

Las huellas ambientales de la generación de valor

Jorge A. Hilbert – Leila Schein



Las huellas ambientales
de la generación de valor

ENARCIV 2017

INTA | Ediciones

Colección
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO
E INNOVACIÓN

Las huellas ambientales de la generación de valor

Editores: Jorge A. Hilbert – Leila Schein



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

*HURLINGHAM, BUENOS AIRES
2018*

Las huellas ambientales de la generación de valor
Editores: Jorge A. Hilbert, Leila Schein

1a. edición

Ediciones INTA

Instituto de Ingeniería Rural, Centro de Investigación de Agroindustria
Hurlingham, Buenos Aires

2018

© 2018, Ediciones INTA

Libro de edición argentina

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ninguna forma o medio. Ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.

ÍNDICE

Prólogo.....	pág 3
Introducción.....	pág 4
Demanda de energía acumulada y huella de carbono en un sistema agroecológico del sur de Santa Fe.....	pág 10
Performance energética y ambiental de diferentes alternativas para la digestión anaeróbica de residuos urbanos.....	pág 12
Avances en la medición de la huella de carbono de la yerba mate.....	pág 13
Modelización de la producción de bioetanol de maíz en una biorrefinería de la provincia de Córdoba.....	pág 15
Evaluación de huella hídrica gris en la producción de algodón bajo diferentes planteos productivos en Argentina.....	pág 17
Cálculo de la huella hídrica del bioetanol de maíz generado en la planta acabio en Villa María, Provincia de Córdoba, Argentina.....	pág. 21
Análisis del ciclo de vida de la cadena del algodón de Argentina.....	pág 24
Modelización del inventario de ciclo de vida de la producción de biogas a partir de silaje de maíz y residuos agropecuarios de una planta de la Provincia de Cordoba...	pág 26
Factores que determinan la performance ambiental del maíz argentino y su competitividad frente a alternativas similares para la elaboración de productos exigencia de huella ambiental.....	pág 30
Análisis social de ciclo de vida: derechos humanos, salud y seguridad, y condiciones de trabajo de los ladrilleros artesanales de Las Heras, Mendoza Argentina).....	pág 38
Análisis de la etapa de uso de un pantalón de jean	pág 40
Huellas ambientales en la industria del limón (Tucuman, Argentina).....	pág 43
Costo de ciclo de vida de un sistema fotovoltaico integrado.....	pág 45
Revisión bibliográfica de los avances en la metodología de análisis de ciclo de vida, su aplicación en la optimización de procesos y a la industria citrícola.....	pág 47
Inventario de carne bovina “de la cuna a la puerta” en un sistema agrícola	

ganadero del sur de Santa Fe.....	pág 49
Evolución de indicadores de sustentabilidad de seis tambos comerciales de la cuenca lechera pampeana en los períodos 2015 y 2016.....	pág 50
Influencia de la territorialidad y la temporalidad en el análisis de ciclo de vida una biorefinería de maíz.....	pág 52
Revisión de las consideraciones metodológicas utilizadas en estudios ambientales con enfoque de ciclo de vida sobre la producción de biocombustibles de tercera generación.....	pág 61
Evaluación de la huella de agua de quesos de pasta semidura.....	pág 63
Valoración de la huella de carbono en sistemas de producción primaria de leche de la cuenca central argentina.....	pág 65
Evaluación de huella hídrica de la alfalfa para una mejor adaptación al cambio Climático.....	pág 68
Cuantificación del desempeño ambiental de productos a través de la metodología de “análisis de ciclo de vida”.....	pág 71
Consideraciones generales relativas al análisis de ciclo de vida de la obtención de biodiesel a partir de aceites comestibles usados y grasa bovina.....	pág 74
Análisis de los impactos ambientales de distintas alternativas tecnológicas para la cocción de ladrillos artesanales.....	pág 76

PRÓLOGO

En un mundo cada día más poblado, nuestro país está jugando un papel más y más importante en la producción de alimentos. Esto nos ofrece muchas oportunidades al disponer de notables ventajas comparativas frente a otros, dadas las extraordinarias condiciones de suelo y clima que poseemos, combinadas con un sector científico tecnológico e industrial medianamente desarrollado.

Por otra parte, a partir de la Revolución Industrial, el fuerte incremento en las producciones hizo que los costos ambientales comenzaran a evidenciarse notablemente siendo ejemplos el aumento de la temperatura promedio anual y la menor disponibilidad en muchas partes del planeta, de recursos hídricos de calidad aceptable para la agricultura, ganadería y el consumo humano. Entre otros efectos adversos, muchas especies han desaparecido.

El peligroso incremento del anhídrido carbónico y otros gases de efecto invernadero en la composición atmosférica, motivó a que los países se reunieran repetidas veces para trazar distintos lineamientos que apuntan a mitigar y en lo posible revertir los efectos indeseables del progreso.

Paralelamente, en la últimas décadas fue generándose una conciencia mucho más clara sobre el peligro que corre el planeta y quienes lo habitamos. Apareció una nueva generación de personas, que valora el cuidado del medio ambiente, consumiendo productos en los cuales dicho respeto esté claramente demostrado y están dispuestos a pagar más por ello. Esto se evidencia principalmente en los países desarrollados donde ya grandes cadenas comerciales están vendiendo exclusivamente productos con etiquetas con declaraciones ambientales indicando las Huellas Ambientales generadas en su producción, apareciendo además regulaciones que poco a poco las van exigiendo.

Dichas Huellas son medidas cuantitativas fehacientes del empleo de Buenas Prácticas Productivas siendo imperativo para nuestro país determinarlas para nuestros productos, caso contrario, en un futuro cercano muchos mercados nos restringirán el acceso.

Los países desarrollados ya elaboraron tablas basadas en sus propios sistemas productivos que muchas veces no coinciden con los nuestros. Aplicando dichos estándares, los productos argentinos pueden verse notablemente perjudicados no obstante a que somos líderes en la utilización de excelentes prácticas como la siembra directa entre otras.

Los resultados del encuentro ENARCIV 2017 reflejados en este libro constituyen un fuerte avance de un grupo grande de profesionales que por motivaciones propias se viene reuniendo y trabajando coordinadamente desde hace varios años en establecer las huellas ambientales de los diferentes procesos empleados en nuestro país, compartiendo metodologías y tratando de homologarlas apropiadamente para que los otros países las acepten y valoren. Esto es particularmente importante pues si bien estamos incluidos en un sistema global, debemos destacar los aspectos positivos de los sistemas argentinos estudiándolos profundamente.

“Las huellas ambientales de la generación de valor”, es una obra que compila los aportes de muchos expertos distribuidos en todo el país. Contiene también una muy buena síntesis por parte de sus editores, Jorge Hilbert y Leila Schein, de las necesidades de incrementar los esfuerzos de todos los sectores en el respeto por el medio ambiente en las producciones, y la correcta medición de sus impactos considerando los reales procesos empleados en la Argentina.

Pablo Nardone es bioquímico, consultor en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y Director del Curso “Introducción a la Bioeconomía Argentina”

INTRODUCCIÓN

Actualmente la Red Argentina de Análisis de Ciclo de Vida RACV está conformada por más de 40 profesionales vinculados a temas de ciclo de vida, huellas ambientales (carbono, agua, etc.) y otras métricas de sustentabilidad derivadas, pertenecientes a diversas instituciones.

Desde hace más de 5 años, se realiza un encuentro anual que convoca a docentes, estudiantes, investigadores, empresas, asociaciones, organismos gubernamentales, y profesionales en general a participar del evento, a través de la presentación de trabajos y de la asistencia al encuentro. El encuentro provee un foro para compartir experiencias sobre el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), y sus herramientas asociadas, con lo cual se pretende promover el intercambio de conocimientos e ideas entre los participantes, difundir los trabajos desarrollados, metodologías y discutir casos de estudio.

Asimismo, se promueve el establecimiento de sinergias entre los individuos e instituciones participantes, proyectos de cooperación, dirección conjunta de trabajos de tesis de distinto nivel académico, intercambio de datos, etc.

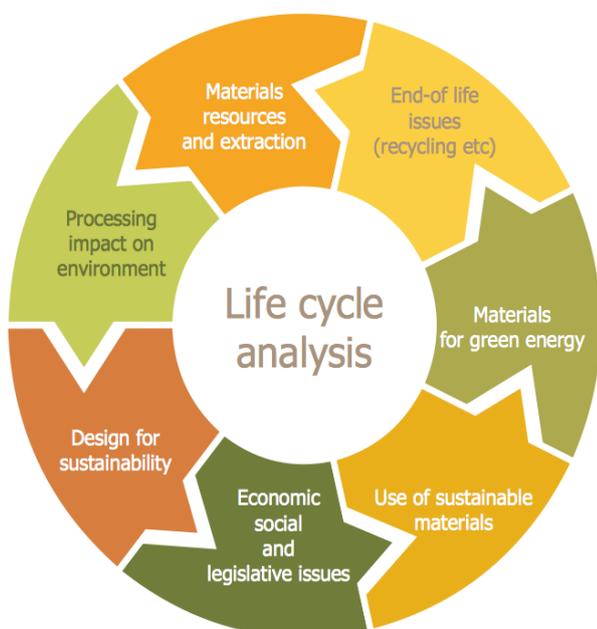
La finalidad de los encuentros es también avanzar en la consolidación formal de la Red Argentina de Ciclo de Vida y la Red Argentina de Huella Hídrica.

El comité organizador del evento estuvo constituido por Ing. Agr., MSc. Jorge Antonio Hilbert, Profesional Asesor de Nivel Internacional en Gestión de Actividades de Innovación, en el Instituto de Ingeniería Rural (INTA Castelar) y la Lic. Leila Schein, Docente investigadora Especialista en Análisis de Ciclo de Vida, en Dpto de Ciencias Básicas en la Universidad Nacional de Luján.

En oportunidades anteriores, el comité organizador fue constituido por:

1. Dr Fernando Daniel Mele Universidad Nacional de Tucumán
2. Patricia Garolera de Nucci EEAOC
3. Dr. Rodolfo Bongiovanni INTA
4. Ing Leticia Tunnineti INTI
5. Dra. Bárbara Civit INAHE CCT Mendoza / UTN-FRM
6. Dr. Alejandro Pablo Arena UTN-FRM

Las nuevas herramientas de evaluación de impacto ambiental, agrupadas bajo el denominativo común de “huellas” ambientales, permiten evaluar de forma sistémica los procesos de producción de productos y servicios, para comprender de forma global las interacciones con la naturaleza (extracción de recursos y disposición de residuos) y el intercambio con otros sistemas tecnológicos, determinando el perfil ambiental del sistema evaluado, es decir, cómo se relaciona con el ambiente.



Desde esta perspectiva, la aplicación de herramientas como Análisis de Ciclo de Vida, permite producir información sobre:

1. Cuantificación y origen de los recursos materiales y energéticos.
2. Cuantificación y definición de opciones para el tratamiento, recuperación, reciclado y/o disposición final de residuos.
3. Uso del bien o servicio, mejoras en el desempeño en eficiencia energética y evaluación de alternativas de abastecimiento ambientalmente óptimas.

4. Diseño de productos y servicios concebidos para ser desensamblados, maximizar su durabilidad, reutilizar de piezas y componentes
5. Impacto ambiental: cómo el proceso de producción, uso o disposición final del producto evaluado impacta en el medio ambiente, en todo su ciclo de vida.
6. Aspectos sociales, económicos y legislativos en la cadena de valor de un bien o servicio
7. Valor de la utilización de materiales sustentables, su conveniencia y desempeño estudiados con base científicas comparables.

En la actualidad, la aplicación de esta perspectiva de ciclo de vida, se plasma en los avances pronosticados para aplicar la economía circular¹ a través de la producción y consumo responsable, una de las metas del milenio de la ONU². así como los resultados de la COP Paris

La información de ciclo de vida de un producto se vuelve de suma importancia porque permite identificar las oportunidades y amenazas asociadas a ese proceso productivo. Permite brindar información estratégica, cada vez más requerida para ingresar o permanecer en mercados internacionales. En última instancia, facilita la toma de decisiones informadas para poder diagramar un verdadero desarrollo sustentable.

La realización, aplicación, comunicación y publicación de este tipo de análisis, y sus herramientas específicas vinculadas, se encuentran homologados por la familia de normas ISO 14040, bajo el marco metodológico sistémico de Análisis de Ciclo de Vida (ACV): Huella de Carbono (ISO 14044; 14067; 14069); Huella Hídrica (ISO 14046), Ecoetiquetas (ISO 14025), entre otras, en continuo proceso de desarrollo y profundización desde el año 1996.

Si bien el desarrollo de estos temas tiene ya varios años, tanto en Argentina como muchos otros países, no existen valores de referencia de impacto ambiental en procesos básicos y transversales del sector energético y productivo. Tampoco los hay para sus productos estratégicos exportables, como es el caso *commodities* agropecuarios y productos agroindustriales.

Ejemplo de esto, son los valores de referencia de los productos de soja, sorgo y maíz argentinos en el inventario *Agrifootprint* desarrollado por la consultora Blonk holandesa, entre otros casos de Inventarios Nacionales desarrolladas y financiados por el país para sus productos estratégicos.

En términos generales, entre países desarrollados y en vías de desarrollo hay diferencias de huellas ambientales que resultan de las diferentes estructuras productivas y tecnológicas. En países como Argentina las huellas de carbono y las huellas hídricas del sector agropecuario y agroindustrial son importantes dada la participación del sector en la economía (Viglizzo, 2010).

Existe, entonces, la imperiosa necesidad a nivel nacional de validar y adecuar en forma consensuada interinstitucionalmente los desarrollos metodológicos internacionales con el propósito de proporcionar información ambiental consistente de productos nacionales, que sea de referencia en los inventarios Internacionales.

La realización de una base de datos de inventarios de ciclo de vida nacional con criterios propios es motivada por:

1. La exigencia en distintos países/regiones de determinar y dar a conocer la huella ambiental de los productos que se comercializan en su interior (Declaraciones ambientales de productos - EPD³ su sigla en inglés) exige a su vez el conocimiento de la huella ambiental de los insumos requeridos durante su producción, trasladándose la exigencia ambiental a las industrias de los países proveedores. Así, los países exportadores de insumos enfrentan el riesgo de sus

¹ La economía circular es un concepto económico que se incluye en el marco del desarrollo sostenible y cuyo objetivo es la producción de bienes y servicios al tiempo que reduce el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y fuentes de energía. Se trata de implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía. http://economiacircular.org/wp/?page_id=62

² <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/el-lema-del-consumo-y-la-produccion-sostenibles-es-mas-con-menos>

³ <http://www.environdec.com/en/What-is-an-EPD/#.VpPM3k3UirQ>

productos no puedan acceder a los grandes mercados consumidores por carecer de datos ambientales confiables.

2. El riesgo de que ante la carencia de datos nacionales, se calculen los impactos de un productor a partir de datos/bases de datos/criterios foráneos que no representen la realidad nacional.
3. La carencia de una base de datos de inventarios nacionales impide la obtención de inventarios de calidad de cualquier producto.
4. La existencia de numerosos desarrollos independientes en distintos grupos, universidades y centros del país (Universidades Nacionales, INTI, INTA, CONICET), no coordinados careciendo de criterios comunes de calidad.
5. El gran esfuerzo realizado en la mayoría de esas iniciativas para desarrollar datos sobre insumos ya existentes en otras instituciones (por ejemplo, sobre la energía eléctrica).
1. La falta de desarrollos sobre una enorme cantidad de productos.
2. Profundizar el proceso de intensificación de la producción agropecuaria dinamizará los cambios en el uso de la tierra y la presión sobre los recursos naturales, precisamente porque las cadenas agroalimentarias y agroindustriales son intensivas en su uso.

En particular para el sector agroindustrial, es donde pueden apreciarse claramente la importancia y necesidad que justifica iniciar cuanto antes, el desarrollo de estas tareas: El contexto económico del país (2017-2018) y la visión del modelo se apoya en la competitividad del sector agroexportador para aprovechar la oportunidad que presenta el mercado mundial agroalimentario (en toda su complejidad - *food challenge*-), pareciendo ser la intensificación sustentable del sector agroalimentario, el camino correcto

En virtud de ello, reconociendo que dicho escenario continuará intensificándose, el desafío que se presenta para Argentina y *el Estado* (y sus Ministerios) es promover que dicho proceso sea sostenible no solo a nivel ambiental sino también en el sentido económico.

En vista de los desafíos globales que plantea el Cambio Climático, los mercados han tomado conciencia de la magnitud del impacto ambiental de los procesos comenzado a valorizar positivamente a las empresas con procesos productivos ambientalmente bien gestionados y penalizando a las que no los tienen. Como consecuencia, la industria agroalimentaria y agroindustrial exportadora se ve cada vez más presionada por consumidores y reguladores para mejorar su performance medioambiental, a través de estándares y certificaciones.

El fuerte desafío para Argentina es producir más bioproductos con menos recursos y menor impacto global en los ecosistemas. La ecoeficiencia en las prácticas productivas agroalimentarias y agroindustriales a toda escala (empresa, cadena, territorio) constituye una condición estratégica necesaria para la sostenibilidad del camino de desarrollo emprendido por el País pero también hay que demostrarla con una cuantificación apropiada.

Antecedentes

En Latinoamérica existen iniciativas para la creación de bases de datos de inventarios de ciclo de vida que se encuentran en distinto grado de desarrollo, destacándose la base de datos mexicana *Mexicaniah*, que ya se encuentre operativa. Otros países tienen ya publicados conjuntos de datos en bases de datos internacionales, mientras avanzan en la constitución de bases de datos nacionales, tal es el caso de Brasil y, en menor medida, aunque con un fuerte impulso desde el año 2015, Chile. Otros

países se encuentran en un grado de avance similar al nuestro, como el caso de Colombia, Perú, Bolivia, Costa Rica y Cuba.

En Argentina, la **Red Argentina de Análisis de Ciclo de Vida (RACV)**, nuclea investigadores e instrumentadores de ACV de distintas instituciones del país (Universidades Nacionales, INTA, INTI, CONICET), y tiene como propósito aunar esfuerzos para avanzar en el desarrollo de este tipo de estudios para el país, en orden a hacer frente a la necesidad del contexto.

En particular, durante las reuniones de la RACV de los años 2013, 2014 y 2015 se han realizado acciones para avanzar en esta temática, tomando contacto con los gestores de algunas bases de datos de inventarios de ciclo de vida internacionales, para evaluar las alternativas existentes y tecnologías utilizadas: *Ecoinvent*: base de datos de origen suizo, de alcance internacional, *LCADB.sudoe*: base de datos de países del sudoeste europeo y *Mexicanium*. Hacia fines del 2015, la RACV decidió iniciar el ensayo de construcción y validación de la base de datos de Soja argentina en la plataforma *LCADB.sudoe* para evaluar su operatividad, estando esta actividad en desarrollo a mediados del 2018.

Sin embargo, la construcción de los Inventarios Nacionales es de tal dimensión, que exige iniciar un proceso de gran envergadura de mediano plazo, solamente posible con el dimensionamiento de la necesidad presentada y la decisión política de los ministerios de conducir su Proceso de construcción. Tal es el caso de experiencias exitosas recientes como el Inventario de Productos Agropecuarios Francés AGRIBALYSE, que contiene 116 bases de datos de los principales sistemas de producción agropecuarios del país (se adjunta documento Anexo).

La Red Argentina de Análisis de Ciclo de Vida, durante el año 2016, elaboró y presentó una propuesta sobre desarrollo e implementación de un Proyecto para la Construcción del Inventario Nacional de impacto ambiental de Productos Estratégicos de Argentina. Durante el año 2017 la misma fue trabajada y presentada ante diferentes ministerios logrando un consenso de apoyo que aún resta plasmarse en un instrumento concreto de realización.

Propuesta general

Como resultados del encuentro se plantearon los siguientes objetivos:

1. Construir un Inventario de Ciclo de Vida (ICV o LCI, por sus siglas en inglés) sobre datos uniformes, transparentes y consistentes para los productos nacionales seleccionados, a partir de una metodología apropiada, validada y consensuada interinstitucionalmente, que sea aceptada internacionalmente como valores de Inventario de referencia.
2. Impulsar la competitividad ambiental de la industria argentina posicionando sus productos y servicios en un contexto internacional de exigencias ambientales crecientes.
3. Identificar desde el punto de vista ambiental los puntos críticos de las cadenas productivas, faltantes de información, deficiencias metodológicas y buscar soluciones basadas en la información objetiva de ciclo de vida.
4. Identificar sinergias, disminución de superposiciones, de resultados contradictorios, de esfuerzos y de costos, capitalizando la experiencia obtenida de forma heterogénea en diferentes organismos.
5. Orientar de la actividad de investigación
6. Construir y consolidar la capacidad interna a nivel nacional para elaboración, evaluación y fundamentación de inventarios de ciclo de vida.
7. Consolidar una fuente primaria de datos para el desarrollo de información estratégica para el diseño de políticas públicas orientadas a medioambiente, energía y desarrollo sostenible, así como en particular a la mejora de la ecoeficiencia del sector productivo nacional.
8. Crear confianza en el sector productivo

El proceso de construcción del Inventario nacional, potenciará además los compromisos institucionales en esta temática estratégica para el país, las sinergias interinstitucionales y hará visible el compromiso del país en la medición y generación de información ambiental de sus productos y procesos de producción.

Desarrollos de los ENARCIV:

El evento convocó a docentes, estudiantes, investigadores, empresas, asociaciones, organismos gubernamentales, y profesionales en general a participar, a través de la presentación de trabajos y de la asistencia al encuentro desarrollado entre el 13 al 15 de Septiembre.

El encuentro se constituyó en un foro para compartir experiencias sobre el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), y sus herramientas asociadas, con lo cual se promovió el intercambio de conocimientos e ideas entre los participantes, y la difusión de los trabajos desarrollados, metodologías y la discusión de casos de estudio.

La reunión incluyó un programa de exposiciones y disertaciones especiales, talleres de discusión y presentaciones de posters, admitiendo tópicos tan variados como aplicaciones en agricultura, industria, construcción, servicios, minería, energía, electrónica, química, agroindustria, educación, etiquetado, y aspectos metodológicos sobre las herramientas utilizadas.

El evento contribuyó al establecimiento de sinergias entre los individuos e instituciones participantes, promoviendo proyectos de cooperación, dirección conjunta de trabajos de tesis de distinto nivel académico, intercambio de datos, etc.

Se logró una activa participación del sector privado brindándole la oportunidad de exponer sus experiencias y presentar sus desafíos y oportunidades, fortaleciéndose la generación de criterios comunes para el desarrollo de inventarios de ciclo de vida (ya tratados en encuentros anteriores) en forma de una base de datos nacional, contando con el compromiso de algunos importantes actores del sector gubernamental.

La finalidad del encuentro también incluyó obtener avances en la consolidación de la Red Argentina de Ciclo de Vida y la Red Argentina de Huella Hídrica, a través de la discusión de sus objetivos, visión, misión, modalidades de participación y actividades.

ENARCIV2017 tuvo como sede el **Centro Cultural de la Ciencia C3 del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación**. Este espacio aseguró una amplia participación de todos los interesados en esta temática que es transversal a todo tipo de actividades contando con el apoyo de la Iniciativa Bioeconomía Argentina impulsada por el MINCYT junto a otros Ministerios Nacionales.

Se destaca el aporte del INTA que permitió transmitir todo el evento via *streaming* poniendo a disposición del público todas las exposiciones de trabajos en el canal del INTA <https://youtu.be/xKJMD0aljRc> y en página de la Red Argentina de Análisis de Ciclo de Vida. <https://analisisciclodevida.wixsite.com/inicio>

Durante el cierre del ENARCIV2017 “La huellas ambientales de la generación de valor” se destacaron 10 puntos relevantes en el tema sobre la base de lo tratado en siete sesiones específicas y conferencias centrales llevadas a cabo en el Centro Cultural de la Ciencia MINCYT

1. El Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta que permite un abordaje sistémico de problemáticas ligadas a productos y servicios con el objetivo de minimizar sus impactos ambientales en su desarrollo y uso.
2. Las Huellas ambientales son un requerimiento creciente de los mercados de exportación así como una herramienta para mejorar la sustentabilidad de productos y servicios fronteras adentro.

3. Difícilmente se pueda avanzar al ritmo que exigen los estándares internacionales si no se priorizan las Huellas Ambientales como herramientas para el desarrollo sustentable, la mitigación y adaptación al cambio climático, y las exigencias de los mercados.
4. Se remarca la gran necesidad de una buena coordinación del tema, tanto a nivel general en el país, como también dentro de las instituciones.
5. Es necesario que el sector público participe activamente, que se brinden las instancias para que todos los esfuerzos individuales de los investigadores que se encuentran diseminados en todo el país se concentren en un proyecto estratégico de carácter nacional.
6. Así como el ACV responde a varios Objetivos del Desarrollo Sustentable, principalmente el N° 12 Producción y Consumo Responsable, se requiere que Argentina se alinee con mayor fuerza a los mismos tomándose como guías para priorizar los temas de trabajo y de investigación de las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales
7. Los esquemas de normalización que se desprenden de las normas ISO bajo los esquemas Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) y Reglas de Categoría de Producto (PCR) son el camino a seguir para lograr la estandarización y armonización de estudios sobre diferentes productos y servicios.
8. Existe un gran déficit de información en la Argentina que requiere de una acción coordinada del sector académico y privado para lograr avances significativos en el más breve tiempo posible.
9. Los apoyos e interés por parte de los diferentes Ministerios convocados deben ser potenciadas a fin de que se transformen en acciones concretas dentro de todos los organismos dependientes en forma coordinada.
10. Se requiere para el fortalecimiento del área, la formación y dotación de recursos humanos así como la incorporación del concepto ACV en carreras de grado y postgrado

La presente obra condensa a todos los trabajos presentados durante el ENARCIV 2017 como contribución a difundir los avances en la materia realizados en diversos centros de investigación y universidades del país.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

HUELLA DE CARBONO

**DEMANDA DE ENERGÍA ACUMULADA Y HUELLA DE CARBONO EN UN SISTEMA
AGROECOLÓGICO DEL SUR DE SANTA FE**

Gloria RÓTOLO^{1*}, Marcelo MILO VACCARO¹

^{1*} INTA EEA Oliveros - Ruta 11-km 353-2206 Oliveros - Tel.: 03476-498 277 (°) autor de contacto:
rotolo.gloria@inta.gob.ar

Resumen

La expansión y la intensificación de los cultivos han sido algunos de los cambios globales predominantes del siglo XX generando mayores rendimientos y aumentando la producción mundial de alimentos en un 145%. Sin embargo, al mismo tiempo debido a un enfoque lineal para la toma de decisiones en los agroecosistemas, se observa un deterioro de los recursos naturales y del ambiente. Uno de los desafíos de la actualidad es generar un sistema de producción de alimentos amigable con el ambiente, socialmente equitativo y económicamente viable, a través de diferentes diseños y manejos de los agroecosistemas. Adoptar las bases y prácticas propuestas por la agricultura agroecológica, puede contribuir a facilitar el camino.

El propósito final de este estudio es analizar indicadores ambientales de sistemas agroecológicos en su evolución hacia esquemas más sostenibles. El objetivo específico del presente trabajo fue determinar la línea base de la huella de carbono y la demanda de energía acumulada del sistema en estudio.

Se analizó las Huellas de Carbono (HC), Energía (HE) del Módulo de Transición Agroecológica que ocupa 30 ha de un lote virgen de 50 años localizado en un sector de la EEA Oliveros del INTA (Pcia. Santa Fe), lindante al pueblo homónimo. La información sobre insumos, maquinaria, rendimiento de granos y animales fueron provistos por los profesionales responsables del mismo. Los datos de biomasa de los lotes de pastoreo se obtuvieron de fuentes bibliográficas y en base a expertos. Del total estimado (5000 kg MS/ha) se sustrajo la cantidad consumida por los animales y los rollos obtenidos. Se utilizó el soporte de SimaPro (Pre Consultants), empleando la base de datos provista por Ecoinvent 3.03. Los datos de emisiones directas se obtuvieron de informantes calificados y de la base de datos del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). El período analizado fue Julio 2015-Junio 2016 y la escala espacio-temporal de análisis utilizada una (1) ha - un (1) año. Las unidades funcionales (UF) de análisis evaluadas fueron: emisiones del sistema por hectárea (ha) y emisiones del producto obtenido-base energética (MJ). Así, la unidad para la Huella de Carbono (HC) es kg CO₂eq./ha ó CO₂eq./MJ y para la Huella Energética (HE) es MJ/UF.

