la especie cultivada. A dicha raza no aparecen descritas fuentes de resistencia en bibliografía. Comenzar los cruzamientos entre genotipos con buen fondo genético con donantes de resistencia a las demás razas de *Pseudomonas*, a los distintos hongos que componen el complejo *Ascochyta* y de tolerancia a heladas invernales.

Comenzar los trabajos de mapeo y localización de marcadores ligados a los genes involucrados en la expresión de los caracteres considerados como interesantes en la definición del ideotipo final.

Resultados

Dentro de la continuación con el material segregante se han sembrado 1301 parcelas correspondientes al mismo número de plantas seleccionadas representando generaciones de F4 a F9. La mayor parte de ellas proceden de cruzamientos entre

materiales altamente productivos, habiendo representados más de 80 cruzamientos diferentes. A partir de la sexta generación se ha derivado semilla suficiente para realizar ensayos de rendimiento comparativo en dos localidades frente a 24 variedades testigo. Por último, cuatro líneas están en estos momentos en vías de registro.

En cuanto a la redefinición del ideotipo, se ha comprobado que los máximos rendimientos se dan en condiciones de siembra otoñal-invernal, resultando rentables dentro de la rotación cuando se comparan con los rendimientos de las variedades de cebada más aconsejadas. Dicha rentabilidad no aparece cuando se realiza siembra de febrero o primavera. Ninguna de las variedades habitualmente sembradas en Castilla y León ha demostrado ser la más competitiva, con lo que se hace necesario un cambio varietal en el cultivo de guisante de la región. Una mayor concreción de los resultados puede obtenerse en Caminero, 2002.

La redefinición del ideotipo será (Caminero, 2002): a) Deberá presentar una alta capacidad de ramificación durante los primeros estadios del crecimiento inicial y durante los rigores invernales; b) Deberá presentar una fenología del ciclo reproductivo de carácter semitardío; c) Deberán presentar valores medios o altos para los caracteres altura a la primera vaina, número de nudos totales y número de nudos a la primera vaina; d) No deberá presentar tamaño de semilla grande; f) parece aconsejable el seleccionar genotipos de morfología semiafila para evitar el encamado; g) Deberán presentar supervivencia alta en pruebas de -9° C en cámara de ambiente controlado, aunque, también se han detectado incrementos en rendimiento interesantes en zonas de inviernos suaves para umbrales algo más bajos de tolerancia a heladas.

Referente a la búsqueda de fuentes de resistencia a *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*, se ha comprobado que ninguna de las 40 variedades comerciales evaluadas ha presentado resistencia a la raza 6. Dicha raza está considerada junto con 2 y 4 como las más agresivas y de posible impacto económico (Schmit, 1991). Tan sólo Cheyenne ha

presentado ciertos mecanismos de defensa ante la raza 6 aparentemente no descritos antes en bibliografía para esta raza (Martín y col, 2004a). En la presente campaña el ataque de esta enfermedad está siendo realmente severo en nuestra región: estamos intentando comprobar el verdadero patrón de razas presente en Castilla y León y sus posibles daños. De todas las variedades evaluadas, tan sólo Fortune y Sleaford T. resultaron resistentes a las razas 2 y 4 conjuntamente (ya descrito previamente por Taylor y col, 1989; Bevan y col, 1995 y por Elvira-Recuenco, 2000). Ninguna de ellas presenta interés agronómico en nuestra región. Todos los resultados anteriores indican la necesidad de buscar fuentes de resistencia adicionales a estas razas, en especial a la 6, e intentar introducir dichas resistencias en fondos genéticos altamente productivos bajo nuestras condiciones. En este esfuerzo, las buenas noticias son que en nuestras evaluaciones hemos conseguido detectar resistencia a dicha raza 6 en seis variedades locales de guisante españolas (Martín y col, 2004a; Martín y col, 2004b). Nos encontramos en pleno proceso de estudiar la genética de la resistencia a la raza 6. Referente al complejo *Ascochyta*, se está indagando acerca de la herencia de la resistencia en un esfuerzo parejo al comienzo de los procesos de selección.

En el apartado de marcadores moleculares y búsqueda de ligamientos con caracteres de interés, se han generado un gran número de cruzamientos segregantes para la mayor parte de los caracteres interesantes. Se han iniciado las amplificaciones para uno de ellos. Dicho cruzamiento es segregante para la mayor parte de los caracteres definidos en el nuevo ideotipo, para la resistencia a la raza 3 de *Pseudomonas* y la reacción parcialmente hipersensible de la 6, para resistencia teórica a *Mycosphaerella pinodes* (uno de los hongos que componen el complejo *Ascochyta* sp.) y para tolerancia a umbrales fuertes de helada. La preselección de posibles marcadores se realiza por genotipado selectivo sobre 20 plantas F2:3, siendo comprobados en una población segregante de al menos 100 individuos en pasos posterior-

res. En función de los resultados para este cruzamiento y referentes a la evaluación sobre otros caracteres se seleccionarán otros de los cruces para ampliar este estudio de mapeo, estando por el momento “forzando” generaciones en los que a priori podemos considerar más interesantes, con el objetivo de contar con RILs al menos en F6:7 para optimizar los trabajos.

Bibliografía

- Bevan, J.R., Taylor, J.D., Crute, I.R., Hunter, P.J., Vivian, A. 1995. *Plant Pathology* 44: 98-108.
- Caminero, C. 2002. Tesis Doctoral, Universidad de León.
- Caminero C., Campo L., González R., Rodríguez M., García A., Ribas M.J., Laguna, R. and Ramos, A. (2001). *4th European Conference on Grain Legume*, CRAW.
- Elvira-Recuenco, M. 2000. Tesis Doctoral Wageningen University.
- Lawyer, A. S. and Chun, W. 2001. En: Compendium of pea diseases. Kraft, J. M. and Pflieger, F.L (eds). The American Phytopathological Society, pp.
- Martín, A., Caminero, C., Laguna, R., Rodríguez, M., García, C.A., Fraile, M.C., Ramos, A. 2002. Actas del II Congreso de Mejora Genética de Plantas, Almería.
- Martín Sanz A; Suárez Fernández B; García Vaquero A; Del Teso Ruiz L; Laguna Redondo R; Ramos Monreal A; Caminero Saldaña C. 2004a. Actas del III Congreso de Mejora Genética de Plantas, León (aceptado).
- Martín, A., C. Caminero, C. A. García, M.J. Rodríguez, R. Laguna and A. Ramos. (2004b). *5th European Conference on Grain Legume*, Dijon. (en prensa).
- Ramos, A. 2003. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Schmit, J. 1991. Proceedings of the 4th International Working Group on *Pseudomonas syringae* Pathovars. pp. 256-262.
- Schmit, J., Taylor, J.D. y Roberts, S.J. 1993. Abstracts of the 6th International Congreso of Plant Pathology, Montreal. Pp. 180.
- Taylor, J.D., Bevan, J.R., Crute, I.R., Reader, S.L. 1989. *Plant pathology* 38: 364-375.



DETECCIÓN DE RESISTENCIA A ESTRESSES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS EN LENTEJA (*lens culinaris* Medik) MEDIANTE EL USO DE MARCADORES MOLECULARES

Equipo investigador: ALVARO RAMOS MONREAL
MARCELINO PÉREZ DE LA VEGA*
PEDRO GARCÍA GARCÍA*
ROSARIO LAGUNA REDONDO
CONSTANTINO CAMINERO SALDAÑA
MANUEL JULIO RODRÍGUEZ CACHÓN
LAURA DEL TESO RUIZ

*Universidad de León

Duración: 2000-2004

Financiación: MCYT, (AGL2002-0023).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y Objetivos

En este proyecto se conjuntan los esfuerzos sobre estudios agromorfológicos en lenteja realizados previamente en el ITA con los genéticos de el Área de Genética de la Universidad de León, profundizando en las relaciones entre marcadores moleculares y la expresión de determinados genes de interés agrícola. Los objetivos perseguidos son:

- Aumentar el número de marcadores moleculares en lenteja y situar los genes relacionados con resistencia a *Ascochyta* y heladas
- Definir metodologías de fenotipado para tolerancia a heladas
- Identificar los mejores marcadores para su uso en mejora asistida.

