

The background of the entire page is a photograph of a cornfield. The corn plants are in various stages of growth, with some showing tassels. The image is overlaid with a semi-transparent green filter, which makes the colors appear more vibrant and uniform. The text is centered and clearly legible against this background.

# Seamaíz

**XI Congreso Nacional de Maíz**

**BIOECONOMÍA**



## EFFECTOS DE LAS CONDICIONES DE CULTIVO SOBRE EL POTENCIAL BIOENERGÉTICO DE RASTROJO DE MAÍZ

---

Erbetta, E.<sup>1,2\*</sup>; Rodríguez Elizagaray, C.<sup>2\*</sup>; Hernández, M.<sup>1</sup>; Echarte, L.<sup>1,2,3</sup>; Echarte, M.<sup>1,2,3</sup>

\* Exa equo

<sup>1</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnica (CONICET). Ruta 226 Km. 73.5, Balcarce, Bs As. Argentina. erbeta.elisa@inta.gob.ar

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Mar del Plata. Ruta 226 Km. 73.5, Balcarce, Bs As, Argentina, consuelo\_re@hotmail.com

<sup>3</sup>Inst. Nac. de Tecnología Agropecuaria (INTA) Ruta 226 km. 73,5, Balcarce, BsAs, Argentina.

---

## EFFECTS OF IRRIGATION AND NITROGEN FERTILIZATION ON BIOENERGETICS POTENTIAL OF CORN STOVER

### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effects of changes in the availability of water and nitrogen on the energy potential and quality of corn stover to be used as raw material for the generation of biofuels. A maize hybrid was sowed in a randomized block design with three replications, two water levels (rain-fed and irrigation) and two nitrogen levels (0 and 120 kg/ha). The vegetative biomass yield, nitrogen content, C/N ratio, energy content, elemental composition (C, H, N, O), theoretical biogas yield (TBY) and theoretical ethanol yield (TEY) were determined. There were no differences in energy content of the residues. TBY was not affected by water and nitrogen availability but differences in C/N ratio suggest that biochemical methane production (BMP) should be performed as a complementary analysis. Preliminary results suggest that changes in water and nitrogen availability affects TEY.

### Palabras Clave

Biomasa, Biogás, Residuos de cosecha

### Key Words

Biomass; Biogas; Crop residues

## INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la creciente demanda global de energía y la caída en las reservas de combustibles fósiles, la biomasa vegetal emerge como una fuente de energía renovable, potencialmente sustentable y de bajo impacto ambiental que, mediante diferentes procesos puede ser transformada en biocombustibles. En este contexto, el residuo de maíz (tallos, hojas y residuos vegetales remanentes luego de la cosecha) se ha transformado en el principal candidato como materia prima para la producción de biocombustibles de segunda generación (etanol lignocelulósico y biogás; Hess *et al.*, 2015). Su factibilidad para este uso radica en su alta disponibilidad y bajo costo. Sin embargo, la posibilidad de transformar estos residuos en cualquier vector energético se ve impedida por la recalcitrancia de la pared celular, principal componente de estos residuos.

Los efectos de la disponibilidad hídrica y de nutrientes (particularmente nitrógeno) sobre el rendimiento de la biomasa son conocidos. El agregado de N a suelos deficientes en este nutriente y que no presentan déficit hídrico, aumenta el rendimiento de los granos de maíz (Di Paolo y Rinaldi, 2008), principalmente por aumentos de la biomasa vegetativa. Sin embargo se desconoce cómo estos factores y su combinación afectan la calidad de la biomasa de residuos de maíz para la producción de bioenergía. El objetivo de este trabajo es determinar los efectos de la disponibilidad de agua y nitrógeno sobre el potencial energético del residuo de maíz y su calidad para ser utilizado como materia prima para la generación de biocombustibles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron realizados en el campo de la Unidad Integrada Balcarce durante las campañas 2011-2012 (campaña 1) y 2013-2014 (Campaña 2). Se sembró un híbrido de maíz templado (DK747 RR MG) y los tratamientos consistieron en 2 niveles hídricos (secano y riego), y 2 niveles de nitrógeno (0 y 120 kg/ha), en un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. La fertilización nitrogenada se realizó en estadio V6, el riego se realizó por goteo. Se controlaron malezas e insectos. Para determinar la producción de biomasa aérea, se cortaron seis plantas al ras del suelo en madurez fisiológica y se separaron las espigas del resto de la planta. La biomasa aérea se colocó en estufa a 65°C hasta peso constante. Se determinó el porcentaje de N y C en la biomasa en equipo LECO (Laboratorio de Suelos, EEA Balcarce) y se calculó la relación C/N como el cociente entre ambas magnitudes. Además se determinó el calor de combustión efectivo (CCE) utilizando una bomba calorimétrica Parr (Laboratorio de Calidad de alimentos, INTA Pergamino). Se realizó un análisis de

sacarificación cuantitativa en base al procedimiento reportado por Sluiter *et al.* (2010) y se determinó el contenido de hidratos de carbono solubles de acuerdo al protocolo de DuBois *et al.* (1956) a fin de estimar la producción potencial de etanol (PPE) de acuerdo a la ecuación desarrollada por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (Sindelar *et al.*, 2015) y el valor calorífico potencial (HHV) de la biomasa de acuerdo a Demirbas *et al.* (2003). Además se determinó la composición elemental de una muestra por parcela (C, H, N, O) en equipo CHONS (FIQ, UNL) y se calculó el potencial teórico de biometanización (PTB) mediante la ecuación de Buswell (Buswell y Mueller, 1952). Los datos se analizaron mediante un ANOVA utilizando el paquete estadístico INFOTAT, las diferencias de medias se analizaron mediante el Test de Duncan, con un nivel de significación de 0,05

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Rendimiento y calidad de residuos:** de la campaña, las mismas fueron analizadas dado que se detectó un efecto significativo de forma independiente (Tabla 1).

Campaña	Disponibilidad de agua	Fertilización nitrogenada	Biomasa vegetativa (kg MS/ha)	SV (kg/ha)	C/N	% Lignina
1	Riego	120	14507,48 A a	13063,99 A a	46,72 A b	Sin datos
		0	14481,04 A a	13090,86 A a	60,67 A a	Sin datos
	Secano	120	9414,9 A b	8566,62 A b	33,95 A c	Sin datos
		0	8721 A b	7869,83 A c	56,73 A a	Sin datos
2	Riego	120	13648,95 B a	12446,48 B a	69,95 B a	13,68 NS
		0	11132,12 B b	9810,74 B b	73,11 B a	9,62 NS
	Secano	120	10074,48 B b	9031,77 B c	47,93 B c	9,29 NS
		0	9644,4 B c	8516,04 B d	61,09 B b	15,95 NS

**Tabla 1.** Rendimiento en kg materia seca (MS) y SV, relación C/N y porcentaje de Lignina en la biomasa vegetativa de maíz.

Letras mayúsculas indican diferencias entre campañas, mientras que letras minúsculas indican diferencias entre tratamientos dentro de una misma campaña. Por lo tanto, dentro de cada campaña, tratamientos con idéntica letra minúscula no difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

Durante la campaña 1, sólo la disponibilidad de agua afectó significativamente el rendimiento de la biomasa vegetativa, mientras que en la campaña 2 se detectaron efectos significativos de la disponibilidad de agua, del N y de la interacción entre ambos factores sobre esta variable. En cuanto a los SV (kg/ha), hubieron diferencias significativas en función de la disponibilidad de agua, de N y de su interacción en ambas campañas.

En líneas generales, los tratamientos con fertilización nitrogenada presentan mayor % de C en sus residuos (datos no mostrados), pero cuando este factor se combina con una menor disponibilidad de agua, aumenta también el % de N, disminuyendo así la relación C/N.

No se detectaron diferencias significativas en el contenido de lignina para ninguno de los tratamientos en la única campaña analizada.

**Energía contenida en los residuos:** dado que se observaron diferencias entre campañas, las mismas fueron analizadas de forma independiente (indicado con letras mayúsculas). Solo se observaron diferencias significativas en el contenido de energía por kg de MS en la campaña 1 en función de la disponibilidad de agua. Existen diferencias en el contenido total de energía por ha explicado principalmente por las diferencias en el rendimiento de residuos (Tabla 2). No se observaron diferencias entre CCE y HHV, por lo que sería factible estimar CCE empíricamente.

Campaña	Disponibilidad de agua	Fertilización nitrogenada (kg/ha)	CCE (MJ/kg DM)	CCE (GJ/ha)	HHV (MJ/kg DM)	HHV (GJ/ha)
1	Riego	120	17,44 b	253,02 A a	Sin datos	Sin datos
		0	17,18 b	248,84 A b	Sin datos	Sin datos
	Secano	120	17,79 a	167,50 A c	Sin datos	Sin datos
		0	17,45 b	152,14 A d	Sin datos	Sin datos
2	Riego	120	17,18 NS	234,52 B a	17,87 NS	251,62 a
		0	17,21 NS	191,56 B b	17,52 NS	224,29 ab
	Secano	120	17,31 NS	174,37 B c	17,49 NS	170,44 b
		0	16,97 NS	163,70 B d	18,07 NS	165,84 b

**Tabla 2.** Contenido de energía real (CCE) y potencial (HHV) de residuos de maíz

Letras mayúsculas indican diferencias entre campañas, mientras que letras minúsculas indican diferencias entre tratamientos dentro de una misma campaña. Por lo tanto, dentro de cada campaña, tratamientos con idéntica letra minúscula no difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

**Potencial teórico de biometanización (PTB) y Producción teórica de etanol (PPE):** únicamente se analizaron las muestras correspondientes a la campaña 2. Si bien los valores de PTB obtenidos se encuentran dentro

del rango reportado en la literatura (Sun et al., 2015), al igual que lo observado para el contenido de energía, no se encontraron diferencias significativas en PTB por unidad de peso, pero si por unidad de superficie (Tabla 3).

Aunque el PTB es una referencia útil, es necesario realizar determinaciones complementarias tales como el potencial bioquímico de producción de metano (PBM). Estas determinaciones permiten conocer el comportamiento de los sustratos de manera más próxima a la situación real, donde diversos factores tales como la abundancia de lignina (relacionada con la recalcitrancia de la biomasa), la relación C/N, la presencia de inhibidores, etc. afectan la digestión de la materia orgánica.

solubles totales se realizó únicamente en las muestras de la campaña 2, por lo que la estimación del PPE no se ha culminado al momento de esta presentación. Resultados preliminares considerando sólo la campaña 2 sugieren que existen efectos significativos de la disponibilidad de agua, del nitrógeno y de la interacción entre ambos factores sobre el PPE, presentando menor rendimiento por kg de MS el tratamiento que combina irrigación y fertilización nitrogenada.

El análisis de sacarificación cuantitativa y la determinación del contenido de azúcares

Disponibilidad de agua	Fertilización nitrogenada	PTB (LCH4/kg SV)	PTB (m3 CH4/ha)
Riego	120	228,86 NS	2848,56 a
	0	219,28 NS	2151,31 b
Secano	120	218,70 NS	1959,97 bc
	0	217,02 NS	1862,51 c

**Tabla 3.** PTB de residuos de maíz correspondientes a la campaña 2013-2014

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

## CONCLUSIÓN

Los cambios en la disponibilidad de agua y nitrógeno afectan el potencial bioenergético del residuo de maíz. Si bien no se observaron diferencias en PTB, las diferencias observadas en la relación C/N de los residuos sugieren que se deben realizar análisis complementarios que reflejen el comportamiento de los sustratos de manera más próxima a la situación real. Resultados preliminares sugieren que existen efectos de disponibilidad de agua, nitrógeno y la interacción entre ambas variables en el PPE.

**Apoyo financiero:** INTA, CIC, CONICET Y UNMDP.

### Referencias

- A.M y Mueller H. F. 1952. *Mechanism of methane fermentation*. Ind. Eng. Chem. 44, 550-552.
- Demirbas A. 2003. *Relationships between heating value and lignin, fixed carbon, and volatile material contents of shells from biomass products*. Energ. Sources 25, 629-635.
- Di Paolo E y Rinaldi M. 2008. *Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment*. Field Crop Res. 105, 202-210.

DuBois K. A; Gilles J. K; Hamilton P. A; Rebers F. 1956. *Smith. Anal. Chem.* 28, 350–356.  
Hess J.R; Kenney K.L; Wright C.T; Perlack R; Turhollow A. 2009. *Corn stover availability for biomass conversion: situation analysis.* *Cellulose* 16, 599–619.

Sindelar A.J; Lamb,J.A; Coulter J.A; Sheaffer C.C; Vetsch J.A. 2015. *Nitrogen and tillage management affect corn cellulosic yield, composition, and ethanol potential.* *Bioenergy Resources.* 8, 1284-1291.

Sluiter J.B; Ruiz R.O; Scarlata C.J; Sluiter A.D; Templeton D.W. 2010. *Compositional analysis of lignocellulosic feedstocks. 1. Review and description of methods.* *J. Ag. Food Chem.* 58, 9043-9053.

Sun C; Liu R.H; Cao, W.X; Yin R.Z; Mei Y.F; Zhang,L. 2015. *Impacts of alkaline hydrogen peroxide pretreatment on chemical composition and biochemical methane potential of agricultural crop stalks.* *Energy Fuel* 29, 4966–4975