El valor obtenido de emisión fue 1.007 kg CO₂eq/ha que corresponde en mayor medida a la combustión de energía fósil durante el manejo del sistema y la generada por los animales. Sin embargo, la biomasa estimada que queda en el terreno, al capturar CO₂, compensa el 38% del total de las emisiones de efecto invernadero generadas por el manejo del sistema. El mayor consumo de energía acumulada corresponde a los procesos de producción de fertilizantes nitrogenado y fosforado, del diesel y de las semillas, siendo el total obtenido 3991 MJ/ha (Figura 1). Cabe aclarar que el sistema aún utiliza, aunque en menor medida, formulaciones químicas.

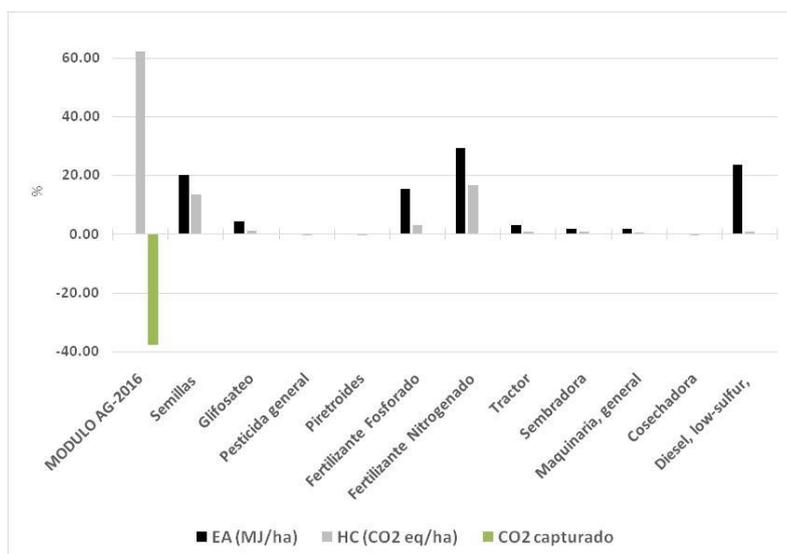


Figura 1: Porcentaje de impacto de Huella de Carbono (HC) y Energía Acumulada (EA). Se muestra la compensación de captura de CO₂ que retiene el suelo en forma estable.

Entre las incertidumbres del estudio encontramos que el sistema analizado se encuentra en su primer año de implementación (sistema no estabilizado) y los animales no ciclan dentro del mismo sino que entran y salen según necesidad. Por lo cual para seguir su evolución sería aconsejable continuar con el relevamiento de información en forma periódica. Estas incertidumbres podrían abonar parte de las diferencias en los valores hallados en uno de los pocos trabajos encontrados que evalúan sistemas de rotaciones como el análisis de agricultura integrada extensiva (3978 kg CO₂eq/ha y 19000 MJ/ha) y orgánica en Suiza (2222 kg CO₂eq/ha y 13200 MJ/ha). Otra parte podría encontrarse en las diferencias de manejo, gestión y análisis de los sistemas.

Si bien los resultados son preliminares, puesto que la evaluación corresponde solo a la toma de datos de su primer año de instalación, se observó que tanto el empleo como la fabricación de fertilizantes químicos y combustible fósil son los principales responsables de la demanda de energía acumulada y del 55% de las emisiones mientras que para el otro 45% contribuye la presencia de animales.

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida; indicadores ambientales; sostenibilidad

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

ACV BIOENERGÍA

**PERFORMANCE ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA
DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE RESIDUOS URBANOS**

Rocio VICENTIN^{a*}, Betzabet MORERO^{a,b}, Enrique A. Campanella^{a,b}.

^a Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (UNL-CONICET), Güemes 3450,
Santa Fe 3000, Argentina.

*rvicentin@intec.unl.edu.ar

^bFICH – UNL, Ciudad Universitaria, RN N° 168, Km. 472.4, Santa Fe 3000, Argentina

Resumen

Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas y la fracción orgánica de residuos sólidos municipales (FORSU) son hoy dos importantes residuos en los procesos WtE (de basura a energía). El objetivo del trabajo es analizar el balance energético e impacto ambiental de diferentes alternativas de tratamiento y aprovechamiento de los residuos de una ciudad de 500,000 habitantes. Con las herramientas computacionales: GPS-X® y SuperPro®, se simularon tres alternativas que contemplan el tratamiento del agua residual, el transporte y acondicionamiento del sustrato a digerir, la digestión anaeróbica mesofílica, el acondicionamiento del digestato para uso agrícola y la generación de energía eléctrica y térmica a partir del biogás. Cada alternativa evaluada difiere en el sustrato que alimenta al digestor: 1) mezcla de lodo primario con lodo activado; 2) mezcla lodo primario con lodo activado previamente sometido a hidrólisis térmica; y 3) mezcla de sustrato 1) con FORSU. La energía térmica y eléctrica generada a partir del biogás fue integrada en la planta de tratamiento del agua residual. Los resultados se compararon con un caso base donde el tratamiento de las aguas residuales urbanas y de los residuos sólidos municipales se hace en forma tradicional e independiente. La comparación ambiental se basó en el análisis del ciclo de vida realizado según la ISO 14040-44 con el programa SimaPro®. Se aplicó la metodología de evaluación de impacto ReCiPe Midpoint y la versión jerárquica. El estudio energético incluyó un balance de energía y la aplicación de la metodología de demanda acumulativa de energía. Los resultados del análisis ambiental indican que los principales impactos se asocian al consumo energético del tratamiento aeróbico del agua residual, al consumo de combustibles fósiles para el transporte de los residuos y a las emisiones al aire que genera la quema del biogás; por otra parte, el uso agrícola del digestato produce un importante impacto ambiental. Adicionalmente, los resultados del balance energético permiten afirmar la importancia de la co-digestión entre lodos-FORSU y del tratamiento centralizado de residuos urbanos para lograr una completa integración energética e importantes beneficios ambientales.

Palabras clave: Digestión anaeróbica, Residuos urbanos, Análisis ciclo de vida, Eficiencia energética.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

HUELLA DE CARBONO

AVANCES EN LA MEDICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA YERBA MATE

Emiliano Lysiak^{1*}

^{1*} EEA INTA Cerro Azul CR Misiones Ruta Nacional 14. Km. 1085 (3313), Cerro Azul
Misiones, Te: (03764) 494740 email: lysiak.emiliano@inta.gov.ar

Resumen

La producción de yerba mate en Argentina ronda las 280 mil t y tiene como principal destino el consumo interno, pero también se exporta a una gran diversidad de países en el mundo. Según sea el destino, las exigencias medioambientales son diferentes. Los mercados de los países desarrollados cada año aumentan sus exigencias en el cuidado del medio ambiente y a nivel local las empresas están demandando estudios para mejorar el perfil ambiental de sus procesos productivos. Dado que la yerba mate tiene concentrada su producción en Argentina, Brasil y Paraguay no se encontró antecedentes en la medición de la huella de carbono (HC) de este producto regional. Si lo hay, para un cultivo similar que es el té (Cichorowski, et al., 2015 y Azapagic, et al., 2016). Por lo tanto la medición de la Huella de Carbono en yerba mate es el primer dato a conocerse.

Los datos obtenidos hasta al momento son preliminares y se deben tomar solo como una primera imagen hasta que se complete el estudio con más información y un análisis crítico por parte de los referentes del sector. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto PNIND 1108074, Programa Cultivos Industriales del INTA. El objetivo de este estudio de ACV es obtener un primer dato sobre la HC de todo el proceso productivo de la yerba mate desde la producción del plantín hasta la colocación del paquete de yerba mate en el sector minorista, siendo la unidad funcional un paquete de 1 kg de yerba mate puesto en la puerta de abastecimiento de los locales minoristas (supermercado a 1000 km). Los datos presentados corresponden a promedios resultantes de entrevistas a productores, referentes, secaderos y molinos de yerba mate en la provincia de Misiones y Corrientes para el período 2015-2017. Los resultados corresponden a 14 productores y referentes, 4 secaderos, 4 cámaras de estacionamiento y 2 molinos. La estimación del impacto en el calentamiento global (GWP100) se realizó con la metodología CML 2 baseline 2000, en SIMAPRO 8 respetando las normas ISO en la materia (ISO 14044; 14067; 14069).

El proceso productivo comienza con la producción de plantines de yerba mate en viveros, luego sigue la implantación de los yerbales, los cuales tienen una vida útil mayor a los 30 años. La producción anual de hojas de yerba mate tiene una gran diversidad de modelos productivos con muchas diferencias en los rendimientos. La hoja verde es transportada a cortas distancias hacia los secaderos, los cuales demandan aproximadamente 3 kg de hoja para lograr un kg de yerba mate canchada (yerba seca, con molienda gruesa), consumiendo principalmente energía eléctrica y quema de biomasa (leña o chip). La yerba canchada entra al proceso de estacionamiento natural o acelerado en el mismo secadero o en los molinos yerbateros. En el caso de las cámaras aceleradas, éstas demandan energía y biomasa para aumentar la temperatura. Una vez estacionada, la yerba mate seca entra al proceso de molienda, tipificación, elaboración del blend y fraccionamiento en los paquetes de yerba mate, los cuales pueden ser principalmente de medio kg o un kg. El transporte también tiene un alto impacto si debe enviarse a los principales centros de consumo, que se encuentran a más de 1000 km.

Los resultados indican que para producir un paquete de yerba mate de un kg se emiten 641 gr de CO₂eq. Como se observa en la tabla 1 la etapa de mayor incidencia es la producción primaria donde las emisiones directas e indirectas de la fertilización con nitrógeno representan el 61%. En el Secadero de yerba mate la emisión principalmente se explica por el uso de la energía, el transporte y la quema de biomasa 29, 33, 24% respectivamente. Las cámaras de estacionamiento generan emisiones principalmente en las aceleradas donde la incidencia de la energía y la biomasa es de 60 y 37%, respectivamente. Finalmente en la etapa de molienda fraccionamiento y transporte hasta centros de consumo los principales factores se encuentran en el transporte, energía y embalaje 43, 29, 18% respectivamente.

Tabla 1. Participación de las emisiones de CO₂eq. de las diferentes etapas y principales factores de emisión en cada una de ellas.

Etapas	Principales factores de la emisión	Participación en las emisiones totales (%)	Participación dentro de la etapa (%)
Implantación yerba mate		0,7	
Producción de hoja de yerba mate	Fertilización Nitrogenada	47,3	61
Secadero		22,6	
	Energía		29
	Transporte		33
	Bio-masa		24
Cámaras de estacionamiento acelerado		5,1	
	Energía		60
	Bio-masa		37
Cámaras de estacionamiento natural		0,1	
Molino y fraccionamiento puesto en Minorista		24,2	
	Transporte		43
	Energía		29
	Embalajes		18

Palabras clave: Argentina, energía, ACV, Ilex paraguariensis, infusiones.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

ACV AGROINDUSTRIAL

MODELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE MAÍZ EN UNA BIORREFINERÍA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Leila SCHEIN^{1*}; Jorge HILBERT²; Stella CARBALLO³; Jonathan MANOSALVA² Nicole MICHARD³

^{1*}Universidad Nacional de Luján, Dpto. Cs. Básicas. 6700, Luján
leila.schein@gmail.com

² Instituto de Ingeniería Rural INTA

³ Instituto de Clima y Agua INTA

Resumen

En algunos casos los biocombustibles son considerados como una alternativa preferible a la utilización de combustibles fósiles por su naturaleza de carácter renovable, pero su perfil ambiental muchas veces puede llegar a ser complejo y es precisamente por este motivo que resulta conveniente abordar un enfoque de ciclo de vida para evaluar el desempeño ambiental de los mismos (Muñoz et al. 2013). Un típico ejemplo lo constituye el bioetanol de maíz, que ha sido particularmente cuestionado dado su relativo menor balance energético y la no comprensión integral del uso múltiple que tienen la industrialización del grano en el mercado energético y de alimentación animal (Hilbert et al 2016). La revisión bibliográfica arroja diversos resultados con una gran variabilidad motivados fundamentalmente en la disparidad tecnológica, los procesos industriales y el incremento de rendimientos agrícolas (Shapouri et al 2002). Por otro lado los temas relacionados con el establecimiento de los límites de los estudios así como los criterios y metodologías de asignación de la energía entre los diferentes productos generados en las biorrefinerías bajo estudio son una temática a tener en cuenta para posibilitar la comparación entre los mismos (Flugge, M., et al 2017).

En el marco de la realización de un estudio integral de desempeño ambiental, huella de carbono, hídrica y tasa de retorno energética del proceso de biorrefinación de maíz, se desarrolló un modelo integral de la manufactura de productos y co-productos de la biorrefinería, como puede observarse en la figura N°1.

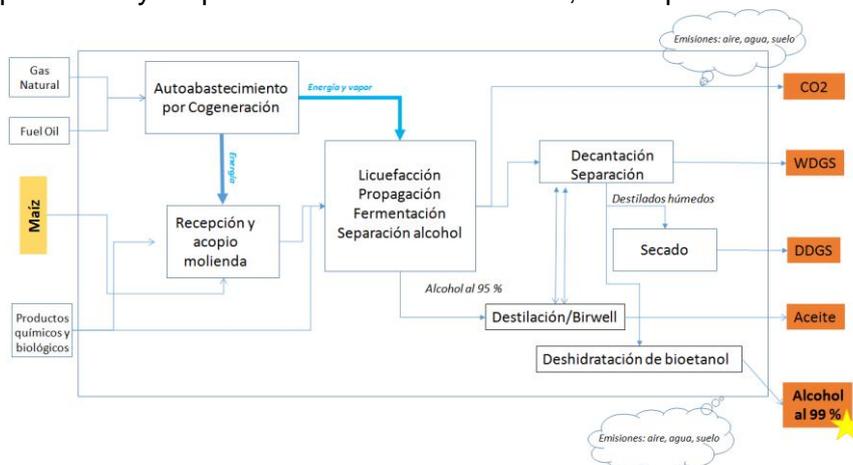


Figura 1. Inventario de ciclo de vida de Bioetanol de Maíz. Límites del sistema. Productos y co-productos.

En términos del alcance y límites del sistema, se consideró realizar una evaluación sistémica que involucre las cargas ambientales de los co-productos del proceso y sus funciones. Para el caso del CO₂ obtenido de la fermentación, se avanzó en el modelado de su aprovechamiento, desplazando los productos convencionales cuyas funciones reemplaza (CO₂ industrial, grado alimenticio) y considerando cuantitativamente la contribución su valorización que, debidamente acondicionado, conforma un insumo industrial de alta demanda.

En cuanto a las emisiones GEI del proceso, finalmente todo el CO₂ se libera a la atmósfera pero, la combustión del gas natural (método habitual para la obtención de CO₂) es una emisión neta por su origen fósil, mientras que la fermentación del maíz se computa como carbono biogénico y sólo se consideran aquellas derivadas del proceso de acondicionamiento del CO₂.

El inventario de ciclo de vida del proceso fue elaborado con datos primarios procesados para modelar la producción de 1 litro de bioetanol de maíz en la provincia de Córdoba, sobre plataforma SimaPro 8.3 con Ecoinvent 3.0 y cálculo de perfil ambiental a partir de la aplicación del método de evaluación de impactos (EICV) Recipe midpoint (H).

Por su parte, tratándose de maíz producido regionalmente para abastecer a la biorrefinería, se consideró la variabilidad de rindes y de los paquetes tecnológicos dependientes de la distribución geográfica, se realizó la carga de datos ponderando aspectos territoriales. Este detalle de conservar las particularidades de las diferencias en la materia prima del proceso, fue reflejado a través de la utilización de la matriz de pedigree de calidad de datos, para valorar en sus múltiples dimensiones, y poder desarrollar el análisis estadístico de calidad de datos y su correlato con las contribuciones a procesos y escenarios de sensibilidad, de acuerdo a los requisitos de la norma ISO 14044.

Entre los resultados preliminares de este trabajo, cuyas etapa de interpretación, sensibilidad, y análisis estadístico de calidad de datos se encuentran todavía en curso, se puede apreciar para el caso de las emisiones de GEI, en la figura N°2, la distribución de las emisiones de CO₂e del proceso evaluado. Allí se destaca como único valor negativo los créditos de emisión logrados a partir del aprovechamiento del CO₂ de la fermentación.

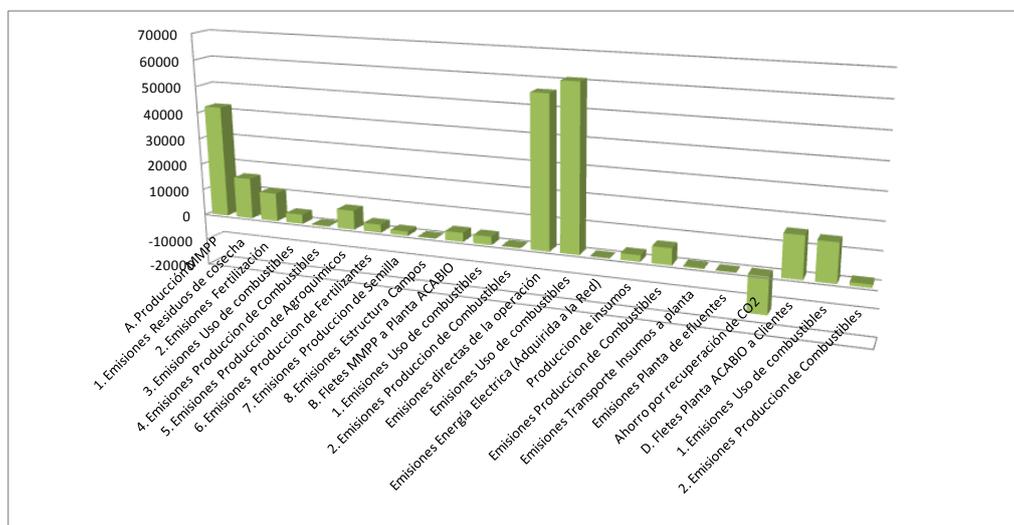


Figura N° 2: Huella de Carbono de la Biorrefinería, período 2015/2016, de la cuna al portal, expresados en KgCO₂eq por litro de bioetanol producido.

Los resultados arrojaron que las emisiones “evitadas” por no producir CO₂ a partir de Gas Natural y reemplazarlo con el CO₂ proveniente de la fermentación de maíz son de 1,19 kgCO₂eq/Kg CO₂ purificado, significando un ahorro anualizado que alcanzaría el equivalente al 12% de las emisiones de la planta integrada completa.

Conclusiones

La existencia y funcionamiento operativo de plantas integradas como la evaluada, da cuenta del enorme potencial de las tecnologías y concepto productivo de la biorrefinería para la mitigación de impactos ambientales a partir del aprovechamiento y valorización de co-productos recuperados de residuos o emisiones del proceso.

Algunas mejoras en las tecnologías ligadas a la bioenergía en toda la cadena de producción y transformación pueden producir impactos beneficiosos, que deben ser medidos y monitoreados en el tiempo, para identificar sus dinámicas y las alternativas desplazadas, para asegurar la consistencia temporal de los impactos cuantificados.

En un mismo nivel de reflexión metodológica, es necesario realizar estudios de carácter sistémico pero con consideraciones sitio-específicas de manera de poder contemplar la afectación de pluriproducidos, plurimercados y multirequerimientos, y su comportamiento espacial.

La asignación de cargas por expansión de sistema, representando un enfoque consecencial para valorización energética, material y, eventualmente, económica de co-productos en biorrefinerías, resulta adecuado para reflejar la complejidad del sistema evaluado.

Si bien los resultados obtenidos permitieron identificar el efecto positivo en el desempeño ambiental del sistema de producción integrado, es necesario desarrollar escenarios alternativos teniendo en cuenta la sensibilidad de los datos ingresados al sistema, su representatividad territorial y consistencia temporal, para contextualizar y comprender el impacto real de los resultados obtenidos.

**V Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

HUELLA HÍDRICA

EVALUACIÓN DE HUELLA HÍDRICA GRIS EN LA PRODUCCIÓN DE ALGODÓN BAJO DIFERENTES PLANTEOS PRODUCTIVOS EN ARGENTINA.

Alicia ANSCHAU ⁽¹⁾, Rodolfo BONGIOVANNI ⁽²⁾

(1) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Clima y Agua, Castelar (2) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Manfredi, Córdoba
anschau.alicia@inta.gob.ar

Resumen

La disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos es clave para el desarrollo de las actividades humanas. En un contexto de cambio climático, crecimiento demográfico, aumento de los niveles y patrones de consumo, urbanización e industrialización, es innegable la necesidad de optimizar el aprovechamiento de recursos cada vez más críticos como el agua. El primer paso para intentar mejorar los niveles de sostenibilidad de un sistema productivo, es conocer cuál es el nivel de impacto generado en la actualidad. Debemos conocer y dimensionar el problema para plantear posibles soluciones. Únicamente siendo concientes de cuál es el daño ocasionado por las prácticas actuales podremos definir estrategias de mejora.

Este trabajo complementa al presentado anteriormente (en el que se presentaron los valores de huella hídrica verde y azul) y cuantifica los niveles de contaminación hídrica, mediante el cálculo de la huella hídrica gris. Para ello, siguiendo la metodología propuesta por la WFN, se ha estimado el volumen de agua necesaria para asimilar la carga contaminante de la producción agrícola del algodón, teniendo en cuenta las concentraciones naturales del medio así como las normativas de calidad de agua vigentes en el lugar, y comparando los distintos planteos técnicos presentes en nuestro país. En este primer nivel de análisis, se ha calculado la huella hídrica gris ocasionada por la fertilización del cultivo. La mayoría de las publicaciones existentes reflejan este nivel e análisis. Incorporando la HHG a las HHV y HHA calculadas en la primera fase, podemos hacer comparaciones con estudios hechos a nivel internacional.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es determinar la huella hídrica gris del algodón argentino, considerando como unidad funcional una tonelada de algodón desmotado, y comparando los distintos modelos o planteos productivos presentes en el país. A partir de los datos obtenidos para cada planteo técnico, y según su participación en el total del algodón que ingresa a las industrias se ha podido caracterizar este insumo básico de la industria textil argentina, en función de su nivel de afectación de recursos hídricos.

Materiales y métodos

La HHG fue calculada usando la metodología descrita por la Water Footprint Network (Hoekstra et al., 2011).

Las cargas de contaminantes de fuentes difusas a cuerpos de agua receptores que crean la huella de agua gris de la agricultura son notoriamente difíciles de cuantificar (Zarate, 2010). Las sustancias químicas aplicadas en los campos pasan por diferentes procesos de degradación y transporte a través del suelo hasta llegar finalmente a los cuerpos de agua. En qué medida cada uno de los procesos afectará la llegada de la sustancia a su destino final dependerá de las propiedades fisicoquímicas de la

sustancia, las características del suelo, las condiciones climáticas, la pendiente del terreno y las prácticas de manejo de la tierra (Racke et al., Dabrowski et al., 2009). La llegada de los contaminantes a los cuerpos de agua puede ocurrir por lixiviación, escorrentía o flujo de retorno (Dabrowski et al., 2009, Zarate, 2010). Debido a esta complejidad, la WFN propone un enfoque de tres niveles para evaluar la huella del agua gris debido a la contaminación difusa. En este trabajo utilizaremos el primer nivel propuesto, que utiliza fracciones de lixiviación y escorrentía fijas para la estimación de cargas de contaminantes que llegan a los cuerpos de agua. Este método puede utilizarse como un método de rastreo rápido útil para comprender los impactos de una práctica agrícola dada sobre los recursos hídricos.

En un primer paso, se calcula la HHG del algodón (m³/t), considerando únicamente la fertilización nitrogenada como factor contaminante. En un segundo nivel de análisis se incorporará la totalidad de agroquímicos utilizados en cada planteo productivo.

La tabla 1 describe los distintos planteos técnicos considerados en diferentes regiones de Argentina, su participación en el total nacional, su rendimiento y las tasas de aplicación de los distintos agroquímicos utilizados.

Considerando un coeficiente de lixiviación del 10% en el caso del Nitrógeno y tomando como referencia lo establecido por la Ley 19587/2000 que establece como concentración máxima admisible 10 mg/l, se obtiene un valor de HHG de 168 m³/ha en el caso de los planteos técnicos A y B, y 207 m³/ha en el caso del planteo F. Esto significa, considerando los rendimientos de cada planteo, una HHG de 59, 66 y 24 m³/t de algodón en bruto respectivamente.

Tabla 1. Definición de los planteos productivos del cultivo de algodón en Argentina.

	Mondino (2016)		Quirolo (2016)	Elena, Ybran, & Lacelli (2008)		Mondino (2016)
	Planteo A	Planteo B	Planteo C	Planteo D	Planteo E	Planteo F
	Centro-Norte		Noreste y Este	Noreste y Este		Centro-Norte
	Riego	Secano	Secano	Secano		Riego
	Directa		Directa	Convencional		Convencional
	Picker	Stripper	Stripper	Stripper	Picker	Picker
Rendimiento (kg/ha)	2.800	2.500	2.200	1.800	1.500	3.250
Participación en la producción (%)	4%	27%	38%	8%	8%	15%
AGROQUÍMICOS (kg PA/ha)						
Fertilización						
Nitrógeno	46	46				58

Estos resultados complementan los obtenidos en la primera fase del análisis (Anschau et al., 2016), en los que se presentaron los valores obtenidos para Huella hídrica Verde y Azul.

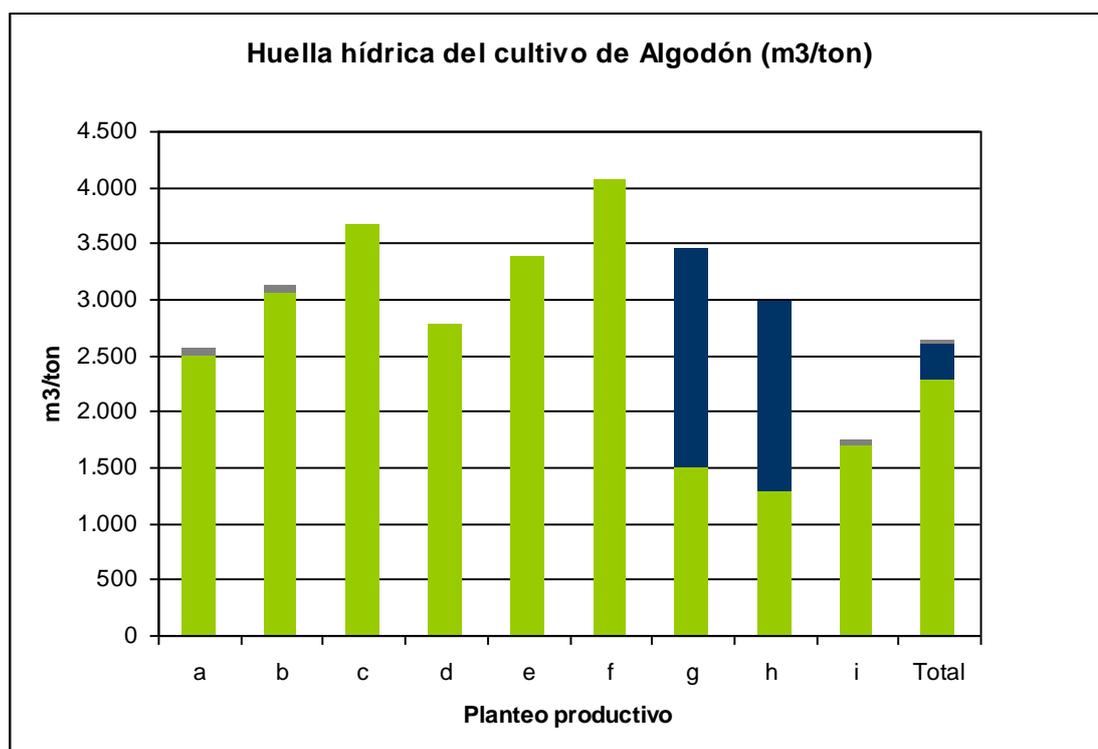


Gráfico 1: Huella hídrica del algodón argentino (m3/t de algodón crudo)

Finalmente, al considerar la participación de cada uno de los planteos técnicos en la producción total de algodón nacional, y haciendo una asignación en términos económicos de los valores obtenidos entre los co productos, se puede decir que la HHG de la fertilización nitrogenada del algodón argentino (desmotado) es de 227 m3/t

Tabla 2: Huella Hídrica Gris de la fertilización del algodón en Argentina, considerando la participación de cada planteo productivo en el total nacional y el valor económico de cada subproducto.