Los esfuerzos sobre obtención de nuevos marcadores moleculares y su anclaje en los mapas están resultando plenamente satisfactorios, aunque aún no han finalizado. Por tanto, por el momento no comentaremos nada acerca de los resultados relativos a los marcadores

Uno de los factores que más decisivamente interviene en el rendimiento del cultivo de la lenteja es el momento de la

siembra: la siembra en otoño-invierno se está imponiendo en otros países como una de las vías para el aumento de la producción de lenteja (Kahraman y col., 2004). En concreto, por poner un ejemplo, en la Meseta Central de Turquía la utilización de variedades resistentes o tolerantes a frío sembradas en otoño ha convertido a este país en uno de los mayores exportadores. Por tanto, parece razonable dentro del programa de mejora genética de lenteja para las condiciones castellano-leonesas definir un ideotipo apto para siembra temprana, sometido de esta forma, entre otros diversos factores, a las típicas heladas invernales de nuestra región.

En lenteja aún no se conocen bien los mecanismos de tolerancia a las heladas. Ya Wery J. y col (1994) exponían la necesidad de definir técnicas de evaluación para poder desarrollar resistencias a temperaturas extremas en leguminosas: esto contribuiría a un mejor conocimiento de los mecanismos de resistencia de los cultivos. Por tanto, para poder definir un fenotipado correcto de tolerancia a heladas se han planteado los siguientes ensayos y objetivos: Ensayo I: definir temperaturas de helada capaces de provocar diferencias en cuanto a tolerancia; definir niveles de res-

puesta; definir entradas testigo para cada nivel. Ensayo 2: aproximar el tiempo de duración para el proceso de aclimatación; Ensayo 3: evaluar una colección en función de tolerancia a heladas.

Resultados hasta la fecha

El protocolo inicial de helada consistió en: 1) Primer desarrollo en condiciones ideales hasta estado de 2 hojas; 2) Aclimatación (6°C día, 4°C noche, fotoperiodo 12 horas) 4 semanas en ensayos 1 y 3 y de 0 a 4 semanas para ensayo 2. 3) Heladas a 4 temperaturas (-3, -6, -9 y -12°C) tal cual aparece en Caminero (2002) 4) Recuperación un mes hasta evaluación de daños (porcentaje de supervivencia).

El número de entradas en el primer ensayo fue de 15 genotipos, en el ensayo 2 se consideraron dos genotipos (uno perte-

neciente al nivel más alto de tolerancia detectado en el ensayo anterior y otro al más bajo) y en el ensayo 3 se utilizaron 33 genotipos. Todos los ensayos, salvo el 3, fueron repetidos dos veces.

Los resultados del ensayo 1 reflejaron la no detección de diferencias significativas entre genotipos en cuanto a la supervivencia a -3 y -6°C, estando en todos los casos muy próxima al 100%. Si se detectaron dichas diferencias en los tratamientos de -9 y -12 °C y existencia de interacción genotipo x temperatura significativa). La agrupación de los genotipos informó sobre 5 niveles de tolerancia diferentes (tabla 1). Se considerará que el protocolo de helada deberá incluir tan sólo dos temperaturas de helada (-9 y -12°C), incluyéndose testigos representativos de cada uno de los 5 niveles.

Tabla 1.- Niveles de tolerancia a heladas detectado en el ensayo 1

T -9°C (% medio)	T -12°C (%medio)	Nivel tolerancia	Genotipos
79 a	74 a	Muy tolerantes	Guareña
63 a	53 b	Tolerantes	bg001023, bg016355, Mosa
39 b	29 c	Susceptibles	bg016347, bg001048
24 b	4 d	Muy susceptibles	99lis46, bg001415, bg11077, Águeda, Paula, Sunrise
0 c	0 d	Extremadamente susceptibles	bg008701, bg016360, bg023250

En cuanto al ensayo 2 (figura 1), Guareña presentó el 89% de supervivencia a -3°C sin necesidad de aclimatación, mientras que Águeda sólo tuvo un 15%. Con tan solo una semana de aclimatación ambas variedades obtuvieron una supervivencia superior al 90%. En el caso de -6°C fueron necesarias 2 semanas de aclimatación para que ambas variedades presentasen porcentajes de supervivencia superiores al 90%. En cuanto a la temperatura de -9°C, ambas variedades alcanzaron el máximo de supervivencia (80% en Guareña y 25% en Águeda) a las tres semanas, al igual que con la temperatura de -12°C (76% para Guareña y 7% para Águeda).

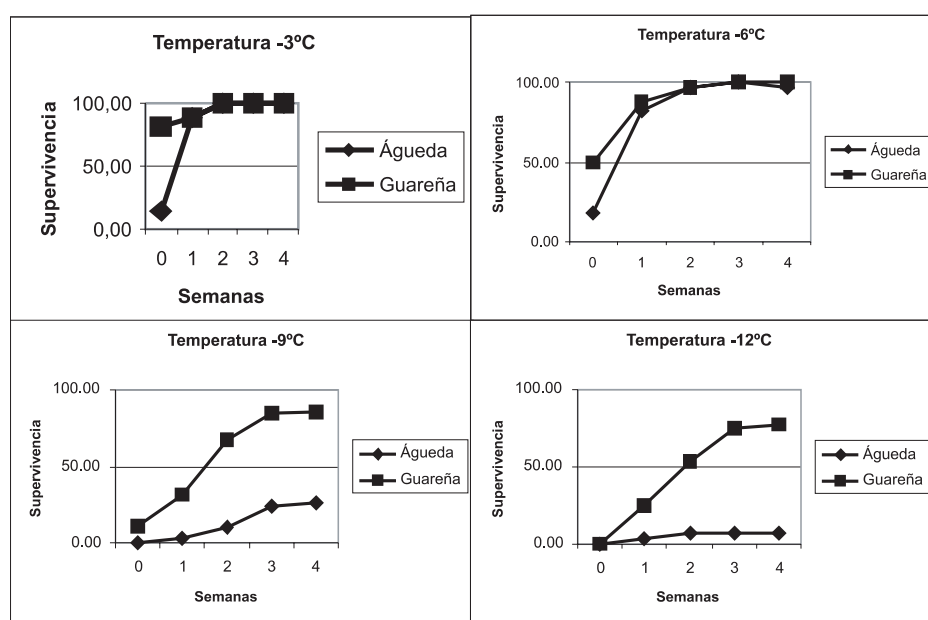
Se considerará un periodo de aclimatación de tres semanas para el protocolo de evaluación buscado.

Respecto al ensayo 3, se debe mencionar que, debido a problemas con la cámara de ambiente controlado, el tiempo de exposición a la temperatura de -9°C fue más corto (apenas 20 minutos). En la temperatura de -12°C se produjo un corte de corriente que provocó una descongelación demasiado rápida. El resultado fue que los porcentajes de supervivencia a -9°C fueron sensiblemente superiores en los testigos que los observados en los ensayos anteriores, mientras que a -12°C el efecto fue el opuesto: esto motivo que sólo fueron

detectados dos niveles: en el primero se incluyeron los testigos clasificados anteriormente como tolerantes o muy tolerantes y el resto de testigos fueron agrupados en un solo grupo. Como resumen del ensayo 3, tan sólo, y por supuesto de forma

preliminar debido a la evidente necesidad de repetir este último ensayo, se podrían clasificar como con cierto nivel de tolerancia aquellos nuevos genotipos evaluados que fueron agrupados con los testigos tolerantes o muy tolerantes incluidos.

Figura 1.- Porcentajes de supervivencia en función del tiempo de aclimatación



Bibliografía

- Caminero, C. 2002. Tesis Doctoral, Universidad de León.
- Caminero Saldaña, C; Martín Sanz, A; Martínez Domínguez, L; García Vaquero, C.A; Rodríguez Cachón, M.J; Barriuso Magdaleno, M.B; Laguna Redondo, R; y Ramos Monreal, A. 2004. Actas del III Congreso de Mejora Genética de Plantas, León.
- Fagnano, M., Carone, F. y Mori, M. (1998). 3rd European Conference on Grain Legumes. Valladolid, Spain. AEP Pp 158.

- Kahraman, I., Kusmenoglu, N., Aydin, A., Aydogan, A., Erskine, W. y Muehlbauer, F.J. (2004). Crop Science 44 (1): 13-22.
- Kahraman, I., Kusmenoglu, N., Aydin, A., Aydogan, A., Erskine, W. y Muehlbauer, F.J. (2004). Crop Science, 44 (1): 5-12.
- Siddique, K.H.M., Loss, S.P., Pritchard, D.L., Regan, K.L., Tennant, D., Jettner, R.L. y Wilkinson, D. (1998). Aust. J. Agric. Res. 49:613-626.
- J. Wery, S.N. Silim, E. J. Knights, R.S. Malhotra, R. Cousin. (1994). Euphytica 73 (1-2): 73-83.

