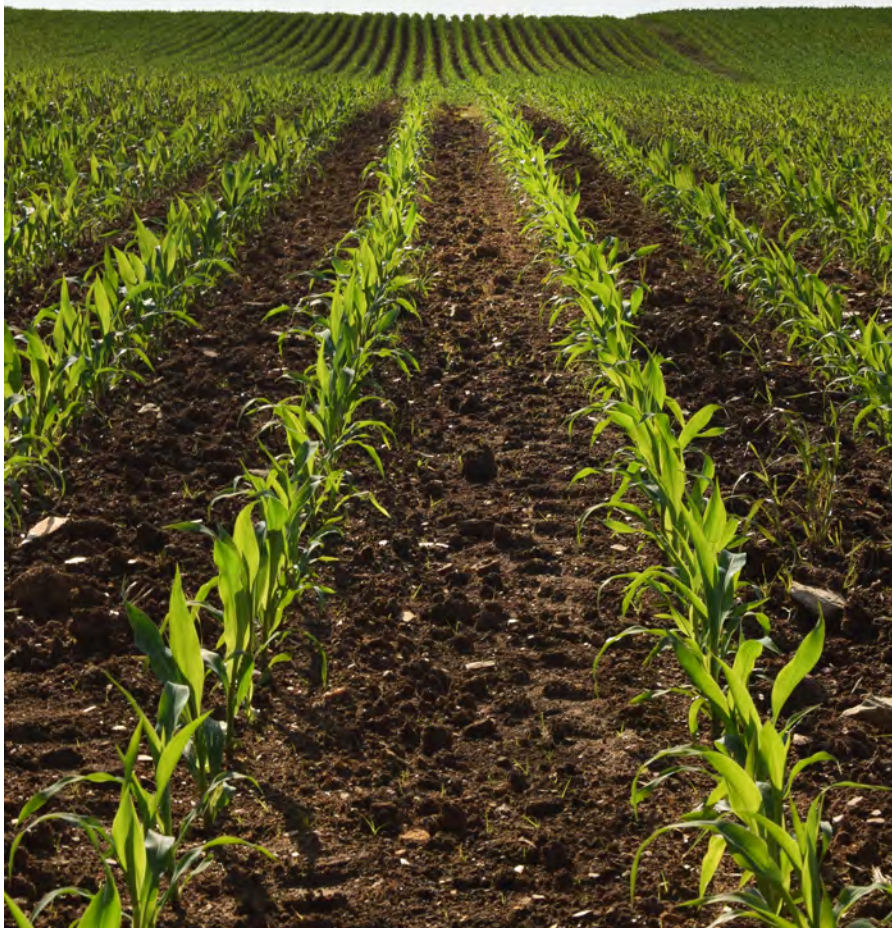




A importancia dos recursos fitoxenéticos: o caso do millo

Neste artigo fálase da importancia da conservación de xermoplasma de millo e, máis concretamente, dos traballos de conservación de variedades e de melloramento xenético de híbridos levados a cabo na Misión Biolóxica de Galicia.



Amando Ordás. Profesor de Investigación *ad honorem*. Misión Biolóxica de Galicia (CSIC)
aordas@mbg.csic.es

ANTECEDENTES

O fungo *Bipolaris maydis*, bastante común no millo en todo o mundo, causa unha enfermidade do tipo das que se adoitan chamar “tizóns foliares” e que xeralmente non produce grandes danos. Con todo, en 1970 e 1971 este tizón arrasou grandes áreas do Corn Belt dos Estados Unidos, a principal zona mainceira

do mundo, orixinando unhas perdas en 1970 de 1.000 millóns de dólares (máis de 6.000 millóns de dólares a prezos de hoxe). As perdas, como se ve, foron cuantiosas e a pregunta que inmediatamente xorde é: por que, de súpeto, ese fungo produciu eses tremendos danos? A razón, como logo se soubo, foi a uniformidade xenética (Bruns, 2017).