ALGODÓN DESMOTADO		HHG FERT N	ASIGNACION \$	HHG FERT N
FIBRA	0,32	255,73	0,89	227,60
SEMILLA	0,51	160,46	0,1	16,05
FIBRILLA	0,04	2045,88	0,01	20,46
PERDIDA	0,13	629,50	0	0,00

Conclusiones

El uso de fertilizantes y plaguicidas industriales ha crecido con la intensificación de los sistemas de producción. Poder cuantificar esta carga de contaminantes, en términos de impacto o afectación de los recursos naturales, en especial los hídricos, es el primer paso para poder gestionar de manera sustentable estas prácticas. Este trabajo pretende ser tan solo un pequeño aporte a este conocimiento, ajustando y mejorando con datos locales, los valores publicados a nivel internacional, derivados de bases de datos globales.

En una segunda instancia, se incorporarán al cálculo el resto de los agroquímicos (plaguicidas) aplicados en cada planteo. Existen a nivel internacional muy pocos trabajos que hayan considerado la totalidad de los agroquímicos utilizados, sin embargo existen antecedentes que nos permitirán dimensionar, en términos de contaminación hídrica cual es la performance de las distintas prácticas del cultivo de algodón en nuestro país con respecto a otros países productores.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

HUELLA HÍDRICA

**CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA DEL BIOETANOL DE MAÍZ GENERADO EN LA PLANTA
ACABIO EN VILLA MARÍA, PROVINCIA DE CÓRDOBA, ARGENTINA.**

Nicole Michard ^{1*}, Jorge Hilbert ² y Alicia Anschau ¹

^{1*} INTA (Lic. en Ciencias Biológicas, De Los Reseros y Las Cabañas S/N, 11 4621 0125 Int. 114)
michard.nicole@inta.gob.ar

²Instituto de Ingeniería Rural INTA

Resumen

Las energías renovables constituyen la industria con mayor crecimiento del mundo de los últimos años, y la Argentina cuenta con grandes condiciones para convertirse en un actor fundamental entre los productores y exportadores de energías limpias a escala global, dada la elevada eficiencia agrícola que presenta. Los biocombustibles vienen siendo promovidos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) y la dependencia de combustibles fósiles, pero a su vez, existe la preocupación en cuanto a la sostenibilidad de esta clase de productos y a las amenazas que se presentan ante una expansión irrestricta de la producción de biocombustibles en el mundo así como el impacto de la producción agrícola.

La Argentina ha venido sosteniendo un fuerte crecimiento de su producción de biodiesel a partir de aceite de soja y, más recientemente, ha sumado a la tradicional producción de bioetanol a partir de caña de azúcar al maíz en su zona de producción central. La disponibilidad de agua es el principal factor que generalmente limita el crecimiento y el rendimiento del cultivo en condiciones extensivas. Además, el maíz manifiesta una sensibilidad diferencial a la sequía según la etapa del ciclo en la que se encuentre (Andrade et al 1996). Dado que la agricultura es la actividad productora que más agua dulce consume en el mundo, surge la iniciativa de evaluar el uso de este recurso en la producción de bioetanol, sobre todo en la etapa agrícola que es donde se cuestiona la sostenibilidad del proceso. El presente trabajo, que aún se encuentra en ejecución, pretende utilizar la Huella Hídrica como indicador del uso de agua.

Actualmente existen diferentes visiones y aplicaciones e intereses para la estimación de la Huella Hídrica, lo que ha conducido al desarrollo de dos vertientes para su evaluación. Una de ellas es la metodología propuesta y divulgada por la Water Footprint Network destinada a ser una herramienta de sostenibilidad hídrica de las cuencas, y la otra ha sido desarrollada por la *International Organization for Standardization* (ISO 14046:2014) y por la comunidad *Life Cycle Assessment* orientada a la aplicación corporativa. Ambas metodologías resultan ser diferentes y complementarias, por lo que debe tenerse precaución al momento de querer comparar o compilar sus resultados puesto que los mismos no son comparables entre sí y deben ser analizados de manera independiente. Para el caso de este trabajo, se optó por utilizar la metodología de la WFN, dado que, a nuestro entender, representa mejor el consumo de agua en la etapa agrícola.

La WFN conforma un indicador del uso directo e indirecto de agua dulce, el cual se mide en términos de volúmenes de agua dulce consumidos o contaminados. Esta metodología incluye cuatro fases: 1) Definición de objetivos y alcance (espacio-temporal) de la evaluación; 2) Cuantificación de la Huella Hídrica; 3) Análisis de sostenibilidad de la huella hídrica; y 4) Formulación de respuestas.

Palabras clave: Bioetanol, Maíz, Huella Hídrica

A los efectos del presente trabajo, se abordarán solamente los puntos 1) y 2) con el fin de obtener un valor de la Huella Hídrica del bioetanol de maíz y co-productos provenientes de la planta de industrialización de maíz ACABIO (cultivado en la provincia de Córdoba), tanto en la etapa agrícola como en la industrial. Esperamos abordar las dos etapas siguientes en un estudio posterior.

En cuanto a los objetivos específicos, pueden citarse:

Estimar la Huella Hídrica de la etapa agrícola a partir de datos climáticos de las estaciones meteorológicas Manfredi, Córdoba y Pilar, incluyendo un año seco (2009), un año húmedo (2016) y el promedio de los últimos 10 años (2006 – 2016).

Evaluar comparativamente los resultados de Huella Hídrica calculados según M.M. Mekonnen y A.Y. Hoekstra (2014) para el cultivo de maíz a escala global y aquellos calculados según datos locales de buena calidad.

Para realizar el cálculo de las Huellas Hídricas verde y azul del cultivo, se utilizará el software Cropwat 8.0 desarrollado por FAO, con el propósito de estimar los requerimientos hídricos del cultivo de maíz a partir de variables climáticas, edáficas y ecofisiológicas. Los datos climáticos mensuales fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas de Manfredi (Córdoba), Pilar (Córdoba) y del Aeropuerto de Córdoba. La **Tabla 2** refleja un resumen de algunos datos requeridos para ingresar en el software. Las variables edáficas serán definidas a partir del Atlas de Suelos de INTA, mientras que las variables ecofisiológicas del maíz tendrán que ser consultadas con especialistas de la zona.

En el caso del cálculo de la Huella Hídrica gris (en la etapa agrícola) se considerarán los datos de aplicación de agroquímicos publicados por el INTA Manfredi y los datos existentes en el inventario de MODELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ COMO INSUMO DE UNA BIORREFINERÍA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA (Hilbert et al 2016).

A continuación se presentan algunos datos de inventario relevados por la empresa (**Tabla 1, Figura 1**) que serán utilizados para el cálculo de Huella Hídrica de la etapa industrial.

Tabla 1. Datos industriales ACABIO

		Total (m ³)
INGRESO AGUA	Ingreso de agua en Maíz	56.542,69
	Ingreso de agua a planta (Pozo 1-2-3)	877.372,43
	Ingreso de agua a planta (Pozo 4)	31.920,80
	Total ingreso de agua	965.835,91
	Total bombeado	909.293,23
SALIDA AGUA	Salida efluente líquido - Laguna Tratamiento	177.988,52
	Salida de efluente líquido - Torre turbina	13.133,54
	Salida de efluente líquido - Filtros pozo 4	0,00
	Salida de efluente riego (cisterna)	5.835,00
	Salida de agua en producto WDGS	66.967,98
	Salida de agua en producto DDGS	2.787,81
	Salida de agua en producto Aceite vegetal	5,80
	Salida de agua en Alcohol anhidro	48,44
	Salida agua vapor - Evaporación general	216.150,86

El balance hídrico permite observar cómo son los flujos de entrada y salida de agua del sistema (**Figura 1**). El mayor ingreso a la planta se debe al agua de pozo (94,15%) mientras que el vapor de agua se lleva el mayor porcentaje de salida (72,37%), existiendo pocos efluentes líquidos (19,79%).

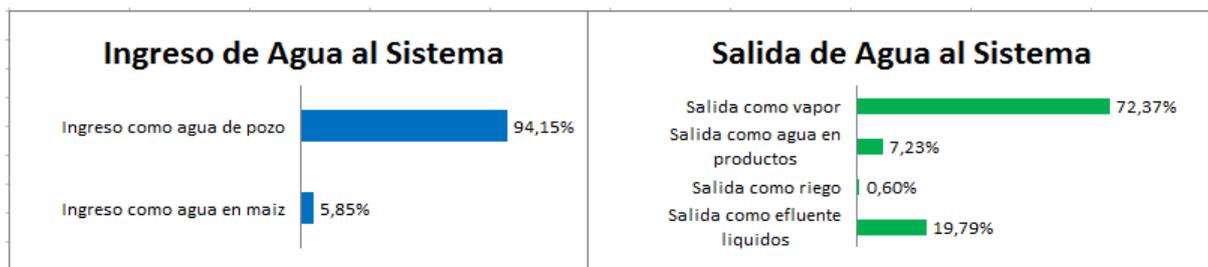


Figura 1. Balance de agua ACABIO

Fuente: Elaborado por Anschau y Michard a partir de datos climáticos obtenidos de las estaciones Manfredi (INTA), Córdoba (AERO) y Pilar (AERO).

Este trabajo es parte de una Tesis de Maestría que se encuentra en ejecución, por ese motivo es que aún no presenta resultados de Huella Hídrica pero sí plantea un enfoque metodológico. Esperamos a su vez, poder abordar las etapas siguientes en un estudio futuro.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA CADENA DEL ALGODÓN DE ARGENTINA

Rodolfo BONGIOVANNI⁽¹⁾, Leticia TUNINETTI⁽²⁾

(1) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Manfredi, Córdoba, (2) Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro Regional Córdoba
bongiovanni.rodolfo@inta.gob.ar

Resumen

Las actividades relacionadas a la producción del textil han representado históricamente una de las principales fuentes de ingreso y de empleo de las poblaciones del Noreste y Noroeste argentino. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en el marco del Programa Nacional Cultivos Industriales, detectaron la necesidad de determinar el impacto ambiental de la cadena del algodón, llevando a cabo un diagnóstico a través del método Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

El objetivo general de este trabajo fue obtener un inventario confiable y actualizado sobre la producción de fibra de algodón y la manufactura textil en Argentina. El objetivo específico fue conducir un ACV de un pantalón de jean, con la finalidad de identificar las actividades que generan los mayores impactos ambientales y tienen por ende, el mayor potencial de mejora. El trabajo se estructuró siguiendo las normas ISO 14040:2006, e ISO 14044:2006, analizando cinco categorías de impacto: Potencial de calentamiento global (GWP100), acidificación, eutrofización, adelgazamiento de la capa de ozono, y oxidación fotoquímica, usando el modelo CML2000 (Guinée, et al., 2002), integrado en el software Simapro® 8.2 (Simapro, 2016).

La unidad funcional se definió como un pantalón de jean de hombre clásico en la puerta de la fábrica textil. Para producirlo, se necesitan 1,51 kg de fibra de algodón en bruto en la puerta del campo, los que se convierten en 0,48 kg de fibra de algodón desmotado. A su vez, cada pantalón requiere 0,46 kg de hilo de algodón, los que, por el agregado de otros hilos sintéticos, se convierten en 0,53 kg de tela Denim. Esta cantidad de tela, más el agregado de avíos, resulta en un **peso final de 0,55 kg** del pantalón de jean representativo.

El estudio abarca las fases productivas del pantalón de jean, comenzando con la producción de fibras de algodón a través de las prácticas agrícolas, el desmotado, la manufactura textil que incluye la producción de hilo y posteriormente tela Denim y finalmente la confección de la prenda con el agregado de avíos. En todas las fases se incluyó el transporte que conecta los eslabones. Durante el desmotado se obtienen diferentes corrientes de productos y subproductos, los que fueron asignados de acuerdo a factores económicos.

Los principales impactos ambientales en la cadena del algodón de Argentina, modelada para producir un pantalón de jean, se encuentran en las fases de fabricación de la tela Denim y confección de la prenda. Si a éstas sumamos la fase de producción del hilo, las tres fases industriales son responsables por más del 70% de las emisiones que aportan a cada impacto ambiental (Figura 1 y Tabla 1).

Figura 1: Resultados del ACV de la cadena de algodón, en porcentajes.

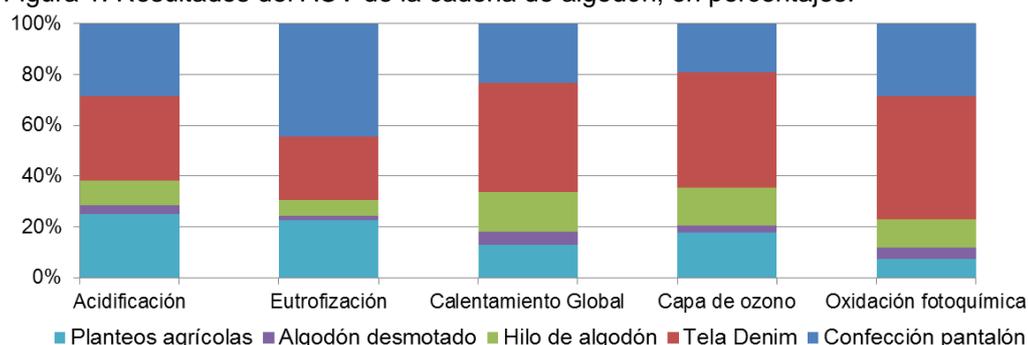


Tabla 1. Resultados del ACV para un pantalón de jean.

	Acidificación kg SO ₂ eq	Eutrofización kg PO ₄ --- eq	Calentamiento Global kg CO ₂ eq	Capa de ozono kg CFC-11 eq	Oxidación fotoquímica kg C ₂ H ₄ eq
Confección pantalón	5,83E-03 28%	3,08E-03 44%	1,09E+00 23%	7,76E-08 19%	2,78E-04 28%
Tela Denim	6,84E-03 33%	1,72E-03 25%	2,00E+00 43%	1,86E-07 45%	4,77E-04 49%
Hilo de algodón	2,04E-03 10%	4,31E-04 6%	7,24E-01 16%	6,17E-08 15%	1,08E-04 11%
Algodón desmotado	6,72E-04 3%	1,33E-04 2%	2,40E-01 5%	1,09E-08 3%	4,55E-05 5%
Planteos agrícolas	5,18E-03 25%	1,56E-03 22%	5,97E-01 13%	7,27E-08 18%	7,20E-05 7%
TOTAL	2,06E-02	6,93E-03	4,65E+00	4,09E-07	9,81E-04

Los resultados de este estudio representan un avance en la información disponible para el sector algodonero argentino que busque hacer más eficientes los eslabones de su cadena, bajo una perspectiva de sustentabilidad. Resulta clave hacer un consumo racional de la energía en todas las etapas del ciclo de vida, desde los combustibles utilizados en las labores agrícolas, hasta la energía requerida en etapas industriales de fabricación de hilo y tela y confección de la prenda. Se requiere no solo reducir los consumos, sino también replantear los tipos de energías que se usan, con foco en las que menos emisiones generan, tanto en su extracción, como en su utilización. Por el lado de fertilizantes y agroquímicos, cuyos aportes son considerables en la etapa agrícola, ajustar las dosis resulta clave, para evitar pérdidas económicas y desajustes ambientales. Finalmente existen puntos clave sobre los que se podría trabajar de la mano del diseño de las prendas. Se encontraron impactos relevantes en el uso de hilos, anilinas y avíos, los cuales podrían reducirse analizando alternativas en cuanto a tipos de confección y características de los materiales.

Palabras clave: pantalón, jean, Denim, huella, impacto ambiental, emisiones.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

ACV AGRICOLA

MODELIZACIÓN DEL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS A
PARTIR DE SILAJE DE MAIZ Y RESIDUOS AGROPECUARIOS DE UNA PLANTA DE LA PROVINCIA
DE CORDOBA

Jorge HILBERT^{1*}; Leila SCHEIN²; Stella CARBALLO³; Jonathan MANOSALVA¹ Nicole
MICHARD³

^{1*} Instituto de Ingeniería Rural INTA c.c. 25 1712 Castelar hillbert.jorge@inta.gob.ar

² Universidad Nacional de Luján

³ Instituto de Clima y Agua INTA

Resumen

En los últimos años se ha observado a nivel internacional, una creciente preocupación por los aspectos y consecuencias ambientales de la producción pecuaria y agrícola al mismo tiempo se abrió una oportunidad para este sector de intervenir como proveedor de fuentes de energía renovables. Esta evolución combinada con la necesidad de diversificar las fuentes energéticas para reducir la dependencia del petróleo y derivados, aprovechando recursos y residuos disponibles localmente y en la búsqueda de combustibles de transición hacia una nueva generación de fuentes de energía, ha llevado a los países centrales, fundamentalmente la Unión Europea (UE) y Estados Unidos, a desarrollar políticas tendientes a fomentar el uso de biocombustibles. Estas políticas han sido multiplicadas en muchos países con crecientes incorporaciones de biocombustibles en su matriz energética.

Las preocupaciones sobre la estrategia de recursos y la necesidad de mitigar los impactos ambientales asociados con la generación de energía a partir de combustibles fósiles han incrementado el despliegue de vectores de energía renovable como el biogás. El biogás tiene aspectos ambientales beneficiosos como el tratamiento de residuos, la producción de energía a partir de residuos y sustratos en general y una mejor manera de difundir los residuos fermentados aprovechando capacidades de nutrientes y flujo. El objetivo final de este estudio es realizar un análisis de ciclo de vida de la producción de biogás sobre un caso de estudio para conocer y cuantificar sus impactos ambientales

En el caso de estudio abordado, se produce el biogás, a partir de distintas materias primas como los residuos animales y cultivos energéticos como el maíz específicamente cultivado con este fin. El biogás representa un ejemplo interesante ya que es producido actualmente en grandes volúmenes en varios países Europeos y con distintos perfiles ambientales, dependiendo de la materia prima utilizada, el sistema productivo y la agro-eco región donde se lo produzca.

El biogás de la digestión anaerobia puede ser quemado directamente en procesos de cogeneración para producir energía térmica y eventualmente, eléctrica, o bien ser acondicionado como sustituto o aditivo para el gas natural. En contraste con los sistemas de combustibles fósiles, el dióxido de carbono liberado de la combustión de biogás fue asimilado en la fotosíntesis dentro del mismo ciclo anual, conformándose como "carbono biogénico". Esta particularidad, contribuye a disminuir considerablemente su intensidad de carbono. Como consecuencia, el desempeño ambiental global de la producción y aprovechamiento de biogás depende en gran medida de los impactos ambientales de la provisión de sustrato, el rendimiento de biogás, el aporte de energía y la fuente y las emisiones directas del proceso y el uso de digestato (Börjesson & Berglund 2005). Los sustratos reales de biomasa utilizados en la digestión anaerobia implican diferentes rendimientos del biogás obtenido.

Hijazi (2016) sobre un análisis de 15 estudios de ciclo de vida (LCA) de sistemas de biogás de toda Europa, encontró que los escenarios en todos los estudios tenían menores intensidades de GEI que sus sistemas de referencia. El estudio muestra que el tipo de materia prima, por ejemplo silo de maíz o estiércol animal, es un factor determinante para los impactos ambientales de los sistemas de biogás. La mejora de la tecnología y gestión de la planta mediante la recolección del biogás durante el almacenamiento de residuos digeridos o la instalación de una antorcha de gas, mejora el equilibrio de los gases de efecto invernadero de los sistemas de biogás. Por ejemplo, en comparación con el almacenamiento tradicional de estiércol, la digestión anaeróbica del estiércol evita las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) y podría considerar la sustitución de producción y uso de fertilizantes minerales artificiales. Aparte de los impactos resultantes de la producción de cultivos energéticos, la acidificación (AC) y la eutrofización (EP) de los sistemas de biogás podrían reducirse utilizando unidades combinadas de calor y electricidad (CHPU) con convertidores catalíticos y alta eficiencia.

Debido a su diferente contenido energético, los sustratos con alto contenido de energía a menudo se compran o se desarrollan cultivos específicos como el maíz que requieren de un estudio específico.

En el contexto de la realización de un perfil ambiental de la producción de una planta de biodigestión a partir de residuos animales y silaje de maíz, este resumen presenta la experiencia de consolidación de un inventario de ciclo de vida (ICV) de la producción de biogás, electricidad y calor.

A lo largo de la última década, el enfoque de ciclo de vida se ha consolidado como una herramienta completa y poderosa para cuantificar y evaluar cargas ambientales potenciales de la actividad agroindustrial (Martínez Blanco et al., 2013). Sin embargo, el ACV puede verse afectado por la falta de representatividad de los inventarios (ICV), especialmente en el sector agrícola. La utilización de datos generales para un caso de estudio particular es una práctica común en los ACV debido a la falta de datos específicos del sitio, pero esto puede inducir desvíos en los resultados de los impactos ambientales producidos (Boone et al., 2016).

Los antecedentes regionales para representar la producción de silo de maíz de la provincia de Córdoba, como área de influencia y aprovisionamiento de la empresa en evaluación; así como la notable calidad, en términos de representatividad geográfica de los datos de producción de maíz, permitieron avanzar hacia el desarrollo de un ICV de la producción de silo de maíz en esta región de Argentina.

Entre los objetivos particulares y alcances de la realización de este inventario y su correspondiente perfil ambiental, se destacan:

1. Desarrollar el ACV de la producción de biogás y electricidad desde la cuna al portal ;
2. Establecer un abordaje sistemático de calidad y representatividad geográfica de la información modelada;
3. Definir y registrar consideraciones relevantes para el modelado del ICV del proceso de producción de Maíz en la Provincia de Córdoba

Basada en un modelo desarrollado por el grupo de trabajo (Figura 1) se generó una planilla de interfaz de datos. La información procesada permitió modelar el ciclo de vida de la producción de 1 kWh de energía eléctrica en la provincia de Córdoba. Finalmente, se modeló el ICV en SimaPro 8.3, utilizando como base de datos secundarios Ecoinvent 3.0, con algunas adaptaciones y se calculó el perfil ambiental a partir de la aplicación del método de evaluación de impactos (EICV) Recipe midpoint (H), para configurar la obtención de un perfil ambiental preliminar.

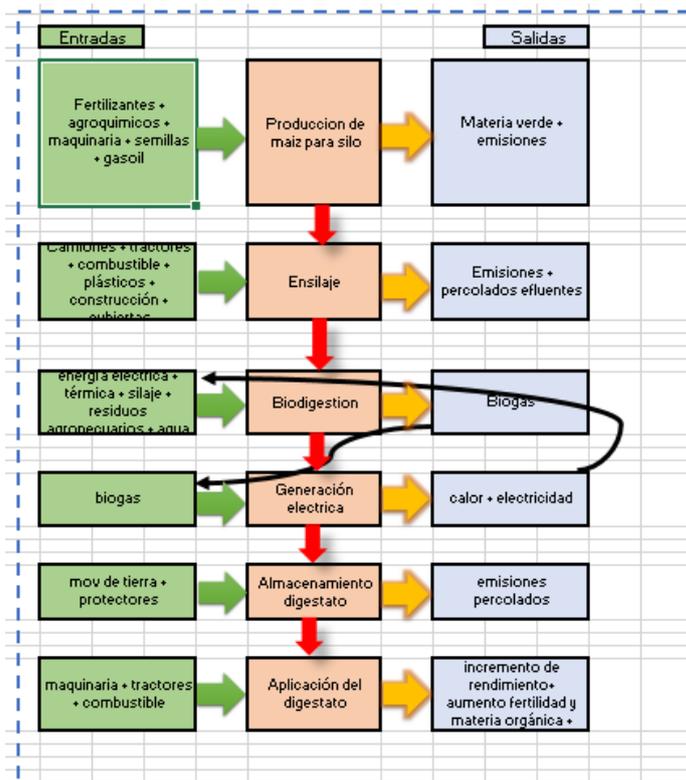


Figura 1 Modelo desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO

En particular haciendo mención a la variabilidad de rindes y de los paquetes tecnológicos dependientes de la distribución geográfica, se trabajó en un SIG la procedencia de la materia prima para el análisis de territorialidad, a partir de lo cual se desarrolló el siguiente mapa (Figura 2).

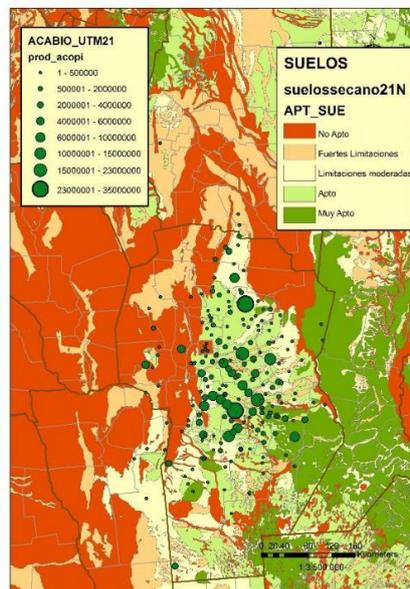


Figura 2 Mapa de la ubicación geográfica de los distintos puntos de procedencia del maíz y sus respectivos rindes. Se ha generado una planilla de recolección de datos parametrizados para poder transmitir a los diferentes actores referentes, en un intento de lograr aumentar la escala de recolección de datos, y analizar el impacto de la variabilidad territorial de los mismos. Este enfoque territorial será valorado utilizando la matriz de pedigree de calidad de datos para posibilitar el análisis estadístico de calidad de los mismos, en cada una de las categorías de impacto consideradas. En el marco del desarrollo de estos trabajos, con el objetivo último de avanzar hacia la consolidación de inventarios de sector agrícola/agroindustrial a nivel nacional, se propone trabajar en la incorporación de los criterios y

lineamientos de las Guías Shonnan⁴ y de las Reglas de Categoría de Producto (PCRs, por sus siglas en inglés) vigentes como marcos de referencia para el desarrollo de futuras ACV del sector agroindustrial/energético

Palabras clave: ACV, maíz, biogás, bioelectricidad

⁴Opportunities for National Life Cycle Network Creation and Expansion Around the World. Life cycle initiative
Octubre 2016 http://www.scpclearinghouse.org/sites/default/files/unep-lci_mapping-publication-9.10.16-web.pdf

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

ACV AGRICOLA

FACTORES QUE DETERMINAN LA PERFORMANCE AMBIENTAL DEL MAIZ ARGENTINO Y SU
COMPETITIVIDAD FRENTE A ALTERNATIVAS SIMILARES PARA LA ELABORACION DE
PRODUCTOS CON EXIGENCIA DE HUELLA AMBIENTAL

Stella CARBALLO¹; Jorge HILBERT^{2*}; JonathanMANOSALVA¹; Leila SCHEIN³; Nicole
MICHARD³

^{1*} Instituto de Clima y Agua INTA, Castelar ,carballo.stella@inta.gob.ar

²Instituto de Ingeniería Rural INTA

³Universidad Nacional de Luján

Resumen

Los acuerdos de gestión y reducción de emisiones GEI firmados por Argentina, como el de París, obligan a un constante monitoreo y reporte de las emisiones globales de todas las actividades (Reportes Bienales de Actualización -BUR) .Las metas a alcanzar implican a la industria en todos sus sectores, comprendiendo el agroalimentario y agroenergético. La incorporación del enfoque de Ciclo de Vida, aún siendo una perspectiva metodológica válida a nivel mundial para la cuantificación de impactos ambientales potenciales, no resulta tan confiable para su aplicación directa en el sector agrícola, por ser esta una actividad con fuertes componentes sitio-específicos, que exige información representativa de cada sistema productivo (Niero, et. al. 2015). Dicha información todavía no se encuentra disponible en las bases de datos internacionales conformados hasta el presente, sin embargo, del relevamiento realizado en la nueva versión de la base de datos de Ciclo de Vida de uso más expandido, surgen una importante cantidad de procesos de producción de productos argentinos, que no han sido desarrollados localmente ni poseen la debida validación. En el caso particular de este trabajo, con el objeto de la realizar el perfil ambiental de la producción de una biorrefinería de maíz se consolidó un inventario de ciclo de vida de la producción de grano de maíz dentro de la cuenca de aprovisionamiento de la empresa ACABIO (representativo de la zona núcleo de producción de este cereal en Argentina) y se comparó la huella de carbono obtenida con la de productos similares que compiten en el mercado internacional, y que figuran en el inventario de Ecoinvent, encontrándose importantes diferencias, cuyas causas se analizaron. También se comparó la huella del maíz argentino, realizada con datos robustos y confiables⁵, con la que surge de los mencionados perfiles ambientales del mismo producto incorporado en las bases de datos internacionales. Dichos perfiles, realizados en el extranjero y con datos que no corresponden a la situación de producción local, podrían ser tomados como base para generar ACV en otras cadenas de valor. Esto ratifica la urgente necesidad de promover y avanzar rápidamente en el desarrollo de bases de datos e inventarios de ciclo de vida nacionales, que nos permitan demostrar la competitividad de nuestros productos en los mercados más exigentes.