TIPIFICACIÓN DE LA LENTEJA DE LA ARMUÑA, DE LA LENTEJA PARDINA DE LEÓN, DEL GARBANZO DE FUENTESAUÇO Y DEL GARBANZO PEDROSILLANO. MEJORA GENÉTICA DE LENTEJA Y GARBANZO PARA CASTILLA Y LEÓN

Equipo investigador: MANUEL JULIO RODRÍGUEZ CACHÓN
CONSTANTINO CAMINERO SALDAÑA
ALBERTO MARTÍN SANZ
CARMEN DÍEZ FRAILE
ROSARIO LAGUNA REDONDO
ÁLVARO RAMOS MONREAL

Duración: 2002-2003

Financiación: Junta de Castilla y León (2003-000355).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y objetivos

Este proyecto se inició en 1999 con el objetivo de mejorar el cultivo del garbanzo y lenteja en Castilla y León. Ambos cultivos son tradicionales en la región y constituyen una de las pocas alternativas de los secanos castellanos, pero adolecen de una serie de problemas que hacen que sean actualmente inviables.

El problema más evidente es la falta de rendimiento. El rendimiento medio nacional de lenteja y garbanzo en 1920, de unos 700 kg/ha, fue el mismo que el de la media del período 1998-2002. En contraste, la cebada ha pasado de producir 1.130 Kg/ha en 1920 a 2.730 Kg/ha en 1998-2002, es decir, un 242% más, y el trigo, de 910 a 2.620 en los mismos años, o sea, un 288% más. Esta ganancia en rendimiento se considera que es 50% genética y 50% agronómica. Por lo tanto, es evidente que en estas dos leguminosas no se ha hecho nada en ambos aspectos.

Para mayor decepción, este rendimiento mínimo es muy inestable por incidencia de enfermedades o por primaveras secas, debido precisamente a que la siembra se realiza en primavera, a lo que hay añadir últimamente el problema de la lucha contra las malas hierbas de hoja

ancha. No existe ningún herbicida de post-emergencia que funcione satisfactoriamente, lo que limita en gran medida la expansión de ambos cultivos. Este aspecto motivó el inicio de otro proyecto en 2003 expuesto en la presente memoria.

Los objetivos del presente proyecto se ciñen a dos subproyectos:

Subproyecto A) Obtención de genotipos únicos que respondan fenotípicamente a la lenteja de la Armuña, a la lenteja pardina de León o de Tierra de Campos, al garbanzo de Fuentesauço y al garbanzo Pedrosillano, respectivamente, ya que las "variedades locales" son en realidad una mezcla de genotipos y frecuentemente, con invasión de material foráneo. Estas líneas tipificadas y mejoradas (una o dos) satisfarán las exigencias organolépticas de los consumidores y servirán para que los agricultores de estas zonas obtengan el respectivo título de calidad, como la Indicación Geográfica Protegida o la Denominación de Origen Protegida.

Subproyecto B) Para agricultores Castellanos-Leoneses de otras zonas de producción: Obtención sistemática y continuada de nuevas variedades de lenteja y garbanzo de alta producción y uniformidad, de siembra invernal y adaptadas a la región, que presenten: alta estabilidad de

rendimiento, alta tolerancia a frío y a sequía terminal, y resistencia a plagas y enfermedades. Así mismo, presentarán baja o nula dehiscencia y caída de vainas, hábito de crecimiento de porte erecto y bajo encajado, que permitan la recolección mecanizada. La idea es conseguir cultivos rentables, que compitan al nivel de los cereales a la hora de incluirlos en las rotaciones.

Estado actual y resultados

Subproyecto A

Tipificación de la lenteja de La Armuña: Como resultado de los trabajos de tipificación de la lenteja de La Armuña, se ha registrado la variedad **GUAREÑA** (980213. BOE 27/07/2001), que fue cedida al Consejo Regulador de la lenteja de La Armuña para su explotación con el futuro título de Denominación de Origen Protegida. Se procedió a las labores de mantenimiento de la variedad con obtención de generaciones G_0 en 2002 y G_1 y nueva G_0 en 2003.

Tipificación de la lenteja pardina de León o de Tierra de Campos. Se han realizado pruebas de tipificación y de rendimiento durante dos años de 64 entradas o poblaciones de lenteja recogidas en la zona.

Tipificación de garbanzo de Fuentesauco: Se probaron en varios estadísticos las cinco mejores líneas procedentes de la tipificación realizada con anterioridad a este proyecto y seleccionadas por su buena aptitud agronómica y características de semilla. En el año 2000, aparecieron grandes ataques de rabia, observándose que, si bien la calidad de algunas es excelente, el material obtenido resultó ser muy susceptible a la enfermedad causada por *Ascochyta rabiei* (rabia). Se decidió pues reemprender la tipificación, para lo cual, se sembraron 20 poblaciones de garbanzos recogidas en la zona en marzo del 2001 para la evaluación morfológica y sobre todo agronómica. Se seleccionaron cinco plantas de las cinco mejores poblaciones en el año 2002. En 2003 se sembraron microparcelas con cada planta, siendo algunas de ellas seleccionadas por miembros del Consejo Regulador. En 2004 se sembrarán en Fuentesauco.

A raíz de la prospección del garbanzo Pedrosillano iniciada una vez definida la zona de cultivo, la misma que la de la lenteja de la Armuña (norte de Salamanca), pues en su epicentro se encuentra Pedrosillo el Ralo, que da nombre a este garbanzo, se obtuvieron seis poblaciones del Banco de Germoplasma de Madrid, 11 de visitas a La Armuña y otras 15 entradas de garbanzo pedrosillano durante la declaración anual de superficie de lenteja sembrada y comprometida con el Consejo de los casi 1000 agricultores acogidos a la IGP de la lenteja de La Armuña en el año 2000. En el 2001 se sembraron para su caracterización morfológica y agronómica. En el 2002, miembros del futuro Consejo Regulador seleccionaron plantas individuales de las mejores poblaciones resultantes de la tipificación. En el 2003, seleccionaron microparcelas sembradas con las plantas individuales anteriores. Se procederá en el 2004 a la multiplicación de estas líneas para iniciar catas.

Subproyecto B

El subproyecto B contempló un plan de mejora a corto plazo para la obtención relativamente rápida de variedades a partir de selección intrapoblacional de genotipos de élite. Esta selección se realizó en las poblaciones de garbanzo y lenteja utilizadas en las tipificaciones anteriores y en las procedentes del Banco de Germoplasma elegidas por estar adaptadas a condiciones climáticas y agronómicas semejantes a las de Castilla.

El plan de mejora a largo plazo se basa en la obtención continuada de nuevas variedades mediante la creación de nueva variabilidad por cruzamiento manual entre plantas de élite de poblaciones locales y variedades caracterizadas y evaluadas en el año anterior, avance de generaciones para fijación génica por SSD modificado (descendencia de semilla única), selección de plantas individuales, evaluación de material y posterior selección de las mejores líneas.

Se ha registrado además de la lenteja de la Armuña "**GUAREÑA**", la variedad de garbanzo de siembra de otoño-invierno

“DURATON” (19990205 BOE 25-3-03) Se ha procedido a los trabajos de mantenimiento de variedades de las anteriormen-

te reseñadas y de las variedades de lenteja registradas por el SITA AGUEDA y MOSA (esta última solo en 2001).

