



¿Cómo influye la pared celular en el aprovechamiento del maíz?

En este trabajo se recopilan las recientes investigaciones que han tenido como objetivo principal el estudio integral de los diferentes componentes de la pared celular del maíz y su influencia conjunta en la resistencia a plagas, la digestibilidad animal y la producción de bioetanol.

Ana López-Malvar^{1*}, Lorena Álvarez²⁺, Ana Butrón^{2*}, Rocío Campañó²⁺, Ana Carballeda⁺, Nadia Chibane²⁺, David José Figueroa²⁺, Noemi Gesteiro^{2*}, Rosa Ana Malvar^{2*}, Mercedes Martínez²⁺, Amando Ordás^{2*}, Juan Carlos Pazos^{2*}, Pedro Revilla^{2*}, Amanda Verde²⁺, Rogelio Santiago^{1*}

¹Facultad de Biología, Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo, Universidad de Vigo, As Lagoas Marcosende, Vigo 36310, Spain. Agrobiología Ambiental, Calidad de Suelos y Plantas (UVIGO), Unidad Asociada a la MBG (CSIC)

² Misión Biológica de Galicia (CSIC), Pazo de Salcedo, Carballeira 8, 36143, Pontevedra

*Equipo científico

+Equipo técnico

A esto hay que añadir el maíz forrajero, con más de 3 millones de toneladas producidas en España.

Además de por su gran adaptación y producción, el cultivo de maíz destaca por su gran versatilidad de aprovechamientos o usos económicamente importantes. Aparte del uso del grano para alimentación humana o la producción de piensos para el ganado, también puede ser destinado a fines industriales. Sin embargo, el rastrojo que queda tras la cosecha del grano también es una materia prima excelente para la producción de bioetanol, que no conlleva sustraer recursos de los que actualmente se dedican a alimentación, ya que un único cultivo permite un doble aprovechamiento. Por otro lado, la planta completa, incluyendo la mazorca, puede servir de alimento para el ganado. El maíz forrajero es la fuente de energía principal para los rumiantes y en Galicia es especialmente importante, ya que lo producido en esta comunidad autónoma representa el 75 % de todo el maíz forrajero español.

La optimización del proceso de producción de bioetanol y aprovechamiento del maíz forrajero debe centrarse en la cantidad y la calidad de la biomasa de la planta. La mejora de la cantidad se refiere a

LA VERSATILIDAD DE USO DE LAS PLANTAS DE MAÍZ

El maíz es uno de cultivos más importantes a nivel mundial, tanto por su producción, precediendo al trigo y al arroz, como por estar adaptado a prácticamente cualquier región del planeta. En España, en 2018, la su-

perficie que se dedicó al cultivo de maíz para su uso en grano fue de 322.000 hectáreas, lo que equivale a una producción total de 3.842.500 toneladas, de las cuales 75.200 se destinaron a la producción de bioetanol. Esta producción equivale económicamente a 678 millones de euros (MAPAMA, 2018).



► LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL Y EL APROVECHAMIENTO DEL MAÍZ FORRAJERO DEBE CENTRARSE EN LA CANTIDAD Y LA CALIDAD DE LA BIOMASA DE LA PLANTA

maximizar la producción en términos de toneladas de material por unidad de área, mientras que la mejora de la calidad de la biomasa se refiere fundamentalmente a la digestibilidad, que se ve directamente influenciada por la composición y organización de la pared celular. La conversión de biomasa lignocelulósica (rastrojo) en etanol es un proceso que involucra fundamentalmente tres etapas: (i) una etapa de pretratamiento, seguida por (ii) la degradación hidrolítica de los carbohidratos a los monómeros de azúcar constituyentes (sacarificación), y (iii) la fermentación final de azúcares libres a etanol. El principal obstáculo en el proceso de digestión de la biomasa es la recalcitrancia de la pared celular (envuelta que rodea a las células vegetales actuando como exoesqueleto, proporcionando rigidez y protección a la célula), definida como la resistencia de esta a la degradación por parte de microbios y sus enzimas. En especies forrajeras, la fibra comprende 300-800 mg/g del contenido de la materia seca. Desafortunadamente, menos del 50 % de esa fibra es digerida y aprovechada por el animal debido a la compo-

sición de dicha fibra y de otros componentes de la pared celular que limitan la degradabilidad del tejido por parte de los microorganismos del rumen, por lo que el incremento de la calidad del forraje se ha centrado en aumentar la digestibilidad de la pared celular. Por otro lado, aumentar la calidad del rastrojo para la producción de biocombustible y mejorar su digestibilidad implica aumentar los litros de biocombustible por unidad de biomasa.