Palabras clave: ACV, maíz, territorialidad, competitividad

⁵ Realizado por el Grupo de Trabajo de ACV INTA (Hilbert, Carballo et al), sobre estudio de caso publicado en 2016 y 2017 para maíz Cordobés y su uso como materia prima de biorrefinería de Maíz.

Introducción

El crecimiento económico global del período 2002-2008, fuertemente traccionado por los países asiáticos, determinó un incremento sostenido de la demanda global de alimentos y de energía, que en parte fue abastecida por la transformación de cultivos en diferentes vectores energéticos, ejerciendo una fuerte presión sobre los diferentes sistemas agrícolas y el medioambiente. El cambio en la matriz energética, relacionado con los compromisos asumidos por muchos países, con la firma del Protocolo de Kioto, de reducción de gases de efecto invernadero, sumada a la instalación de en los medios de fuertes controversias por la competencia entre alimentos y energía generó el establecimiento de pautas de sustentabilidad ambiental, económica y social específicas. Liderado por los grandes bloques económicos, cuyos compromisos frente al cambio climático son mayores, se desarrollaron una serie de indicadores de sustentabilidad ambiental, económico y social para evaluar impactos y se estableció el “Análisis de Ciclo de Vida” como herramienta eficaz para medir las diferentes huella ambientales a lo largo de todas las fases productivas desde la obtención de la materia prima hasta que el producto final esté a disposición del consumidor.

La forma en que los productos o servicios pueden desarrollar y comunicar su perfil ambiental ha ido ajustándose a través del desarrollo de normas (ISO). Asimismo, se han producido un número importante de perfiles ambientales y agrupado en inventarios de ciclo de vida, comercializados a través de diversos software (SIMAPRO, OpenLCA, Umberto, Gabi, entre otros) que permiten el cálculo de las diferentes huellas ambientales. En la mayoría de los casos, especialmente en productos industriales, los datos de insumos y procesos que figuran en los inventarios son extrapolables a países donde no existen datos propios, pero en el caso de los productos agropecuarios esta extrapolación puede llevarnos a graves errores ya que estas actividades incluyen factores naturales, organizacionales y tecnológicos con fuerte dependencia sitio-específico. (Nitschelm et al 2015, Nemecek, T. et. al-2010).

Un análisis efectuado el presente año sobre la base de datos Ecoivent arrojó como resultado la presencia de más de 40 productos agrícolas con la etiqueta (AR), entre los que se encuentran: soja, maíz, maní, trigo, girasol, caña de azúcar, sorgo, cebada y todos los subproductos y procesos asociados a los cultivos energéticos. El sufijo AR en el nombre/ID del proceso, supone que se trata de valores ajustados a la realidad Argentina, y como pudo observarse en el análisis profundo desarrollado en este trabajo, esto no necesariamente es así.

Frente a la necesidad de proveer de alimentos, fibras y energía a un número creciente de habitantes (7000 millones que aumenta a razón de un uno por ciento cada año), la visión tradicional de competitividad de la agricultura basada en la disponibilidad de recursos naturales ha mutado y suma la disponibilidad tecnológica en el campo de insumos y procesos que, al igual que los recursos naturales, presentan gran variabilidad espacial y temporal. La agricultura argentina, que desde sus orígenes se ha visto favorecida por condiciones naturales de suelo y clima para el desarrollo de la actividad, en los últimos años ha consolidado importantes avances tecnológicos y organizacionales que la destacan en el plano internacional y que le permiten un abordaje de la misma con criterios de sustentabilidad ambiental, económica y social. Avances en tecnología de productos (genética de semillas adicionadas con inoculantes, fungicidas y promotores de crecimiento, innovaciones en maquinaria agrícola, fertilizantes y agroquímicos); en tecnología de procesos (pasaje del arado de reja, cinceles, rastra de disco, etc. al desarrollo de la siembra directa como sistema, que incluye rotaciones, agricultura por ambiente, manejo responsable de agroquímicos pesticidas, etc., y nuevos sistemas de cosecha y almacenamiento, que fueron de la mano del desarrollo de servicios especializados (contratistas de labores, proveedores de insumos, asesores, etc.), han permitido aumentar el rinde por hectárea, preservar la sustentabilidad de los suelos eliminando labores que favorecían procesos de degradación, aumentar el contenido de carbono del suelo favoreciendo la captura de CO₂, mejorar la captación de las lluvias, y reducir el gasto en combustible y emisiones en todo el proceso de producción. Estos avances le otorgan, en la actualidad, la posibilidad no solo de demostrar el buen desempeño de su huella de carbono en todas las *commodities* exportables (soja, maíz, trigo, cebada, girasol, etc.) sino

de multiplicar su valía en procesos de industrialización, generando productos y coproductos que pueden entrar en los mercados internacionales más exigentes cumpliendo las metas de reducción de huella de carbono exigidas.

Este complejo entramado técnico-organizacional no ha evolucionado ni se aplica con la misma intensidad en todos los países que compiten con nuestros productos en los mercados internacionales e incluso pueden presentar importantes diferencias en otras eco- regiones productivas dentro de un mismo país. En Argentina, los avances se han introducido en las diferentes regiones agroecológicas en función de las condiciones financieras y económicas de las explotaciones agrícolas ya que la rentabilidad final guía el proceso innovador, dichas condiciones obligan al enfoque de territorialidad en los datos que deben contener los inventarios nacionales. Además la alta variabilidad en el clima entre campañas y regiones, los precios esperados y los cambios en las condiciones macroeconómicas y regulaciones tanto del mercado interno como internacional, han obligado a esquemas de producción altamente flexibles, donde la superficie destinada a un cultivo puede tener una variabilidad muy alta entre años tanto en número como distribución espacial, dependiente de factores que exceden los naturales. De ahí la importancia de generar huellas ambientales (carbono, agua), y ciclo de vida de los diferentes productos agropecuarios que tengan en cuenta la territorialidad y temporalidad de los datos sobre los que se construyen.

Atento al compromiso asumido con la firma de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Argentina se ha comprometido a diversas medidas de mitigación dentro de las cuales se incluye la participación de los biocombustibles y las energías renovables en su matriz energética. Atento a ello el INTA desarrolló, a partir del 2006, un intenso trabajo para determinar las reales potencialidades y limitantes de expansión de los diferentes cultivos y plantaciones aptos para producción de biocombustibles en las diferentes eco regiones del país (evitando biomas de alta biodiversidad o captura de carbono), generando un Atlas Digital de Cultivos Bioenergéticos (Carballo et.al. 2009) y se avanzó en el cálculo de emisiones de carbono en el Ciclo de Vida de diversos productos exportables utilizando las guías “Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” (IPCC) probando un ahorro de emisiones en productos agroindustriales, superior a los valores por defecto fijados por organismos internacionales (Directivas RED de la EU, EPA de USA, etc.). Este ahorro obedece a las condiciones naturales favorables bajo las que se producen cereales y oleaginosas en Argentina, unidas a tecnologías de productos y manejo y a industrias modernas y eficientes, en el caso de su transformación en diferentes vectores energéticos.

Materiales y métodos

Dada la necesidad de normalizar los instrumentos y metodologías de cálculo que permitan la comparación de productos similares entre países y evaluar competitividades, se utilizó el Software SIMAPRO para generar los perfiles ambientales de la producción de maíz en Argentina, y de su utilización como insumo de los productos obtenidos de su procesamiento industrial. Se constituyó el inventario de ciclo de vida de la producción de grano de maíz dentro de la cuenca de aprovisionamiento de la empresa ACABIO que produce bioetanol junto a burlanda seca (DDGS) y húmeda (WDGS), dióxido de carbono y aceite, y que, mayoritariamente, se provee de maíz producido en la Provincia de Córdoba. Se utilizó información suministrada por organismos oficiales nacionales y provinciales, referentes calificados, datos extraídos de información satelital y se utilizaron herramientas de sistemas de información geográfico (SIG) para la espacialización de los datos relevados (rindes por jurisdicción administrativa, datos de superficie plantada y cosechada, etc.) evaluando las diferencias entre zonas generadas por factores naturales (clima, tipo de suelo, etc.), tecnología de productos y procesos, estructura organizacional, etc. El modelo se realizó con SimaPro 8.3, utilizando como base de datos secundarios Ecoinvent 3.0, con las adaptaciones que exigía la particularidad de nuestro sistema productivo e insumos utilizados y con información ajustada a la realidad local de la cuenca de

abastecimiento. Se calculó el perfil ambiental a partir de la aplicación del método de evaluación de impactos Recipe midpoint (H), enfoque jerárquico.

Resultados y Discusión

Se ha calculado una huella de carbono del maíz Argentino de 149g de CO₂ por Kg de maíz producido. Las consideraciones más importantes a realizar comparado con producciones equivalentes en otros países son:

1. El maíz se levanta con 15% de humedad por lo que no es sometido a procesos de secado.
2. El maíz mayoritariamente se cultiva a secano. Esto obedece a los altos costos de la práctica de riego que está reservada al maíz con destino a semilla.
3. Hay una tendencia creciente a la aplicación de fertilizantes acompañando el desarrollo fisiológico de la planta para optimizar su aprovechamiento, lo que reduce dosis y evita el lavado por escorrentía o infiltración.
4. En relación a las maquinarias utilizadas en el sistema de siembra directa (que se aplica en el 95% de los maíces a nivel nacional y prácticamente al 100% en la zona núcleo de producción), muchas de ellas de tecnología nacional, han incorporado modificaciones que las hace altamente eficientes en el ahorro de combustible (ahorros del 40% o más según el tipo). El nivel de tecnología alcanzado y el hecho de estar manejadas por personas altamente especializadas (contratistas) reduce el tiempo demandado en las labores y prolonga la vida útil.

La figura 1 expone la Huella de Carbono mostrando la mayor contribución dada por fertilizantes y agroquímicos.

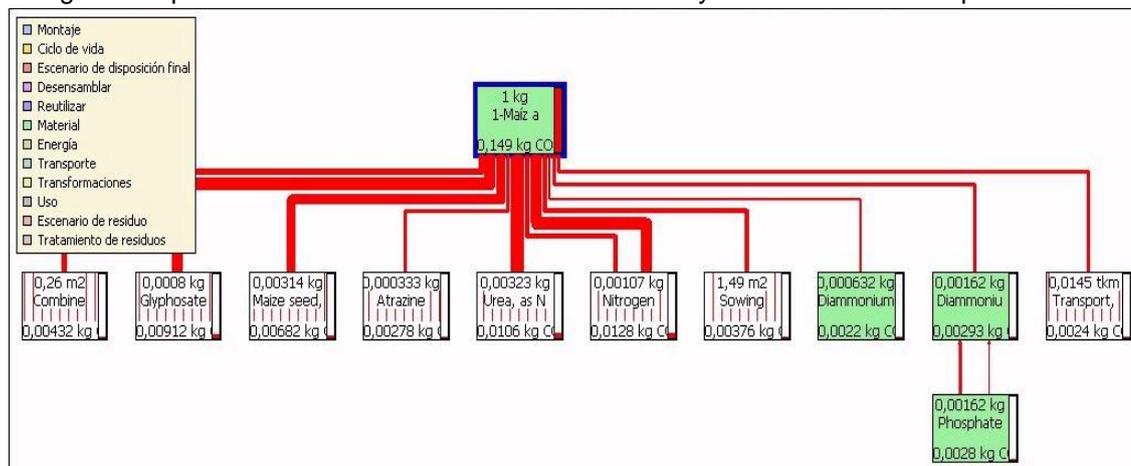


Fig. 1- Huella de carbono del Maíz Argentino

En la figura 2, se presenta la red de procesos y las contribuciones de CO₂ en la producción de Maíz en Estados Unidos. Cuando se los compara se observan claras diferencias en el volumen de emisiones totales, siendo el proceso de secado, indispensable en ese país dada la alta humedad del maíz (28%), que aporta 170g a la huella total de 547g de CO₂e por 1kg de maíz producido. Otro aporte importante es el riego, cuya aplicación intenta minimizar la brecha entre rindes potenciales y reales. Sin esos aportes la huella se reduciría a 292g de CO₂. Manejos diferentes en relación a densidad de plantas, dosis de fertilizantes aplicada, etc. pueden justificar las diferencias con el maíz argentino.

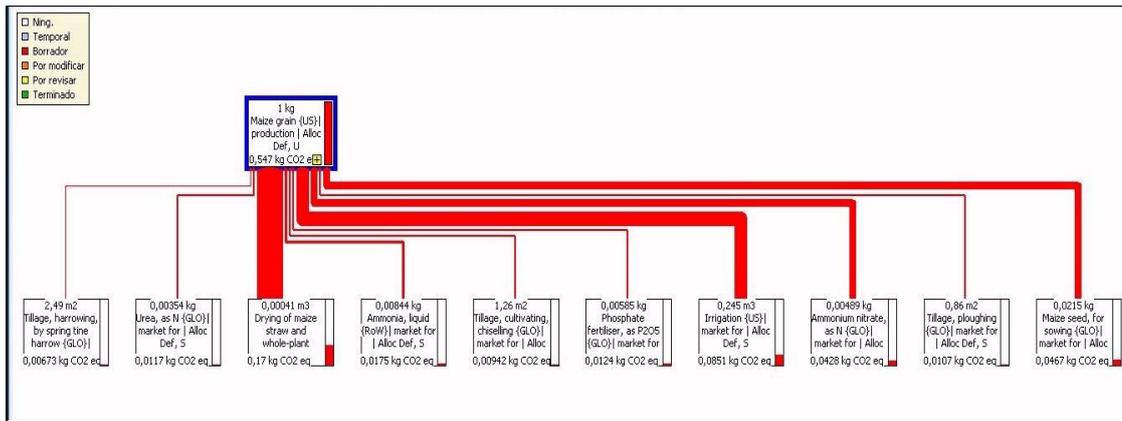


Fig. 2- Huella de carbono del Maíz de USA.

En relación al maíz europeo, se incluye en el inventario de datos el obtenido bajo el sistema de producción en Suiza (Fig. 3). Los aportes más importantes al total de emisiones de 380g de CO2 por Kg de maíz lo aporta el cultivo de cobertura, los fertilizantes y el secado.

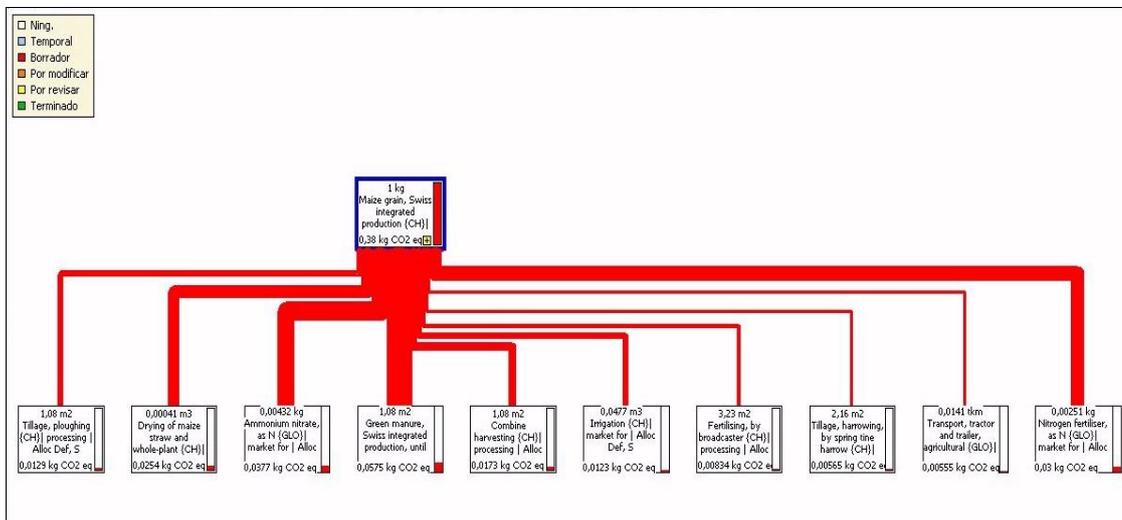


Fig. 3- Huella de carbono del Maíz en Suiza/ Versión actual

En relación al secado cabe hacer una consideración importante. En la versión anterior de Ecoinvent la contribución de este proceso era de 170g por kilo de maíz (similar al proceso en USA) de un total de emisiones que llegaba a 530g, implicando una contribución del 32% al total de emisiones (Fig 4). Esa contribución se ajustaba a las características de su sistema productivo ya que de acuerdo al régimen de lluvias se ven obligados a secar hasta el 75% de la producción de maíz y los valores de humedad a la cosecha son altos. Teniendo en cuenta que bajar sólo 4 puntos la humedad de un cultivo tienen que ser evaporados 0,05Kg de agua por kilo de producto (**grain drying, high temperature*. -para evaporar 1 Kg de aguas en secaderos de granos de alta temperatura se requieren 5MJ), se explicaba que a mayores puntos de humedad a reducir, el gasto energético y en consecuencia las emisiones debía ser alto, ajustado a los 170g mencionados en la versión anterior. No queda claro las razones de la reducción de emisiones por este proceso que aparece en la nueva versión.

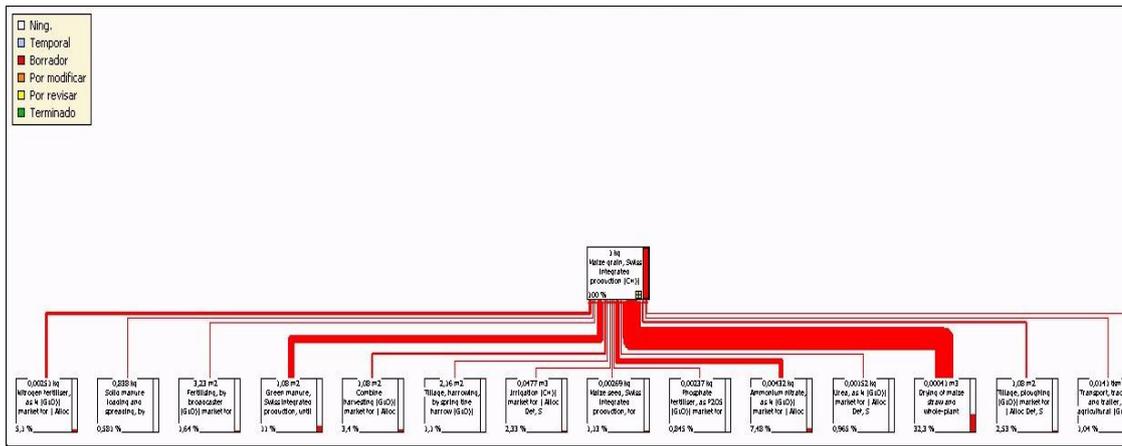


Fig. 4- Huella de carbono del Maíz en Suiza/ Versión previa

Comparando los perfiles ambientales de las tres producciones equivalentes (teniendo en cuenta para el maíz Suizo el que aparece en la última actualización de inventario) el maíz argentino muestra claras ventajas comparativas en la mayoría de los impactos considerados. (Fig. 5)

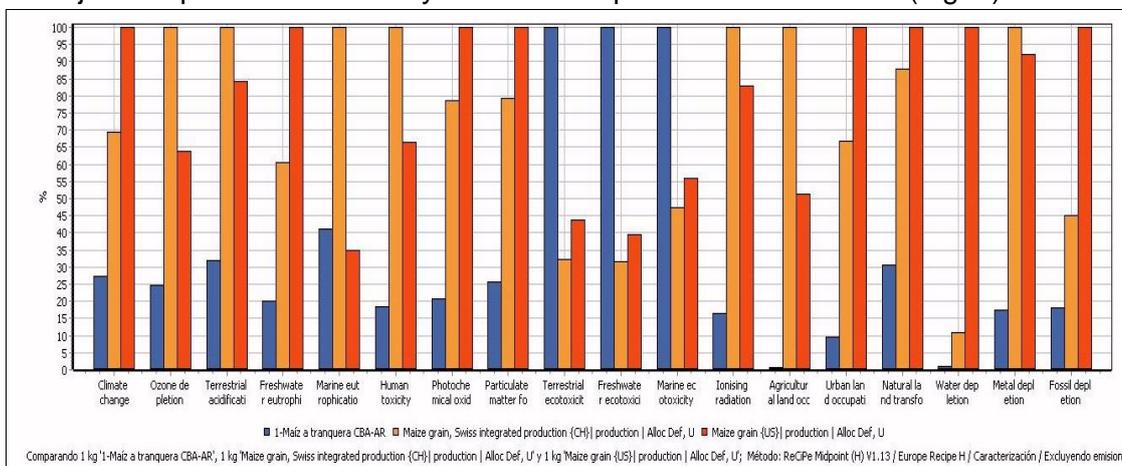


Fig. 5- Comparación de impactos ambientales en producciones de maíz en tres países. Importancia de la consideración de territorialidad en el inventario LCI

Por último se destaca el riesgo de que los inventarios puedan contener descripciones de productos o servicios de un país realizados por técnicos no locales con datos no validados por instituciones oficiales especialmente cuando se trata de actividades agropecuarias, que como se ha resaltado tienen un fuerte componente sitio-especifico. En Fig. 6. se muestra la huella de carbono sobre maíz argentino que figura en los datos de inventario de Ecoinvent.

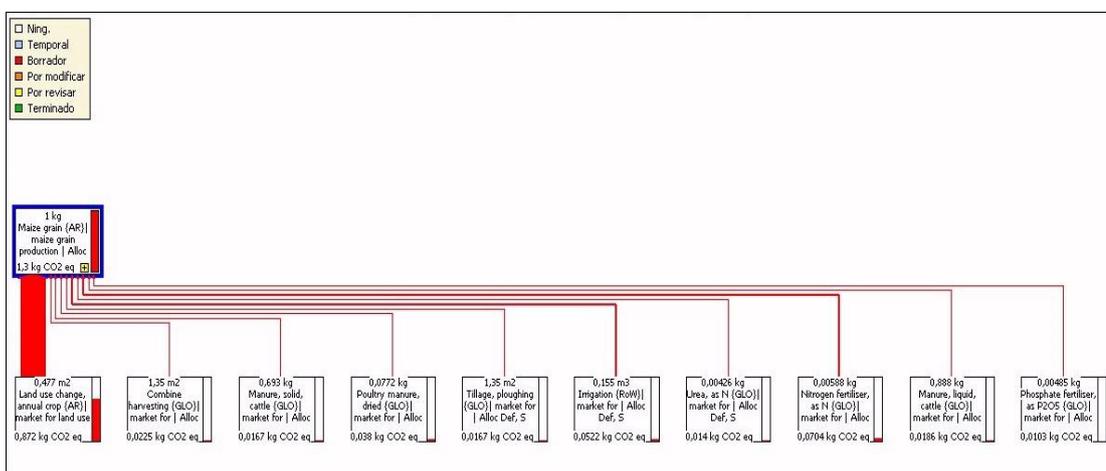


Fig. 5- Perfil del maíz "argentino" publicado en Ecoinvent. 3.0

Del análisis de la huella de carbono se desprende que la mayor contribución a las emisiones está dada por el cambio de uso del suelo (870 g de CO₂ por kilo de maíz). Esto es absolutamente falso dado que la casi totalidad del maíz Argentino proviene de la zona núcleo pampeana (Fig.7) que por más de 150 años ha sido dedicada a actividades agropecuarias y no se ha transformado para afectar tierras a cultivos desplazando biomas de alta biodiversidad o de alta captura de carbono. Este error se ha repetido en otros cálculos internacionales , especialmente el realizado por la EPA (2010) que a pesar de haber usado las mejores herramientas disponibles (modelos GREET, FASON, FAPRI, WINROCK/MODIS, NREL/USDA,MOVES/GREET) para el cálculo de emisiones a lo largo del ciclo de vida de los diferentes biocombustibles, los resultados obtenidos fueron satisfactorios para los EEUU (dada la calidad de información disponible de ese país), pero resultaron totalmente errados para muchos países que elevaron su oposición basados en estudios locales, tal el caso de Argentina que a través de estudios realizados en INTA, demostró errores metodológicos que condujeron a los resultados equívocos, que no fueron verificados con datos disponibles en los países de origen o asistencia de expertos locales.

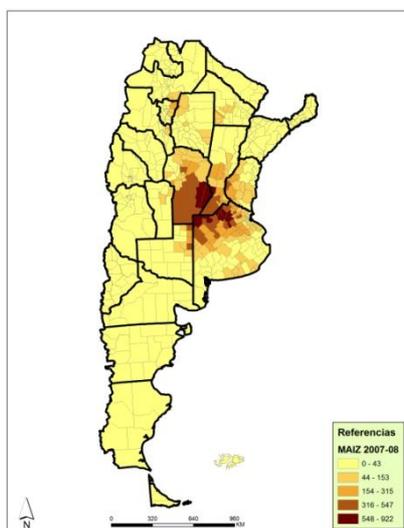


Fig 7. Distribución geográfica de cultivares de Maíz en Argentina. Se concentran básicamente en zona núcleo pampeana.

Si se extrae el cambio de uso del suelo la huella de carbono se reduce a 432g de CO₂ por kilo de maíz.

(Fig. 8)

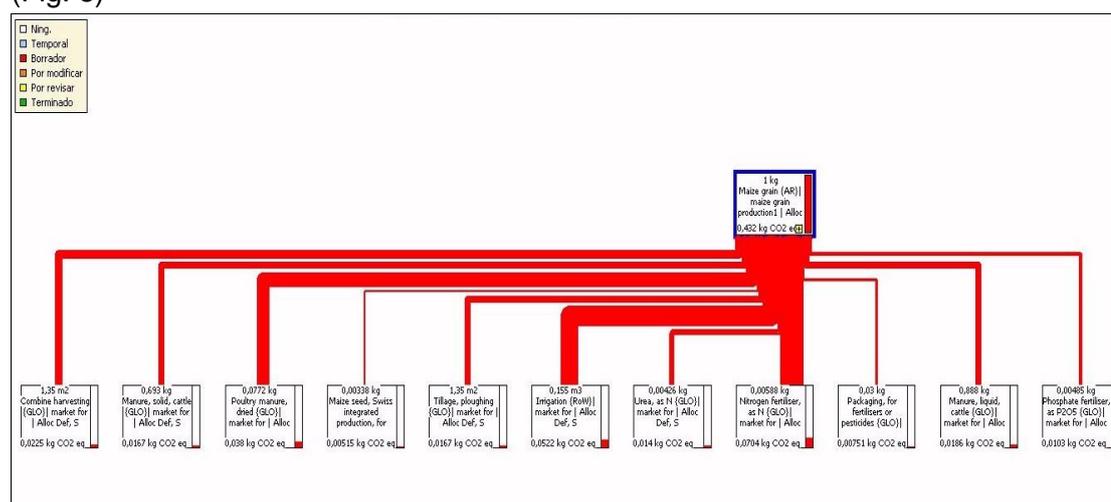


Fig. 8- Huella de carbono del Maíz Argentino (realizado por expertos extranjeros) sin considerar cambios en el uso del suelo.

La huella resultante esta afectada por la irrigacion, actividad irrelevante en el cultivo de maíz en Argentina y la fertilización orgánica, dato errado, ya que esta se realiza prácticamente en su totalidad con fertilizantes inorgánicos. No existe experiencia en fertilización orgánica (excretas de pollo, cerdo o

bovino en sólidos o líquidos). Evitando esos agregados las emisiones se reducen a 303g. por Kilo de maíz. (Fig.9).

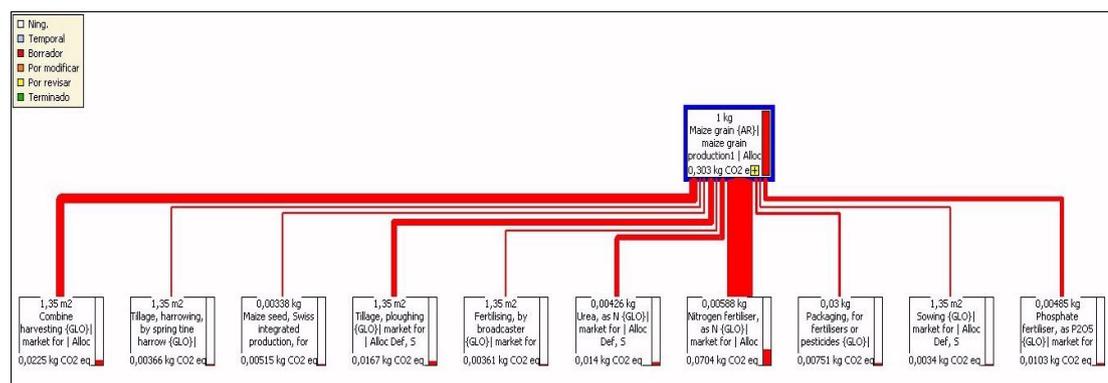


Fig. 9- Huella de carbono del Maíz Argentino (realizado por expertos extranjeros) sin considerar cambios en el uso del suelo, riego y fertilizantes orgánicos.