Resumen de cruzamientos y evaluaciones

Lenteja		2001-2002		2002-2003	
Estudio/Ensayo	Diseño	entradas	parcelas	entradas	parcelas
Cruzamientos y FI	Dialelo parcial sin recíprocos		12 4x4	10 5x5	
F3 Macro y microcarpa	Bloque aumentado. Poblaciones		15 y 26	8 y 23	
F5:6	Bloque aumentado. Poblaciones	17	19	488	570
F5:7	Bloque aumentado. Poblaciones	1254	1316		
F5:8	Bloque aumentado. Poblaciones			380	400
Macrocarpas élite	Látice 5x5 2 reps	25	50	25	50
Microcarpas élite	Látice 9x9 2 reps	81	162		
Tolerancia a Rabia	Bloques al azar 2 reps			36	72
Tolerancia a sequía	Bloques al azar 2 reps	36	72	26	22
Tolerancia a frío	Bloques al azar 2 reps	34	68	26	22
Estadístico selecciones	Alfa-látice 12x12 3 reps	120	360	144	432
Pardina de León	Látice 8x8 2 reps	64	64	64	64
Mantenimiento variedad	Águeda y Guareña. G0 y G1	3	224	3	224
Multiplificaciones	Variedades Águeda y Guareña	3	5	3	5

Garbanzo		2001-2002		2002-2003	
Estudio/Ensayo	Diseño	entradas	parcelas	entradas	parcelas
Cruzamientos y FI	Dialelo parcial sin recíprs. 3x3	6 cruza.		3 cruza.	
F3 Elites MR	Poblaciones de selección	35	44	41	43
F3:4 Elites MR	Bloques Aumentado			240	300
F3:5 Elites MR	Bloques Aumentado	182	360		
F4:6 Elites MR	Látice 8x8 2 reps	19	19	64	128
Invierno MR ICARDA	Látice 6x6 2 reps	36	72	36	72
Tolerancia a frío	Bloques al azar 2 reps	41	122	41	122
Tolerancia sequía	Bloques al azar 2 reps	41	122	41	122
Tolerancia a Rabia	Bloques al azar 2 reps	41	122	41	122
Estadístico selecciones	Alfa-látice 11x12 3 reps	132	396	132	396
Pedrosillo y Fuentesauco	Poblaciones de selección	92	96	92	96
G0 Duratón	Microparcela de planta indiv.			218	218
Mantenimiento variedades	G1 Duratón, Fardón	3	246	3	246
Multiplificaciones	Variedades 4, Fuentesauco 2	10	14	6	

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA, FENOLÓGICA, CUALITATIVA Y MOLECULAR DE LA COLECCIÓN NUCLEAR DE CEBADAS ESPAÑOLAS

Equipo investigador: JOSÉ LUIS MONTOYA MORENO
PRIMITIVA CODESAL VARA
FRANCISCO J. CIUDAD BAUTISTA

Duración: 2001-2004

Financiación: INIA. Programa Nacional de Recursos y Tecnologías
Agroalimentarias (RTA01-088-C3-2).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y objetivos

La recogida y conservación del patrimonio genético de un país es actividad cuya importancia no es necesario señalar, dado que es tema que, desde hace ya bastantes años ha saltado, incluso, a las páginas de los periódicos y a la televisión. La labor que se ha desarrollado en España en este campo es sobresaliente y a modo de recordatorio queremos citar dos ejemplos significativos:

- Contamos con algunas de las más completas colecciones mundiales de ciertas especies cultivadas, particularmente en cereales de invierno, gran parte de las cuales fueron colectadas antes de 1947, siendo ello garantía de autenticidad por ausencia de mezclas con genotipos foráneos.
- El proyecto ARTEMIS concebido y realizado por el Prof. Gómez Campo, para coleccionar y conservar endemismos ibéricos y macaronésicos es ejemplo de labor pionera (nadie hace treinta años hablaba de recursos fitogenéticos), tenacidad y eficacia operativa.

La Colección Nuclear de Cebadas Españolas se constituyó mediante un proyecto financiado por el INIA, dentro del Programa de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos del MAPA, en el que participaron los equipos de cerea-

les del UdL-IRTA de Lérida, del CSIC de Zaragoza y del ITA de Valladolid. Consta de 175 entradas, seleccionadas de entre las más de 1.800 que constituyen la Colección Nacional, mantenida en el CRF del INIA, usando una novedosa metodología desarrollada por los grupos participantes.

El objetivo final del proyecto, (coordinado de nuevo entre el UdL-IRTA de Lérida, el Servicio de Desarrollo y Tecnología Agraria de Valladolid y la Estación Experimental de Aula Dei, del CSIC de Zaragoza) es abrir la Colección Nuclear a su uso en mejora genética para beneficio de la agricultura española y este paso permitirá la explotación completa de estos materiales autóctonos en el Programa Nacional de Mejora de Cebadas, que estamos llevando a cabo los grupos integrantes, y comprenderá los objetivos siguientes:

- Caracterización agronómica, mediante ensayos en campo en ambientes contrastantes y representativos, evaluando la respuesta a estreses bióticos y abióticos.
- Caracterización fenológica, mediante ensayos en invernadero para identificar la respuesta de estos genotipos a la vernalización y el fotoperiodo.
- Caracterización maltero-cervecera/pienso, mediante análisis de cebada y malta, incluyendo fraccionamiento de hordeínas y β -glucanos.

- Caracterización molecular, incluyendo el uso de marcadores como: RFLP, RAPD, AFLP, SSR y, posiblemente otros, para determinar la distancia genética real entre estos materiales y el germoplasma europeo y marroquí (incluyendo *Hordeum spontaneum* de Marruecos). También podrán determinarse, en ciertos casos, relaciones entre marcadores y caracteres de interés práctico para la selección.

Estado actual y Resultados

a.- Evaluación agronómica (en campo)

Se ha realizado la evaluación de la Colección Nuclear de Cebadas Españolas en una localidad, Macotera. Se dividió la Colección en cuatro ensayos con tres repeticiones, dispuestos en alfa-látice con un diseño especial que permitirá el análisis conjunto con la máxima precisión. Se sembraron en total 648 parcelas de 6 x 1,2 m² con 6 surcos. Se evaluaron los siguientes caracteres:

- Fecha de Floración
- Incidencia de enfermedades
- Encamado.
- Altura antes de cosecha
- Cosecha mecánica, con obtención de kg/ha, peso de 1000 granos y peso hectolítrico.

b.- Caracterización fenológica (en invernadero)

Las 175 líneas puras de la CNE se dispusieron en ensayos en ambientes controlados de invernadero, sin repeticiones y con testigos probados en cuanto a su respuesta diferencial a las condiciones ambientales de fotoperíodo y vernalización.

La colección completa se evaluó en cuatro condiciones contrastantes de acuerdo con la metodología puesta a punto por este equipo. Estas condiciones de fotoperíodo y vernalización fueron las siguientes:

1. Vernalización (siembra en cámara, con 9 horas de luz y 15 de oscuridad, temperaturas de 5,8°C de no-

che y 9°C de día, durante 56 días), y fotoperíodo corto (trasplante a invernadero, con fotoperíodo natural y temperaturas de 10 y 20 °C, noche y día respectivamente).

2. Vernalización (siembra en cámara, con 14 horas de luz y 10 de oscuridad y temperatura de 4,2°C de noche y 9°C de día, de manera que tanto la temperatura media y los días vernales son iguales en los dos tratamientos de vernalización) y fotoperíodo largo (trasplante a invernadero con 17 horas de luz y 7 de oscuridad y temperatura entre 10°C y 20°C pero de manera que la temperatura media y días vernales sean iguales que en el tratamiento 1).
3. Sin vernalización y fotoperíodo corto (siembra en invernadero en las mismas condiciones de temperatura y luz que en el apartado 1).
4. Sin vernalización y fotoperíodo largo (siembra en invernadero en las mismas condiciones de temperatura y luz que en el apartado 2).

Se tomaron los siguientes datos:

- Fecha de siembra
- Fecha de nascencia
- Inicio de encañado
- Aparición de la última hoja y espigado
- Número de hojas en roseta
- Número total de hojas del tallo principal.

que se contrastaron con las fechas de espigado tomadas en los ensayos de campo de la caracterización agronómica, en los que se utilizaron los datos de temperaturas de las diferentes estaciones para el cálculo de las integrales térmicas correspondientes.

Salvo para 8 entradas en las que se murió alguna planta y no se pudo completar la evaluación. El resto se caracterizó en la campaña 2001-2002. Estas 8 entradas se evaluaron en 2003 en ensayos similares de invernadero con 3 repeticiones.

