

## Estudio de caso

# PERFIL AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE MAÍZ EN UNA BIORREFINERÍA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

**Jonatan MANOSALVA<sup>1\*</sup>, Luciana SAPORITI<sup>2</sup> y Jorge Hilbert<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería Rural – CIA – INTA (CC 25, 1712, Castelar, Buenos Aires – Te: 11 4621 1177 int. 8846 (☎) [manosalva.jonatan@inta.gob.ar](mailto:manosalva.jonatan@inta.gob.ar) )

<sup>2</sup> consultora privada

## Introducción

En Argentina la producción de bioetanol alcanzó en el año 2018 el mayor volumen histórico registrado, aportando la provincia de Córdoba el 39% de la producción nacional total a partir de almidón de maíz, constituyéndose en la mayor productora a nivel nacional (Secretaría de Energía).

El INTA ha desarrollado diversos estudios evaluando la performance ambiental de estas biorrefinerías (Hilbert *et al* 2016; Hilbert *et al.* 2017; Hilbert *et al.* 2018 y Schein *et al.* 2017). En esta línea, se pretende a través del análisis de ciclo de vida, obtener el perfil ambiental de la producción de bioetanol y los coproductos generados (granos destilados húmedos y secos, aceite vegetal y CO<sub>2</sub>) en una planta específica ubicada en la localidad de Villa María, Córdoba.

## Materiales y métodos

El estudio contempló tres etapas, la producción agrícola del grano de maíz, el transporte a planta de esta materia prima y el proceso industrial, estableciendo el límite del sistema en la puerta de la industria del producto y coproductos. El sistema se modeló para la unidad funcional de 1000 kg de bioetanol deshidratado en concordancia con la recomendación de la Regla de Categoría de Producto de químicos orgánicos básicos (Basic organic chemicals, Product category classification: UN CPC 341) del EPD System, producido en el ciclo anual julio 2018 a junio 2019 de la empresa, sobre un total de 135.368 tn de

alcohol etílico anhidro. Contemplando una asignación por masa de 48% bioetanol anhidro, 24,5% destilados húmedos de maíz (WDGS), 16,5% destilados secos (DDGS), 9,9% CO<sub>2</sub> y 1,1% aceite vegetal, según las toneladas producidas de cada producto.

El ciclo de vida de la producción agrícola de maíz se obtuvo sobre la base de información ReTAA (relevamiento de tecnología agrícola aplicada) de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, para la provincia de Córdoba, previamente elaborado por los autores para el caso de estudio. Mientras que, las etapas de transporte y proceso industrial, fueron modeladas mediante la información brindada por la empresa bajo estudio.

Para la confección del inventario se modelaron los insumos del proceso industrial: consumo de agua de pozo, ácido sulfúrico 98%, enzimas alfa amilasa y glucoamilasa, agua amoniacal 32%, soda cáustica 50%, levadura y urea sólida. No fue posible la inclusión de cuatro insumos por no contar con el detalle de su composición y/o un ajustado modelo en ecoinvent, igualmente estos representaron el 1,8% en masa de la totalidad de insumos de proceso.

Además se incluyeron los consumos energéticos, como el gas natural proveniente de la red, utilizado para la cogeneración (76%) de electricidad y energía térmica, y para la generación de vapor para secado (24%).

Se utilizó el software Simapro 8.3 con base de datos Ecoinvent 3.3 y se aplicó el método de evaluación de impacto *CML-IA baseline v3.04*; reportando las categorías de impacto potenciales que se mencionan la Regla de Categoría de Producto (Product Category Rules – Basic organic chemicals) con excepción de *water scarcity potential*:

- Potencial de calentamiento global, expresado en emisiones de dióxido de carbono equivalentes (CO<sub>2</sub>eq).
- Potencial de acidificación, expresado en dióxido de azufre equivalentes (SO<sub>2</sub>eq).
- Potencial de eutrofización, expresado en fosfato equivalente (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

- Formación de oxidantes fotoquímicos, expresado como la suma del potencial de creación de ozono (POCP), en etileno equivalentes (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>).
- Agotamiento de recursos abióticos – incluyendo todos los recursos no renovables, en Sb equivalentes.
- Agotamiento de recursos abióticos – incluyendo todos los recursos fósiles, en MJ.

## Resultados

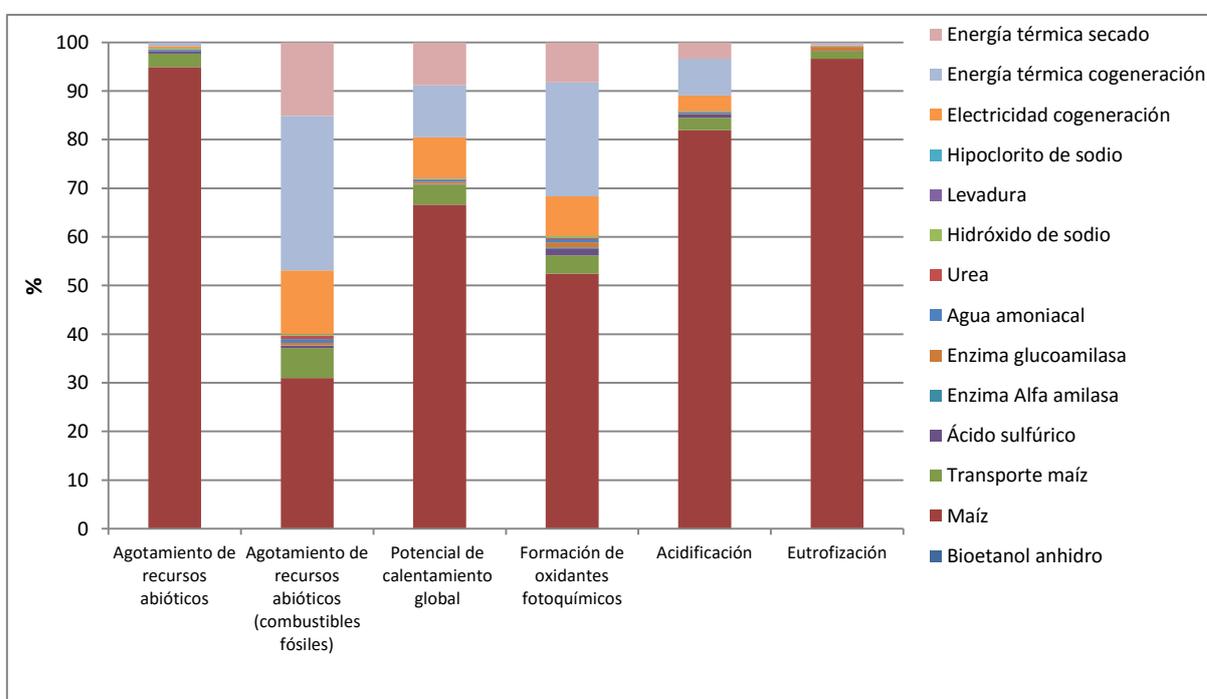


Figura 1: Perfil ambiental de 1000 kg de bioetanol anhidro de biorrefinería en Córdoba. Método: CML-IA baseline V3.04 / Caracterización / Excluyendo emisiones a largo plazo

El cultivo de maíz tuvo la mayor contribución en las categorías de impacto *eutrofización*, *agotamiento de recursos abióticos* y *acidificación*, con 97, 95 y 82%, respectivamente.

Mientras que el proceso industrial tuvo la mayor contribución en la categoría de impacto *agotamiento de recursos abióticos (combustibles fósiles)* con un 63%, específicamente debido al consumo gas natural que realiza la empresa

utilizado en la cogeneración, siendo la generación de energía térmica responsable en un 32%, el vapor para secado un 15% y la generación de electricidad en un 13%; el restante 3% se debe a los insumos de procesos. En esta categoría de impacto el cultivo de maíz contribuyó en un 31% y el transporte del mismo a la planta un 6%.

La categoría *formación de oxidantes fotoquímicos* tuvo una contribución del 52% de la etapa agrícola, 44% de la industria y un 4% del transporte.

Y por último, el *potencial de calentamiento global*, mostró la mayor contribución el cultivo de maíz, con un 67%, siguiendo la industria con un 29%, dentro de la cual el mayor porcentaje se debió a la generación de energía térmica (11%), siguiendo la energía de vapor utilizada en el secado (9%) y la generación de electricidad (8%); la suma del resto de los insumos de procesos contribuyeron en un 8%; y el transporte de maíz a planta en un 4%.

Una alta contribución de la producción de maíz en la mayoría de las categorías de impacto, también fueron reportados en perfiles ambientales de la producción de bioetanol en la provincia de Santa Fe (Pieragostini *et al.*, 2014), evaluados con distintos métodos de impacto. Valores de 69% en *acidificación* y *eutrofización* aplicando el método Eco-indicador 99; y 94% en *eutrofización* y 60% en *acidificación* cuando se evaluó mediante Recipe.

El suministro de calor y la quema de gas natural, también fueron otros procesos con importante contribución en las categorías de impacto (Pieragostini *et al.*, 2014).

## **Conclusiones**

Se ha logrado ampliar el campo de análisis ambiental en los estudios sobre las biorefinerías de maíz en el marco de un protocolo establecido internacionalmente como el International EPD System.

El seguimiento de la PCR marca un camino a continuar en el desarrollo de EPD específicas para el bioetanol producido a partir de diferentes materias primas en la Argentina.

En estudios posteriores, se recomienda profundizar el modelado de la planta de cogeneración y realizar un estudio comparativo entre los resultados obtenidos en la categoría de impacto Potencial de calentamiento global del presente estudio, y el resultado de la Huella de Carbono calculada mediante la metodología establecida en la Directiva 2009/28/CE del Parlamento europeo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

*Palabras clave:* bioetanol, maíz, ACV, Córdoba.

## **Bibliografía**

Hilbert, J.; S. Carballo; L. Schein; J. Manosalva; N. Michard y S. Galbusera. 2016. "Modelización de la producción de maíz como insumo de una biorrefinería de la provincia de Córdoba" en "Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en la Argentina". V Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica (ENARCIV 2016). ISBN 978-987- 521-810-9. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-avances\\_y\\_estado\\_de\\_situacion\\_en\\_analisis\\_de\\_ciclo\\_de\\_vida\\_y\\_huellas\\_ambientales\\_en\\_la\\_argentina-enarciv\\_2016.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-avances_y_estado_de_situacion_en_analisis_de_ciclo_de_vida_y_huellas_ambientales_en_la_argentina-enarciv_2016.pdf)

Hilbert, J.A.; S. Carballo; S. Galbusera; L. Schein; A. Dantur; M.J. Galvan, J. Manosalva y N. Michard. 2017. "Influencia de la territorialidad y la temporalidad en el análisis de ciclo de vida de una biorrefinería de maíz". Las huellas ambientales de la generación de valor - VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica (ENARCIV 2017). Págs 52-60. Disponible en: [https://docs.wixstatic.com/uqd/4e323e\\_5163c99cbc57464f98f3a57f83ba65d3.pdf](https://docs.wixstatic.com/uqd/4e323e_5163c99cbc57464f98f3a57f83ba65d3.pdf)

Hilbert, J.A.; J.A. Manosalva, S. Galbusera, S. Carballo y L. Schein. 2018. "Determinación del nivel de emisiones, balance energético y huella hídrica para la producción de bioetanol en la provincia de Córdoba". XI Congreso Nacional de maíz. [http://www.congresodemaiz.com.ar/admin/doc\\_confirmados/12676020-CO-Hilbert.pdf](http://www.congresodemaiz.com.ar/admin/doc_confirmados/12676020-CO-Hilbert.pdf)

Pieragostini, C.; P. Aguirre and M.C. Mussati. 2014. Life cycle assessment of corn-based ethanol production in Argentina. Science of the Total Environment 472. Pp 212-225. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713012862>

Product Category Rules according to ISO 14025. Basic organic chemicals Product Category Classification: UN CPC 341. 2011:17 version 2.11 <https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=5974>

Relavamiento de Tecnología Agrícola Aplicada de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires. <http://www.bolsadecereales.com/retaa#>

Schein, L.; J. Hilbert; S. Carballo; J. Manosalva y N. Michard. 2017. "Modelización de la producción de bioetanol de maíz en una biorrefinería de la provincia de Córdoba". Las huellas ambientales de la generación de valor - VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica (ENARCIV 2017). Págs. 15-17. [https://docs.wixstatic.com/uqd/4e323e\\_5163c99cbc57464f98f3a57f83ba65d3.pdf](https://docs.wixstatic.com/uqd/4e323e_5163c99cbc57464f98f3a57f83ba65d3.pdf)

Schein, L.; J.A. Hilbert; S. Galbusera; S. Carballo; A. Dantur; M.J. Galban; J. Manosalva y N. Michard. 2017. "Análisis de cargas ambientales netas por valorización del subproducto de CO2 en una biorrefinería de maíz". IV Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables. ISBN: 978-987-1930-35-7. Pp 588-595. Disponible en: <http://cayer.unvm.edu.ar/descargas/IV-CAYER.pdf>

Web de la Secretaría de Energía. <http://datos.minem.gob.ar/dataset/estadisticas-de-biodiesel-y-bioetanol>