A la reducción total de casi 1000 g. de CO2 por kilo de maíz alcanzada eliminando los errores más graves, debe agregarse la reducción de emisiones por el uso de siembra directa como sistema y los avances en tecnología del parque de maquinarias locales, que han reducido el uso de gasoil y el tiempo de labores.

Conclusiones

Se requiere el desarrollo de inventarios de ciclo de vida nacionales que nos permitan demostrar el desempeño ambiental y la competitividad de nuestros productos en especial ante los mercados de la UE y los EE.UU, que han establecido la huella de carbono como una medida obligatoria para el acceso de productos agrícolas o agroindustriales a sus mercados.

Los resultados obtenidos con datos confiables destacan los factores que hacen a nuestro maíz altamente competitivo para ser usado como materia prima de productos que presentan restricciones en relación a huella de carbono para su ingreso a mercados internacionales. La calidad de datos utilizada le otorga confianza a los resultados obtenidos en la evaluación de impactos potenciales, y la espacialización de datos permite a las organizaciones conocer las mayores contribuciones, evaluar sus puntos de riesgo y orientar sus políticas de reducción de emisiones (ajustes en la logística de aprovisionamiento, etc.) para que sus actividades sean sostenibles mejorando la competitividad de sus productos en mercados que ya demandan este tipo de actuaciones.

Dada la importancia de posicionar nuestros productos en los mercados internacionales, es conveniente que los análisis de ciclo de vida de los productos agrícolas y sus posibles productos industrializados derivados sean evaluados con perspectiva nacional y regional, incorporando dicha perspectiva a los inventarios internacionales. Así se disminuye la posibilidad de incurrir en errores involuntarios en la evaluación de perfiles realizados en el exterior con datos que no corresponden a nuestros sistemas de producción agrícola y que generan huellas ambientales no representativas que pueden ser utilizadas para la toma de decisiones, afectando la comercialización de nuestros productos en los mercados internacionales.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

ANÁLISIS SOCIAL DE CICLO DE VIDA

ANÁLISIS SOCIAL DE CICLO DE VIDA: DERECHOS HUMANOS, SALUD Y SEGURIDAD, Y CONDICIONES DE TRABAJO DE LOS LADRILLEROS ARTESANALES DE LAS HERAS, MENDOZA (ARGENTINA)

S. Curadelli¹, R. Piastrellini^{1,2*}, A. P. Arena^{1,2}, M. López¹, B. Civit^{1,2}

¹ Grupo CLIOPE – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza. Cnel. Rodríguez 273 – C. P. 5500 – Mendoza, Argentina. Tel. 5244693

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CCT – Avenida Ruiz Leal s/n. C. P. 5500 – Mendoza, Argentina
*roxana.ppp@gmail.com

Resumen

Antecedentes y objetivo: Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto integral que evalúa la sostenibilidad en el ciclo de vida del ladrillo artesanal, y tiene como objetivo principal realizar una evaluación preliminar de los impactos sociales de la actividad ladrillera en el Departamento Las Heras, Provincia de Mendoza. El grupo CLIOPE ha realizado distintos estudios sobre los potenciales impactos ambientales asociados al ciclo de vida de la producción de ladrillos artesanales en Mendoza. Complementar estos estudios con una evaluación social del ciclo de vida, permitirá brindar a los distintos agentes sociales información integrada de la producción, que sirvan para identificar oportunidades de mejora en la actividad.

Metodología: El estudio se realizó en base a la Guía de la UNEP-SETAC (2009). Esta guía sugiere categorías de impacto social vinculadas a distintos grupos de interés y recomienda definir subcategorías de impacto que representen los temas de interés social que proceden de acuerdos o tratados internacionales y para cuyo análisis es necesario contar con indicadores de inventario. En el presente trabajo se abordó el grupo de interés “Trabajadores”. En la Tabla 1 se presenta una síntesis de las categorías, subcategorías e indicadores de impacto considerados. El inventario se confeccionó en base a información directa, obtenida mediante entrevistas a agentes clave de organizaciones no gubernamentales, del sector salud y de organismos estatales dedicados a la provisión de vivienda social. Esta información se complementó con datos relevados en unidades productivas de la zona de estudio. También, se realizaron encuestas en la Escuela N° 4-143 El Algarrobal, la cual recibe a gran parte de los niños de la comunidad ladrillera.

Tabla 1: Categorías, subcategorías e indicadores de impacto seleccionados para el grupo de interés “Trabajadores”.

Categoría de impacto	de	Sub-categoría de impacto	Indicadores
Derechos humanos		Educación	Nivel de educación
		Trabajo infantil	Tiempo dedicado a la actividad
Salud y seguridad		Salud y seguridad	Tipo de enfermedades frecuentes
Condiciones de trabajo		Libertad de asociación/negociación	Tipo de relación de trabajo
		Beneficios sociales	Existencia y/o tipo de beneficio social

Resultados y discusión: El máximo nivel de educación alcanzado por los padres de las familias de la comunidad ladrillera es el primario. Sin embargo, se observa que esta tendencia está cambiando, ya que el 74% de sus hijos finalizan el secundario, e incluso algunos de ellos (3%) han cumplimentado el nivel terciario. El análisis de las encuestas arroja que el 34% de los menores de edad que asisten a la escuela trabajan al menos una hora por semana. El proceso de validación de la información muestra que todos los niños de familias ladrilleras que asisten a la escuela primaria logran graduarse y que el tiempo dedicado al trabajo no influye negativamente en el rendimiento académico. En cuanto a la categoría de impacto salud y seguridad, los resultados indican una gran incidencia de enfermedades traumatológicas (44% musculares, 12% óseas), afecciones respiratorias (26%), y problemas dermatológicos (7%). En relación a la categoría “condiciones de trabajo” los resultados muestran una gran concentración de los hornos ladrilleros en el distrito El Algarrobal (Las Heras), donde los terrenos se distribuyen en pocos dueños. La mayoría de los establecimientos no cumple con las legislaciones laborales ni ambientales. Respecto a la cadena de valor del ladrillo, la producción muestra un grado de atomización tan alto que se traduce en un escaso poder de negociación entre los encargados y los trabajadores. Lo habitual es que los dueños de las tierras alquilen sus propiedades a los ladrilleros. Los trabajadores reciben un porcentaje de las ganancias según la cantidad de ladrillos que logren cortar (generalmente es de 60% para el arrendatario y 40% para el trabajador). Esta modalidad incita a que todos los integrantes de la familia colaboren en distintas labores dentro de la cadena de producción.

Conclusiones: Si bien la situación social de los trabajadores ladrilleros del Departamento de Las Heras (Mendoza) ha mejorado en algunos aspectos (como el nivel de educación), aún continúa siendo crítica como consecuencia de la informalidad de la actividad. Es apremiante que se tomen medidas de acción integrales que consideren los aspectos socioculturales y que permitan mejorar las condiciones laborales de la comunidad ladrillera, y que este sector se pueda integrar a la actividad económica formal de la provincia, comenzando por las generaciones jóvenes quienes tendrán a su cargo la toma de decisiones a corto plazo, con impactos en el mediano y largo plazo.

VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2017

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

ANÁLISIS DE LA ETAPA DE USO DE UN PANTALÓN DE JEAN

Maximiliano ZITO ⁽¹⁾, Victoria DIAZ ⁽¹⁾, Cecilia DORADO ⁽¹⁾, Sol MAUGERI ⁽¹⁾

(1) Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro de Diseño Industrial
sustentabilidad@inti.gov.ar

Resumen

El presente estudio forma parte de un análisis de ciclo de vida de un pantalón de jean de hombre, realizado para cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) durante su ciclo de vida. Las etapas de obtención de materias primas, industrialización del algodón y confección de la prenda fueron estudiadas por INTI Córdoba e INTA EEA Manfredi.

En ese contexto, el centro de diseño industrial colabora analizando la etapa de uso, con el fin de cuantificar las emisiones GEI que se producen a raíz de las actividades realizadas por los usuarios de este producto.

Se utilizó la metodología basada en las normas ISO 14040:2006 Análisis de Ciclo de Vida-Principios y Marco de Referencia, y la 14044:2008 Análisis de Ciclo de Vida- Requisitos y Directrices, las cuales proponen evaluar los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. Las normas ISO son las más reconocidas a nivel internacional para realizar este tipo de análisis, y han sido ampliamente utilizadas para obtener la huella de carbono de productos.

Esta metodología se utilizó para analizar la categoría de impacto potencial de calentamiento global (GWP100), usando el modelo CML2000 (Guinée, e al., 2002), integrado en el software Simapro® 8.2 (Simapro, 2016).

La unidad funcional se definió como un pantalón de jean de hombre clásico, cuyo **peso final es de 0,55 kg**.

El estudio consideró las emisiones asociadas a la energía que emplea el lavarropas, a la energía que se utiliza para captar y transportar los litros de agua necesarios para el lavado y a las emisiones para producir la cantidad de jabón empleado. Las mismas se calcularon para un lavado, a las cuales se les aplicó un criterio de asignación por peso para determinar cuántas correspondían al pantalón. No se consideraron las emisiones producto de las actividades de secado y planchado de la prenda.

Para establecer la frecuencia de uso, la frecuencia de lavado y la vida útil (duración en años) de la prenda, se realizaron 16 entrevistas a hombres adultos usuarios de pantalones de jean.

Asimismo se realizó una encuesta online para establecer hábitos de lavado, secado y planchado de pantalones de jean para hombre. Esta encuesta fue respondida por 512 personas, tanto hombres como mujeres que si bien no son usuarias del pantalón, si pueden realizar las actividades de lavado, secado y/o planchado.

En ambas herramientas metodológicas se hizo hincapié en que las respuestas estuvieran relacionadas con pantalones de jean de hombre, puesto que se considera que los parámetros de uso y cuidado de pantalones de mujer pueden resultar sustancialmente distintos.

Las principales emisiones de GEI se generan en la energía utilizada por el lavarropas, seguidas de las relacionadas a la producción del jabón. Al respecto, el jabón en polvo genera más del doble de emisiones que el líquido, por lo tanto su participación se acerca a las emisiones de la energía del lavarropas. Por último, la energía para captar y transportar el agua es entre 3 y 4% del total (ver Figura 1 y Tabla 1).

Figura 1: Resultados emisiones en Uso según jabón, en porcentajes.

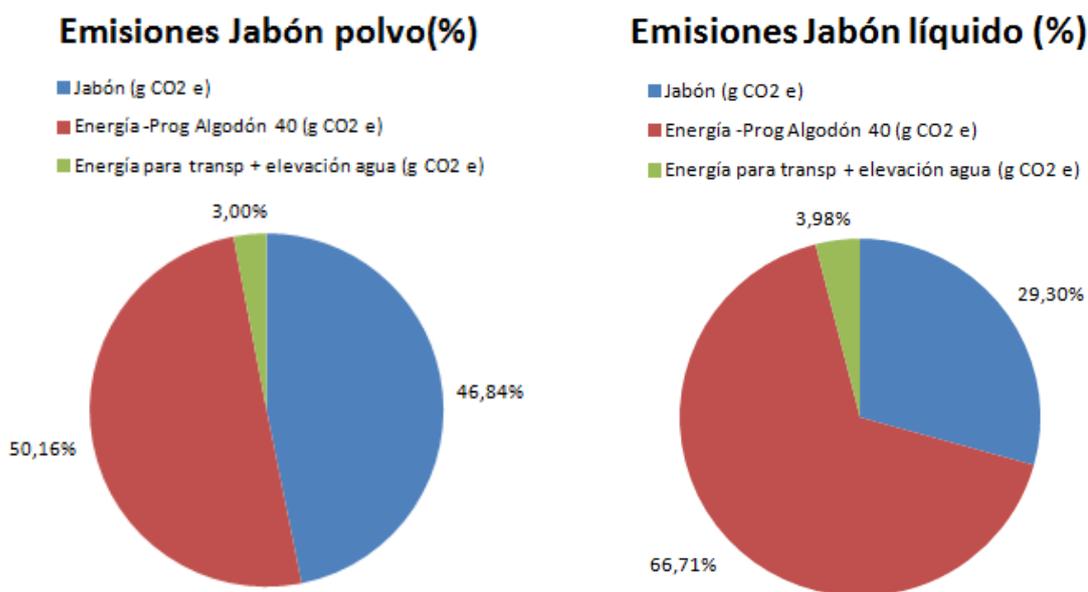


Tabla 1. Resultados emisiones según jabón, en valores absolutos y en porcentajes.

Concepto	Emisiones Jabón líquido		Emisiones Jabón Polvo	
	Valor Absoluto	Porcentaje	Valor Absoluto	Porcentaje
Jabón (g CO2 e)	54,08	29,30%	114,97	46,84%
Energía -Prog Algodón 40 (g CO2 e)	123,14	66,71%	123,14	50,16%
Energía para transp + elevación agua (g CO2 e)	7,35	3,98%	7,35	3,00%
Subtotal según jabón (g CO2 e)	184,57		245,46	
Cantidad lavados UF	91,1		91,1	
Total emisiones según UF (kg CO2 e)	16,81		22,36	

Los resultados de este estudio indican la importancia de la etapa de uso cuando se analizan productos que requieren de consumibles. De hecho, las emisiones generadas en la etapa de uso – 16,81 kg CO2 eq para jabón líquido y 22,36 kg CO2 eq para jabón en polvo- son mayores a los 4,65 kg de CO2 eq asociados a la obtención de materias primas, industrialización del algodón y confección de la prenda. La conducta del usuario acerca de la elección del jabón es muy relevante y determina sensiblemente el resultado final. Utilizar jabón líquido reduce un 25% la huella de carbono en la etapa de uso. Otro punto conductual importante por parte del usuario es la frecuencia de lavado. Definimos la frecuencia de lavado por la cantidad de usos de la prenda entre un lavado y otro. Las entrevistas realizadas la definieron en 3,4. Es evidente que aumentar la frecuencia de lavados es esencial para reducir el impacto ambiental del producto. Por lo tanto los fabricantes deberían pensar soluciones tecnológicas que comuniquen al usuario cuando la prenda debe ser lavada, en lugar de dejarlo a criterio del usuario cuya percepción es muy subjetiva. En la industria 4.0 hay soluciones como sensores que

indiquen con un cambio de color cuando el pantalón tiene un determinado nivel de bacterias y debe ser lavado.

Palabras clave: pantalón, jean, lavado, huella de carbono, impacto ambiental, emisiones.

VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2017

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

HUELLAS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA DEL LIMÓN (TUCUMAN, ARGENTINA)

Nishihara Hun, Andrea Lorena; Wheeler, Jonathan; Mele, Fernando Daniel*

Dep. Ingeniería de Procesos, FACET, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, T4002BLR San Miguel de Tucumán, Argentina. *fmele@herrera.unt.edu.ar

Resumen

La Argentina es uno de los cinco principales productores mundiales de limón (*Citrus x limon*), siendo el tercer exportador de esta fruta⁶. Tucumán es el centro de producción de este cítrico en el país con una participación del 80%⁷. Del total de la producción, el 75% es procesado en empresas productoras de jugo concentrado, cáscara deshidratada y aceite esencial, y el resto se vende como fruta fresca: 5% al mercado interno y 20% al mercado externo. En los últimos años, la intensificación de las prácticas agrícolas, la demanda mundial creciente de productos cítricos y la presión del mercado externo en términos de sustentabilidad exigen cambios en la actividad. De esta situación surge la necesidad/oportunidad de cuantificar la huella ambiental de estos productos para conocer su magnitud e identificar áreas de mejora.

El objetivo de este trabajo es presentar un perfil medioambiental de la industria del limón de Tucumán, utilizando el Análisis del Ciclo de Vida (LCA), con el doble fin de mostrar el desempeño ambiental del proceso a las empresas y guiar la toma de decisiones en las regulaciones y programas de fomento por parte de la administración.

En la Argentina los trabajos que se ocupan del LCA en la industria del limón son incipientes (Nishihara *et al.*, 2016, 2017). A nivel mundial existen estudios referidos al cultivo e industrialización de cítricos, especialmente naranjas, localizados mayormente en España e Italia (Becalli *et al.*, 2010; Iglesias *et al.*, 2013; Pergola *et al.*, 2013; Ribal *et al.*, 2017).

En este trabajo se ha utilizado un enfoque "de la cuna a la puerta", dividiéndose el sistema bajo estudio en (i) una etapa agrícola de producción del limón, y (ii) una etapa industrial que origina los derivados. Los datos para la fase de inventario han sido proporcionados por personal de una de las citricolas más importantes de la provincia de Tucumán (5600 ha cultivadas y 300.000 t de fruta procesadas anualmente). Como unidad funcional se definió 1 t de cada producto final (limón, aceite esencial, jugo concentrado claro y turbio, y cáscara deshidratada). Los impactos ambientales se han evaluado usando la metodología CML 20018 a través de Simapro® 8.3.09.

Se han considerado dos criterios de asignación de la carga ambiental, por masa y por valor económico. El factor de asignación basado en masa para el aceite esencial es el más bajo mientras que en la asignación económica es el más alto.

La figura muestra los resultados obtenidos para tres de los productos (asignación por masa). En la mayoría de las categorías de impacto, la cáscara deshidratada es el producto que tiene el mayor impacto en el medio ambiente, excepto en acidificación, eutrofización y calentamiento global, en las que el jugo concentrado es el producto que más se destaca.

6 Programa Agricultura Inteligente del Min. de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2013).

7 Federcitrus. La actividad citrícola argentina. Mayo 2017. www.federcitrus.org. Visitado: julio 2017.

8 Guinée, J. B., Gorrée M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., De Koning A., Van Oers L. y otros (2002) Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

9 PRé Consultants 2016 SimaPro® 8.3.0. Disponible en: www.pre-sustainability.com.

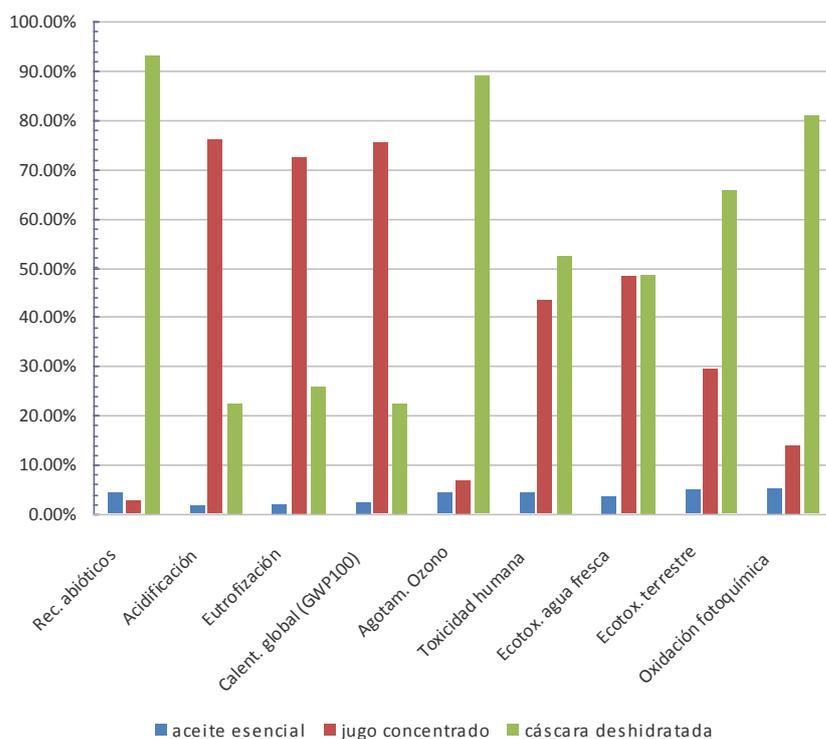


Fig. Perfil ambiental de tres de los productos considerados.

Aunque no se incluyen por razones de espacio, los resultados indican que en la etapa agrícola existe un elevado impacto del uso de agroquímicos sintéticos en todas las categorías, especialmente en acidificación, eutrofización y toxicidad. El uso de combustibles fósiles en las tareas agrícolas y las emisiones procedentes de la degradación de los agroquímicos impactan altamente en las categorías de acidificación, eutrofización y calentamiento global.

Como conclusión, el uso de químicos sintéticos es un punto a mejorar y los resultados son muy sensibles al método de asignación elegido. Una ventaja adicional de estos estudios es la de promover, dentro de la empresa, la construcción de bases de datos para agilizar la recolección de la información necesaria para la etapa de inventario del LCA.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

ACV-COSTO CONSTRUCCIÓN

COSTO DE CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO

A. P. Arena^{1,2}

¹ Grupo CLIOPE – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza. Cnel. Rodríguez 273 – C. P. 5500 – Mendoza, Argentina. Tel. 5244693

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CCT – Avenida Ruiz Leal s/n. C. P. 5500 – Mendoza, Argentina
aparena@gmail.com

Resumen

Antecedentes y objetivo: El sector edilicio es responsable de una porción muy importante de la demanda energética de nuestros países, para satisfacer distintas necesidades como la iluminación, la climatización, el accionamiento de dispositivos de comunicación y cálculo, uso de electrodomésticos, bombeo de agua, etc.

Entre las distintas tecnologías que pueden utilizarse para mejorar esta situación, una de las más prometedoras es la fotovoltaica, la cual permite producir electricidad en el sitio en el que se requiere, disminuyendo la necesidad de transporte de energía, sin producir ruido, partes en movimiento, ni liberación de emisiones durante su uso, a la vez que requieren escaso mantenimiento, y producen menor impacto que las fuentes fósiles convencionales. Sin embargo, el aspecto económico muchas veces limita su aplicación. En este estudio se analiza el caso de una instalación fotovoltaica integrada al edificio en forma de aleros sobre las ventanas de las aulas del edificio principal.

Metodología. Para realizar el análisis de los beneficios económicos asociados a este sistema, es necesario realizar la comparación contra otras alternativas, que produzcan los mismos efectos. Para este estudio, se consideró como caso de referencia un toldo tradicional, en cuyo caso no hay producción eléctrica.

Cálculo de la cantidad de energía térmica bloqueada por los aleros fotovoltaicos

Para el presente trabajo el dimensionamiento del alero fotovoltaico y del toldo alternativo son tales que ambos bloquean la radiación solar en las mismas cantidades, es decir producen el mismo ahorro de energía con respecto a la situación actual. Por lo tanto, en la comparación entre el caso base y el caso alternativo, la energía ahorrada por sombreado no producirá ninguna diferencia.

Cálculo de la cantidad de energía producida por los aleros fotovoltaicos

La producción de los paneles depende de la radiación solar incidente, la cual varía con el tiempo y con la inclinación de los paneles. Este sistema se ha diseñado para optimizar la producción eléctrica estacionalmente, mediante un *tracking* de eje horizontal que permite inclinar los paneles, manteniendo constante el azimut.

Cálculo económico

Se utilizó el método del Análisis del Costo de Ciclo de Vida. Para ello fue necesario evaluar, además de los costos de inversión y la tarifa eléctrica, la tasa de descuento, la vida útil, las tasas de aumento de la energía, las proyecciones sobre aumentos futuros, los costos futuros de sustitución de componentes y el cronograma de mantenimiento. El período de estudio se fijó en 25 años. Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad para establecer las variables críticas que dominan el comportamiento económico.

Resultados y discusión: Los resultados muestran un potencial interesante para la generación de energía fotovoltaica descentralizada integrada al edificio. La instalación proporcionará costos energéticos

anuales más bajos y mejorará el confort en las aulas. Los costos iniciales constituyen una barrera para la difusión de la tecnología, pero el diseño integrado y el doble funcionamiento son elementos clave al alcance del equipo de diseño para reducirlos. De hecho, se observa que gran parte del atractivo económico de la instalación se debe al costo evitado de adquisición y mantenimiento de un toldo, y sus sucesivas sustituciones. De no considerar estos costos evitados, el sistema como ha sido planteado no sería rentable. Las bajas tarifas energéticas no aprovechan las ventajas de la generación fotovoltaica distribuida: menor contaminación, menores pérdidas de transmisión, reducción de la demanda máxima de los climatizadores en temporadas calurosas, aumento del empleo, por citar algunas

Palabras clave: generación fotovoltaica distribuida, análisis de costo de ciclo de vida, integración edilicia.

VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2017

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS AVANCES EN LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA, SU APLICACIÓN EN LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y A LA INDUSTRIA CITRÍCOLA

M. E. Iñigo Martínez^{1*}, A. P. Arena²

¹EEOC-Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. Av. William Cross 3150 (T4101XAC), Las Talitas, Tucumán, Argentina. Tel.: 381 452100.

²Grupo Cliope Energía, Ambiente Y Desarrollo Sustentable; Facultad Reg. Mendoza; Universidad Tecnológica Nacional.

*minigo@eeoc.org.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo es identificar aspectos conocidos, desconocidos y lagunas de los diferentes trabajos científicos, desarrollados últimamente acerca de la metodología del ACV y su potencial aplicación en la optimización de procesos y productos; proporcionar información sobre la industria citrícola y discutir críticamente los avances que existen de dicha metodología en sus diferentes campos de aplicación en la producción de cítricos y sus derivados.

En los últimos años se han desarrollado muchos instrumentos e indicadores para evaluar los impactos ambientales de diferentes sistemas. Uno de ellos, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), ha generado un interés que fue creciendo rápidamente durante los años noventa y sigue en auge en la actualidad.

El análisis de ciclo de vida ha evolucionado para convertirse en una metodología convencional que sirve para orientar las decisiones ambientales relacionadas con los productos y las estrategias empresariales. Se está utilizando cada vez más en un gran número de profesiones y para una amplia variedad de objetivos de sostenibilidad.

Esta metodología puede ser acoplada con técnicas de optimización multiobjetivo para proporcionar una poderosa herramienta para el diseño y optimización de procesos. La optimización multiobjetivo en este contexto sirve para identificar una serie de opciones para mejorar el diseño y la operación a lo largo de todo el ciclo de vida. Este enfoque proporciona una herramienta de toma de decisiones potencialmente poderosa que puede ayudar a las industrias de proceso a identificar opciones sostenibles para el futuro. (Azapagic, 1999).

A pesar de que existen muchos avances en la aplicación del ACV como método de evaluación de impacto para diferentes procesos y productos, también hay una gran ausencia de contribuciones científicas relacionadas con su aplicación a la industria citrícola en Argentina.

Algunos de los trabajos que hacen referencia a la metodología aplicada a la industria citrícola, son los de Beccali et al (2009, 2010) y Pourbafrani et al (2013). Por otro lado, se realizó un estudio preliminar de la industria cítrica de Tucumán basada en el ACV por Peña et al (2015) y también se presentó en 2016 un estudio sobre Huellas Ambientales realizado en una citrícola de Tucumán por Nishihara Hun et al (2016).

La metodología de trabajo fue la siguiente:

1. **Búsqueda bibliográfica:** La búsqueda de material científico se realizó mediante una revisión de diferentes revistas científicas, paginas en línea, datos estadísticos, etc.
2. **Estrategia:** En un principio se buscó en Google Scholar, documentos que tengan que ver con la metodología de análisis de ciclo de vida y también su aplicación para optimizar procesos, tanto en español como en inglés, utilizando como estrategia de búsqueda palabras claves previamente seleccionadas. Posteriormente, se realizó una revisión sistemática en algunos de los principales *journals* que tratan temas sobre ciclo de vida: *The International Journal of LCA*, *The journal of cleaner production*, *Journal of Industrial Ecology*. Se limita la búsqueda a artículos

cuyo año de publicación no sea anterior a 1990. Se analizaron además algunas de las referencias bibliográficas de los artículos encontrados para ampliar la búsqueda de información sobre la temática.

3. **Criterios de selección:** Para seleccionar la bibliografía adecuada se revisaron primero los *abstracts*, para poder identificar el tipo de información contenida en cada uno de ellos y compararla con los objetivos propuestos en el trabajo.

Algunos de los criterios de exclusión fueron que los artículos no incluyeran el análisis de ciclo de vida para el estudio de impactos ambientales y artículos no relacionados con optimización de procesos, por otro lado, se excluyeron artículos de casos de estudio con aplicación de ACV a procesos no relacionados a la actividad agroindustrial.

A partir de la búsqueda inicial se encontraron aproximadamente 70 estudios, de los cuales se seleccionaron alrededor de 20. Luego, se analizó la información y se extrajeron datos sobre la industria citrícola, Análisis de Ciclo de Vida, técnicas de optimización de procesos y ACV combinado con técnicas de optimización. A su vez, se clasificaron según autoría, año, tipo de estudio, objetivos y conclusiones.

Para analizar y evaluar la información encontrada, se tabularon las principales características de los diferentes artículos encontrados.