COLECCIÓN NUCLEAR DE CEBADAS ESPAÑOLAS: PUESTA A DISPOSICIÓN Y DIVULGACIÓN

Equipo investigador: JOSÉ LUIS MONTOYA MORENO
PRIMITIVA CODESAL VARA
FRANCISCO J. CIUDAD BAUTISTA

Duración: 2002-2004

Financiación: INIA. INIA. Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias. Acción Estratégica: Conservación de recursos genéticos de interés agroalimentario (RF02-016-C2-2).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y objetivos

Una vez sintetizada la colección nuclear de cebadas españolas tras las caracterizaciones y evaluaciones preliminares, y estando en proceso su “Caracterización Agronómica, fenológica, cualitativa y molecular” (Proy. RTA01-088-C3), el presente proyecto tiene por objetivo la puesta a disposición de la citada colección nuclear y su divulgación, que se concreta en:

- 1.- Multiplicación y obtención de dos juegos de la colección nuclear básica, con destino al CRF y la Banco de la EEAD-CSIC
- 2.- Multiplicación y obtención de 40 juegos de la colección nuclear activa, para su puesta a disposición de la comunidad científica.
- 3.- Elaboración de las bases de datos definitivas (pasaporte, caracterización morfológica, agronómica, de enfermedades y diversidad molecular).
- 4.- Inclusión de las mencionadas bases en las redes internacionales (programa EPGRIS).
- 5.- Elaboración de una monografía descriptiva de los componentes de la colección nuclear.
- 6.- Creación de una página WEB sobre la colección nuclear que permita el

acceso a la información mencionada con anterioridad.

De nuevo se trata de un proyecto coordinado entre el UdL-IRTA de Lérida, el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León y la Estación Experimental de Aula Dei, del CSIC de Zaragoza.

Estado actual y resultados

Las actividades mas destacadas realizadas han sido:

- Multiplicación de la colección: Se ha multiplicado el conjunto de líneas de la colección para continuar la evaluación agronómica de ésta en un proyecto de investigación paralelo.
- Elaboración de bases de datos:
 - Se ha terminado la base de datos de pasaporte y la de caracterización morfológica.
 - Se han iniciado los trabajos con los datos de evaluación agronómica y la caracterización molecular que se está desarrollando en un proyecto de investigación paralelo.
- Obtención colección activa: Dado que es preferible asegurar la máxima pureza en la obtención de esta colección se procederá en la próxima campaña a la siembra de un conjunto de surcos procedentes de espigas multiplicadas y embolsadas en Zaragoza.



Foto: Ensayo de multiplicación de la CORE



OBTENCIÓN DE VARIEDADES DE CEBADAS DE CALIDAD ADAPTADAS A LOS SECANOS ESPAÑOLES

Equipo investigador: JOSÉ LUIS MONTOYA MORENO
PRIMITIVA CODESAL VARA
FRANCISCO J. CIUDAD BAUTISTA
EVA MARÍA GARCÍA MÉNDEZ

Duración: 1999-2002

Financiación: INIA. Programa Nacional de Recursos y Tecnologías
Agroalimentarias (SC99-010-C3-1).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y objetivos

La cebada es el primer cultivo español, tanto por superficie ocupada como por valor de la producción. Así se señala en un estudio reciente basado en la media de los primeros años de esta década en el que representa 1.156 millones de euros, que suponen el 9,74% del total agrícola. En la actualidad se cultivan unos 3.600.000 ha de cebada (MAPA, 1995), aproximadamente 1.500.000 son de seis carreras de siembra otoñal, y el resto de dos carreras de siembra primaveral o alternativa. Por superficie, España es el primer país productor europeo y el cuarto mundial, después del conjunto de estados de la antigua Unión Soviética, Estados Unidos y Canadá.

Los objetivos de este proyecto pueden resumirse en la obtención continuada de variedades de cebada, adaptadas a las condiciones de la mayoría de las regiones cebaderas españolas. Junto con la mejora del rendimiento y su estabilidad, se incidirá en la calidad y tolerancia a estreses abióticos de las variedades obtenidas. Se trata de un proyecto coordinado entre los equipos de cereales del UDL-IRTA de Lérida,

CSIC de Zaragoza y del ITA de Valladolid.

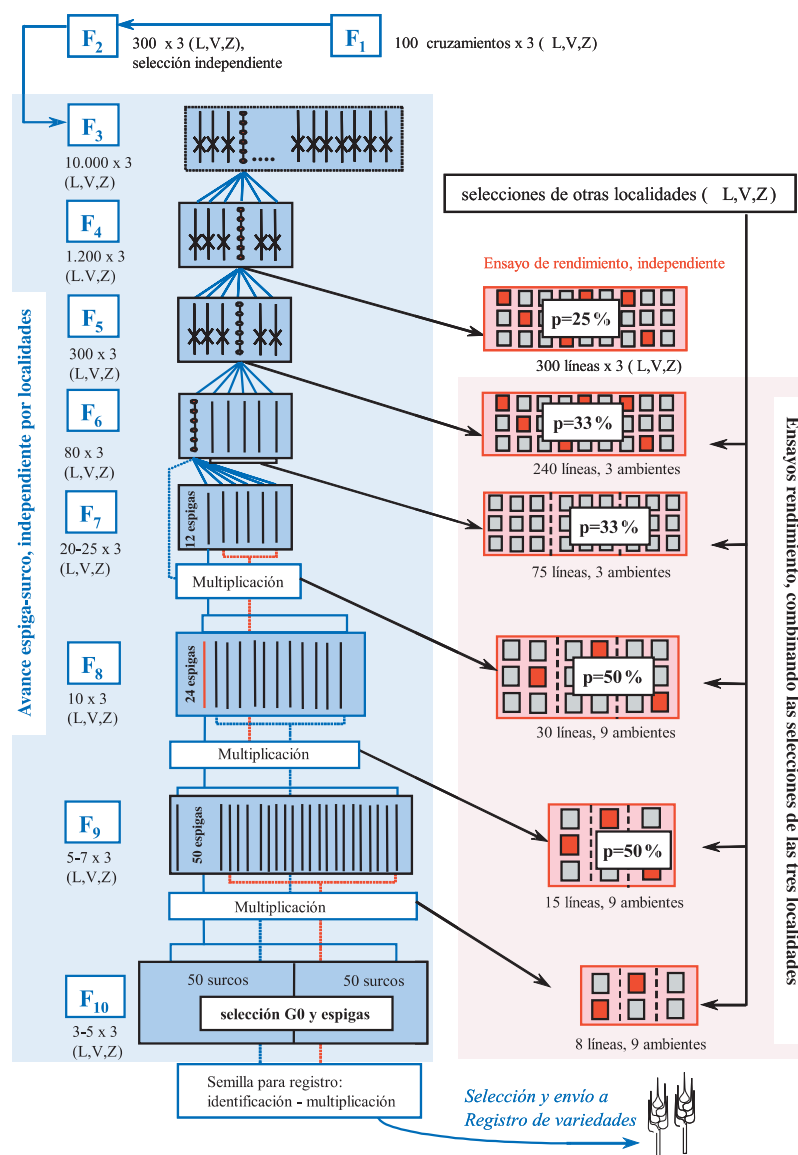
Para la consecución de este objetivo general, pretendemos utilizar las siguientes herramientas:

- 1.- Continuar con el programa coordinado de mejora de cebada actualmente en vigor, que ha demostrado ya su eficacia.
- 2.- Explorar la mayor parte de los ambientes de cultivo de esta especie, existentes en nuestro país.
- 3.- Caracterizar las necesidades de foto y termoperiodo de todos los parentales y líneas terminadas.
- 4.- Caracterizar cualitativamente, desde el punto de vista maltero-cervezero/pienso, una parte de los materiales genéticos desarrollados.
- 5.- Evaluar un total de unos 3.000 dihaploides, desarrollados dentro del proyecto anterior.

Estado actual y resultados

El programa de mejora conjunto dispone, en las distintas generaciones, de los materiales que se indican en la siguiente figura:

Selección genealógica, Lérida-Valladolid-Zaragoza



El actual programa de mejora, es un programa de selección genealógica que comienza cada año con la creación de variabilidad mediante la realización de cruces.

Selección en F2:

Tras evaluación conjunta de los tres grupos de mejora, en las tres localidades, se clasifican los cruces, según su potencial visual, en escala 1-5. A continuación se realiza la selección de las 10 mil espigas/localidad, proporcional al valor

del cruce en esa localidad y con eliminación de los cruces de menores potenciales.

Selecciones en F3 y F4:

Se realiza de forma conjunta por los tres grupos de mejora en cada localidad.

Ensayos sin repeticiones en una localidad (F5):

Se aplica el sistema de bandas de testigos alternados, situados cada cinco variedades. La selección se realiza mediante

comparación de datos brutos, corrección por los seis testigos de las tres bandas más próximas y con corrección por las 15 variedades de los tres bloques.

Ensayos sin repeticiones en las tres localidades (F6):

El análisis conjunto se realiza con empleo de los tres tipos de datos comentados en el apartado anterior. La selección se basa inicialmente en el valor de cada localidad de forma individual. La adaptación a otras localidades se considera favorable pero no necesaria.