Sin embargo, la pared celular es una barrera frente al ataque de herbívoros, por lo que las modificaciones para optimizar la producción de etanol y la digestibilidad del forraje pueden comprometer la resistencia de la planta frente a las plagas. Las plantas de maíz son consumidas por gran cantidad de insectos herbívoros. Más concretamente, los taladros son insectos lepidópteros que se alimentan de la médula de la caña del maíz produciendo galerías que ocasionan pérdidas de rendimiento aproximadamente del 30 %, lo que equivale, a nivel mundial, a pérdidas de 311.3 millones de toneladas anuales. En el noroeste de España, las pérdidas medias son del 15 % y son causadas ►►



**VARIEDADES DESDE
CICLOS 200 A 700**



mi cosecha

LA MEJOR GENÉTICA PARA UN GRAN RESULTADO



**VARIEDAD
CHAMBERI**
El 280 más productivo

Análíticas CIAM 2020

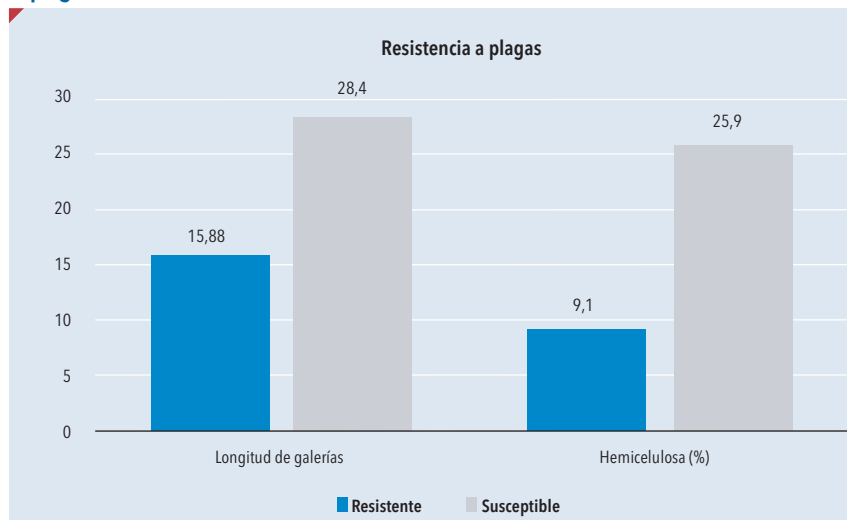
DÍAS S-C (días)	ALTURA (cm)	ESPIGA (%MS)	RMS (t/ha)	RMOD (t/ha)	IP	DMO (%)	PB (%MS)	AÑOS
126	273	49,8	23,8	16,8	126	73,0	6,7	2



Agroeume S.L.

LUGAR VILARÓN, 7 - 15613 CAPELA (A CORUÑA)
Tlf: 981 45 92 00 - 609 89 29 40 compras@agromera.com

Figura 1. Características de la pared celular para líneas de maíz resistentes y susceptibles a la plaga del taladro



mayoritariamente por el taladro mediterráneo *Sesamia nonagrioides* Lef, aunque el daño causado por el taladro europeo *Ostrinia nubilalis* es también importante. Además de la cantidad de tejido del que se alimentan las larvas, las galerías producidas en el tallo interfieren en el transporte de nutrientes por la planta y asimilados hacia la mazorca, e incrementan el encamado.