Se pudo observar que existe una gran cantidad de estudios realizados basados en el ACV, que a su vez combinados con técnicas de optimización, sirven de ayuda para la toma de decisiones a la hora de aplicar mejoras en los procesos y a su vez se encontró muy poca información acerca de la metodología de ACV aplicada a la industria citrícola.

Finalmente, se pudo concluir que:

1. Se dispone de varias fuentes de información sobre el ACV, sus aplicaciones, avances e integración con técnicas de optimización.
2. Existe una buena aceptación de la metodología del ACV por parte de varios sectores. Además, tanto el análisis de inventario, como la clasificación y caracterización se utilizan con criterios objetivos para analizar el impacto ambiental lo que a su vez ayuda a mejorar el diseño y rediseño de productos y procesos. Esto indirectamente repercute en los aspectos de calidad y seguridad en las empresas, mejorando la imagen del producto, proceso o actividad.
3. No existen bases de datos nacionales y la difusión de los datos de ACV muchas veces es reducida. Por otro lado, el ACV no incorpora aspectos sociales o económicos y al analizar un sector nuevo suelen existir ciertas dificultades a la hora de aplicar e integrar los resultados obtenidos en diferentes ámbitos culturales. A su vez, las etapas de normalización y valoración generalmente se toman con mucha subjetividad, lo que dificulta la comparación de resultados entre productos o procesos aislados.
4. Por último, existe muy poca información acerca de la aplicación de esta metodología a la industria citrícola, a partir de lo cual surge la necesidad de investigar el impacto de la producción de cítricos y sus derivados con datos nacionales.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de vida, Optimización de procesos, Industria citrícola.

**V Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2016**

**INVENTARIO DE CARNE BOVINA “DE LA CUNA A LA PUERTA” EN UN SISTEMA AGRÍCOLA
GANADERO DEL SUR DE SANTA FE**

Emiliano JOZAMI^{1;2*}, Fernando A. BASTÍAS, Marcelo LARRIPA¹, Delfina VIANCARLOS, Julio GALLI¹, María A. ACEBAL¹, Bárbara CIVIT³ y Susana R. FELDMAN^{1;2;4}

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Parque Villarino, Zavalla (S2125ZAA), 0341-4970080, ejozami@unr.edu.ar

²Consejo de investigaciones, CIUNR, Sede de gobierno, Maipú 1065, Rosario (2000), 0341-4201200

³FRM-UTN; Conicet

⁴IICAR (Inst.UNR-CONICET).

Resumen

Una de las actividades primarias de Argentina es la producción de carne bovina que abastece el mercado interno, pero también una porción de la demanda externa. Sin embargo, las exportaciones de carne bovina argentina disminuyeron más del 10% entre 2013 y 2016 (2013: 721.730 tn vs. 2016: 644.315 tn; SENASA, 2016) impactando negativamente sobre la balanza comercial. Esta pérdida de mercados resulta difícil de recuperar, máxime al considerar las nuevas exigencias en lo que respecta a calidad de productos e impactos ambientales de los procesos productivos asociados al mismo. Es por ello que obtener el perfil ambiental de la producción de carne resulta muy relevante a la hora de determinar los puntos críticos desde el punto de vista ambiental, y reducir los impactos que permitan ubicar a la producción nacional en una posición ventajosa frente a otros productores y competidores del mercado externo.

En este trabajo, se presenta un inventario preliminar de la producción de carne vacuna de un sistema agrícola ganadero ubicado al sur de la provincia de Santa Fe, próximo a la localidad de Máximo Paz. Durante la campaña analizada (2015/2016), entraron a servicio 217 vacas y se destetaron 183 terneros (170 kg promedio). La cría se realizó sobre 94 ha de avena que luego fueron destinadas a la producción de soja y 37 ha de pasturas polifíticas (alfalfa, trébol blanco, festuca y cebadilla). Estos terneros fueron engordados hasta los 320 kg, en un período de 180 días con una dieta a base de maíz y grano de avena, de producción propia, y de expeller de soja, marlo de maíz y núcleo vitamínico comprados. El inventario incluye las emisiones directas así como todas las indirectas asociadas a la producción de insumos de alimentación y sanitarios, siempre y cuando los mismos superasen la regla de corte establecida en el 1% de la masa total de la Unidad Funcional (UF), establecida como “producir 1 kg de carne bovina sin hueso, en Argentina”. Se tomaron como guía las ISO 14040, 14044, 14049 y la PCR CPC 2111 -2113 (ISO, 2006 a y b, ISO 2012, EPD 2015). Por otra parte, se incluye también los consumos de agua asociados a la misma UF pensando en abordar el estudio desde el enfoque de la huella de agua (ISO, 2014).

**V Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2016**

EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD DE SEIS TAMBOS COMERCIALES DE LA CUENCA LECHERA PAMPEANA EN LOS PERÍODOS 2015 Y 2016

Litwin, G.¹, Gimenez, G.², Maekawa, M.³, Engler, P.⁴, Esnaola, I.⁴, Butarelli, S.⁵, Alvarez, H.⁶, Centeno, A.⁷, Charlon, V.⁸, Tieri, M.⁸, Almada, G.⁹ y Ferrer, J.¹⁰

¹INTA AER Crespo, ²INTA AER Roldán, ³INTA AER Trenque Lauquen, ⁴INTA EEA Paraná, ⁵INTA AER Nogoyá, ⁶Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, ⁷INTA AER San Francisco, ⁸INTA EEA Rafaela, ⁹INTA AER Carlos Pellegrini, ¹⁰AER Villaguay

litwin.gabriela@inta.gob.ar

0343-495-1170

Resumen

La lechería argentina atraviesa, desde hace más de una década, un proceso de concentración e incremento de la producción por establecimiento (Gastaldi, *et al.*, 2015). Este proceso se vió fuertemente afectado en los años 2015 y 2016 por factores económicos y climáticos. Desde mediados del 2015 el precio de la leche al productor cayó entre un 20 y 30%; esta situación se agravó hacia fines de ese año debido a la devaluación del peso argentino con respecto al valor del dólar, lo que impactó en los precios internos de insumos y en un aumento adicional de los precios de los granos y alimentos concentrados utilizados (Centeno *et al.*, 2016). En el 2016 el precio de la leche comenzó un proceso de recuperación, sin embargo en el mes de Abril la mayor parte de los tambos de la cuenca pampeana se vieron afectados por inclemencias climáticas (Sapino, 2016) que comprometieron nuevamente la producción.

El objetivo del presente trabajo fue analizar el estado y la evolución de indicadores de sustentabilidad de seis sistemas de producción de leche de la cuenca lechera pampeana en los años 2015 y 2016.

En el marco del proyecto de INTA “Sustentabilidad de los sistemas de producción de leche bovina” (INTA, 2013) se lleva adelante este trabajo, que es continuación del presentado en la XLVII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria (Litwin *et al.*, 2016).

El monitoreo y evaluación de los tambos mediante un sistema de indicadores de sustentabilidad implica la determinación de tres dimensiones de análisis: económico-productiva, socio-cultural y ambiental. Para cada una de estas dimensiones, se consensuaron qué condiciones y/o atributos debían tener los sistemas de producción de leche para ser considerados “sustentables”. Posteriormente, se seleccionaron los indicadores que permiten cuantificar y valorar dichos atributos, los cuales se monitorean y analizan cada año.

Se desarrollaron planillas de cálculo donde, a partir de la carga de información (datos de entrada), se calculan 29 indicadores de sustentabilidad clasificados en las tres dimensiones mencionadas. Para los mismos se estableció una escala de evaluación representadas por tres niveles de sustentabilidad: mayor (3), regular (2) y menor (1).

Los seis tambos comerciales evaluados se ubican en Santa Fe, Buenos Aires y Entre Ríos y presentan características y estrategias de producción diferentes, abarcando desde sistemas de base pastoril con baja suplementación hasta sistemas intensificados con alto uso de insumos externos.

Entre los años 2015 y 2016 se observaron cambios en las tres dimensiones de sustentabilidad evaluadas, principalmente en las áreas económico-productiva y ambiental (Gráficos 1, 2 y 3). Dentro de la dimensión económica-productiva se observa una caída leve en la productividad, indicando un

replanteo en los sistemas para sostener los niveles de producción del año anterior. Sin embargo la caída fue más pronunciada en el margen libre de alimentación, relacionada a los cambios en las relaciones de precios entre la leche y los principales insumos y un aumento adicional en los costos de alimentación, como resultado de las inclemencias climáticas.

Cuando se analiza la dimensión socio-cultural, no se observaron mayores diferencias entre años. Se mantiene una baja tendencia por parte del tambero a proponer para sus hijos la continuidad en la tarea del tambo, aspecto evaluado por el indicador de proyección laboral del mismo.

Desde el punto de vista ambiental se observaron mejoras en la eficiencia del uso de los nutrientes (fósforo y nitrógeno) producto de una reducción en el uso de fertilizantes y en la superficie y el rendimiento de las pasturas, que se vieron reflejados en una menor fijación biológica de nitrógeno. Contrariamente, el índice de impacto ambiental empeoró probablemente debido a una mayor necesidad de uso de productos fitosanitarios para el control de enfermedades en cultivos propiciadas por los eventos climáticos acaecidos en otoño de 2016.

En conclusión, se observaron cambios en la sustentabilidad de las empresas evaluadas entre 2015 y 2016. El 26% de los indicadores mejoró y para el 24% se apreció una valoración menor respecto al año 2015, sobre todo en indicadores cuya expresión resultó menoscabada por los aspectos económicos y climáticos. La dimensión ambiental sigue mostrando los resultados más deficientes.

Palabras clave: producción lechera, sustentabilidad

ANEXO

Gráfico N°1: Valor diagnóstico de sustentabilidad de la dimensión económico productiva de seis sistemas de producción de leche en los años 2015 y 2016

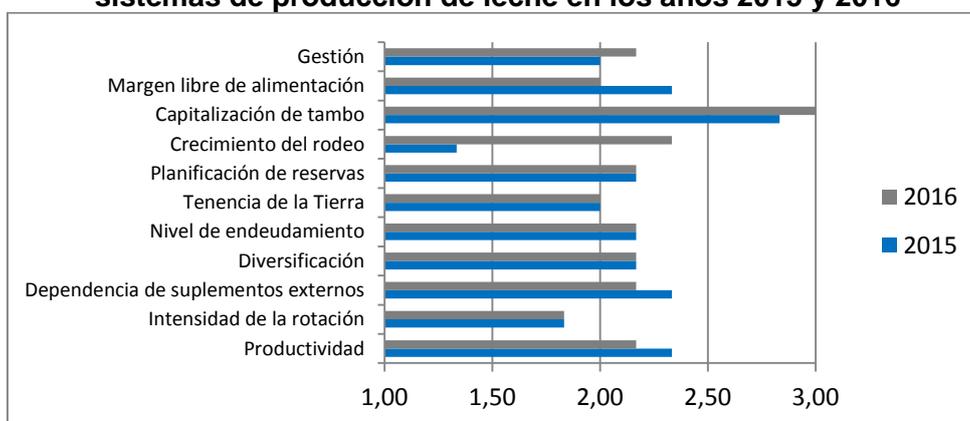
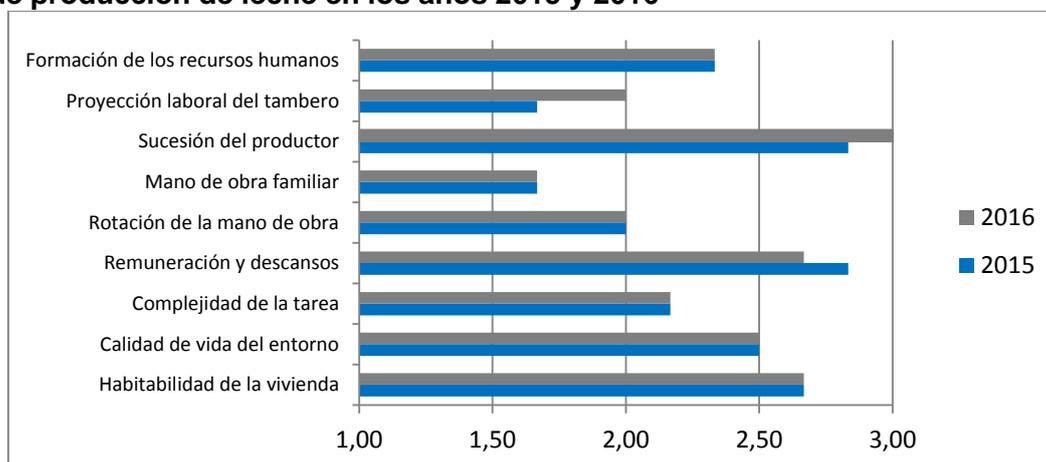


Gráfico N° 2: Valor diagnóstico de sustentabilidad de la dimensión socio cultural de seis sistemas de producción de leche en los años 2015 y 2016



**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

CASO DE ESTUDIO INDUSTRIAL

**INFLUENCIA DE LA TERRITORIALIDAD Y LA TEMPORALIDAD EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA
DE UNA BIOREFINERÍA DE MAÍZ**

Hilbert^{1*} J.A. Carballo S.² Galbusera³ S. Schein⁴ L. Dantur⁵ A. Galvan⁶ M.J. Manosalva¹ J
Michard² N.

¹Inst. de Ing. Rural INTA c.c. 25 Castelar 1141434394 jorgeantoniohilbert@gmail.com

²Inst. Clima y Agua INTA ³Consultor INTEASA ⁴Univ. Nac de Lujan ⁵ACABIO ⁶Univ. Nac. Villa María

Resumen

Los análisis y determinaciones de impacto ambiental de ciclo de vida, por lo general deben estar referidos a una unidad funcional y a una temporalidad específica dado que se expresan como valores únicos. La no consideración de estos supuestos no es tan grave en productos industriales que usualmente son más estables y poseen una acotada variabilidad en tiempo y espacio. Los productos derivados de la agricultura por el contrario, poseen una alta dependencia del lugar de origen de la materia prima así como el espacio temporal en que se desarrolló a misma. En el caso del análisis de ciclo de vida de bioetanol, se trabajó sobre el espacio territorial de procedencia del maíz y se repitieron los estudios a lo largo de dos años determinando el nivel de variabilidad y su afectación sobre dos indicadores: el nivel de emisión de gases efecto invernadero y el consumo de energía por unidad de producto, siguiendo los criterios de asignación económica, energética y másica. Se utilizaron sistemas de información geográfica para localizar la procedencia de la materia prima y se lo correlacionó con los paquetes tecnológicos y rendimiento mediante campos testigo.

Palabras clave: ACV, territorio, bioetanol, biorefinería

Introducción

El análisis de ciclo de vida de productos agropecuarios y agroindustriales presenta características particulares ya que el componente de origen de la materia prima tiene un peso significativo en los resultados finales. A su vez, la evaluación de los cultivos está fuertemente influenciada por factores de índole climática y edáfica que debería ser contemplada tanto en su variación espacial como temporal. Nitschelm et al 2015 propone para un análisis de ciclo de vida territorial "*Spatialized territorial LCA*" (STLCA) una serie de pasos a tener en cuenta para lograr capturar en un ACV la variación espacial del territorio en aquellos casos donde el área supera los 100 km² y se presupone una variabilidad espacial significativa. Reap et al (2008) también cita en su *review* sobre aspectos a resolver en los ACV la espacialidad y su modelación. Nemecek, T. et al (2010) desarrolla métodos de cálculo para contemplar la variabilidad entre establecimientos agropecuarios en Europa mediante el desarrollo de herramientas específicas.

EL INTA viene desarrollando este tipo de estudios a lo largo de los últimos 10 años sobre biorefinerías de soja y de maíz contemplando el comportamiento en diferentes campañas visualizando importantes efectos de estos factores en los valores finales.

Los resultados de dichos estudios marcaron la gran importancia de la producción primaria en las emisiones e impactos totales alcanzados por cada uno de los productos elaborados. Por este motivo y dado el impacto significativo del rendimiento y los paquetes tecnológicos empleados, se consideró

importante encarar un estudio sobre la variabilidad presente en la cuenca de abastecimiento de la biorrefinería estudiada.

La zona de origen de la materia prima de la empresa analizada presenta como desventaja el régimen de lluvias estivales, las que con gradiente de este a oeste de Argentina ofrecen una menor disponibilidad de lluvias en los periodos críticos del ciclo del cultivo (floración). A ello, se agrega el cambio en la aptitud de los suelos asociado a ese gradiente, los que pasan de una textura más arcillosa al este-sureste a una más arenosa al oeste. Allí, las deficiencias hídricas en el período de mayor demanda hídrica del cultivo pueden determinar una alta variabilidad de rindes entre campañas para los cultivares de siembra temprana cuya mayor demanda hídrica se ubica entre mediados de diciembre y mediados de enero. Incluso dentro de una misma campaña en que los promedios de lluvia a nivel provincial pueden ubicarse dentro de parámetros normales, las lluvias de distribución almente heterogénea pueden determinar rindes muy diferentes entre departamentos.

De los factores claves que se han identificado que intervienen en el rinde de los maíces (precipitación, genética adaptada a los diferentes ambientes de suelos, manejo de fertilizantes y herbicidas, ajuste de densidad de siembra, rotaciones, etc.) se ha probado que la mayor variabilidad esta explicada por el clima local presente en cada campaña. El promedio anual de lluvias en el área de procedencia del maíz que llega a la planta es de 800 a 850 mm milímetros, de los cuales el 83% se distribuye entre septiembre y marzo. Los meses de diciembre -enero, coincidentes con la floración de las variedades tempranas de maíz, muestran gran variabilidad interanual en las precipitaciones. En función de la aptitud de los suelos y la variabilidad climática se han definido, dentro de la zona de abastecimientos ambientes con potencialidad de rindes y riesgo diferencial para el cultivo de maíz. Figura 27

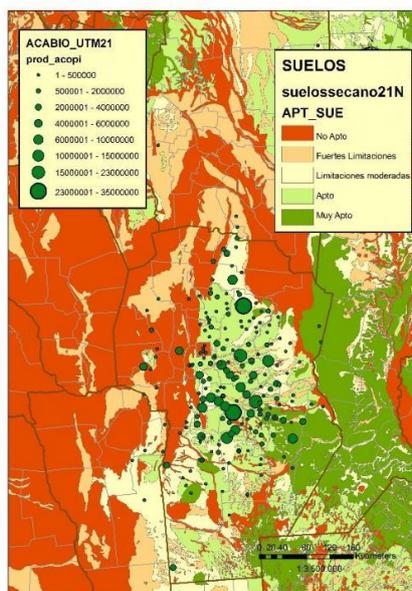


Figura 1 Ambientes con potencialidad de rindes y riesgo diferencial para la producción de maíz

Las posibilidades teóricas de mayores rindes con variedades de siembra temprana se ven afectadas cada año a circunstanciales deficiencias de lluvias y humedad de suelo al momento de la siembra lo cual puede generar desplazamientos de la fecha óptima de siembra en cada localidad y por ende esto modifica el rendimiento máximo potencial del híbrido seleccionado.

El desarrollo en los últimos años de nuevas variedades genéticas que admiten siembras tardías con buen desempeño de rindes y baja incidencia de enfermedades, permiten que su implantación se realice con un mayor porcentaje de humedad edáfica permitiendo , además, que el momento de mayor demanda hídrica no coincida con el período de mayor inestabilidad de lluvias. Esto ha determinado un aumento marcado y sostenido del porcentaje de lotes dedicados a estas variedades, especialmente en ambientes de menor aptitud de suelos.

El planteo por ende de producción de maíz (temprano vs tardío) estará dado por el tipo de suelo y su interacción con el contenido de agua a la siembra y el pronóstico de mediano plazo. Estas variables

condicionan cada año en particular el porcentaje dedicado a uno y otro planteo, en la zona de la que procede la materia prima. La distribución entre planteos difiere ya sea que se trate de suelos de mayor aptitud (Molisoles: Argiudoles típicos) y con menor dispersión de lluvias en diciembre-enero (ubicados hacia el este) donde se prefieren las variedades tempranas porque presentan techos de rindes más elevados

En tanto que en áreas con suelos de menor aptitud agroclimática o de texturas más arenosas (Haplustolúdicos o Haplustolesenticos) las variedades tardías han mostrado mayor estabilidad de rindes y valores promedio más altos en una serie de años por lo que se observa una adopción creciente de este tipo de planteo. Dentro del área de procedencia del maíz que llega a la planta en los departamentos ubicados más al norte (con suelos de menor aptitud) la relación puede llegar hasta 10-90 entre los cultivos tempranos y tardíos. Hacia el centro la relación es 25-75. Hacia el este y sureste 35-65. Los techos de rendimiento que pueden alcanzarse en los cultivos de siembra temprana son más altos pero la dispersión por razones climáticas entre campañas es mucho mayor. Adicionalmente los cultivos de siembra tardía presentan rindes más estables entre campañas.

Materiales y métodos

El volumen ingresado a planta en el periodo julio 2015-junio 2016 fue de 318.008 Tn, proveniente de diferentes departamentos de la provincia de Córdoba y provincias vecinas. Para el cálculo de has cultivadas correspondientes al volumen llegado a planta durante el período julio 2015- junio 2016 se siguió la siguiente metodología:

1. Se generó un mapa georreferenciado localizando los lugares de aprovisionamiento especificando el volumen procedente de cada uno de ellos.
2. Se produjo un mapa con los rindes por departamento para la campaña 2014-2015 atento a lo informado por la Bolsa de Cereales de Córdoba y por el Sistema Integrado de Información Agropecuaria SIIA incluyéndolas en el SIG.
3. Se calculó la superficie implantada con maíz en las áreas relacionadas con los puntos de procedencia.

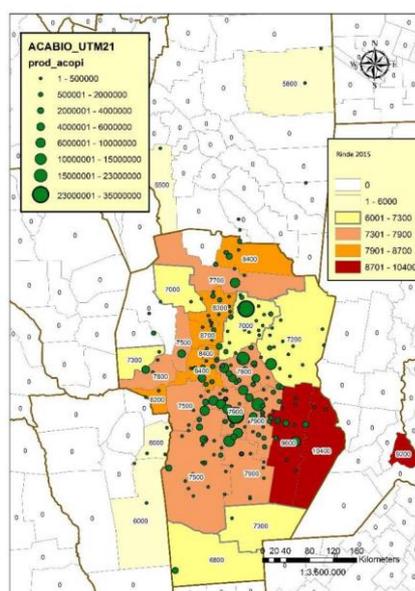


Figura 2 Rindes a nivel partido en la campaña 2014-2015

Los rindes para la campaña 2014-2015 para los departamentos de Santiago del Estero y San Luis de donde proviene maíz que llega a planta fueron tomados de información suministrada por el Ministerio de Agricultura de la Nación a través del servicio de información agropecuaria (SIIA).

El aumento de cultivares de siembra tardía, registrado en las últimas campañas ha determinado que el diferencial entre superficie plantada y cosechada se haya reducido en la provincia de Córdoba (de la que proviene la casi totalidad del maíz procesado) desde valores que superaban el 20% de superficie

perdida a valores que rondan el 15%. Esta información fue empleada en la modelización SIMAPRO incrementando en este porcentaje el área afectada para asegurar la provisión de materia prima a la empresa.

Las diferencias en clima y suelos influyen en el paquete tecnológico finalmente aplicado en cada establecimiento y por ende esto tiene impacto sobre el total de energía empleada (ya sea por necesidad de riego complementario en ambientes con déficit hídrico o por necesidad de secado de granos, en ambientes con alto riesgo de encharcamiento, etc.) así como el nivel de emisiones totales producidas por aplicación de fertilizantes que deben adecuarse a las necesidades en los diferentes ambientes. Del mismo modo la reducción del diferencial entre superficie sembrada y cosechada también influye en el nivel de emisiones totales necesarias para conformar el suministro total de maíz a la planta ya que las emisiones generadas por las has perdidas deberán ser prorrateadas entre las que pudieron ser levantadas en cada campaña.

Durante esa campaña las lluvias en los momentos críticos para los maíces tuvieron buen desempeño tanto en el caso de maíces tempranos como tardíos. Esas lluvias ayudaron a que los departamentos hacia el E-SE, que tienen mejores suelos y donde se cultiva la mayor proporción de cultivos de maíz de siembra temprana presentaran los mayores rindes los que disminuyeron hacia el oeste por el gradiente de lluvias y menor aptitud de los suelos y hacia el sur por cambio de textura de los suelos. El volumen procedente de los diversos puntos de suministro fue dividido por el rinde promedio del partido al que pertenecen obteniendo la superficie estimada en hectáreas que fueron implantadas para el logro de los volúmenes recibidos en la planta. Esa información permite calcular las emisiones en la fase de producción de la materia prima.

Se tomaron para cada departamento los rindes máximos y mínimos de las últimas 6 campañas para el cálculo del % de diferencias entre rindes de modo tal que $Rinde\ Min + x\% \ Min = Rinde\ Max$). La Figura 35 muestra que los departamentos hacia el E-SE que tienen mejores suelos y mayor proporción de cultivos de primera presentan el mayor porcentaje de diferencia entre rindes, dada su preferencia por variedades de siembra temprana que ofrecen mayores techos de rinde pero que sufren más pérdida de rendimiento en años secos. Lo mismo sucede en áreas con suelo de muy baja aptitud agrícola. En la zona de procedencia del mayor volumen de la materia prima Figura 3 se observa una variación entre campañas (adjudicable a razones climáticas) del orden del 65 al 75 %.

A fin de lograr una representación gráfica del ajuste de rendimientos y superficies afectadas por la producción de maíz correspondientes al volumen llegado a planta durante el período julio 2015- junio 2016 se generó un mapa en base a un sistema de información geográfico SIG en programa ARCGis localizando los lugares de aprovisionamiento especificando el volumen procedente de cada uno de ellos utilizando como insumo la: planilla con información de ingreso de materia prima suministrada por la biorefinería

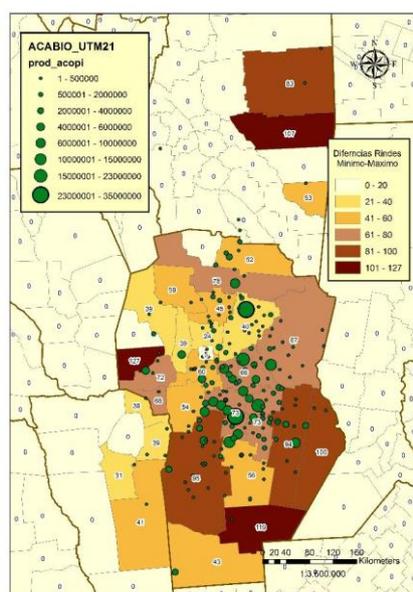


Figura 3 Variación de rindes entre campañas y procedencia del maíz utilizado en la planta graduado por volumen.

Tomando en cuenta el volumen total recibido de las diferentes procedencias el cálculo de la variación de rindes máximos y mínimos de las últimas seis campañas ponderados, resulta del orden del 68 %, La relación entre los rindes de la campaña 2015-2016 y el mínimo valor de la serie de los últimos 6 años resultó del 62% (ponderado dentro del área de aprovisionamiento de la planta). Teniendo en cuenta estos resultados se realizó un ejercicio calculando el rinde mínimo a partir del cual la reducción de emisiones quedaría por fuera de lo establecido por la Unión Europea. El calculador permite variar fácilmente este parámetro que es muy sensible.

Durante el período se recibieron en la planta de Villa María 318.008 Toneladas de maíz (peso neto) provenientes de un total de 166 proveedores de las provincias de Córdoba y San Luis. Los proveedores más influyentes del periodo considerado fueron La Penca, Laguna Larga, Monte Cristo, Las Arrias, Arroyo Cabral Despeñaderos, Las Cortaderas Calchin oeste y Tancacha.

Se realizó una estimación de rinde promedio de la provincia tomando según dos metodologías en el calculador se tomaron los rindes promedio por localidad ponderados por el ingreso desde dichas zonas a la planta. Existen dos localidades cuyo volumen producido es superior al que ingresó de dichas zonas a la empresa. Realizando una comparativa entre kg relevados y recibidos resulta una representatividad del 6 %. El rendimiento promedio final logrado mediante este método fue de 7721 Kg/ha.