O tipo de variedade empregado naquel tempo nos Estados Unidos era o que se coñece como un híbrido simple, é dicir, o cruzamento entre dúas liñas puras. Unha liña pura é un homocigoto, cunha produción moi pequena debido ao universal fenómeno da depresión consanguínea. Cando se cruzan dúas liñas puras entre si restáurase o vigor (é o que se coñece co nome de heterose) e obtense o que xeneticamente se denomina unha F1 e, comercialmente, un híbrido simple. Cando as dúas liñas combinan ben, a produción pode chegar a cifras espectaculares, moi superiores ás que se obteñen coas antigas variedades de polinización libre. Non é de estrañar, por tanto, que este tipo de híbridos siga sendo o predominante en todas as zonas desenvolvidas do planeta que cultivan millo.



Distintas liñas puras de millo



Vigor híbrido: híbrido de millo A639 x EP42 entre as súas liñas parentais



Agora ben, que relación ten todo isto coa epidemia mencionada máis arriba? A produción de semente do híbrido simple faise en campos illados, é dicir, afastados doutra variedade para que o pole desta última non contamine o híbrido que estamos a producir. Colócanse sucros intercalados da liña pura, que actúa como parental feminino (é dicir, como femia), con sucros da liña que actúa como parental masculino (é dicir, como macho). Antes da floración despendónanse as femias; noutras palabras, á liña pura femia arríncaleselle o pendón antes de que este produza pole. Así garantimos que o único pole que hai no campo de produción de semente é da liña pura macho. Na recolección recollemos só o gran das plantas femias, que será a semente do híbrido simple que se venderá na campaña do ano seguinte. Este proceso de despendonado é custoso e poderíase suprimir completamente se a liña femia non producise pole, é dicir, se fose androestéril. Este método de producir semente híbrida mediante a técnica da androesteri-

▶ A CONSERVACIÓN DO XERMOPLASMA DUN CULTIVO É UN SEGURO CONTRA A APARICIÓN DE PERIGOS COMA OS DERIVADOS DA UNIFORMIDADE XENÉTICA

lidade era a predominante en 1970. Para iso utilizábase un tipo de citoplasma chamado T que producía a devandita androesterilidade.

A raza predominante de *B. maydis* era ata esa data a coñecida como raza O, que, como se dixo anteriormente, non producía grandes danos sobre a planta de millo.

Deseguido descubriuse que aparecera unha nova raza do patóxeno (a raza T), extremadamente virulenta sobre o citoplasma T. En realidade, a androesterilidade era producida por un xene mitocondrial (*T-urf13*) que se descubriu con posterioridade, o cal era extremadamente susceptible á nova raza do fungo. Por fortuna, nas coleccións de xermoplasma existía

outro citoplasma (o N, inmune ao ataque da raza T do fungo), co que nun par de anos se lles puido ofrecer aos agricultores semente producida sen o citoplasma T e, por tanto, resistente ao fungo. Pódese especular no que podería suceder se todo o millo do mundo levase o xene *T-urf13* e se desen as condicións adecuadas para o crecemento do fungo. Poderíase chegar a pensar que a especie podería estar en perigo, incluso, de desaparecer. Sen chegar a tales extremos, este caso real pon de manifesto os perigos aos que pode conducir a uniformidade xenética: extrema susceptibilidade a un cambio de condicións ambientais e posible destrución, quizais irreversible, dun xenotipo determinado. ▶



NOVEDAD

**SIEMBRA
RENTABILIDAD.
CONFÍA EN
EL LÍDER.**

OFICINA CENTRAL
Edificio Galia Puerto
Carretera de la Esclusa, 11.
Oficina 3. 14. 41011 SEVILLA.
Tel.: 954 921 701 · Fax: 954 924 779

Delegación Norte:
OLEOKELSA 923 300 228

Delegación Galicia:
Tomás Pérez 667 499 801

JULLEN

Ciclo 400-420.

Adaptado a zonas de
alto estrés térmico.
Alto contenido
en proteína y almidón.
Para llenar el silo
con pocas hectáreas.

ATOMIC

Ciclo 360-380.

Rendimiento estable.
Muy buena tolerancia a hongos
incluyendo cefalosporium.

SENKO

Ciclo 300.

Alto potencial productivo.
Alto contenido en almidón.
Producciones estables
y de calidad.
Alta rusticidad.