Generaciones avanzadas (F7-F10):

El diseño de ensayos es el de alfa-lattice. La interacción genotipo por ambiente se analiza mediante sistemas clásicos de regresión, muy útiles para análisis de tendencias cuando existen suficientes datos, y por análisis de AMMI para detección de adaptaciones específicas.

Los materiales que van a pasar a F10, sufren una evaluación en condiciones controladas en Valladolid, para tener una correcta definición de sus respuestas a fotoperiodo y vernalización.

Estudio de respuesta a fotoperiodo y vernalización: (Valladolid)

Cada año, y con la finalidad de conocer en profundidad su comportamiento fenológico, se evaluará la respuesta al fotoperiodo y la vernalización de los parentales previstos para el bloque de cruzamientos y las líneas avanzadas seleccionadas en F10. Los procedimientos serán los siguientes:

a) Tratamientos:

1. Vernalización entre 4°C noche y 9°C día, durante 8 semanas y fotoperiodo de 10 horas. Transplante a invernadero, con temperaturas entre 10°C noche y 20°C día y fotoperiodo de 16 horas.
2. Sin vernalización. Siembra en invernadero con las mismas temperaturas y fotoperiodo anteriores.

3. Vernalización entre 4°C noche y 9°C día, durante 8 semanas y fotoperiodo de 10 horas. Transplante a invernadero, con temperaturas entre 10°C noche y 20°C día y fotoperiodo natural (entre 10 y 12 horas).

4. Sin vernalización. Siembra en invernadero con las mismas temperaturas y fotoperiodo anteriores.

5. Siembra en campo en la primera quincena de octubre.

6. Idem, en la segunda quincena de abril.

b) Diseño:

Los ensayos de invernadero tendrán un diseño en a-lattice, con 4 repeticiones. Siembra en *jiffy-pots* y transplante a maceta.

c) Datos:

Se tomarán las fechas de nascencia, aparición de la última hoja, espigado y antesis, dos veces por semana se anotarán el índice de Haun y la altura de la lígula de la última hoja, y en antesis las longitudes de los primeros entrenudos y de las vainas de las primeras hojas caulinares. Con estos últimos datos se calcularán las fechas de encañado de cada planta. Con estos datos y los registros de temperaturas se calcularán, para cada variedad ensayada y tratamiento, el número de días y la integral térmica desde siembra a nascencia, a encañado, a la aparición de última hoja, a espigado y a antesis, que, junto con el número de hojas en roseta y total del tallo principal nos definen las respuestas a fotoperiodo y vernalización de los distintos genotipos en las distintas fases del desarrollo hasta antesis.

La cuantificación de los trabajos a realizar, derivados de este Plan de Mejora, en cada año y en el conjunto de los tres subproyectos, puede resumirse en:

Generación	Parcelas evaluación	Parcelas multiplicación	Espigas a trillar	Surcos a trillar
F2	900	0	30.000	0
F3	33.000	0	21.600	0
F4	3.960	0	5.400	0
F5	990	0	1.440	240
F6	792	240	450	450
F7	675	150	360	180
F8	648	60	360	180
F9	378	36	1.800	432
F10	270	30	2.700	600
Total	41.613	516	64.110	2.082

Dentro del proyecto se han obtenido dos variedades, SEIRA y AICARA, que ya han sido inscritas en el Catálogo de Variedades Comerciales de Cebadas.

El proyecto también ha permitido la definición y desarrollo de un programa

informático común a los tres centros, incorporando todo el manejo de información propio de las actividades de mejora.



EVALUACIÓN Y BASES PARA LA UTILIZACIÓN DE DETERMINADOS MUTANTES DE CEBADA

Equipo investigador: JOSÉ LUIS MONTOYA MORENO
PRIMITIVA CODESAL VARA
FRANCISCO J. CIUDAD BAUTISTA

Duración: 2001-2004

Financiación: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (2003-000347).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y objetivos

Castilla y León, con 1,4 millones de hectáreas, es con mucho la región de España que dedica más superficie al cultivo de la cebada. Al mismo tiempo este cultivo es el más importante de la comunidad, tanto desde el punto de vista de superficie como desde el punto de vista social. Sin embargo, analizando los últimos 50 años, los aumentos de rendimiento no han sido nada significativos y desde luego no han seguido el ritmo que se podría esperar por los avances observados en otros cultivos y por los avances tecnológicos que han estado al alcance de los mejoradores.

El objetivo a largo plazo es la obtención de variedades de cebada adaptadas a las condiciones agroclimáticas de las principales zonas productoras de Castilla y León y para siembras otoñales. Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- 1.- Evaluación fenotípica de la respuesta a vernalización y fotoperiodo de una colección de posibles mutantes de la variedad Angora de cebada que han mostrado en la generación M₂ una respuesta a las condiciones de fotoperiodos largos distinta de la variedad original.
- 2.- Conservación y multiplicación en pureza de los mutantes obtenidos.
- 3.- Realización de estudios genéticos para determinar el tipo de heren-

cia de los posibles genes implicados en las mutaciones.

- 4.- Evaluación agronómica de todos los mutantes y posible utilización de alguno en el programa de mejora, como candidato a su inclusión en la lista de variedades comerciales.
- 5.- Evaluación fisiológica de las respuestas a la vernalización de algunos de los mutantes obtenidos.

Estado actual y resultados

La variedad Angora es sensible a vernalización, tanto en condiciones de fotoperiodo corto como largo. En la campaña 1999-2000 se sembró en la finca del SITA en Zamadueñas, Valladolid, semilla de esta variedad tratada previamente por investigadores del IRTA de Cataluña con el agente mutagénico azida sódica. Con el grano procedente de la cosecha de esta parcela, se sembró un ensayo a finales de marzo del 2001. En esta época, en Valladolid, las temperaturas son en general poco vernalizantes y los fotoperiodos crecientes hasta un máximo de 16,5 horas aproximadamente, de manera que las plantas mutadas, poco sensibles a vernalización en condiciones de fotoperiodo largo, serían las que pasaran más rápidamente a la fase reproductiva y al encañado, mientras que las procedentes de la semilla sin tratar, de la variedad Angora, se retrasarían o podrían incluso no pasar a la fase reproductiva. En este ensayo de

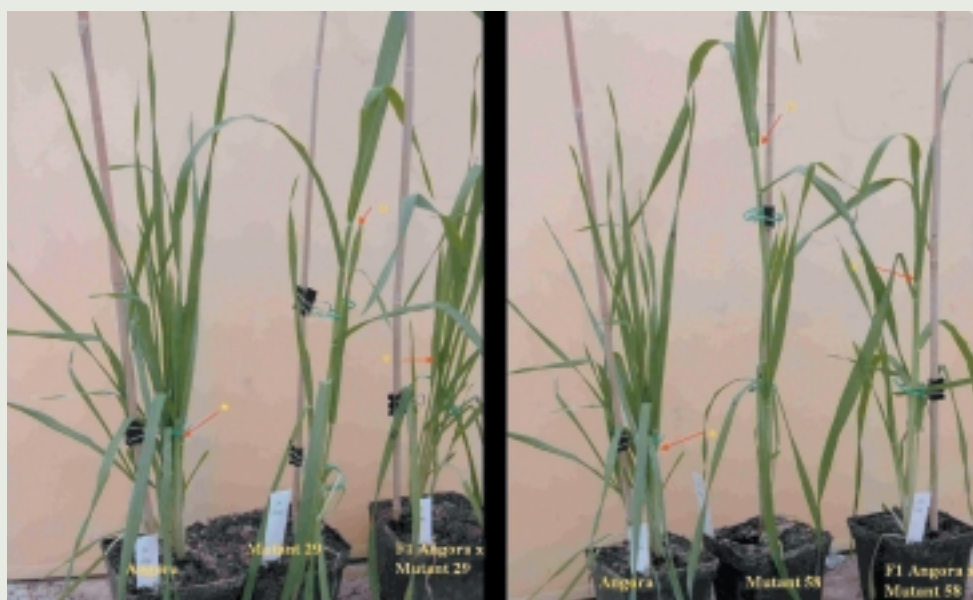
siembra tardía, únicamente completaron su ciclo 59 plantas y sólo se consiguió semilla de 50.

1.- Evaluación fenotípica de la respuesta a vernalización y fotoperiodo de la colección de mutantes de Angora.

De los 50 mutantes multiplicados en 2002 se seleccionaron 23 que no presentaban segregación ni mutaciones deletéreas aparentes, junto con 8 F1 procedentes de retrocruzamiento (mutante x Angora) para su evaluación en invernadero. Tras la evaluación, 5 de los mutantes mostraron el fenotipo esperado, es decir, de primavera. En las plantas F1 del retrocruzamiento de estos mutantes se observaron dos tipos de respuestas, dos de ellas presentaron fenotipo de invierno y tres de primavera, por lo que se postula que las mutaciones inducidas han sido en un gen de primave-

ra recesivo y dominante respectivamente. En la Figura 1 se observa como la variedad Angora en condiciones de sin vernalizar y con fotoperiodo corto no ha encañado con más de 9 hojas visibles (encañó con 15), mientras que los mutantes 29 y 58 ya han encañado (con 7 y 5,5 hojas visibles respectivamente). Las F1 derivadas del retrocruzamiento con Angora, presentaron un comportamiento diferente; la F1 del mutante 29 presentó fenotipo de invierno (encañó con 13 hojas), lo que sugiere que se ha producido una mutación hacia un gen de primavera recesivo, mientras que la F1 del mutante 58 presentó fenotipo de primavera (encañó con 7 hojas), sugiriendo una mutación hacia un gen de primavera dominante. Estas hipótesis requieren comprobación mediante el estudio de la población segregante F2, proceso que está en marcha.

Figura 1. **Altura de la lígula de la 9ª hoja en la variedad Angora, en los mutantes 29 y 58 y en las F1, en condiciones de sin vernalizar y fotoperiodo corto.**



2.- Realización de estudios genéticos para determinar el tipo de herencia de los posibles genes implicados en las mutaciones.

Como ya se ha mencionado, el estudio de la generación F1 del retrocruzamiento con la variedad Angora original

(BC1F1) nos da una primera idea del tipo de herencia de los genes implicados en la mutación. Con los 5 mutantes candidatos se ha realizado una segunda generación de retrocruzamientos (BC2), y que en este momento está siendo multiplicada (BC2F1). Se pretende, en los próximos me-

ses, realizar la evaluación de las poblaciones segregantes de las generaciones BC1F2 y BC2F2, con las adecuadas pruebas estadísticas (χ^2).

3.- Evaluación agronómica de todos los mutantes y posible utilización de alguno en el programa de mejora, como candidato a su inclusión en la lista de variedades comerciales

Los mutantes que presentaban un adecuado desarrollo se han incluido en los ensayos de la generación F5 para su evaluación, proceso en el que continuarán como cualquier otra selección del programa de mejora de cebadas actualmente en curso en este equipo.

4.- Evaluación fisiológica de las respuestas a vernalización de algunos de los mutantes obtenidos.

En este apartado se planteó la cuantificación de las necesidades de vernalización de la variedad original para la comparación de los mutantes si se estimase necesario. Las necesidades de vernalización de la variedad Angora se determinó que estaban completamente saturadas con la aplicación de un periodo de frío en la cámara de vernalización de 6 semanas (ver Figura 2), por lo que no se precisaba modificaciones metodológicas en el proceso de evaluación de los mutantes, con un periodo de vernalización estándar de 8 semanas.

Figura 2. Efecto de la vernalización en la variedad Angora. Las plantas de derecha a izquierda tienen 10, 9, 8,... 0, semanas de vernalización. Todas las plantas tienen el mismo tiempo térmico y el mismo número de hojas.



Todas las futuras investigaciones a nivel molecular, agronómico y fenológico se han recogido en el proyecto **“Genética de la calidad y la adaptación en la cebada cervecera: uso de marcadores moleculares y mutantes inducidos”**, presentado en la última convocatoria de

financiación de proyectos de investigación del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007 de la CICYT (B.O.E. 11-II-2003) en colaboración con el IRTA de Cataluña y SCRI de Dundee (Escocia, Reino Unido).

PROGRAMA NACIONAL DE MEJORA DE TRIGO DURO

Equipo investigador: PRIMITIVA CODESAL VARA
FRANCISCO J. CIUDAD BAUTISTA
JOSÉ LUIS MONTOYA MORENO
JOSE LUIS ABAD AMOR

Duración: 2002-2004

Financiación: INIA. Programa Nacional de Recursos y Tecnologías
Agroalimentarias (RTA02-078-C4-4).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y objetivos

En España se cultivan actualmente 6.8 M ha de cereales que, en muchos casos, no admiten un uso alternativo. De ellas 2.4 M ha corresponden a trigo, repartidas entre trigo harinero (1.53 M ha) y trigo duro (0.87 M ha). La producción correspondiente es de 5.2 M t de trigo harinero y 1.8 M t de trigo duro, y el valor de esta producción supera los 900 millones de euros.

El rendimiento medio del trigo duro en España dista mucho de los máximos rendimientos que podrían obtenerse mediante el uso de variedades mejoradas y técnicas agronómicas adecuadas. En los últimos 30 años el incremento medio anual de rendimiento originado por programas de mejora (como el del CIMMYT) se acerca al 1,5%. Esta cifra da idea del beneficio que puede aportar a nuestro país la existencia de un programa equivalente, que sería cercano a los 6 millones de euros anuales.

Este proyecto tiene como objetivo último unificar los esfuerzos que se están llevando a cabo en el campo de la mejora genética de trigo duro en España mediante la constitución del Programa Nacional de Trigo Duro. En el proyecto participan todas las CC.AA interesadas en la especie, tres de ellas constituyendo subproyectos: Cataluña, Andalucía y Castilla y León, y otras únicamente mediante la realización de ensayos de materiales avanzados: Aragón y Extremadura. También participan

organismos públicos de investigación como el IAS del CSIC de Córdoba y las ETSIAs de Madrid y Córdoba.

El objetivo científico de este proyecto es la obtención de forma continua de variedades de trigo duro, con las siguientes características:

- Productividad elevada y estable.
- Calidad de grano, de la sémola y de la pasta.
- Ciclo adaptado a las principales zonas de cultivo en España.
- Adaptación / resistencia a la sequía.
- Resistencia a enfermedades.

Estado actual y resultados

El programa de mejora se desarrolla en dos grandes líneas, la primera basada en un sistema clásico de selección genealógica, y la segunda utilizando la técnica de haplodiploidización mediante cruzamientos con maíz, acortando el tiempo necesario para conseguir un grado suficiente de homocigosis en los genotipos producidos. Paralelamente, existe un programa de colaboración INIA-CIMMYT, por el cual el CIMMYT se compromete a enviarnos 4 tipos de materiales (MAC, IDYN, IDSN y EDUYT), que pasan directamente a F₇.

En Castilla y León se ensayan los materiales avanzados a partir de D₃ y F₇, donde las condiciones de cultivo y los tipos de trigos adaptados son muy diferentes.

Para la siembra de la campaña 2001-2002 se recibieron los siguientes ensayos:

IDYN: International Durum Wheat Yield Nursery (50 genotipos)

IDSN: International Durum Wheat Screening Nursery (275 genotipos)

EDUYT: Elite Durum Wheat Yield Trial (128 genotipos).

Se tomaron los datos de fenología y en cosecha, altura de planta, rendimiento y peso específico. Debido al estrés hídrico durante el crecimiento y las altas temperaturas en la fase final, el cultivo se secó rápidamente y no fue posible hacer una valoración objetiva en cuanto a incidencia de enfermedades.

Durante los meses de octubre y noviembre de 2002 se recibieron los ensayos: IDSN, IDYN, EDUIT, MADYN F8 /03, SN F7/03 y D3 de ciclos largo y corto para ser sembrados en la campaña 2002/03. Consideramos importante mencionar el hecho que debido a las continuas precipitaciones en la región durante los meses de noviembre, diciembre y enero, no fue posible realizar la siembra en las fechas recomendables, tan sólo en los últimos días del mes de enero (de 2003) se pudo entrar en las parcelas de cultivo tras las continuas lluvias y realizar la siembra. Pese a ello hay que reseñar que la nascencia fue buena, el desarrollo del cultivo normal y únicamente en el periodo de maduración sufrió algo de estrés por las elevadas temperaturas.

En esta campaña, 2002/2003, los ensayos sembrados fueron:

1.- Programa de selección de Dihaploides Ensayos D3

Se sembraron los ensayos:

D3_03 Ciclos cortos constituido por 69 genotipos más 30 testigos.

D3_03 Ciclos largos, formado por 63 genotipos y 27 testigos

2.- Programa de colaboración INIA-CIMMYT MADYN F8 03

Era un material F8 procedente de germoplasma seleccionado el año anterior. El ensayo constaba de 30 líneas más 5 testigos, con dos repeticiones.