Tabla 3 Cálculo de rendimientos según campos relevados

Localidades	Kgs Recibidos	Kg Relevados	% Muestra	Ha Relevadas	Kgs/ha
Berrotaran	4.097.020	490.000	12%	70	7.000
Los Condores	18.837.780	3.419.000	18%	460	7.433
Hernando	33.317.060	1.180.100	4%	123	9.594
SACANTA	33.432.180	3.450.000	10%	350	9.857
Despeñaderos	4.939.900	1.168.000	24%	168	6.952
Tío Pujio	15.517.240	300.000	2%	40	7.500
Villa María	5.574.760	471.000	8%	63	7.476
Ballestero	2.327.120	1.620.000	70%	180	9.000
Villa Nueva	58.900	570.000	968%	60	9.500
LA PUERTA	36.264.340	4.550.000	13%	600	7.583
CAÑADA DE LUQUE	121.360	720.000	593%	120	6.000
MAQUINISTA GALLINI	-	2.400.000	0%	400	6.000
Sin relevar	163.520.730	-	0%	-	-
Total Kg	318.008.390	20.338.100	6%	2.634	7.721

A fin de realizar una contrastación de este cálculo con los promedios provinciales por localidad suministrados por la Bolsa de cereales local se tuvo en cuenta las localidades de origen de la

producción, los rindes promedio en dichas zonas declaradas para la campaña considerada ponderado por la cantidad de granos provista por cada una de las zonas. El rinde promedio para la campaña según esta metodología fue de 7.696 kg/ha por lo tanto se prosiguió con el cálculo tomando los campos testigos ya que no se evidenció un desvío significativo entre ambas metodologías.

Resultados y discusión

La superficie teórica calculada para la producción del volumen de maíz ingresado a planta fue de 40967 Has. El rendimiento por hectárea ponderado para la campaña 2014- 2015 sobre el volumen total ingresado para su transformación fue de 7762 Kg/Ha. Las emisiones asociadas a la producción de maíz en el periodo suman un total de 42.135 toneladas de CO₂eq para la totalidad de los campos asociados. El concepto de “Residuos de Cosecha” (37%) es el más influyente seguido por “Fertilización” sumando la fertilización y la producción es la categoría que más contribuye (32 %), seguida por la producción de los agroquímicos y en cuarto lugar los combustibles empleados en las diferentes actividades del cultivo. Si se analizan las emisiones de GEIs por tonelada de maíz producida, se obtiene un valor de 132 gm CO₂eq/t de maíz, mientras que las emisiones por hectárea sembrada tienen un valor de 1025 gm CO₂eq/ha.

En el caso bajo estudio el máximo de merma global de la producción de maíz en la cuenca de abastecimiento para seguir cumpliendo con lo especificado para la unión europea para el año 2018 sería del 30 % o sea, un rendimiento ponderado de 5400 kg/ha con ajuste de paquete técnico e insumos empleados en el cultivo. Si se considera como fijo el paquete tecnológico la máxima merma ponderada global en toda la cuenca de abastecimiento para seguir cumpliendo sería del 18 % con un rinde de 6350 kg/ha. Para este cálculo se tomaron como referencia la columna de insumos fijos y variables. Cuando se toma la primera se considera que la merma del rinde se produjo una vez definido el paquete tecnológico y por ende todos los insumos como agroquímicos y fertilizantes se mantuvieron constantes en forma independiente del rinde.

Puede también verse la utilidad de estos cálculos como una herramienta para el desarrollo de una estrategia de gestión para seleccionar en la cuenca de abastecimiento, áreas con mayores rindes y menores pérdidas en cada campaña si se desea mantener estos niveles de reducción de emisiones.

Tabla 4 Calculo de las emisiones de la producción de maíz a campo

	Rinde (Kgs/Ha)					
	6.350		17,8%		7.721	Promeu Ca
		Sensibilidad con Reposicion		Sensibilidad Insumos Fijos		
Emisiones Campaña 2015/16	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%
A. Producción MMPP	44.960	34%	48.110	35%	42.135	32%
1. Emisiones Residuos de cosecha	15.730	12%	15.730	12%	15.461	12%
2. Emisiones Fertilización	11.274	8%	13.287	10%	10.710	8%
3. Emisiones Uso de combustibles	4.415	3%	4.415	3%	3.557	3%
A. Abastecimiento Materias Primas (Produccion Maiz)						
4. Emisiones Produccion de Combustib	427	0%	427	0%	344	0%
5. Emisiones Produccion de Agroquimi	8.815	7%	8.815	6%	7.230	6%
6. Emisiones Produccion de Fertilizant	2.317	2%	3.455	3%	3.045	2%
7. Emisiones Produccion de Semilla	1.981	1%	1.981	1%	1.575	1%
8. Emisiones Estructura Campos	-	0%	-	0%	212	0%

A fin de determinar los efectos de la variación de resultados sobre el cumplimiento de exigencias de otros mercados como el de la Unión Europea se realizó una comparación con los valores límites establecidos en la misma con los logrados expuestos en la tabla 3.

Tabla 5 Cálculo de la reducción de emisiones límite para la Unión Europea 2018

Apropiación por energía de acuerdo a la UE

Etapa	Sensibilidad c/reposicion	Sensibilidad Insumos Fijos	Campaña 15/16
A. Producción MMPP/B. Fletes MMPP	12	15	10
C. Planta	15	15	15
D. Fletes a Clientes	3	3	3
Total	31	34	29
Valor Nafta Argentina (1)	77	77	77
Reduccion de emisiones	59%	56%	63%
Valor referencia Union Europea(2)	84	84	84
Reduccion de emisiones	63%	60%	66%

(1) Valores según Balance Energético Nacional - SE y Tercera Comunicación Nacional - SAyDS. Incluye Emisiones Extracción y Refinación

(2) Directiva Europea - Anexo V - Art. 19

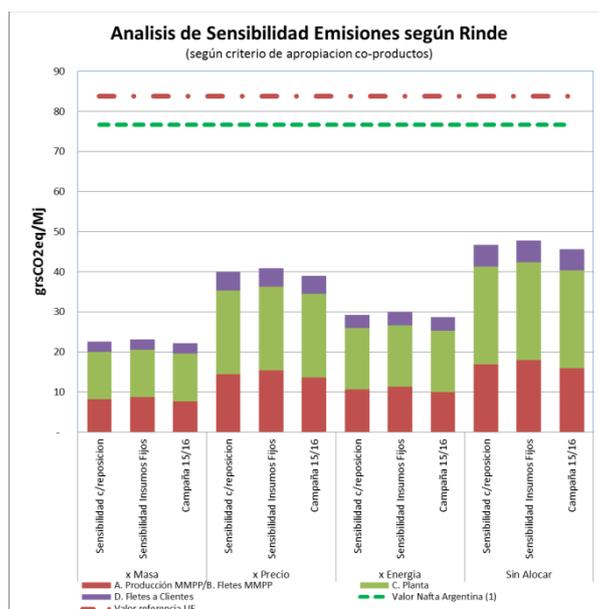


Figura 4 Gráfico comparativo del efecto sobre la emisión global y la reducción de GHG en comparación con el valor default de la UE tomando un rendimiento ponderado promedio de 6350 kg/ha

Se efectuó un segundo ejercicio reduciendo el rendimiento ponderado promedio en un 62 % (2934 kg/ha) a fin de representar el mayor diferencial de la serie de tiempo considerado. En este caso extremo la reducción de emisiones globales de la empresa seguiría cumpliendo con los requisitos de la Unión Europea hasta el 2017 ya que con una reducción de emisiones del 50% estaría comprendido en el límite del 50 % de la normativa. Si se toma en cuenta un ajuste en el paquete tecnológico empleado para esta situación en particular la producción de bioetanol de ACABIO seguiría cumpliendo con las exigencias de la normativa Europea para el año 2017 una de las más altas a nivel mundial equiparables a las exigidas a combustibles avanzados o de segunda generación. Esto muestra la robustez del proceso integral de transformación de maíz de ACABIO ya que en dichos casos extremos se podría tomar la decisión de alterar la cuenca de abastecimiento pudiendo incrementar su reducción de emisiones en forma rápida. En este ejercicio con insumos fijos hecho improbable dado el incremento de certeza en los pronósticos a mediano plazo la emisión total alcanzaría a 175.748 T eq CO₂ con una reducción de emisiones del 50 %. Dichas emisiones con ajuste de paquete tecnológico se reducirían a 153.106 T eq CO₂ y una reducción global del 56 %.

Tabla 6 Cálculo de las emisiones de la producción de maíz a campo con la máxima merma de rendimientos de la serie

ANÁLISIS SENSIBILIDAD SEGÚN RINDE ACTIVIDADES ACABIO - CAMPAÑA 2015/16

	Rinde (Kgs/Ha)	2.934	% merma rendimiento	62,0%	Campaña 2015/16	7.721	Promeu ca
	Sensibilidad con Reposicion		Sensibilidad Insumos Fijos				
	TOTAL (TnCO ₂ eq)	153.106	%	TOTAL (TnCO ₂ eq)	175.748	%	TOTAL (TnCO ₂ eq)
Emisiones Campaña 2015/16							130.546
A. Producción MMPP	64.696	42%	87.337	50%	42.135	32%	
1. Emisiones Residuos de cosecha	17.258	11%	17.258	10%	15.461	12%	
2. Emisiones Fertilización	11.274	7%	28.756	16%	10.710	8%	
3. Emisiones Uso de combustibles	9.556	6%	9.556	5%	3.557	3%	
A. Abastecimiento Materias Primas (Produccion Maiz)							
4. Emisiones Produccion de Combustib	925	1%	925	1%	344	0%	
5. Emisiones Produccion de Agroquimi	19.077	12%	19.077	11%	7.230	6%	
6. Emisiones Produccion de Fertilizant	2.317	2%	7.477	4%	3.045	2%	
7. Emisiones Produccion de Semilla	4.288	3%	4.288	2%	1.575	1%	
8. Emisiones Estructura Campos	-	0%	-	0%	212	0%	

Tabla 7 Cálculo de la reducción de emisiones límite para la Unión Europea 2018 con la máxima merma de rendimiento

	Apropiación por energía de acuerdo a la UE		
Etapa	Sensibilidad c/reposicion	Sensibilidad Insumos Fijos	Campaña 15/16
A. Producción MMPP/B. Fletes MMPP	15	20	10
C. Planta	15	15	15
D. Fletes a Clientes	3	3	3
Total	34	39	29
Valor Nafta Argentina (1)	77	77	77
Reduccion de emisiones	56%	50%	63%
Valor referencia Union Europea(2)	84	84	84
Reduccion de emisiones	56%	50%	61%

(1) Valores según Balance Energético Nacional - SE y Tercera Comunicación Nacional - SAyDS. Incluye Emisiones Extracción y Refinación

(2) Directiva Europea - Anexo V - Art. 19

En todos los cálculos de sensibilidad no se han tenido en cuenta el crédito posible de emisiones proveniente de la recuperación y empleo del dióxido de carbono en la biorefinería. Las emisiones “evitadas” por no producir CO₂ a partir de Gas Natural y reemplazarlo con el CO₂ proveniente de la fermentación de maíz fueron de 1,19 kgCO₂eq/Kg CO₂ purificado, lo cual multiplicado por la producción del período resultó en un “ahorro” estimado de 13.588 tnCO₂eq. Si se tomaran en cuenta dichos créditos la planta podría soportar mayores mermas de rendimiento por hectárea manteniendo los niveles de reducción de emisiones por encima de lo establecido por la Unión Europea. Se calculó para este fin el mínimo rendimiento admisible que se pudiera producir en la cuenca de abastecimiento tomando en cuenta este crédito arrojando este cálculo un rendimiento de 4750 kg/ha lo cual representa una merma del 38,5 % respecto al rendimiento de la presenta campaña. Tomando en cuenta la máxima merma en la cuenca, en la serie de años analizados las reducciones de emisiones finales que se alcanzarían, representaría reducciones del 53 % para insumos fijos y 59 % para insumos variables.

En función del peso relativo que tienen los impactos de la producción primaria sería deseable incrementar el número de proveedores relevados en la cuenca de abastecimiento para representar un mayor volumen de ingreso de materia prima. Este proceso implica organizar la toma de información de cada proveedor en forma individual con la debida trazabilidad de los datos en el sistema

Este objetivo es muy importante en particular para el hemisferio Sur ya que la zona de producción se ve gravemente afectada por fenómenos niña/niño. Esta variación tampoco es homogénea en toda la cuenca de abastecimiento de la empresa por lo tanto, incrementar la cantidad de información obtenida tiene suma importancia.

Sumada a la variación de rinde de los factores claves que se han identificado que intervienen en el rinde de los maíces (precipitación, genética adaptada a los diferentes ambientes de suelos, manejo de fertilizantes y herbicidas, ajuste de densidad de siembra, rotaciones, etc), se ha probado que la mayor variabilidad esta explicada por el clima local presente en cada campaña.

Los techos que pueden alcanzarse en los cultivos de siembra temprana son más altos pero la dispersión por razones climáticas entre campañas es mucho más alta. Adicionalmente los cultivos de

siembra tardía presentan rindes más estables entre campañas. Las diferencias citadas pueden también influir en el paquete tecnológico finalmente aplicado en cada establecimiento y por ende esto tiene impacto sobre el total de energía empleado así como el nivel de emisiones totales producidas. Los paquetes tecnológicos por zonas son diferentes de acuerdo al riesgo en la variación de rendimientos y a las expectativas de lluvia del año considerado y esto también afecta el cálculo total de emisiones.

Conclusiones

La metodología desarrollada e implementada ha permitido lograr una mayor certidumbre en los resultados obtenidos. Siendo este un tema de alta importancia, cuando dichos resultados están ligados a restricciones de índole comercial de alguno de los productos generados por la biorefinería, como el bioetanol en este caso.

Los resultados del nivel de emisiones logrado, se consideran robustos, en función de la consideración de las particularidades espacio-temporales analizadas en la cuenca de abastecimiento de la biorefinería.

Se requiere seguir profundizando en la representatividad y trazabilidad de la información a campo, a pesar que los cruces de información desarrollados permitieron constatar que se alcanzó un adecuado nivel de representatividad.

Para este tipo de productos de origen agropecuario se requiere del desarrollo de reglas de categoría de producto (PCRs) que integren al cálculo este tipo de consideraciones.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

**REVISIÓN DE LAS CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS UTILIZADAS EN ESTUDIOS
AMBIENTALES CON ENFOQUE DE CICLO DE VIDA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE
BIOCOMBUSTIBLES DE TERCERA GENERACIÓN**

P.D. Rodríguez^{1,2}, A.P. Arena^{1,2}, B.M. Civit^{2,1}, R. Piastrellini^{1,2}

¹Grupo CLIOPE (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza) Av. Carlos Thays s/n, Parque General San Martín – 5500 Mendoza – Argentina ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) pdrodriguez@mendoza-conicet.gob.ar- (0261) 5244693

Resumen

Los problemas ambientales asociados al uso de combustibles fósiles, sumados a la creciente demanda energética de la población mundial, señalan la necesidad de utilizar energías alternativas. En este escenario, los combustibles líquidos derivados de biomasa (biocombustibles), como el biodiesel y el etanol, cobran relevancia como sustitutos de los combustibles tradicionales, con una producción creciente en los últimos años.

Los biocombustibles pueden ser obtenidos a partir de varias materias primas: cultivos comestibles, cultivos no comestibles y microalgas (primera, segunda y tercera generación de biocombustibles, respectivamente). Actualmente, los biocombustibles de primera generación enfrentan una serie de controversias, entre las que se destacan el cambio en el uso del suelo, el consumo de agua y la competencia con la producción de alimentos. Es por ello que los estudios se focalizan en el desarrollo de biocombustibles obtenidos a partir de materias primas alternativas, como los de segunda y tercera generación. Sin embargo, la segunda generación también requiere el uso de tierras y agua para su producción. Esta situación ha provocado que, en años recientes, las microalgas hayan sido consideradas como la fuente de biomasa óptima para la obtención de biocombustibles, principalmente biodiesel.

El interés en los biocombustibles de tercera generación ha incrementado el número de publicaciones sobre ellos. Gran parte de estas publicaciones ha utilizado el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como herramienta para evaluar los impactos ambientales asociados a la producción de estos biocombustibles, siendo usual que los resultados de diversos estudios se confronten, con el objeto de arribar a conclusiones generalizadas sobre ellos. Si bien el ACV puede utilizarse para comparar productos o sistemas, la equivalencia de los sistemas a comparar debe evaluarse antes de interpretar los resultados. Los sistemas deben ser comparados utilizando la misma unidad funcional (unidad de referencia) y consideraciones metodológicas equivalentes.

A pesar de los esfuerzos realizados, desde la perspectiva energética y ambiental no existen conclusiones generales acerca de los biocombustibles de tercera generación. Se ha notado que existe heterogeneidad en las consideraciones metodológicas y supuestos adoptados en los distintos estudios. Por ello, este trabajo tiene como objetivos hallar las principales fuentes de incompatibilidad entre los estudios de ACV de sistemas de producción de microalgas en fotobiorreactores (FBR) con fines energéticos y proponer recomendaciones que permitan armonizar futuros estudios.

Para abordar estos objetivos, se realizó una amplia revisión de la bibliografía que reporta estudios con enfoque de ciclo de vida de sistemas de producción de microalgas con fines energéticos. Se seleccionaron todas aquellas publicaciones que consideran el cultivo de microalgas en sistemas cerrados, esto es FBR de cualquier configuración, resultando 12 publicaciones elegidas. Estas se

evaluaron en base a los lineamientos propuestos por las normas ISO 14040:2006 y 14044:2006 (ISO,2006) para la realización de estudios de ACV.

Los resultados indican que el alcance de los estudios, los procedimientos de asignación de cargas ambientales utilizados, las fuentes de datos y las categorías de impacto escogidas difieren ampliamente entre ellos, imposibilitando su comparación para llegar a conclusiones confiables sobre estos sistemas. Por lo tanto, es necesario armonizar los futuros estudios de ACV de biocombustibles de tercera generación, para lo que se proponen una serie de recomendaciones. Entre ellas se destacan: la inclusión dentro de los límites del sistema de los procesos de conversión de la biomasa en productos energéticos y la selección de unidades funcionales en base energética.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

HUELLA DE AGUA

EVALUACION DE LA HUELLA DE AGUA DE QUESOS DE PASTA SEMIDURA

Claudia FALABELLA*(1), Justina GARRO(2), Mariel KORB(3), Mariano MINAGLIA(4), Leticia TUNINETTI(5), Marina CORNACCHINI(6), Juan DI RISIO(6), Antonio TOLEDO(6), Ivana NIETO(7), Leandro AGUILAR(7), Víctor GOICOA(3), Lucas ZUBIAURRE(8), Pablo PIACENTINI(9), Maximiliano ZITO(10).

(1)INTI Agroalimentos,(2)INTI Ambiente,(3)INTI San Luis,(4)INTI Entre Ríos,(5)INTI Córdoba, (6)INTI Lácteos PTM,(7)INTI Lácteos Rafaela,(8)INTI Mar del Plata,(9)INTI Carnes, (10)INTI Diseño Industrial leticiat@inti.gov.ar

Resumen

La Comisión de Huella Hídrica de Alimentos (COHHAL) del INTI se propuso llevar adelante el cálculo de Huella de agua de un producto agroalimentario de consumo masivo, adoptando para ello la metodología basada en el Análisis de Ciclo de Vida, bajo la norma ISO 14046:2014, cubriendo atributos ambientales como por ejemplo la disponibilidad del agua bajo la categoría de impacto “huella de agua por escasez” (Índice de estrés hídrico, Pfister 2009) y degradación, en las categorías huella de agua por acidificación (Impact 2002+), Eutrofización (Recipe), Ecotoxicidad y Toxicidad Humana (Usetox). Considerando como unidad funcional (UF) a un kilogramo de queso de pasta semidura tipo “Gouda” en la puerta de la fábrica, se estudiaron tres niveles productivos diferentes (Tabla 1). Se realizaron relevamientos de información in situ en cada empresa, entre los años 2015 y 2016, completando la información con fuentes de referencia nacional y perfiles ambientales de la base de datos EcoInvent v3, ClimWat 2.0® y Cropwat 8.0® (FAO).

Tabla 1. Niveles productivos estudiados. Tipo de producción Ubicación de la empresa Procesamiento de leche (L/día) Artesanal La Punilla, San Luis 650 Semi Industrial Nogoyá, Entre Ríos 1.210 Industrial Tandil, Buenos Aires 2.250

Se incluyeron en el alcance las etapas de: 1) Producción animal: que tiene en cuenta la alimentación con pasturas, granos y balanceado; el agua para bebida y las emisiones derivadas de la fermentación entérica y de las deposiciones de los rumiantes; 2) Tambo: que contempla consumos de energía para el funcionamiento de las máquinas de ordeño y para la obtención de calor, el consumo de agua y la generación de efluentes derivados de la limpieza; 3) Producción de quesos: donde la leche atraviesa una serie de operaciones, utilizando energía eléctrica, calor, agua, materias primas y productos químicos para limpieza y se generan efluentes y coproductos, entre ellos, el suero de quesería. En la etapa de producción animal se utilizó el criterio económico para asignar las cargas a las salidas “leche, “carne” y “ternero”. En la etapa industrial la asignación a “queso”, “suero” y “otros productos derivados” se realizó de acuerdo al contenido de grasa y proteína de cada una de las fracciones. Analizando los tres niveles productivos y su relación con el recurso hídrico expresado como “Huella de Agua directa”, en litros agua/kg de queso, resulta que el caso de Tandil es el que tiene mayor valor con 180 l/kg, seguido de Nogoyá con 64 l/kg y La Punilla con 50 l/kg. Así, el caso de mayor complejidad en la cadena de valor (Tandil) contribuye con mayor impacto como “agua privada” para otros usos dentro de la misma cuenca hidrográfica. Respecto a las categorías de impacto en relación con la degradación del agua (Figura 1), podemos resaltar el aporte importante de componentes que contribuyen a la eutrofización en las etapas primarias de la cadena; en el caso de Nogoyá se debe a la alimentación de las vacas lecheras con

granos y otros cultivos que implican el uso de fertilizantes. En La Punilla y Tandil existe una contribución importante de nutrientes al efluente del tambo. Tanto para ecotoxicidad como acidificación en los dos casos con tecnologías menos desarrolladas (La Punilla y Nogoyá), se advierte mayor aporte a la primera categoría de impacto de la etapa alimentación de animales, debido al uso de pesticidas y fertilizantes en los cultivos y a causa de las deposiciones (orina y estiércol) a la segunda categoría. En el caso de Tandil, las etapas definidas en el alcance aportan con similar relevancia a las categorías antes mencionadas; mientras que en la etapa de alimentación animal son válidas consideraciones análogas a las anteriores, en el caso del tambo y la quesería, la contribución se debe al uso de combustibles GLP y leña. Finalmente la categoría de impacto toxicidad humana se destaca en el tambo en los tres casos y se asocia al uso de GLP debido a la extracción del crudo en yacimiento.

El caso de Tandil, que responde a un nivel de producción de quesos más desarrollado, contribuye fuertemente con su etapa industrial a la mayoría de las categorías de impactos; mientras que en los casos con tecnologías menos desarrolladas, se destacan las emisiones en etapas primarias (alimentación animal y tambo). A nivel de Gestión Integrada del Recurso Hídrico en una cuenca es necesario contar con métodos más sensibles, datos regionalizados y mayor número de estudios para poder evaluar la sinergia de los impactos en ella.

Figura 1. Categorías de Impactos ambientales en los casos de estudio.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

**VALORACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PRIMARIA DE
LECHE DE LA CUENCA CENTRAL ARGENTINA**

GIMENEZ^{1,2}, Gustavo D., ¹LITWIN, Gabriela M., ¹MAEKAWA, Marina, ³ALVAREZ, Hugo J.,
¹BUTARELLI, Silvina L., ¹CENTENO, Alejandro R., ¹CHARLÓN, Verónica, ¹ENGLER, Patricia L.,
¹ESNAOLA, Ignacio, ¹MORETTO, Mónica L., ¹TIERI, María P.

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. ² Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Veterinarias. ³ Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Agrarias.
Teléfono de contacto: 54-341-6227148. E-mail: gimenez.gustavo@inta.gob.ar

Resumen

A partir de la ponderación del Cambio Climático como indicador de deterioro ambiental se realizaron múltiples investigaciones, provocando un gran impacto social aquellas relacionadas a la participación de los rumiantes, especialmente ganado bovino, en las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI). Tomando como piedra angular “La larga sombra del ganado” (Steinfeld *et al*, 2006), se realizaron variados estudios destinados a evaluar la real incidencia del vacuno a partir de sus emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

En un contexto global que exige producir bienes de consumo agropecuarios con el menor impacto ambiental posible, los sistemas primarios de producción como el tambo, deben garantizar que lo producido (la leche en este caso), además de su condición de inocuidad y salubridad, sea obtenido en un marco de respeto y cuidado por el ambiente.

Gimenez (2017) realizando evaluaciones de sustentabilidad en cuatro casos representativos de los sistemas lecheros en la Cuenca Sur santafesina obtuvo resultados que en la dimensión ecológico-ambiental advertían sobre un elevado consumo energético, con baja eficiencia y escasa aplicación de fuentes alternativas/renovables. En dicha evaluación utilizó herramientas variadas, como MESMIS y Agro Eco Index ®.

La Huella de Carbono puede ser definida como un indicador de sostenibilidad que cuantifica las emisiones directas e indirectas de los gases de efecto invernadero que son liberadas a la atmósfera, como consecuencia de cualquier actividad humana, medidas en kilogramos o toneladas de CO₂ o CO₂ equivalente (Wiedemann y Minx, 2007).

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), a partir de un relevamiento propuesto por el equipo de trabajo del Proyecto Nacional 1126043 “Sustentabilidad de los sistemas de producción de leche bovina en Argentina” (INTA, 2013), evaluó indicadores de sustentabilidad en doce tambos (lecherías) situados en la Cuenca Lechera Central, que abarca las provincias de Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y Buenos Aires. Los establecimientos presentaron características diferenciadas principalmente por carga animal, nivel de suplementación alimentaria del rodeo lechero y productividad de leche anual.

Dentro de los atributos ecológico-ambientales, uno de los indicadores valorizados fue la emisión de GEI, utilizando para tal fin el “Calculador de emisiones para tambos”, herramienta metodológica desarrollada por AACREA (2007) para evaluar este indicador ambiental en tambos. Para su cálculo se siguieron los pasos metodológicos sugeridos por la guía PAS 2050 (PAS 2050, 2008).

El *software* se basa en planillas de *Microsoft Excel*®, donde la carga de datos de cada establecimiento se traduce en las emisiones de GEI en tres estaciones: materias primas (CO₂ derivado de la energía utilizada para laboreo, cosecha y secado; N₂O liberado por fertilizantes sintéticos y residuos de cosecha); tambo (CO₂ de la energía utilizada, CH₄ de fermentación entérica y del estiércol, N₂O del estiércol) y fábrica (a partir de las emisiones de CH₄ y CO₂, procedentes de la gestión de efluentes líquidos y gasto energético, respectivamente).

El trabajo requirió recolectar información referida a instalaciones, rodeo y manejo alimentario y sanitario del mismo, planteo técnico de la superficie en cultivos y forrajes, con sus correspondientes prácticas culturales, manejo de estiércol y efluentes. La misma permitió desarrollar una línea de trabajo específica cuyo objetivo planteado fue evaluar la Huella de Carbono para los 12 casos estudiados en la cuenca, referida al período 2015.

Las variables utilizadas fueron: emisiones de GEI a niveles absoluto (expresada en Tn CO₂ Eq/año) y relativo (kg CO₂ Eq/ l leche producidos), producción (l leche/año) y productividad (l/haVT/año) y carga animal, (VT/haVT). (Ver Gráfico N° 1 en anexo).

Los resultados obtenidos sugieren que en los casos estudiados la Huella de Carbono de un establecimiento lechero de la Cuenca Central promedia una emisión de 975 Tn CO₂ Eq/año, a razón de 0,90 kg CO₂ Eq/l leche producido.

Los principales factores de emisión correspondieron a la estación tambo, donde la fermentación entérica de los animales explicó el 51% de los gases emitidos; en tanto que el estiércol (en pasturas y su manejo) representó aproximadamente un 26%. El 23% restante correspondió a consumo energético, efluentes y fertilizantes.

Tomando como principal criterio de intensificación del sistema la variable de carga animal, se observó una correlación positiva con la productividad ($r=0,91$). Con respecto a la Huella de Carbono, el valor total fue superior en los sistemas de mayor intensificación que en los menos intensificados; no así la huella relativa, que se correlacionó negativamente con las variables carga animal y productividad ($r=-0,42$ y $r=-0,60$).

Se concluye que la herramienta permitió un relevamiento práctico a nivel predial, a la vez que los resultados estiman una huella sensiblemente inferior a las consignadas en bibliografía internacional referida al tema.