La pared celular tiene un papel esencial en las plantas, ya que proporciona estructura y rigidez a la célula, determinando su tamaño y forma. Las propiedades estructurales y funcionales de la pared celular están controladas por la composición y organización de sus componentes individuales. Esta composición está definida por cuatro fracciones principales: celulosa, hemicelulosa, lignina e hidroxycinamatos. Dichas fracciones se han relacionado bien positiva o bien negativamente con los aspectos económicamente importantes del cultivo anteriormente mencionados. La celulosa es el polímero más abundante en la naturaleza, actúa de soporte estruc-

tural para la pared y le confiere estabilidad. La hemicelulosa tiene función de matriz que entrecruza la celulosa y la lignina mediante hidroxycinamatos. La lignina es el segundo biopolímero más importante de la naturaleza, aumenta la resistencia mecánica y la rigidez de la pared. La lignina está formada por tres subunidades: S, G y H. En cuanto a los hidroxycinamatos, los más importantes en el maíz son el ácido p-cumárico, unido a la subunidad S de la lignina, y el ácido ferúlico. Este último tiene la capacidad de formar dímeros que entrecruzan las cadenas de hemicelulosa, aumentando la rigidez de la pared celular y confiriéndole una mayor resistencia mecánica.

NUEVOS AVANCES EN EL ESTUDIO DE ESTA RELACIÓN

En este contexto, las recientes investigaciones llevadas a cabo por la Unidad Asociada Agrobiología Ambiental de la Universidad de Vigo y la Misión Biológica de Galicia (CSIC) han tenido como objetivo principal el estudio integral de

los diferentes componentes de la pared celular y su influencia conjunta en la resistencia a plagas, la digestibilidad animal y la producción de bioetanol. Uno de los objetivos específicos de esta investigación consistió en una caracterización bioquímica de la composición de la pared celular de 20 líneas puras de maíz. Esto nos permitió el estudio de la relación de los diferentes componentes de la pared celular y determinar en qué grado cada componente influye en los diferentes aprovechamientos del maíz.

Se observó que, efectivamente, la composición de la pared celular influye de manera significativa y particular en los diferentes aprovechamientos del cultivo (figuras 1-3). Haciendo una simplificación de los resultados, podemos comentar los siguientes aspectos:

Una línea pura de maíz resistente al ataque del taladro presentaría bajo contenido en hemicelulosa. En este sentido varios estudios han mostrado que esta es parcialmente digerible por los insectos, por lo que una pared celular con un mayor contenido en hemicelulosa podría traducirse en un mayor daño por parte de las larvas.

En relación al aprovechamiento etanólico, determinamos la eficiencia de la sacarificación, que proporciona una estima de los azúcares potencialmente utilizables en el proceso posterior de fermentación. En este caso, las líneas que presentan alta eficiencia de sacarificación son más ricas en celulosa y diferulatos. Un mayor contenido de celulosa supone una mayor cantidad de azúcar (glucosa) que puede ser fermentado, mientras que un mayor contenido en diferulatos favorecería la producción de bioetanol. Este último resultado llama la atención porque, en estudios previos, altas concentraciones de diferulatos se

**EL NITRÓGENO MÁS EFICIENTE
PARA LAS PLANTAS Y AMIGABLE
PARA EL MEDIO AMBIENTE**



Distribución:

Lugo ZOONORT | Tel.: 666 530 517 A Coruña Javier Veiras | Tel.: 626 432 142



Tel.: 977 740 322

► SE OBSERVÓ QUE, EFECTIVAMENTE, LA COMPOSICIÓN DE LA PARED CELULAR INFLUYE DE MANERA SIGNIFICATIVA Y PARTICULAR EN LOS DIFERENTES APROVECHAMIENTOS DEL CULTIVO

han relacionado con una pared celular más resistente a la deconstrucción, si bien puede explicarse porque los materiales con mayores contenidos en diferulatos responderían mejor a los pretratamientos alcalinos que se suelen aplicar en los primeros pasos del proceso industrial, liberándose posteriormente los azúcares con mayor facilidad.

Por último, las líneas que mostraron una mejor digestibilidad animal también mostraron un bajo contenido en fibras, combinado con una lignina rica en subunidades G. Como se comentó anteriormente, el alto contenido en fibra afecta negativamente a la digestibilidad ya que limita la captación de energía derivada de los azúcares de la pared por parte del ganado. A mayores, una lignina tipo G beneficia el proceso de digestión, ya que supone enlaces menos condensados y resistentes dentro del polímero de lignina.