SN F7 03

Material F7 procedente de germoplasma seleccionado en los ensayos EDUYT e IDSN del año anterior. El ensayo constaba de 41 líneas y 4 testigos.

Ensayo IDYN

Incluidos testigos el ensayo constaba de 50 entradas con 2 repeticiones

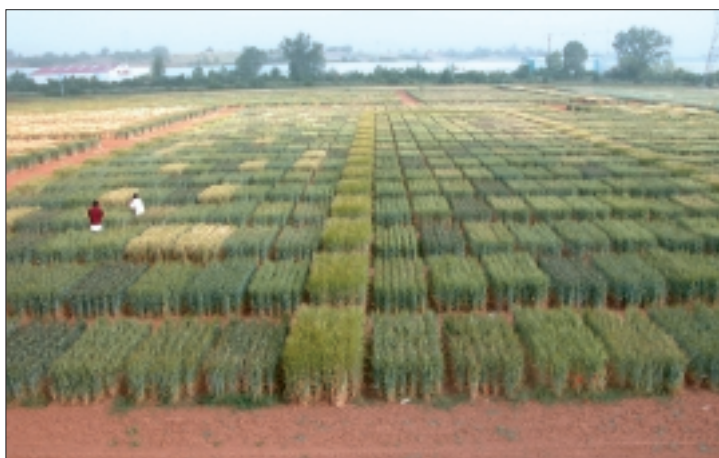
Ensayo IDSN

Ensayo de 295 entradas, sin repeticiones.

Ensayo EDUYT

Ensayo de 112 genotipos más 16 parcelas asignadas a 4 testigos.

Todos los ensayos se sembraron en parcelas de 6 surcos de 3m de largo a 0,2m de separación. Se tomaron las fechas de espigado y altura del cultivo y se evaluó la incidencia de oidio y roya de la hoja. En cosecha se anotó el peso de la parcela.



Vista general del campo de ensayos de trigos duros

APLICACIÓN DE TÉCNICAS BASADAS EN MARCADORES MOLECULARES EN LÍNEAS DE MEJORA GENÉTICA VEGETAL

Equipo investigador: FRANCISCO J. CIUDAD BAUTISTA
CONSTANTINO CAMINERO SALDAÑA
EVA MARÍA GARCÍA MÉNDEZ
DAVID GARCÍA SINOVAS

Duración: 2003

Financiación: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (2003-0001668).

Este proyecto ha sido financiado, en parte, con fondos FEDER.

Introducción y objetivos

La genómica, dentro de la cual los marcadores moleculares son una herramienta fundamental, está cobrando en los últimos años una importancia crucial en el ámbito de la mejora genética de plantas. La principal consecuencia de esto es que la investigación tradicional, que estaba enfocada básicamente en el estudio de los fenotipos, intentando inferir con ello cómo podrían ser sus correspondientes genotipos, torna ahora su sentido e intenta estudiar directamente el genoma para predecir en la medida de lo posible los fenotipos esperados.

El objetivo general del proyecto es la elaboración de una serie de ensayos básicos utilizando marcadores moleculares aplicados en tres diferentes líneas de trabajo del ITA. La resolución de dichos ensayos permitirá una optimización de recursos y una mejor definición de materiales de partida y planes de trabajo en los trabajos relacionados con guisante, cebada y fresa que se realizan dentro del ITA. El objetivo concreto para cada una de las tres líneas de trabajo consideradas es:

a.- Guisante: Definición de polimorfismos de marcadores moleculares (AFLPs, RAPDs y MFLPs) en el material parental del plan de mejora genética de guisante adaptado a la siembra otoñal-invernal en los secanos castellano-leoneses.

b.- Cebada: Búsqueda de polimorfismos de marcadores moleculares (AFLPs, RAPDs y MFLPs) ligados al carácter de enanismo en una población procedente de retrocruzamiento.

c.- Fresa: Puesta a punto de un método molecular para la detección e identificación de diferentes especies de *Colletotrichum* en planta de fresa.

Estado actual y resultados

El objetivo general de puesta a punto de la tecnología de AFLPs se cumplió, aunque con cierto retraso frente a lo previsto inicialmente, debido a los plazos en la actualización del secuenciador, Abi-Prism 310 (Applied Biosystems), por la empresa suministradora.

Para el caso de los cereales, el desarrollo de la población segregante en invernadero también fue más lento del que inicialmente se preveía, con el consiguiente retraso en la caracterización fenotípica y por tanto en la selección de las líneas que forman parte de los conjuntos a analizar. Se pusieron a punto las técnicas de extracción de DNA y AFLPs, iniciándose la caracterización de los parentales, a la espera de concluir el fenotipado de la población segregante.

En este proyecto, se partió de 8 parentales, 8 plantas F1 y 250 plantas de la generación BCI [retrocruzamiento (Barba-

rrosaxNevada) x Barbarrosa]. Durante el año 2003, las plantas se sembraron en cámara fría para inducir la vernalización y posteriormente, se trasladaron al invernadero donde se sometieron a temperaturas de 10-20°C y fotoperiodo de 17 horas. De cada una de las entradas, se tomaron muestras de hojas, de las que se extrajo DNA.

El fenotipado de la generación F2 procedente del retrocruzamiento no ha estado disponible durante el año 2003, por lo que no se ha podido iniciar la técnica de BSA. En el estudio del fenotipo han surgido ciertas dificultades, ya que las condiciones experimentales de fotoperiodo largo al que han estado sometidas las plantas pueden haber influido directamente en la talla. En ese caso, en la altura de la planta habrían influido no sólo los genes de enanismo, sino también la sensibilidad a fotoperiodo. No obstante, los datos recogidos confirman que existe una clara segregación por talla, demostrando que contamos con el material idóneo para llevar a cabo el análisis propuesto.

En el caso de las leguminosas, que partían de DNA ya extraído, se pusieron a punto las técnicas de RAPDs y AFLPs, estando completa la analítica de algunas de las líneas previstas. En otras ha sido necesario reproducir la población para extraer nuevo DNA, ya que del que se disponía era insuficiente.

Durante el año 2003 se puso a punto un protocolo experimental para la obtención de marcadores AFLPs polimórficos entre las variedades Cheyenne (línea pura, variedad comercial) y Turquía (entrada del banco de germoplasma del ITA). Ambas difieren en numerosos caracteres de interés agronómico –rendimiento, resistencia a *Mycosphaella*, adaptación a la zona, resistencia al frío, etc.– cuyo estudio resulta de enorme utilidad para definir el material de partida óptimo para el plan de mejora genética de

guisante adaptado a la siembra otoño-invernal. Los parentales del cruzamiento anterior (Cheyenne x “Turquía”) están incluidos en un set de 5 entradas, sobre el que se están testando 160 cebadores RAPDs. Los polimórficos y repetibles se incluirán en el estudio de caracterización molecular de las plantas segregantes. Se está comenzando la puesta a punto de MFLPs (Polimorfismos en la longitud de fragmentos incluyendo motivos microsatélite), que incluyen motivos microsatélite, para incrementar el número de polimorfismos e intentar saturar el mapa final obtenido. Esto permitirá una mejor definición de las regiones del genoma donde puedan estar situados los genes de interés, simplificando los trabajos posteriores de localización, definición de buenos marcadores ligados y clonación de los genes. Se está recogiendo información y se prevé comenzar en breve los trabajos con RGAs (genes análogos de resistencia), definiendo cebadores degenerados basados en la conservación de familias de genes codificantes para resistencias).

Para anclar toda esta información en el mapa, se cuenta con cebadores RBIPs anclados en el mapa consenso de guisante. La metodología de amplificación está siendo puesta a punto. La metodología con la que se piensa anclar el resto de los polimorfismos se basa en los mapas de colores.

Otro trabajo realizado, fue el estudio de la asociación de polimorfismos AFLPs mediante genotipado selectivo en 20 plantas F2, habiéndose realizado la caracterización morfológica de dichas 20 plantas sobre ellas mismas y sobre 10 plantas F3 procedentes de cada una. En estos momentos, se está en pleno ensayo de caracterización de resistencia a *Pseudomonas syringae* pv *psis*, razas 3 y 6, y tolerancia a heladas (-6, -9 y -12°C) sobre ese mismo material (utilizamos las F3). En breve se preveé tener aislados de *Ascochyta* Sp para ser evaluados también.