KREON

Ciclo 280.

Híbrido estable.
Mazorcas largas.
Muy vigoroso.
Magnífica sanidad.

COBALT

Ciclo 260.

Cubre rápidamente
el terreno.
Mazorcas anchas,
rematadas
y homogéneas.
Silo de alta calidad.
Ensilado, grano
y grano húmedo.
Aptitud: Forraje/grano.

50
ANIVERSARIO
Koipesol

koipesolsemillas.es

cecoagro®

Agrotusset
el centro comercial del campo

► O XERMOPLASMA LOCAL PROPORCIONALLE AO MELLORADOR UN MATERIAL BEN ADAPTADO ÁS CONDICIÓNS CLIMATOLÓXICAS E EDÁFICAS DUNHA ZONA

Dada a importancia da agricultura norteamericana na economía mundial, o ataque de *B.maydis* serviu para que os poderes públicos de numerosos países tomasen conciencia da importancia do perigo da uniformidade xenética e lles prestasen atención aos esforzos de numerosos científicos por conservar a maior cantidade posible de xermoplasma, palabra coa que se designa ao conxunto do material hereditario dunha especie. Hai que dicir, de todos os xeitos, que antes de 1970 xa ocorreran outros casos nos que a uniformidade xenética producira catástrofes. Á parte de casos posiblemente menos divulgados, aínda que tamén de catástroficas consecuencias, son moi coñecidas as grandes famas negras de Irlanda de mediados do século XIX como consecuencia do cultivo case único dunha variedade que resultou susceptible, extremadamente susceptible, aos ataques do fungo *Phytophthora Infestans*, e cuxa consecuencia máis visible foi a grande emigración de irlandeses cara ao Novo Mundo.

A conservación do xermoplasma dun cultivo, é dicir, do conxunto de xenes desa especie, é, pois, un seguro contra a aparición de perigos como os apuntados anteriormente derivados da uniformidade xenética.



Cámara fría de conservación de xermoplasma da MBG

A SITUACIÓN MUNDIAL

Para impulsar a conservación e utilización dos recursos fitoxenéticos creouse en 1974 o International Board for Plant Genetics Resources (IBPGR) por parte do Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). A súa función básica é promover unha rede internacional de centros de recursos xenéticos para fomentar a recolección, a conservación, a documentación, a avaliación e o uso do xermoplasma vexetal, e contribuír así a elevar o nivel de vida e benestar dos pobos en todo o mundo. Tras diversas vicisitudes, o nome actual da institución é Bioversity International, consolidándose como un organismo eficaz que pasou a ocupar un lugar preeminente no mundo na conservación da biodiversidade vexetal e na loita contra a erosión xenética.

O xermoplasma local proporcionalle ao mellorador un material ben adaptado ás condicións climatolóxicas e edáficas dunha zona e, xeralmente, presenta unha gran resistencia ás pragas e enfermidades comúns do cultivo na zona. Esta é outra das razóns que moveu desde antigo a comunidade científica a realizar grandes esforzos na conservación de xermoplasma, moitas veces sen apoio das administracións que debían financiar tales traballos.

OS BANCOS DE XERMOPLASMA

É obvio que a conservación de biodiversidade *per se* carece completamente de valor se tal biodiversidade non se pon a disposición dos melloradores. Máis aínda, para que a biodiversidade conservada sexa de utilidade inmediata é preciso que o traballo levado a cabo nos bancos de xermoplasma (lugares onde se gardan coleccións de material xenético, así como información sobre as mesmas) non se limite á estrita conservación do material a medio ou a longo prazo, senón que debe abarcar outros aspectos, tales como a vixilancia continua das mostras para asegurar a súa viabilidade, a avaliación do xermoplasma conservado e o desenvolvemento dun eficaz sistema de almacenamento e difusión dos datos obtidos.

Viabilidade

Un banco de xermoplasma necesita controlar a viabilidade dunha entrada inmediatamente ao recibo dunha mostra e, posteriormente, a intervalos regulares de tempo. Cando o poder xerminativo baixa dun mínimo determinado (60-70 %), débese levar ao campo a fin de proceder á súa rexeneración. O obxectivo final é que o seleccionador que queira usar o material dispoña en todo momento dunhas mostras viables. ►

Avaliación

Para que unha colección de xermoplasma lle sexa de utilidade ao mellorador debe ser avaliada. Moitas coleccións avalíanse de forma inadecuada e, en consecuencia, carecen de utilidade. A avaliación é unha operación custosa e, por tanto, debe planearse co máximo coidado. Pódense distinguir nela dúas fases:

1. A primeira fase consiste na simple descrición do material: lugar de recollida da mostra, clasificación botánica, nome local, método de mantemento por parte do agricultor etc. Isto é o que se adoita denominar como a obtención dos datos de pasaporte de cada entrada do banco. Esta breve descrición pode serlle xa de utilidade ao mellorador, xa que, por exemplo, a área de procedencia da variedade pode indicarlle se é probable que presente resistencia á seca ou a unha enfermidade determinada.

2. A segunda fase pode ser todo o complexa e extensa que se queira e pode abarcar datos sobre características xenéticas, bioquímicas, fitopatolóxicas ou outras. Dado que os recursos económicos dispoñibles son, xeralmente, escasos, hai que buscar un equilibrio entre a intensidade da avaliación e o número de mostras avaliadas.

Almacenamento e difusión dos datos

Se non existe un eficaz sistema de organizar os datos obtidos nas distintas secuencias de recolección do material e a súa avaliación, así como de facer chegar toda esta información ao seu principal usuario, é dicir, ao mellorador, todo o traballo levado a cabo nun banco de xermoplasma pode quedar condenado ao fracaso. O almacenamento dos datos, así como a súa difusión, debe facerse por medios informáticos. Un obxectivo desexable é alcanzar a compatibilidade entre o sistema empregado polo banco que proporciona os datos e o do mellorador que os recibe. Aínda que isto está aínda lonxe de ser unha realidade, é evidente que a tendencia mundial caminha neste sentido.

Utilización do material

A última cuestión que queda por resolver é a da utilización a curto ou medio prazo deste material. Iso implica a agrupación das mostras en grupos taxonómicos afíns, xa que o número de entradas que o banco pode pór a disposición do mellorador adoita ser demasiado grande e, en consecuencia, totalmente inmanexable. Para iso se méntanse as mostras en ensaios, xeralmente sen repeticións e nunha soa localidade dado o gran número de parcelas que resultan. Efectúanse numerosas medidas biométricas que, se hai posibilidade, se poden complementar con datos moleculares ou doutro tipo. A continuación procederá a efectuar unha análise de grupos que marcará a pauta para a formación de compostos nun número reducido que poida ser manexado polo mellorador.

SITUACIÓN ACTUAL DA CONSERVACIÓN DA BIODIVERSIDADE DE PLANTAS CULTIVADAS

A situación no mundo

Un programa de conservación de biodiversidade de plantas cultivadas ten dous obxectivos fundamentais: almacenar a maior cantidade posible de variabilidade de cada cultivo a fin de reducir os perigos de vulnerabilidade xenética e proporcionarlles aos melloradores (contemporáneos ou futuros) un conxunto de xenotipos para os seus programas de selección.

En interese dunha maior eficacia, a FAO recomendou en 1973 que os centros de conservación de biodiversidade vexetal (é dicir os bancos de xermoplasma) debían comprender dous tipos de coleccións: base e activas. Un banco base, é dicir, aquel que conserva coleccións base, non se encarga da distribución de material, salvo en circunstancias extremas. A súa función é a de manter as mostras a longo prazo. Os bancos activos conservan as súas coleccións a medio prazo (un duplicado de cada unha das cales debe depositarse no banco base) e deles obteñen os melloradores o material para os seus programas de mellora.

► A RECOLECCIÓN DE VARIEDADES LOCAIS DE MILLO PARA O SEU USO EN PROGRAMAS DE MELLORA XENÉTICA FOI COMEZADA POLA MBG EN 1921

Os primeiros bancos mundiais de xermoplasma vexetal xurdiron na URSS e nos EE. UU. Na primeira como resultado dos esforzos de Vavilov na década de 1920 na procura dos centros de diversidade xenética dos cultivos; nos segundos como consecuencia da necesidade de regular as introducións de sementes. Así se creou a Office of Foreign Seed and Plant Introduction en 1897, que estableceu o hoxe mundialmente coñecido sistema de numeración PI (Plant Inventory).

Ademais das grandes coleccións rusas e americanas, existen outras máis pequenas ou máis específicas como, por exemplo, as do International Rice Research Institute (IRRI) nos Baños (Filipinas), que, creado en 1960, almacenaba a finais de 1978 máis de 50.000 entradas de arroz ou as 76.546 mostras conservadas en 1983, correspondentes a varios cultivos, no International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) en Andra Pradesh (India), por citar só algúns exemplos significativos. En Europa Occidental son de destacar os esforzos de EUCARPIA (European Association for Research on Plant Breeding) desde 1960, que conduciron á creación de bancos de xenes en Bari (Italia) e Braunschweig (Alemaña). ►►

A situación en España

En España, por falta dunha política adecuada, por desinterese ou ignorancia dos científicos, ou por unha suma de todo isto, sucederon numerosas catástrofes desde o punto de vista da conservación da diversidade vexetal. Dous exemplos poden bastar para ilustrar este aserto. A colección de cereais efectuada polo profesor Sánchez-Monge na Estación Experimental de Aula Dei comprendía unhas 3.000 variedades de trigo, 2.000 de cebada e 400 de avea. Todo iso perdeuse, salvo 50 trigos e 256 cebadas. Fixéronse uns fermosos espigarios para mostrar-lles as coleccións aos visitantes, pero á marcha do profesor Sánchez-Monge ningún se preocupou de conservar ese valiosísimo material. O outro exemplo é a colección de variedades de millo de Gallástegui na MBG (MBG). En 1950 este investigador dispoñía de 379 liñas puras ou en segregación, pertencentes a 53 variedades distintas. De todas as liñas, por causas similares ás apuntadas ao falar da Estación Experimental de Aula Dei, só se conservan hoxe sete delas. As variedades perdéronse completamente. Entre elas figuraban poboacións como Golden Nugget, Mammoth, Henderson's Extra Early ou Wood's Northern White, que non existen actualmente en ningunha colección do mundo. Ademais destas variedades americanas, tamén se perderon poboacións españolas como Lizargárate (orixe da famosa liña EP1) e outras procedentes do norte e noroeste da península.

A situación actual mellorou bastante. Existen coleccións de plantas cultivadas en varios institutos do Consello Superior de Investigacións Científicas (CSIC), das universidades e dos servizos de investigación agraria das comunidades autónomas. O Ministerio de Agricultura e Pesca, Alimentación e Medio Ambiente mantén un Centro de Recursos Fitoxenéticos en Alcalá de Henares (Madrid) e comezou en 1994 un Programa de Conservación e Utilización de Recursos Fitoxenéticos no que participan a maioría dos científicos españois involucrados nos problemas da conservación dos recursos xenéticos das plantas cultivadas. O profesor Gómez Campo creou na Escola Técnica Superior de Enxeñeiros Agrónomos de Madrid a colección mundial de crucíferas silvestres.

▶ A COLECCIÓN DE VARIEDADES DE MILLO ESPAÑOLAS PRESENTES NO BANCO DE XERMOPLASMA DA MBG COMPRENDE 202 POBOACIÓNS: 177 DE MILLO GRAN E 25 DE MILLO DE FLOCOS

O caso do millo

Na MBG, centro de investigación radicado en Pontevedra e que pertence ao CSIC, consérvase unha excelente colección de xermoplasma de millo, con especial énfase no material español. Están tamén conservadas as principais variedades do Corn Belt norteamericano pola súa excepcional importancia na mellora xenética do millo de zonas tépedas. As variedades agrúpanse nos tres grandes bloques de cultivos que comprende o millo no mundo: millo gran, millo de flocos e millo doce.



Variedade "Viana", típica das terras altas do interior de Galicia



Variedade "Salcedo", antigamente cultivada na comarca de Pontevedra

A recolección de variedades locais de millo para o seu uso en programas de mellora xenética foi comezada pola MBG en 1921. O devandito programa estivo suspendido desde 1960 ata 1971. Neste último ano, ao reorganizarse o programa, houbo que comezar a formar de novo unha colección de xermoplasma español ao terse perdidas, como se explicou anteriormente, todas as variedades que se recolleron no pasado. No momento presente dispónse dun total de 252 poboacións (táboa 1).

Táboa 1. Poboacións de millo conservadas no banco de xermoplasma da MBG

Tipo de millo	Orixe	N.º de poboacións	Total
Gran	España	177	195
	EE. UU.	18	
Millo de flocos	España	25	38
	EE. UU.	13	
Doce	EE. UU.	19	19
Total		252	

Todo o material ten os seus datos de pasaporte e realizouse un completo estudo de todas as poboacións e das súas relacións fenéticas e heteróticas co xermoplasma americano. É importante destacar que na colección se atopan incluídas as razas do profesor Sánchez-Monge (1962), que estiveron a piques de ser perdidas no seu lugar orixinal de conservación e cuxa importancia é grande ao ser o primeiro intento de clasificación do xermoplasma español e atoparse dentro delas numerosas variedades antigas desaparecidas hai xa moitos anos.

A colección de variedades españolas presentes no banco de xermoplasma da MBG comprende 202 poboacións: 177 de millo gran e 25 de millo de flocos. Con esta cantidade de variedades pódese asegurar que o xermoplasma autóctono de millo español está salvado. Hoxe en día as variedades de polinización libre, que se coñecen habitualmente como "variedades do país", apenas se cultivan, xa que a maioría da superficie cultivada de millo en España está ocupada por híbridos, concretamente por híbridos simples. Agora ben, nestas variedades do país están depositados xenes de adaptación ao medio que non podemos perder para evitar unha catástrofe futura.

O estudo deste material e a súa relación co xermoplasma do Corn Belt (Ordás *et al.*, 1994) revelou que as variedades do que podemos chamar España húmida son do tipo "liso" (ou duro); na España seca, é dicir, os dous arquipélagos e a península salvo Galicia e a zona cantábrica, aínda que había moitas variedades lisas, tamén se cultivaban variedades do tipo "dentado" ou, máis ben, "semidentado". Así mesmo, atopamos variedades de millo de flocos en practicamente todas as zonas. Non obstante, non apareceu ningunha poboación doce; de aí que todas as variedades doces na nosa colección procedan de norteamérica. ▶▶

► PODERANSE FACER HÍBRIDOS ADAPTADOS ÁS CONDICIÓN DAS ZONAS HÚMIDAS ESPAÑOLAS A PARTIR UNICAMENTE DE XERMOPLASMA EUROPEO? A RESPOSTA É SI

No principio do desenvolvemento do millo híbrido, os melloradores norteamericanos cruzaban as liñas puras en todas as combinacións posibles. Pronto se descubriu que sempre que se cruzaba unha liña procedente da variedade “Reid Yellow Dent” con outra da variedade “Lancaster”, había un gran vigor híbrido. Isto conduciu á aparición dos conceptos de «grupos heteróticos» e «patróns heteróticos». Que significa isto? Significa que a existencia do patrón heterótico «Reid × Lancaster» implica que cruzando liñas do grupo heterótico «Reid» con liñas do grupo heterótico «Lancaster» é moi probable que se obteñan bos híbridos. O patrón «Reid × Lancaster» evolucionou cara ao patrón «BSSS × non BSSS». BSSS son as iniciais de “Iowa Stiff Stalk Synthetic”, unha poboación de síntese baseada na variedade Reid, mentres que “non BSSS” significa outro material, á parte do Lancaster, que non estea relacionado coa variedade Reid. En xeral, un patrón heterótico «A × B» quere dicir que as liñas procedentes do grupo A darán, en xeral, bos híbridos cando se cruzan con liñas procedentes do grupo B. Cada un dos grupos pode ser unha simple variedade, unha raza ou un composto de xermoplasma diverso.

Este patrón «BSSS × non BSSS» é o máis usado nas zonas tépedas (nos climas tropicais, debido á sensibilidade do millo ao fotoperiodo, hai que utilizar outros esquemas). Unha pregunta que xorde é: poderanse facer híbridos adaptados ás condicións das zonas húmidas españolas a partir unicamente de xermoplasma europeo? A resposta é si.

Na MBG comezouse en 1974 un programa de investigación sobre este tema. O primeiro paso consistiu na procura das poboacións base do posible patrón heterótico. Elixíronse poboacións americanas e razas españolas. A mostraxe do material americano circunscribiuse ao norte do Corn Belt por ser este o mellor adaptado ás condicións da España húmida. As poboacións elixidas foron dúas antigas variedades de po-

linización libre (“Minnesota No. 13” e “Northwestern Dent”) e dúas variedades sintéticas (“AS-A” e “AS-B”) desenvolvidas pola Universidade de Minnesota

a partir de liñas puras precoces e de aptitude combinatoria superior. Por parte española escolléronse cinco razas (Sánchez-Monge, 1962) representantes das principais zonas produtoras de millo: Galicia (“Gallego”), Cantábrico (“Norteño”), val do Ebro (“Rastrojero”), Levante (“Enano levantino/Hembrilla”) e Andalucía (“Tremesino”). Con estas nove poboacións expúxose un dialelo que se ensaiou durante tres anos en Pontevedra e Alcalá de Henares. Tomáronse numerosos datos, aínda que para a clasificación taxonómica se empregou unicamente o rendemento.

A análise dos resultados mostrou a existencia de dous grupos de poboacións claramente diferenciadas. Por unha parte forman un grupo moi afín as variedades que poderíamos chamar do sur de España, é dicir, a España seca (Rastrojero, Tremesino e Enano Levantino x Hembrilla), moi separadas das restantes. Dentro destas últimas hai, á súa vez, dous grupos: variedades americanas (Minnesota No. 13, AS-A e AS-B) e razas do norte de España, é dicir, a España húmida (Gallego e Norteño), con Northwestern Dent incluído con elas (Ordás, 1991). Á vista destes resultados formáronse as poboacións base dun novo patrón heterótico: «xermoplasma español do norte × xermoplasma español do sur». A poboación do norte (EPS6) constituíuse coas razas Gallego e Norteño e as variedades galegas de polinización libre “Moeche” e “Tuy”. A do sur (EPS7) coas razas Enano levantino/Hembrilla, Rastrojero e Tremesino, ás que se lles engadiu a variedade de polinización libre “Amarillo temprano de Aragón”, procedente do Val do Ebro. As poboacións quedaron finalmente formadas en 1983.

Poboacións “EPS6” e “EPS7”, compoñentes do patrón heterótico “xermoplasma español do norte x xermoplasma español do sur”



Estas poboacións foron sometidas a tres ciclos de selección recorrente de liñas S_1 para o rendemento, carácter que mellorou significativamente coa selección (Vales *et al.*, 2001). A continuación, comezouse un programa de selección recorrente recíproca de irmáns completos. A avaliación dos tres primeiros ciclos de selección mostrou unha notable ganancia no comportamento do híbrido interpoacional (unha ganancia do 4,1 %/ciclo) e no da poboación do norte (6,7 %/ciclo), mentres que a poboación do sur non respondeu á selección (Romay *et al.*, 2011). En 2018 comezase o sétimo ciclo de selección recorrente recíproca. ■

REFERENCIAS

- Bruns HA. 2017. Southern corn leaf blight: A story worth retelling. *Agron J* 109:1218–1224.
- Ordás A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize. *Crop Sci* 31:931–935.
- Ordás A, Malvar RA, Ron AM de. 1994. Relationships among American and Spanish populations of maize. *Euphytica* 79:149–161.
- Romay MC, Ordás B, Revilla P, Ordás A. 2011. Three cycles of full-sib reciprocal recurrent selection in two Spanish maize populations. *Crop Sci* 51:1016–1022.
- Sánchez-Monge E. 1962. Razas de maíz en España. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Vales MI, Malvar RA, Revilla P, Ordás A. 2001. Recurrent selection for grain yield in two Spanish maize synthetic populations. *Crop Sci* 41:15–19.