CONCLUSIÓN

En resumen, si bien no es posible lograr una pared celular que cumpla simultáneamente con todos los requisitos para influir de forma positiva en la resistencia, la producción etanólica y el aprovechamiento forrajero, sí es posible proponer diferentes tipos de composición de pared en función del uso final del cultivo.

Figura 2. Características de la pared celular para líneas de maíz con alta y baja sacarificación

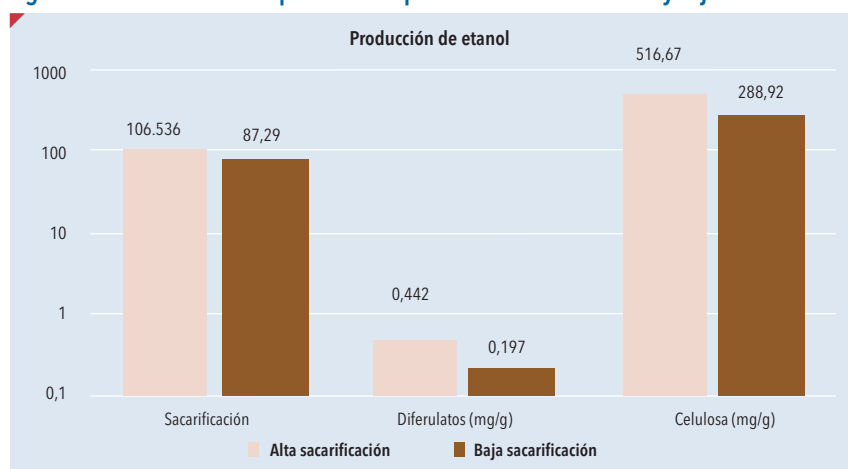
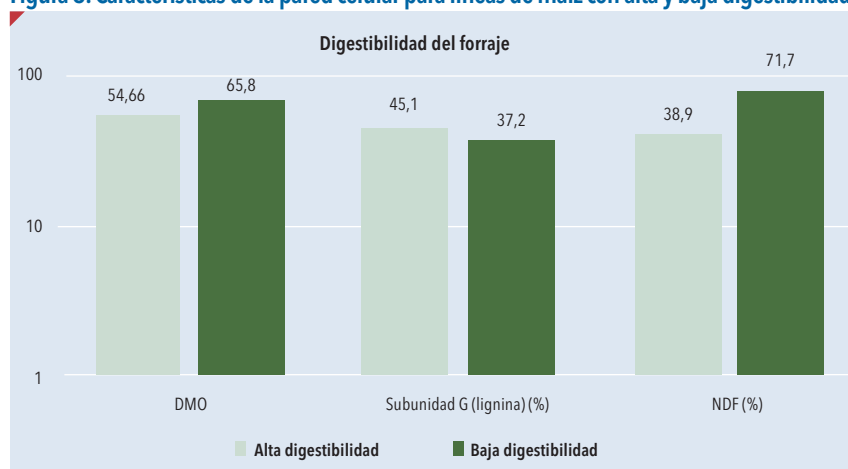


Figura 3. Características de la pared celular para líneas de maíz con alta y baja digestibilidad



En esta investigación, además de proponer el uso de ciertos componentes en programas de mejora basados en la evaluación del fenotipo de la planta, también se sugiere avanzar mediante un enfoque de selección genómica, empleando para ello la información obtenida del análisis del genoma de maíz completo. Se ha detectado que esta estrategia de selección conduce a una alta correlación entre el valor genético predicho y el valor observado para un carácter cuantitativo. ■

BIBLIOGRAFÍA

- MAPAMA (2018) Anuario de estadística Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 850
- Fry, S.C., 1986. Cross-Linking of Matrix Polymers in the Growing Cell Walls of Angiosperms. Annu. Rev. Plant Physiol. 37, 165-186. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.37.060186.001121>
- Santiago, R., Barros-Rios, J., Malvar, R.A., 2013. Impact of cell wall composition on maize resistance to pests and diseases. Int. J. Mol. Sci. 14, 6960-6980. <https://doi.org/10.3390/ijms14046960>



Fertilizantes totalmente complejados para una eficiente nutrición vegetal

Distribución:

Lugo ZONORT | Tel.: 666 530 517 A Coruña Javier Veiras | Tel.: 626 432 142



Tel.: 977 740 322