

VARIETADES LOCALES DE MAÍZ EUROPEAS: *una oportunidad para afrontar el cambio climático*

Las poblaciones locales de maíz poseen una gran diversidad genética útil para enfrentar diversos estreses asociados al cambio climático. Sin embargo, han sido o son poco usadas en los programas de mejora. El proyecto europeo MineLandDiv, gracias a la caracterización exhaustiva de una colección de poblaciones locales europeas, pretende evaluar su utilidad como donantes de resiliencia a estreses.

LORENA ÁLVAREZ-IGLESIAS, NADIA CHIBANE, PEDRO REVILLA, ROSA ANA MALVAR, DAVID FIGUEROA,
AMANDA VERDE, ANA BUTRÓN
Misión Biológica de Galicia (CSIC), Pontevedra. España

AGUSTÍN GALARETTO, LAURA NUNES, CYRIL BAULAND, LAURENCE MOREAU, ALAIN CHARCOSSET,
DELPHINE MADUR, STÉPHANE NICOLAS
Université Paris-Saclay, INRAE, CNRS, AgroParisTech, GQE - Le Moulon, Francia

CARLOTTA BALCONI, RITA REDAELLI, ALESSIO TORRI, GIANFRANCO MAZZINELLI, BENITO ANTONINO
D'AMBROSIO
CREA-Council for Agricultural Research and Economics, Research Centre for Cereal and Industrial Crops, Bergamo,
Italia

JOSÉPHINE GUYOT, FRANÇOIS CHAUMONT, XAVIER DRAYE
Louvain Institute of Biomolecular Science and Technology, UCLouvain, Bélgica

BRIGITTE GOUESNARD, MORGANE VINCENT
UMR AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Francia

ROMAIN CHAPUIS
DiaScope, Univ Montpellier, INRAE, Institut Agro, Francia

CARINE PALAFFRE
Unité Expérimentale du Maïs, INRAE, Univ. Bordeaux, Francia

MATEO DE BIASI, FRANCESCO SOLIMEI, ELISABETTA FRASCAROLI
Department of Agricultural and Food Sciences, DISTAL, University of Bologna, Bologna, Italia

ADAK ALPER, SEKIP ERDAL
Department of Field Crops, Batı Akdeniz Agricultural Research Institute, Turquía

MESUT ESMERAY
Breeding and Genetics Department, Maize Research Institute, Turquía

ANTONIO LUPINI
Department of Agraria, Mediterranean University of Reggio Calabria, Reggio Calabria, Italia



FOTO 1

Variabilidad de las poblaciones locales de maíz tanto entre poblaciones como dentro de cada población.

El maíz es uno de los cultivos más importantes del mundo y un pilar clave de la seguridad alimentaria global. Sin embargo, su producción se enfrenta a numerosos desafíos derivados del cambio climático y del manejo agrícola intensivo. Entre los estreses que pueden intensificarse debido al cambio climático destacan la sequía y el calor extremo y éstos, a su vez, pueden incrementar la incidencia de plagas y enfermedades. Estos cambios afectan especialmente a la región mediterránea, identificada como uno de los principales “puntos calientes” del cambio climático (Baris-Tuzemen and Lyhagen, 2024). En España, las sequías prolongadas están reduciendo la disponibilidad de agua para riego y dificultando la producción en secano en zonas de la España húmeda donde tradicionalmente el riego no era necesario. Esto convierte al maíz en un cultivo particularmente vulnerable.

Ante esta situación, urge desarrollar variedades de maíz resilientes al cambio climático. Y para ello la comunidad científica apuesta unánimemente por usar la amplia diversidad genética conservada en las variedades locales de maíz que se cultivaban antes de la implantación generalizada de los híbridos comerciales (Dwivedi *et al.*, 2016).

La pérdida de diversidad genética: un obstáculo para la adaptación

A lo largo de los últimos cien años, la mejora genética del maíz se ha

Las poblaciones locales de maíz europeo contienen las claves para mejorar la resiliencia del maíz moderno

orientado a aumentar la productividad en condiciones favorables, sustentadas por sistemas agrícolas con altos insumos (fertilizantes, riego, herbicidas, etc.). Este enfoque ha sido muy efectivo para incrementar el rendimiento, pero también ha provocado un efecto no deseado: una reducción drástica de la diversidad genética cultivada, ya que los híbridos cultivados a nivel mundial derivan de un pequeño conjunto de líneas puras seleccionadas en condiciones de agricultura intensiva.

Además, la selección bajo condiciones favorables ha podido reducir la presencia de variantes genéticas asociadas a la tolerancia a estreses, como la sequía. Por ejemplo, se ha observado que algunos híbridos modernos han perdido capacidades beneficiosas y presentan una menor asociación con hongos micorrízicos que ayudan a las plantas a absorber nutrientes del suelo (Londoño *et al.* 2019).

Las variedades locales o “landraces”: un tesoro genético para el futuro

En contraste con la homogeneidad de los maíces híbridos modernos, las variedades locales tradicionales presentan una gran diversidad genética, una alta variabilidad interna y una historia evolutiva ligada a ambientes adversos en los que se han seleccionado los individuos mejor adaptados (Foto 1). Gracias a ello, conservan genes únicos para tolerar sequías, temperaturas extremas, baja fertilidad del suelo, enfermedades y otras condiciones adversas que están entre los retos agrícolas actuales. Por todo ello, las variedades locales son una fuente esencial de variación genética para ampliar la base del germoplasma cultivado y desarrollar variedades resilientes ante el cambio climático (Kazemi *et al.*, 2018; Diaw *et al.*, 2021).

En los últimos años, los principales Bancos de Germoplasma en Europa han intensificado los esfuerzos para estudiar las poblaciones locales de maíz que conservan en sus instalaciones gracias a iniciativas como la red EVA (European Evaluation Network) del “European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources” (ECPGR) (<https://www.ecpgr.org/eva/eva-networks/maize>). Sin embargo, esta excelente iniciativa carece de la financiación necesaria para abordar la ingente tarea que supone evaluar todas las variedades locales que conservamos.

La Unión Europea es cada vez más consciente de la necesidad de po-

ner en valor la diversidad genética de nuestras variedades locales y está dotando de financiación a proyectos de investigación encaminados a esa finalidad como el proyecto MineLandDiv (<https://www.suscrop.eu/call-information/4th-call/minelanddiv>). En este proyecto participan ocho grupos de investigación de cinco países (Francia, Italia, Bélgica, España y Turquía) y en él se abordan los siguientes objetivos:

- Identificar alelos valiosos asociados a la tolerancia a sequía, golpes de calor, baja disponibilidad de nitrógeno o tolerancia al ataque de plagas en las poblaciones locales europeas de maíz.
- Predecir cómo se comportarán las variedades locales bajo los climas futuros.
- Basándonos en los dos puntos anteriores, desarrollar métodos de selección para crear variedades más resilientes y con mayor diversidad genética, contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y a la seguridad alimentaria.

El grupo de Genética y Mejora de Maíz de la Misión Biológica de Galicia (MBG, CSIC), que co-lidera la

conexión del CSIC centrada en los recursos genéticos (REGEN, <https://conexion-regen.csic.es/>), participa en el proyecto MineLandDiv gracias a la financiación que ha obtenido de la Agencia Estatal de Investigación (proyecto PCI2022-135035-2). En este artículo mostraremos datos preliminares de las evaluaciones en campo que la MBG ha llevado a cabo dentro de este proyecto.

En el primer año del proyecto (2023) se puso en común la información sobre las poblaciones locales de cada uno de los bancos de germoplasma participantes. Basándose en estudios de variabilidad genética previos y en el conocimiento experto de los mejoradores, se eligieron las 288 variedades locales que mejor representan la variabilidad genética europea de maíz. Estas variedades provienen de Alemania, Austria, Bulgaria, Checoslovaquia, Croacia, Hungría, Portugal, Rumanía, Serbia, Suiza, Ucrania y, sobre todo, Italia, Francia y España. A éstas se sumaron 5 poblaciones americanas y 7 procedentes de Argelia para constituir finalmente una colección de 300 variedades. Esta colección de poblaciones ha sido ob-

jeto de evaluaciones bajo distintas condiciones en una red de ensayos de campo a través de Europa y Turquía y su comportamiento también ha sido estudiado en condiciones controladas usando plataformas altamente tecnificadas.

En concreto, en la MBG, las 300 poblaciones junto con ocho híbridos comerciales empleados como testigos fueron evaluadas en campo en 2024 y 2025 bajo dos condiciones: (1) infestación artificial con el insecto plaga más importante del maíz en el área mediterránea, el taladro *Sesamia nonagrioides*, y (2) en siembra temprana para evaluar su tolerancia al frío durante las primeras fases de desarrollo. La tolerancia al frío permitiría hacer siembras más tempranas y así escapar total o parcialmente de los efectos adversos de la sequía, de las olas de calor y del ataque de algunas plagas. En los ensayos de siembra temprana, cuando las plántulas desarrollaron dos hojas completas (**Foto 2**), se registraron en ellas diversos parámetros: vigor temprano estimado con todas las plantas de la parcela usando una escala visual que va de 1 (nada vigorosa) a 9 (muy vigorosa), que da



FOTO 2
Plántulas en estado v2.



FOTO 3
Daño hecho en la caña de maíz por el taladro mediterráneo, *Sesamia nonagrioides*.

una idea del estado general de las plántulas, y medidas del contenido en pigmentos y fluorescencia de la clorofila, que informan del estado del aparato fotosintético de las plántulas, ya que éste se ve afectado de forma directa por el frío limitando el crecimiento y comprometiendo la viabilidad de las plántulas. En 2024 desde la siembra hasta el final de las mediciones pasaron 39 días en los que la temperatura mínima media fue de 9,5°C, la mínima absoluta de 4,9°C y hubo 24 días con temperaturas mínimas inferiores a 10°C; mientras que en 2025 las plantas experimentaron menores condiciones de frío.

En los ensayos bajo infestación artificial con *Sesamia nonagrioides*, se tomaron los siguientes caracteres específicos: longitud de galerías hechas por el taladro en la caña, longitud relativa de galerías (calculada como la división de la longitud de galerías entre la altura de la planta) y resistencia al daño en grano esti-

Un objetivo de este proyecto será predecir cómo se comportarán las variedades locales bajo los climas futuros

mada con una escala visual que va de 1= mazorca totalmente dañada a 9= mazorca libre de daño.

En ambos tipos de ensayos se tomaron los siguientes caracteres morfológicos y agronómicos: número de días desde la siembra hasta la floración masculina (cuando el 50% de las plantas presentan anteras visibles),

días desde la siembra hasta la floración femenina (cuando el 50% de las plantas presentan estilos visibles), altura de la planta (estimada en 10 plantas por parcela desde el suelo hasta la primera ramificación del penón), altura de la mazorca (estimada en 10 plantas por parcela desde el suelo hasta la inserción de la mazorca principal), humedad del grano en recolección (%) y rendimiento (t/ha). Los resultados preliminares han mostrado que las poblaciones locales presentan una amplia variación fenotípica para los caracteres agronómicos y de resistencia al taladro mediterráneo, aunque los híbridos testigo superaron a las poblaciones en rendimiento en grano (**Figura 1**). Sin embargo, algunas poblaciones locales presentaron longitudes de galerías producidas por el ataque de *Sesamia nonagrioides* significativamente menores que las de cualquier híbrido. La longitud geográfica del lugar de recolección de la población

DISEÑO HIDRÁULICO Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE RIEGO POR GOTEO

Miguel A. Monge Redondo



15€



editorial
agrícola

Una marca de  grupo editorial agrícola
henar comunicación

Pedidos a:

Editorial Agrícola Española S.A.

Tlf: 91 521 16 33 / libros@editorialagricola.com

www.editorialagricola.com

local podría ser un factor determinante en la variación para resistencia en la caña a *Sesamia nonagrioides*; ya que la variación para este carácter explicó aproximadamente el 20% de la variabilidad para longitud de galerías. Las variedades locales del este de Europa tendieron a mostrar menos daños que las del oeste. Estos datos corroboran el hecho de que en el este de Europa la mayoría de las variedades fueron recolectadas en lugares con veranos muy calurosos que favorecen el desarrollo de plagas y, por ello, las poblaciones locales habrían tenido que adaptarse y presentarían niveles más altos de resistencia y tolerancia a plagas.

Las variedades locales también mostraron amplia variabilidad para tolerancia a frío en la siembra temprana de 2024. El vigor temprano y el contenido en clorofila en la hoja fueron los caracteres más correlacionados con el rendimiento de grano en cosecha (Tabla 1). Se observó que la longitud y la latitud geográfica del lugar de recolección de las variedades locales explicaron aproximadamente el 50 % de la variabilidad para vigor temprano, siendo este carácter mayor a medida que aumentaba la latitud y disminuía la longitud. De las 13 variedades con el vigor más alto, nueve provinieron de Galicia y Portugal, lo que corrobora que las variedades de la Iberia húmeda pueden ser fuente de tolerancia al frío.

Por lo tanto, las poblaciones locales de maíz europeo son una pieza fundamental para afrontar los retos del cambio climático. Su diversidad genética, fruto de miles de años de

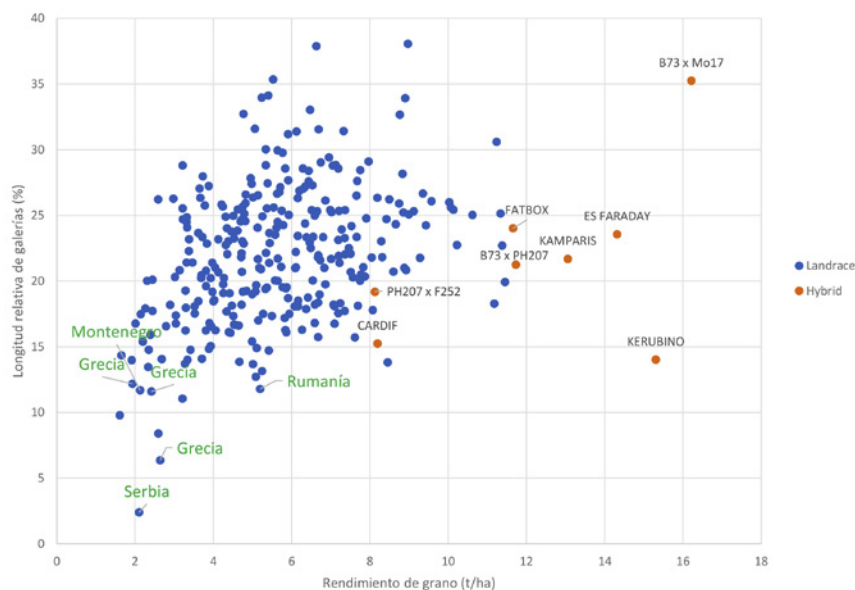


FIGURA 1
Rendimiento en grano y longitud relativa de galerías producidas por taladros en 300 “landraces” o poblaciones locales y ocho híbridos testigo. Diez poblaciones locales presentaron longitudes relativas de galerías no significativamente diferentes de la mejor, y seis de ellas procedían del este de Europa (marcadas en verde).

selección natural y humana, contiene las claves para mejorar la resiliencia del maíz moderno.

Los proyectos y redes europeas están dando pasos decisivos para rescatar, estudiar y utilizar esta diversidad, ayudando a crear un futuro agrícola más robusto, sostenible y preparado para los cambios ambientales que ya están en marcha.

Financiación

La parte española del proyecto MineLandDiv ha sido sufragada por el proyecto de cooperación internacional PCI2022-135035-2, financiado por el

MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la Unión Europea ‘NextGenerationEU’/PRTR. MCIN es el acrónimo del Ministerio de Ciencia e Innovación de España; AEI es el acrónimo de la Agencia Estatal de Investigación; 10.13039/501100011033 es el DOI (Identificador Digital de Objeto) de la Agencia; y PRTR es el acrónimo del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com

TABLA 1
Coeficientes de correlación entre caracteres tomados en el ensayo de siembra temprana en 2024.

	RENDIMIENTO	CLOROFILA	FLAVONOIDES	ANTOCIANINAS	BALANCE DE NITRÓGENO
Vigor	0,39	0,56	0,30	-0,50	0,27
Rendimiento		0,37	0,13	-0,30	0,24
Clorofila			0,36	-0,77	0,61
Flavonoides				-0,19	-0,27
Antocianinas					-0,50