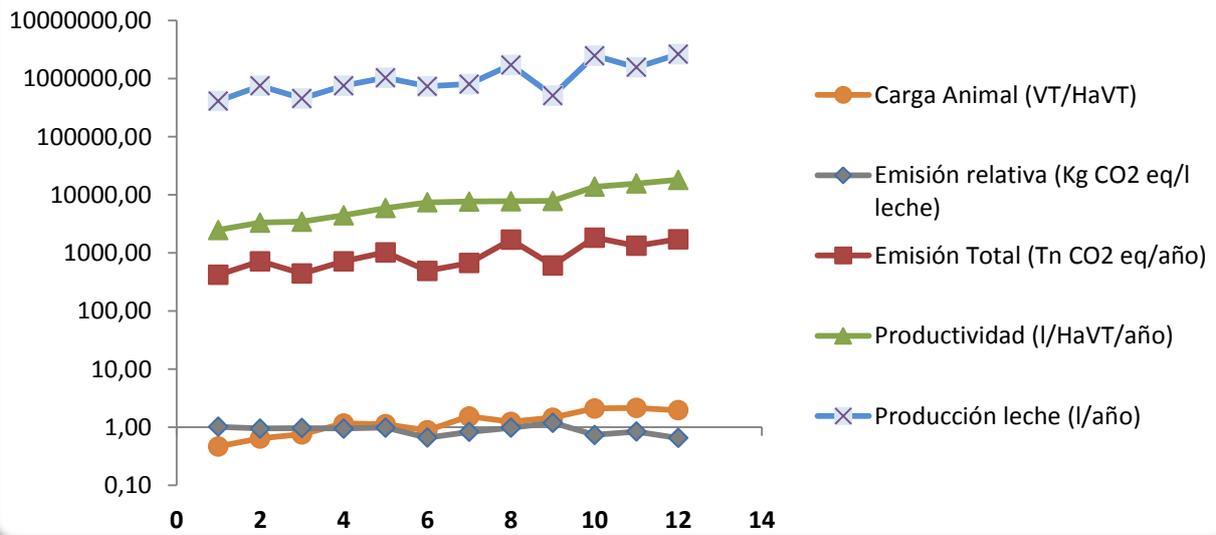
El actual modelo de explotación de base pastoril es susceptible de mejorarse a partir de criterios de intensificación que optimicen la productividad del sistema.

Palabras clave: producción lechera, sustentabilidad, huella de carbono.

ANEXO

Gráfico N°1: Valoración de Huella de Carbono total y relativa en establecimientos lecheros de la Cuenca Central Argentina para el período 2015.

Valoración de la Huella de Carbono total y relativa en establecimientos lecheros de la Cuenca Central. Período 2015



Referencias: VT: Vaca Total; HaVT: Hectárea Vaca Total; Kg CO₂ eq: Kilogramos de CO₂ equivalente; l: Litro/s; Tn CO₂ eq: Toneladas de CO₂ equivalente

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

HUELLA HÍDRICA

EVALUACIÓN DE HUELLA HÍDRICA DE LA ALFALFA PARA UNA MEJOR ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Alicia ANSCHAU ⁽¹⁾, Rodolfo BONGIOVANNI ⁽²⁾

(1) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Clima y Agua, Castelar (2) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Manfredi, Córdoba
bongiovanni.rodolfo@inta.gob.ar

Resumen

Este trabajo tiene por objetivo analizar la huella hídrica verde, azul y gris del cultivo de alfalfa, tanto a secano como bajo riego, en la zona de Manfredi, Córdoba, Argentina, sede de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA, dentro del Departamento Río Segundo, formando parte del Territorio Agrícola-Ganadero Central de Córdoba. La temperatura media es de 16,5 °C, con un período libre de heladas de 255 a 270 días y precipitaciones promedio de 650 mm, de distribución estacional tipo monzónico. El 67,2% de los suelos son clase III aptos para agricultura. Los suelos ganaderos ocupan un 28,1% (clase VI y VII), mientras que el resto corresponde a suelos no aptos para uso agropecuario. En este territorio hay dos cuencas lecheras: Centro, con 18,9% de establecimientos con actividad tambo en el 2012 y Villa María, con el 14,7% de tambos. La producción de alfalfa en este territorio tiene una participación relevante dentro de la distribución de cultivos implantados. Según el INDEC (2010), la superficie destinada a este cultivo en el área analizada fue de 62.516 ha para alfalfa pura y de 6.111 ha para la consociada, concentradas en los departamentos Río Segundo, Tercero Arriba y Río Primero. La mayor parte de la superficie implantada se destina al corte-henificación, siendo la confección de fardos y rollos el producto de mayor relevancia y la de megafardos, en un porcentaje menor (Barberis, Odorizzi, Arolfo, Basigalup, & Sánchez, 2015).

Para la producción de alfalfa en Manfredi, se realiza un análisis de suelo antes de la siembra para realizar la fertilización necesaria y otro análisis de suelo año por medio para mantener la fertilidad. En este caso, se considera la aplicación de fertilizante fosforado al momento de la siembra. Para la siembra se usan 12 kg por hectárea de semilla fiscalizada, inoculada y pelleteada (con resistencia a plagas y enfermedades). La siembra directa se realiza en el mes de marzo, en suelo profundo, bien drenado, con pH de 6,5 a 7,5, baja cantidad de rastrojos en superficie con especial cuidado en la profundidad de siembra lograda (0,5 a 1,5 cm de profundidad). Previo a la siembra se hace un control químico (barbecho químico) de malezas, como así también se contempla el uso de herbicidas post-emergentes y de aficidas. La vida útil del alfalfar que se contempla para este modelo es de tres años. Se considera un rendimiento de 12, 15 y 13 t ha/año de materia seca (MS) para el primero, segundo y tercer año respectivamente. Los fardos que se obtienen tienen un peso promedio de 22 kg, mientras que los rollos son de 500 kg, al igual que los megafardos. El megafardo es de calidad superior al rollo, porque se confecciona más seco, aunque requiere más cuidados durante el almacenaje (Barberis et al, 2015).

Para la producción de alfalfa bajo riego se usó como referencia el trabajo de Barrenecha, Centeno, & Monetti (1999), con diferencias de rendimiento promedio de 48,21% por sobre el rendimiento a secano. Si bien existen otras referencias bibliográficas, esta es la única experiencia documentada de producción de alfalfa bajo riego en la zona.

Para calcular las huellas hídricas verde y azul del cultivo se utilizó el software Cropwat 8.0, desarrollado por FAO para estimar los requerimientos de agua para cultivos a partir de variables climáticas, edáficas y ecofisiológicas. Los datos climáticos fueron obtenidos a partir de las estaciones meteorológicas de Manfredi, Pilar (Córdoba) y del Aeropuerto Córdoba. Las variables edáficas se definieron considerando

el Atlas de Suelos de INTA y sus actualizaciones (Espíndola et al., 2014), mientras que las variables ecofisiológicas contenidas en la base de datos Cropwat/FAO fueron revisadas con especialistas de INTA Manfredi.

Tabla 8: Datos requeridos para el cálculo de las huellas hídricas verde y azul

Datos climáticos	Datos de cultivo	Suelo
temperatura máxima	coeficiente del cultivo (Kc)	tipo de suelo
temperatura mínima	días de estadios fenológicos	contenido de humedad
temperatura promedio	fecha de siembra	máxima infiltración
Precipitación	profundidad de la raíz	profundidad máxima de la raíz
humedad relativa	altura de cultivo a la cosecha	% de humedad inicial del suelo
horas de insolación	punto de marchitez	
velocidad de viento	rendimiento	

Para que el trabajo sea representativo y refleje las variaciones climáticas de la zona, se estudió el cultivo de alfalfa durante un periodo seco (años 2003, 2004 y 2005), un período intermedio (años 2006, 2007 y 2008); y uno húmedo (2014, 2015 y 2016).

Para determinar la huella hídrica gris, se consideró la aplicación de fertilizantes fosforados, estableciendo para ello coeficiente de lixiviación del 3% y una concentración máxima permitida de 4 mg/l (Franke, 2013).

En las tablas 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos para las huellas hídricas verde, azul y gris, en la producción de alfalfa en regímenes de secano y riego respectivamente.

Tabla 9: Huella hídrica de la producción de alfalfa bajo régimen de secano en Argentina

SECANO		HHV (m3/t)	HHA (m3/t)	HHG (m3/t)	HHTotal
Seco	2003	757.50		91.13	848.63
	2004	902.44		48.69	951.13
	2005	728.37		47.61	775.98
Medio	2006	728.37		83.85	812.22
	2007	826.37		47.41	873.78
	2008	908.32		47.61	955.93
Húmedo	2014	562.21		75.41	637.62
	2015	812.07		38.15	850.22
	2016	927.27		41.85	969.12

Tabla 10: Huella hídrica de la producción de alfalfa bajo riego en Argentina

RIEGO		HHV (m3/t)	HHA (m3/t)	HHG (m3/t)	HHTotal
Seco	2003	139.83	382.42	37.45	559.70
	2004	472.87	341.07	29.96	843.90
	2005	619.31	263.77	34.57	917.65
Medio	2006	246.75	317.00	37.45	601.20
	2007	440.27	292.67	29.96	762.90
	2008	481.93	302.53	34.57	819.03
Húmedo	2014	355.42	221.00	37.45	613.87
	2015	488.27	226.53	29.96	744.76
	2016	683.31	151.00	34.57	868.88

Considerando todos los cortes (cosechas) que se realizan a lo largo de los 3 años que dura la plantación de alfalfa, se puede apreciar que la huella hídrica del cultivo en nuestro país oscila entre los 820 y 880 m3/t si el cultivo se practica bajo un régimen de secano. Estas oscilaciones responden a la variabilidad climática que se presenta entre años Niño / Niña. Al aplicar riego, esta huella puede disminuir hasta ubicarse entre los 730 y 775 m3/t tal como se puede apreciar en la figura 1.

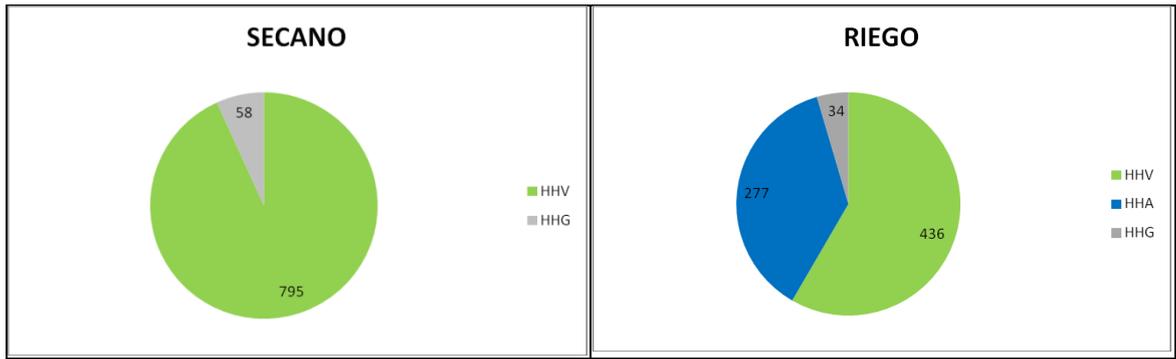


Figura 5: Huellas hídricas verde, azul y gris de la producción de alfalfa en Argentina (m3/t)
 Palabras clave: *Medicago sativa*, Córdoba, Argentina, forraje, fardo, rollo.

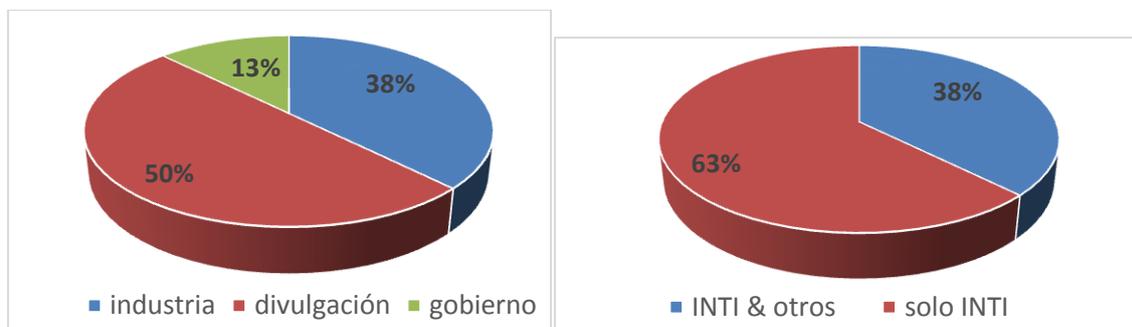
2. ACV -Destino alternativo de los Sueros de queserías de la provincia de Córdoba. Trabajado con APYMEL y PYLACOR.
3. HC – Cerveza envasada en Lata de aluminio descartable y en Botella de vidrio retornable. Trabajo para CCU Argentina.
4. HH - Tres quesos de pasta semidura en cuencas lecheras de Buenos Aires, Entre Ríos y San Luis de Argentina.
5. HC - Cadena productiva del Maní. Trabajo con la Cámara del Maní y el INTA.
6. HC - Monocomando de Grifería domiciliaria. Trabajo para FV.
7. HC - Dos válvulas de calefón, una automática y otra manual. Trabajo para Tonka.
8. ACV -Aerogenerador de baja potencia (1,3 kW) de fabricación nacional. Trabajo con Grupo CLIOPE UTN-FRM.

Estudios sectoriales y regionales

9. ACV -Destino de la fracción orgánica de los residuos domésticos. Compostaje domiciliario vs. enterramiento sanitario.
10. ACV -Destino de los RSU para Valorización energética (VE) y para Enterramiento sanitario (ES). En conjunto con la UTN.
11. HC - Cadena del Algodón, con escenario complementario de (etapa de uso) de un pantalón de jean. En conjunto con INTA
12. ACV -Cadena Global de Valor (CGV) de aerogeneradores de baja potencia de fabricación nacional. Trabajo en conjunto con UTN-FRM.

Meta-Análisis sectoriales y/o regionales

13. Agro-combustibles vs. Petro-combustibles. Gases Efecto Invernadero en agro-combustible de soja. Interpretaciones Art 7a (5) Directiva 2009/30/CE.
14. Tratamientos térmicos (TT) para valorizar energéticamente los residuos sólidos urbanos (VERSU).
15. Uso de bolsas para el acarreo de compras. Revisión bajo la perspectiva a) impacto ambiental de distintas alternativas, y b) posibles intervenciones desde el Estado. Trabajo para Municipios de Rosario y de Córdoba.
16. Uso racional y eficiente de la energética en la cadena agro-alimentaria. Revisión desde la mirada del consumidor. Trabajo con WUR de Holanda.



Capacitación & Divulgación

1. Capacita a terceros, por ejemplo realizando talleres-teóricos prácticos durante 2013 y 2015 con orientación a la industria de la construcción y en 2016 sobre Innovación Sustentable.
2. Contribuye en la homologación e inserción con estándares internacionales, de los estudios de casos realizados en país; publicando en 2015 el documento “Compilación de Casos realizados en Análisis de Ciclo de Vida de Producto, Huella de Carbono y Huella Hídrica en Argentina en el período 1999-2014”, y realizando ejercicios-ensayos para insertarlos en Bases de Datos internacionales.
3. Aporta en el desarrollo de factores de caracterización nacionales & locales para distintas categorías de impacto ambiental, liderado por Grupo CLIOPE UTN-FRC.
4. Contribuye con la divulgación a través de la organización de los encuentros de la “Red Nacional de Ciclo de Vida (ENARCIV)” y de “Life Cycle Assessment & Water Footprint Network” en Argentina durante 2013, 2014, 2015 y 2016.
5. Difunde la metodología en ámbitos de asesoramiento a gobiernos como el Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de Argentina en el marco de “Compras Públicas Sostenibles y Ecoetiquetado” y en el Congreso Intermunicipal de Políticas Ambientales de las comunas de la provincia de Buenos Aires en 2016.

Coordinación institucional

Para coordinar todas estas actividades el INTI cuenta con la Subgerencia de Ambiente de la Gerencia de Calidad y Ambiente que, además de articular con Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Argentina y con áreas ambientales provinciales del país, integra el Sistema Nacional de Indicadores de Desarrollo Sostenible y la Comisión Nacional para la Preservación de la Biodiversidad (CONADIBIO).

Palabras clave: ACV, INTI, capacidad, servicios, industria.

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

HUELLA DE CARBONO

CONSIDERACIONES GENERALES RELATIVAS AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA
OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES COMESTIBLES USADOS Y GRASA BOVINA

Sofía GARRO^{1*}, Susana FELDMAN² y Rubén PIACENTINI³

^{1*} Almerix – Consultora - 27 de febrero 660 – (2126) Pueblo Esther – 0341 153234924 –
sofiagarro@almerix.com

² Biología, Facultad de Ciencias Agrarias, CIUNR; IICAR (UNR-CONICET).

³ Instituto de Física Rosario (IFIR CONICET– U.N. Rosario); Laboratorio de Eficiencia Energética, Sustentabilidad
y Cambio Climático, IMAE, FCEIA, U.N. Rosario.

Resumen

El uso de aceites usados y grasas bovinas para la producción de biodiesel resulta una opción interesante ante la demanda de energía con bajo impacto. En Argentina hay una alta producción de aceites, grandes generadores de aceites usados y la tecnología de conversión de aceite en biodiesel está probada y disponible en el país. En el año 2015 la producción de aceite de soja fue de 2.374.200 tn y la de aceite de girasol fue de 666.440 tn (CIARA , 2015), con un consumo estimado de aceites para alimentación de 11,40 Kg/hab/año (Ministerio de Agricultura, 2015). El consumo de aceite supone un problema cuando este se convierte en residuo. Actualmente, aunque se está trabajando activamente en muchos municipios del país para recuperar este residuo, una gran proporción de los aceites usados son vertidos al sistema cloacal, con un impacto negativo considerable en el ambiente y en el correcto funcionamiento de la red. En función de la población total y la fracción de aprovechamiento de dicha materia prima para su transformación en biodiesel, la producción máxima de este biocombustible en el país, sería al presente de unos 235 millones de litros de biodiesel/año, con un impacto positivo sobre el ambiente y la economía regional y nacional. La producción de carne bovina a lo largo del año 2016 alcanzó un volumen de aproximadamente 2,66 millones de toneladas res con hueso, en Argentina (IPCVA, 2016). Considerando que 31% de los animales faenados son terneros, 44% novillos y 25% restante corresponde a faena madura, y el porcentaje de grasa por tipo de animal, se pueden obtener unas 187.300 toneladas de grasa.

El presente trabajo tiene como propósito analizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la cadena de producción de biodiesel a partir de aceites usados y grasas, mediante un enfoque de análisis de ciclo de vida de la cuna a la tumba, comparándolo con las emisiones de combustibles fósiles (gasoil puro), para lo cual se seguirán las directrices del Protocolo de GEI para productos (WRI & WBCSD, 2011). La unidad de comparación será tn de CO₂ equivalente emitidas por litro de combustible en su ciclo de vida completo. Se consideraron los siguientes diagramas de flujo:

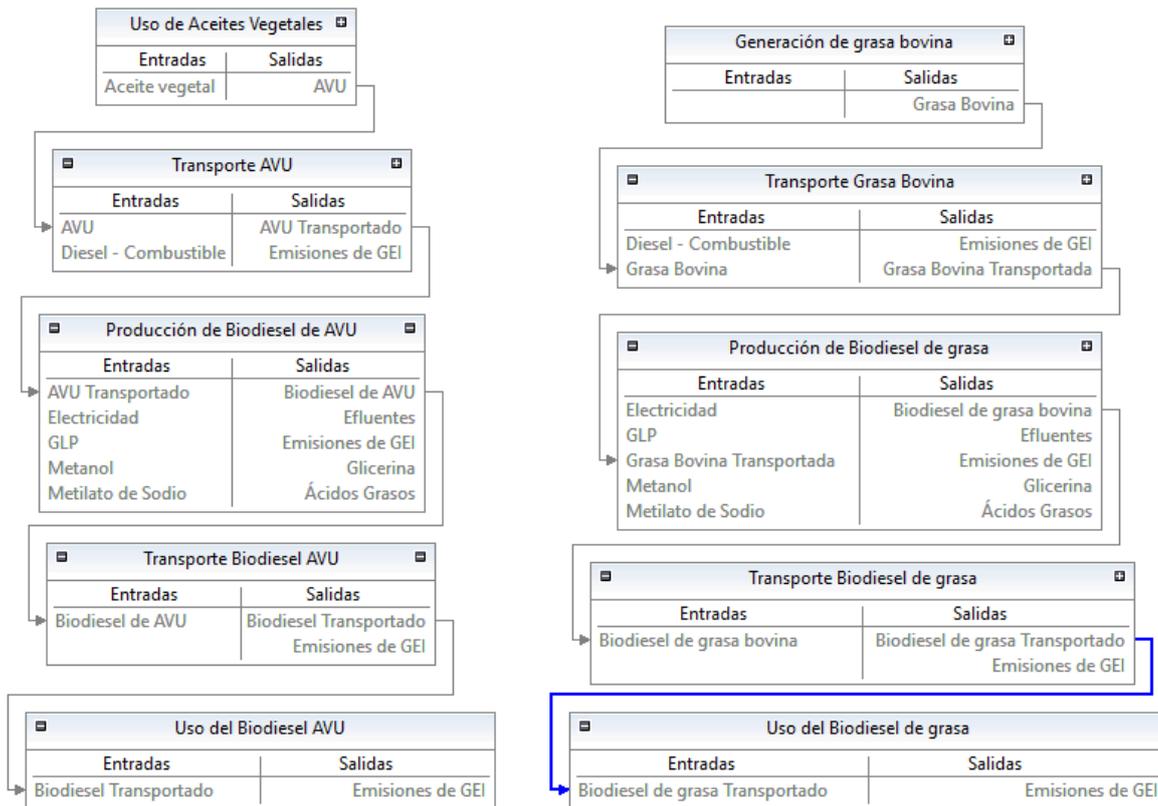


Figura I: diagrama de flujo para la obtención, distribución y uso de biodiesel a partir de aceites vegetales usados (AVU) (a) y grasa bovina (b), considerando las liberaciones de GEI asociadas a cada proceso.

Palabras clave: bioenergía, emisiones, gases de efecto invernadero, reciclado

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

EJE TEMÁTICO: CASO DE ESTUDIO INDUSTRIAL

**ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE DISTINTAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS
PARA LA COCCIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES**

S. Curadelli¹, R. Piastrellini^{1,2*}, A. P. Arena^{1,2}, M. López¹, B. Civit^{1,2}

¹ Grupo CLIOPE – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza. Cnel. Rodríguez 273 – C. P. 5500 – Mendoza, Argentina. Tel. 5244693

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CCT – Avenida Ruiz Leal s/n. C. P. 5500 – Mendoza, Argentina
roxana.ppp@gmail.com

Resumen

Antecedentes y objetivo: La fabricación de ladrillos cerámicos artesanales es una práctica habitual en los países en vías de desarrollo y particularmente en la provincia de Mendoza, Argentina. La actividad se caracteriza por la falta de innovación tecnológica. Las ladrilleras se instalan en un lugar y extraen recursos a un ritmo acelerado, principalmente suelo y biomasa sólida (leña). Cuando estos recursos se agotan, la fábrica desaparece dejando suelos erosionados, zonas deforestadas y altos niveles de contaminación en el aire. Estos impactos ambientales podrían reducirse a partir de cambios tecnológicos en etapas claves del proceso, orientados a reducir el consumo energético y optimizar el uso de recursos naturales. Estas medidas permitirían además mejorar la calidad del producto. En este contexto, en el presente trabajo se evalúan, desde el punto de vista ambiental, distintas alternativas tecnológicas para el proceso de cocción de ladrillos artesanales, considerando distintos combustibles: leña (combustible que se usa en la actualidad), biogás producido a partir de RSU y gas licuado de petróleo (GLP).

Metodología. Se realizó un Análisis de Ciclo de Vida comparativo de las tres tecnologías de cocción de acuerdo a las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006. Considerando que las opciones de análisis propuestas se desarrollan durante la etapa de producción, se determinó que el alcance del estudio sea “de la cuna a la puerta”. Se estableció como unidad funcional (UF) “1m² de muro de ladrillos macizos”, para el que son necesarios 50 ladrillos. Como regla de corte, se tomó el “1% en masa”. Los datos de inventario se obtuvieron a través de visitas a distintos hornos de producción de ladrillos ubicados en la zona de estudio. Con respecto a los escenarios alternativos, se asumió que el gas licuado de petróleo a granel (GLP) proviene de la refinería Luján de Cuyo (Mendoza), mientras que el biogás se obtiene a partir de residuos sólidos urbanos provenientes de un vertedero ubicado en la localidad El Borbollón (Mendoza). Se consideraron categorías de impacto para el enfoque *midpoint*, las cuales fueron seleccionadas siguiendo diversos criterios, como la relevancia ambiental, la pertinencia en el tipo de proceso evaluado, legislación y normativas, entre otros. La evaluación de impactos se realizó con el software SimaPro V. 8, a través del método ReCiPe.

Resultados y discusión: La alternativa más benigna desde el punto de vista ambiental resulta ser la cocción de ladrillos con biogás producido a partir de RSU de la zona (Figura 1). La alternativa más desfavorable es la cocción mediante el uso de GLP. Cuando se usa leña como combustible, la categoría de impacto más afectada es Toxicidad humana; mientras que cuando se usa LPG o biogás, la categoría más afectada es el Agotamiento de combustibles fósiles. En cuanto a la categoría Cambio climático, los

resultados confirman que el uso de leña como combustible en los hornos de ladrillos no es la alternativa más benigna.

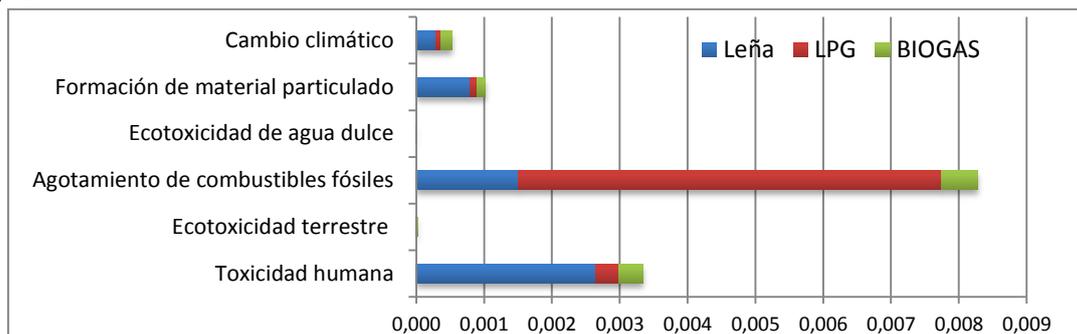


Figura 1: Resultados normalizados del impacto potencial en cada categoría por tipo de combustible.
Conclusiones: El estudio demuestra claramente que el proceso de producción de ladrillos artesanales vigente en Mendoza podría mejorarse sustancialmente desde el punto de vista ambiental, utilizando biogás como combustible de cocción, en lugar de leña. Se espera que los resultados encontrados brinden información objetiva y con base científica para la toma de decisiones y aplicación de políticas tendientes a mejorar la sustentabilidad del sector. Se sugiere complementarlo con un estudio de viabilidad técnico económica de las alternativas consideradas.
Palabras clave: impactos ambientales potenciales, cocción artesanal de ladrillos, combustibles alternativos.

En los últimos años, se han consolidado las metodologías de evaluación de impacto ambiental, conocidas bajo la denominación común de "huellas" que permiten evaluar de forma sistémica productos y servicios a lo largo de todo su ciclo de vida, para comprender cómo se relacionan con el ambiente. Cuánto y qué tipo de recursos consumen; si puede o no optimizarse su funcionamiento, distribución o disposición final; si sus piezas pueden ser recuperadas total o parcialmente; si su producción o uso puede consumir menos energía o recursos materiales o bien, si en una comparación integral de su función, resulta mejor o peor que sus alternativas. Por ejemplo: evaluación de diferentes tipos de energías renovables, o materiales alternativos para funciones equivalentes, o bien, identificación de impactos ocultos en sistemas "sustentables", entre otros).

La forma en que los productos o servicios pueden desarrollar y comunicar su perfil ambiental ha ido ajustándose a través de la existencia de normas y sistemas de certificaciones que comprenden los impactos del producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida, y que fueron motorizados principalmente por países desarrollados.

Entre el 13 y el 15 de Septiembre en el Centro Cultural de la Ciencia C3 (MinCyT), se llevó a cabo el ENARCIV2017 "La huellas ambientales de la generación de valor", VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y V Reunión de la Red Argentina de Huella Hídrica. El mismo reunió representantes del ámbito científico-técnico, gubernamental y empresarial, vinculados al desarrollo y aplicación de métricas de sustentabilidad basadas en Ciclo de Vida.

ISBN



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación