

Libro de Actas

Actas del X Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y del IX Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica

ENARCIV 2022

Córdoba, 3 y 4 de noviembre de 2022



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial

ISBN: 978-987-96657-7-0



Editores:

Bongiovanni, Rodolfo - INTA

Tuninetti, Leticia - INTI

Nardi, Noelia - INTA

Angelelli, Melina - INTI

Barrera, Veronica - INTI

Burroni, Laura - INTI

Lirio, Leda - INTI



ISBN 978-987-96657-7-0



Actas del X Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y del IX Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica : ENARCIV 2022 / Bongiovanni R.; Tuninetti L.; Nardi N.; Angelelli M.; Barrera V.; Burroni L.; Lirio L..[et al.]. - 1a ed compendiada. - Oncativo : Oncoi Tiú, 2023. Libro digital, DXReader

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-96657-7-0

1. Impacto Ambiental. I. Bongiovanni R.; Tuninetti L.; Nardi N.; Angelelli M.; Barrera V.; Burroni L.; Lirio L.
2. CDD 363.705610982

CONTENIDO

Prólogo	....7
Sesión 1: ACV construcción y transporte	....10
LISTONES USADOS EN PLANTAS POTABILIZADORAS DE AGUA. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE PLÁSTICO RECICLADO VERSUS DE MADERA NATURAL.	....10
DESARROLLO DE UN CALCULADOR DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA EL TRANSPORTE DE CARGA CARRETERO EN ARGENTINA	....12
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA PROSPECTIVO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL DE LA MOVILIDAD DE PASAJEROS EN EL MUNDO	....14
COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE HORMIGONES CONVENCIONALES Y RECICLADOS, ELABORADOS EN BUENOS AIRES (ARGENTINA)	....16
Panel EPD	....18
DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO DE LA CARNE DE EXPORTACIÓN DEL FRIGORÍFICO LOGROS S.A.	....18
Sesión 2: Huella Hídrica	....25
VALORACIÓN Y SUSTENTABILIDAD DE LA HUELLA HÍDRICA EN CULTIVOS DE PAPA EN COLONIA CAROYA, ARGENTINA.	....25
HUELLA HÍDRICA GRIS COMO INDICADOR DE CONTAMINACIÓN POTENCIAL DE UNA Balsa DE EVAPORACIÓN DE EFLUENTES DE ACEITUNA DE MESA Y ACEITE DE OLIVA	....29
VARIABILIDAD TEMPORAL Y TERRITORIAL DE LA HUELLA HÍDRICA VERDE DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	....32
ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE UN SISTEMA GANADERO DEL DEPARTAMENTO DE ANTA, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA	....34
Sesión 3: Cultivos industriales	....39
EVALUACIÓN PRELIMINAR ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA. VARIEDAD GURI INTA CL	....39
REGIONALIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL ARROZ EN ENTRE RÍOS	....45
HUELLA DE CARBONO DEL MAÍZ DE CÓRDOBA, CAMPAÑA 2020-21	....47
HUELLA DE CARBONO Y MANUALES DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA LA CADENA DEL TRIGO DE ARGENTINA	....53

Sesión 4: Economía circular	...59
ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIRCULARIDAD DE LA CADENA DE PLÁSTICOS EN LA ARGENTINA. DESARROLLO DE INDICADORES REGIONALES.	...59
COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL AGREGADO DE VALOR A SUBPRODUCTOS DE ASERRADEROS EN MENDOZA UTILIZANDO UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO	...61
ESTRATEGIAS DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA LA INDUSTRIA SUCROALCOHOLERA	...63
DISEÑO ÓPTIMO DE LA CADENA DE SUMINISTROS DE BIORREFINERÍAS SOSTENIBLEMENTE EFICIENTES	...65
Sesión de pósteres: “Fast view”	...67
ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ASOCIADO A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN CAÑA DE AZÚCAR.	...67
EJERCICIO DE EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE UN TAMBO: EXPERIENCIA DE UN CURSO DE POSGRADO DESARROLLADO EN MODALIDAD MIXTA	...69
ESPACIOS URBANOS PRODUCTIVOS COMO ESTRATEGIA PARA DISMINUIR PRESIÓN SOBRE USO DEL SUELO, AGUA Y ENERGÍA DE CLIMATIZACIÓN EN TIERRAS SECAS	...71
IDEA-PROYECTO SOBRE LA GESTIÓN DEL AGUA Y LA SUSTENTABILIDAD EN LA ACTIVIDAD GANADERA: LA HUELLA HIDRICA DE LA CADENA PRODUCTIVA PORCINA DE TANDIL, BUENOS AIRES.	...73
LA HUELLA HÍDRICA EN PROCESOS INDUSTRIALES ¿CUÁN IMPORTANTE ES LA DEFINICIÓN DEL ALCANCE?	...76
ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE ACV EN SISTEMAS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS EMPLEANDO NANOPARTÍCULAS DE HIERRO	...78
EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE AGUA EN PRODUCCIÓN DE QUESOS DE PASTA SEMIDURA DEL DEPARTAMENTO CASTELLANOS, SANTA FE.	...80
Sesión 5: Frutas, hortalizas y legumbres	...82
YUPI VITIVINÍCOLA. DESARROLLO DE UNA CALCULADORA DE HUELLAS AMBIENTALES PARA EL SECTOR DE LA UVA Y EL VINO	...82
EVALUACION DE LA HUELLA DE CARBONO EN PAPA DE CONSUMO - COLONIA CAROYA - CORDOBA- ARGENTINA.	...84
PERFIL AMBIENTAL DE LA FRUTILLA PRODUCIDA EN LULES, TUCUMÁN.	...89
ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA PRODUCCIÓN AGRICOLA DE PERAS EN EL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN (ARGENTINA)	...91
REGIONALIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA LENTEJA EN CORONEL DOMINGUEZ, SANTA FE.	...97

Sesión 6: Energía	....99
HUELLA DE CARBONO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA A PARTIR DE BIOGAS INTEGRADO A UNA BIORREFINERÍA DE ETANOL DE MAÍZ	....99
ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS C1 EN UNA BIORREFINERÍA DE CAÑA DE AZÚCAR.	....101
PERFIL AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOGÁS	....103
S-LCA. AVANCES, APLICACIONES EN EL SECTOR ENERGÉTICO Y APORTES PARA PLANIFICAR MEJOR LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE UNA EXPLORACIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA METODOLOGÍA VIGENTE.	....106
Sesión 7: Otros estudios relacionados a ACV y huellas	....109
NORMALIZACIÓN Y PONDERACIÓN PARA COMUNICAR RESULTADOS COMPLEJOS DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE DIFERENTES JUEGOS DE SÁBANAS	....109
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA APLICADO A NANOMATERIALES PARA REMEDIACIÓN AMBIENTAL: EXPLORACION DE LA LITERATURA CIENTIFICA VIGENTE	....111
ANALISIS MULTICRITERIO Y SIG COMO HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE DECISIONES GEOPOLITICAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA	....113
ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DEL CONSUMO DE AGUA EN LA MINERÍA DEL LITIO EN LA PUNA ARGENTINA ⁴	....116

Prólogo

Existe una creciente preocupación de la sociedad con respecto a los impactos de las actividades humanas sobre los recursos naturales. Dichos impactos se pueden estimar a través de indicadores o “huellas” con el método “Análisis de Ciclo de Vida, ACV”, el que trata los aspectos e impactos ambientales potenciales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, desde la obtención de la materia prima, pasando por la producción, utilización, consumo, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final (es decir, “de la cuna a la tumba”) (ISO, 2006).

Las huellas no sólo transparentan la información sobre el impacto de los sistemas productivos, sino que también detectan oportunidades de mejora de la eficiencia, las que posteriormente pueden ser aprovechadas con herramientas de la “Economía Circular”, la que busca conservar y mejorar el capital natural, optimizar el uso de los recursos y minimizar los riesgos del sistema.

Un efecto indirecto ha llegado vía el comercio internacional y la preocupación de los consumidores, sobre todo de los países desarrollados, por las emisiones generadas en la producción e importación de los bienes que consumen. La sensibilidad respecto de la huella de carbono y de agua de los alimentos es especialmente significativa. De acuerdo con el inventario 2014 de GEI de la Argentina informado en la Tercera Comunicación Nacional para el Cambio Climático, el 51% de las emisiones del país están vinculadas al sector energético; el 39% agricultura, ganadería y silvicultura y otros usos de la tierra; el 6% a la industria y el 4% restante a los residuos.

Para reducir y manejar los riesgos del cambio climático existen dos estrategias complementarias: la mitigación y la adaptación. Si en los próximos decenios se reducen sustancialmente las emisiones, se podrán lograr disminuciones en los riesgos climáticos a lo largo del siglo XXI y posteriormente, ampliar las perspectivas de una adaptación efectiva, reducir los costos y los desafíos de mitigación a largo plazo y contribuir a que las trayectorias de desarrollo sostenible sean resilientes al clima. El primer paso en ese sentido es la determinación de las huellas.

En los mercados ligados a los bioproductos, los criterios ambientales repercuten cada vez con mayor frecuencia en la elección de los consumidores al adquirir variedad de productos, actitud que fomenta la producción y el consumo sostenible y responsable a través de diferentes mecanismos, entre los que se destaca el cálculo de las huellas. La reducción de estas huellas puede ser una oportunidad para hacer más competitivas las exportaciones de Argentina. Estas tendencias también se evidencian en crecientes regulaciones de tipo comercial por bloque o por países, así como también una gran dispersión de estándares y regulaciones del ámbito privado. Dado que el mercado europeo es el que mayor importancia les da a las huellas, la competitividad de las cadenas productivas argentinas dependerá casi en mayor medida de la capacidad para mostrar mayor sostenibilidad. Cumplir con el Acuerdo del Clima de París es estratégico. Convencer de que lo estamos haciendo, todavía más. Para ello es fundamental realizar este tipo de encuentros entre investigadores especialistas. Esto tracciona todas las cadenas de valor, desde los proveedores de insumos para la producción, pasando por la industria, la logística, hasta llegar a la etapa de descarte posterior al uso o desperdicios, es decir, “desde la cuna hasta la tumba”, lo que se estudia mediante el ACV.

El método ACV es un enfoque sistémico y complejo de evaluación de uso, cargas e impactos de todo el intercambio existente entre los sistemas productivos y el medio ambiente del territorio donde se sitúan. El método emplea inventarios realizados específicamente para cada producción y en los casos de no existir dicha información, se usan referencias internacionales incluidas en bases de datos, construidas para procesos de producción y productos originados en países desarrollados, con sus especificidades agroecológicas y tecnológicas. Además de ser un requerimiento creciente en muchos mercados de exportación, es una herramienta para mejorar la sostenibilidad de productos y servicios, fronteras adentro.

Vinculado directamente a las huellas surgió la Economía Circular como herramienta para optimizar la eficiencia en el uso de recursos, la que propone un ciclo continuo de desarrollo positivo que conserva y mejora

el capital natural, optimiza el uso de los recursos y minimiza los riesgos del sistema al gestionar una cantidad finita de existencias y unos flujos renovables. A través de la comunicación de información verificable, clara y precisa, fomenta la demanda y oferta de aquellos productos y servicios que causan menos estrés ambiental, estimulando así el potencial del mercado para impulsar la mejora ambiental continua.

Por lo arriba expuesto, 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 sean de referencia en los inventarios internacionales. Son prioritarios la producción de energía, y los productos de las cadenas de valor agropecuarias y agroindustriales.

La información de las huellas de productos genera conciencia entre los productores, industriales, comerciantes y consumidores, ya que promueve tendencias de producción y consumo responsable y sostenible, aportando a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas.

Los resultados del encuentro ENARCIV 2022 reflejados en este libro constituyen un fuerte avance de un grupo grande de profesionales que 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 aplicando normas estandarizadas en nuestros trabajos.

Las Actas del ENARCIV 2022, es una obra que compila los aportes de muchos expertos distribuidos en todo el país.

Trabajos

Sesión 1: ACV construcción y transporte

EJE TEMÁTICO: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

LISTONES USADOS EN PLANTAS POTABILIZADORAS DE AGUA. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE PLÁSTICO RECICLADO VERSUS DE MADERA NATURAL.

Guillermo GARRIDO¹, Leticia TUNINETTI y Andrés TROHA^{2*}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Av. Vélez Sarsfield 1561, Córdoba, T 0351 4684835.

^{2*} Agua y Saneamientos Argentinos (AYSA), Tucumán 750, CABA, T 011 6319 5116,
Andres_H_TROHA@aysa.com.ar

RESUMEN

Con el objetivo de conocer si hay ventajas ambientales al migrar de material en listones que se usan para agitar el agua en una etapa del proceso de la planta de potabilización de agua General Belgrano, ubicada en la localidad de Bernal, Buenos Aires, de la empresa Aguas y Saneamientos Argentinos (AySA), se realizó un Análisis de Ciclo de Vida de Producto, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14040:2006. Se analizaron dos tipos de listones, con funciones equivalentes. La unidad de análisis fue 7.000 millones de m³ de agua agitada a lo largo de diez años, para lo que se requiere un total de 2016 listones si son de Madera Vegetal (MV) y 672 si son de Madera Plástica (MP).

Tabla 1. Valores asumidos para 10 años de operación de la planta potabilizadora.

	Flujos de referencia	
	MV	MP
Cantidad de Listones [unidades]	2.016	672
Volumen de Listones [m ³]	11,29	3,76
Pesos de Listones [kg]	9.370	3.438

Para la construcción del inventario se utilizaron perfiles ambientales de la base de datos EcoInvent 3.4 (2017), construidos en el periodo 2000-2010 que usan el método de asignación “cut-off system model” y refieren principalmente a medias globales o europeas. Además, fueron recortados del inventario aquellas sustancias con incidencia menor al 1 % en cada uno de los impactos ambientales considerados.

Tabla 2. Alcance. Eslabones considerados para las cadenas de valor.

Listón de MV	Listón de MP
Producción forestal	Recuperación del plástico
Secado y Aserrado MV	Fabricación MP
Distribución	Armado de agitador
Armado de agitador	Posconsumo
Posconsumo	Transportes
Transportes	

Se consideraron diez categorías de impacto; ocho del protocolo de CML 2001, y las asociadas al uso y transformación del suelo del protocolo EDP 2007.

Para el caso del listón de MV, se asumió que se extrae de árboles de Eucaliptus Colorado implantados en la zona de la Mesopotamia. Para el inventario se consideró la producción forestal, el aserrado y secado natural,

el acondicionamiento en la maderera, las operaciones de preparación del Listón en AYSA, el uso en la planta potabilizadora durante 10 años, y finalmente el posconsumo de los listones que se aprovechan. Todos los transportes que vinculan a los eslabones de la cadena fueron considerados.

Para el caso del Listón de MP, se asumió que se fabrica a partir de envases descartados de polietileno y polipropileno y rellenos minerales y agentes aglutinadores. Para el inventario se consideró la recolección, clasificación y enfiado del plástico descartado en los edificios de AYSA, la fabricación de las varillas por el reciclador, las operaciones de preparación del Listón en AYSA, el uso en la planta de potabilización durante 30 años, y finalmente el posconsumo de los listones que se envían al reciclador. Todos los transportes que vinculan a los eslabones de la cadena fueron considerados.

Tabla 3. Impactos ambientales medidos para la Cadena del Listón de MV y de la MP.

Agot. Rec. Abióticos	Acidific. -al aire-	Eutrofi- zación	Calent. Global	Destrucción capa Ozono	Toxicidad humana	idad al agua dulce	Oxidación fotoq.	Uso de suelo	Tran de su
[kg Sb eq]	[kg SO ₂ eq]	[kg PO ₄ eq]	[kg CO ₂ eq]	[kg CFC-11 eq]	[kg 1,4-DB eq]	[kg 1,4-DB eq]	[kg C ₂ H ₄ eq]	[puntos]	[punt
785	528	103	101	178	520	187	440	300	26
[x 10 ⁻⁰⁴]	[x 10 ⁻⁰¹]	[x 10 ⁻⁰¹]	[x 10 ⁺⁰²]	[x 10 ⁻⁰⁵]	[x 10 ⁺⁰¹]	[x 10 ⁺⁰⁰]	[x 10 ⁻⁰²]	[x 10 ⁺⁰²]	[x 10
231	228	240	520	491	149	449	122	439	15
[x 10 ⁻⁰³]	[x 10 ⁻⁰¹]	[x 10 ⁻⁰²]	[x 10 ⁺⁰¹]	[x 10 ⁻⁰⁶]	[x 10 ⁺⁰¹]	[x 10 ⁻⁰¹]	[x 10 ⁻⁰²]	[x 10 ⁺⁰⁰]	[x 10

Los resultados (ver Tabla 3) muestran que los listones de MP representan en promedio un 60% de los impactos de la MV. Por otro lado, si se analizan los resultados siguiendo la organización de la Tabla 2, en el impacto agotamiento de recursos abióticos la MP supera a la MV, explicado por el consumo de energía eléctrica en la fabricación de varillas en la planta del reciclador. Para el caso de los Listones de MV, el transporte es una operación relevante en los impactos, incidiendo en un 60% en promedio. El modelo productivo foresto-industrial también es sensible; por ejemplo, si la madera se seca artificialmente pasa a llevarse el 12% promedio de los impactos (toda la producción agro-forestal implica un 40%), y el agotamiento de recursos abióticos sería mayor que para el caso de la MP.

Bajo las condiciones analizadas, los listones de MP ofrecen ventajas ambientales respecto a los de MV. Escenarios analizados no cambian las tendencias aun considerando casos pesimistas combinados, como el uso de polietilenos vírgenes y una vida útil de 15 años para los Listones de MP; en cuyo caso los impactos en promedio son del 80% respecto a la MV. Pero si a estos dos escenarios, se le sumara una re-ubicación del fabricante de MP a 1.400 km de distancia, los resultados sí cambiarían tendencias, y en ese caso la MP tendría impactos ambientales semejantes a la MV.

Palabras clave: Madera Vegetal, Madera Plástica, análisis de ciclo de vida

DESARROLLO DE UN CALCULADOR DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA EL TRANSPORTE DE CARGA CARRETERO EN ARGENTINA

Milagros ROMERO^{1*}, Justina GARRO¹ y Maximiliano ZITO¹
^{1*} INTI (Avenida General Paz N°5445, B1650WAB, (5411) 4724-6200,
consultas@inti.gob.ar, romero@inti.gob.ar.

RESUMEN

Cuantificar los impactos ambientales para el transporte de cargas carretero es esencial en la mayoría de los estudios de análisis de ciclo de vida. Los estudios nacionales suelen modelar esta etapa de manera simplificada, estimando un único recorrido con perfiles de la base de datos de Ecoinvent o, eventualmente, utilizando un calculador online. En ambos casos, sus parámetros no necesariamente se ajustan a la realidad argentina puesto que ciertos datos, como el tipo de vehículo, el factor de carga, el factor de viaje vacío o las condiciones de ruta provienen de fuentes de otros países. Asimismo, en nuestro país las regulaciones nacionales, la matriz energética, la infraestructura y la topografía pueden variar significativamente de los países que se toman los datos.

Por lo tanto, se propuso diseñar una herramienta de cálculo de impactos ambientales para el transporte de carga carretero que incluya datos propios de Argentina para obtener resultados más representativos en los análisis de ciclo de vida nacionales.

El desarrollo de la herramienta se basó en la estructura de modelo del inventario de ciclo de vida de Ecoinvent- Servicios de transporte (Spielmann, 2007) que se emplea para el transporte por terrestre, aéreo y marítimo. También se utilizaron las metodologías propuestas tanto en EcoTransIT World: Methodology and Data (Heidelberg, 2019) como en la norma ISO 14083:2021. En concordancia con la norma ISO 14040:2006, los resultados están vinculados a la unidad funcional, siendo en este caso, la tonelada kilometro (tkm).

Hay que destacar que se hizo enfoque en la etapa de operación vehicular ya que solo sus emisiones de gases de efecto invernadero corresponden entre el 78 y 81% del total del ciclo de vida del transporte carretero (Nahlik, 2015).

La herramienta, que se encuentra en fase de desarrollo, se estructura en 4 módulos donde se caracterizan: *la carga, el vehículo, el viaje y la ruta*. A su vez, estos módulos se pueden personalizar por cada tramo del trayecto total, es decir, se podrá especificar si se cambia de vehículo, tipo de ruta, embalaje de la carga, etc, entre el origen del transporte y su destino final. Los datos a especificar en cada módulo, seleccionando de una lista o insertando la información, serán claves para el cálculo del consumo de combustible el cual buscamos regionalizar.

Respecto al módulo de *carga*, el usuario elegirá el tipo de producto a transportar, deberá especificar el peso en toneladas de la carga, si requiere refrigeración, su tipo de embalaje o si se transporta en contenedor.

Para la caracterización del *vehículo*, se decidió reclasificar las categorías de camiones propuesta en Europa por las del transporte de carga establecidas en la normativa nacional: camioneta/van, camión rígido, camión con acoplado, tractor con semirremolque y bitren. En concordancia, se cambiaron las categorías de pesos de camiones acorde a lo establecido en el decreto N° 32/18 del Ministerio de Transporte de la Nación. En este módulo, el usuario también deberá especificar el tipo de combustible utilizado (diésel o nafta), tecnología euro

y en caso de corresponder, tipo de refrigerante que utiliza la caja.

En el módulo *viaje*, se permitirá insertar la distancia en kilómetros del tramo a recorrer y personalizar parámetros como el factor de carga (FC) y el factor de viaje vacío (FVV). En estos últimos, la herramienta dispondrá de una lista de datos obtenidos a partir de un análisis regional ya que no se tiene información estandarizada.

El último módulo, *ruta*, identificará parámetros como el tipo de ruta (urbano, rural o autopista), el tipo de superficie (pavimento, tierra o ripio) y la topografía de la misma (llano, ondulado o montañoso). Hoy en día no se tienen en el país registros sobre la actuación de los distintos camiones según estas variables de caminos, es por eso que también serán factores a analizar, observando cómo afecta al consumo de combustible del transporte.

Para casos en los cuales el usuario de la herramienta no sea especialista en transporte de carga, o no disponga de datos propios, se hace imprescindible que parámetros como el FC, el FVV y otros ya estén definidos en la calculadora utilizando promedios nacionales como default.

En esta fase de desarrollo primario, se señala la dificultad para obtener muchos de estos datos a nivel nacional y que, actualmente, estamos en búsqueda de empresas del rubro que nos permitan la obtención de los mismos o poder medir/monitorear las variables en los camiones con carga para realizar los cálculos.

Es necesario mencionar que existen más factores que inciden en el consumo de combustible como la aerodinámica del vehículo, tipo de neumáticos, nivel de tráfico y estilo de conducción, pero estos resultan difíciles de monitorear y serán excluidos en esta primera fase de desarrollo de la herramienta.

Esta herramienta será beneficiosa no solo para analistas de ciclo de vida sino también para productores y empresa del rubro de transporte carretero que buscan concientizarse sobre sus impactos ambientales.

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida, Transporte, impacto ambiental, emisiones, carga, camión.

REFERENCIAS

- Ecoinvent Transport services, Report N°14 – Spiellmann, Bauer, Dones- Villigen and Uster, 2007
- EcoTransIT World: Methodology and Data, Update 2019 - Heidelberg, Berne and Hannover – 2019
- Norma ISO 14040:2006 (es) Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco de referencia.
- Norma ISO 14083:2021 (es) Gases de efecto invernadero – Cuantificación y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero de operaciones de cadenas de transporte.
- Goods Movement Life Cycle Assessment for Greenhouse Gas Reduction Goals: Goods Movement LCA for GHG Reduction Goals – Nahlik, Kaehr, Chester, Horvath, Taptich, 2015.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA PROSPECTIVO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL DE LA MOVILIDAD DE PASAJEROS EN EL MUNDO

Lucas Maximiliano MACHIN FERRERO^{1,2}, Víctor TULUS³, Gonzalo GUILLÉN GOSÁLBEZ³ y Fernando Daniel MELE^{1,2*}

¹Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, UNT, (T4002BLR), San Miguel de Tucumán, Tucumán, 0381-4364093, fmele@herrera.unt.edu.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CCT NOA Sur, Crisóstomo Álvarez 722, (T4000CHP) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, 0381-4312745.

³Institute for Chemical and Bioengineering, Department of Chemistry and Applied Biosciences, ETH Zürich, Vladimir-Prelog-Weg 1, 8093 Zürich, Suiza.

RESUMEN

Los objetivos de mitigación del cambio climático propuestos para finales del siglo XXI requieren una transformación profunda del sector del transporte. Esto implica cubrir la demanda del transporte terrestre de pasajeros con nuevas tecnologías, de uso creciente, como la movilidad eléctrica (IPCC, 2022). Los vehículos eléctricos a batería (BEV) emiten menos gases de efecto invernadero (GEI) durante su ciclo de vida que los vehículos con motor de combustión interna (ICEV) si los BEV se recargan a partir de matrices energéticas bajas en carbono (IPCC, 2022). Sin embargo, el análisis aislado de las emisiones de GEI puede ocultar un problema de traslado de cargas ambientales hacia otras categorías de impacto. Por otro lado, los inventarios de ciclo de vida de estos sistemas se verán con seguridad afectados en los próximos años debido a cambios en los procesos de primer plano y de fondo (por ejemplo: matriz energética de los países, propiedades de la batería y del vehículo). Por ello, los impactos ambientales del ciclo de vida deben analizarse de manera prospectiva usando el análisis de ciclo de vida prospectivo (pLCA) (Sacchi et al. 2022). Además, cobra interés obtener los impactos en términos absolutos para evaluar si se superan ciertos límites planetarios (PBs) establecidos para la Tierra (Rockström et al. 2009).

El presente trabajo tiene como principal objetivo la evaluación y comparación ambiental a nivel global de dos tipos de movilidad de pasajeros mediante pLCA y bajo la filosofía de los PBs. Por un lado, se analizan las implicancias ambientales de los BEV y se contrastan con los ICEV a nafta para cubrir la demanda global de kilómetros a recorrer. La unidad funcional para este estudio es que un pasajero se desplace un kilómetro. Para actualizar las bases de datos se utiliza la herramienta Premise. Se modifican los procesos de la base de datos Ecoinvent en función de un año especificado, de un modelo de evaluación integrada (IAM) y una trayectoria socioeconómica compartida (SSP) con sus distintos escenarios proyectados a futuro. Para este trabajo se establece como año de estudio el 2050, como IAM se elige REMIND (regional model of investment and development) para la trayectoria SSP2 con tres de sus escenarios (base, 2,6 W/m² y 1,9 W/m²). Se evalúan las 16 categorías de impacto de la metodología Environmental Footprint (EF v2). La relevancia en términos absolutos del impacto generado por cada tecnología se evalúa desde una perspectiva global comparando los valores obtenidos con métricas de LCA adaptadas a los límites ecológicos de los PBs (Sala et al. 2020). Los cálculos se realizan en SIMAPRO llegando a los resultados de la Figura 1.

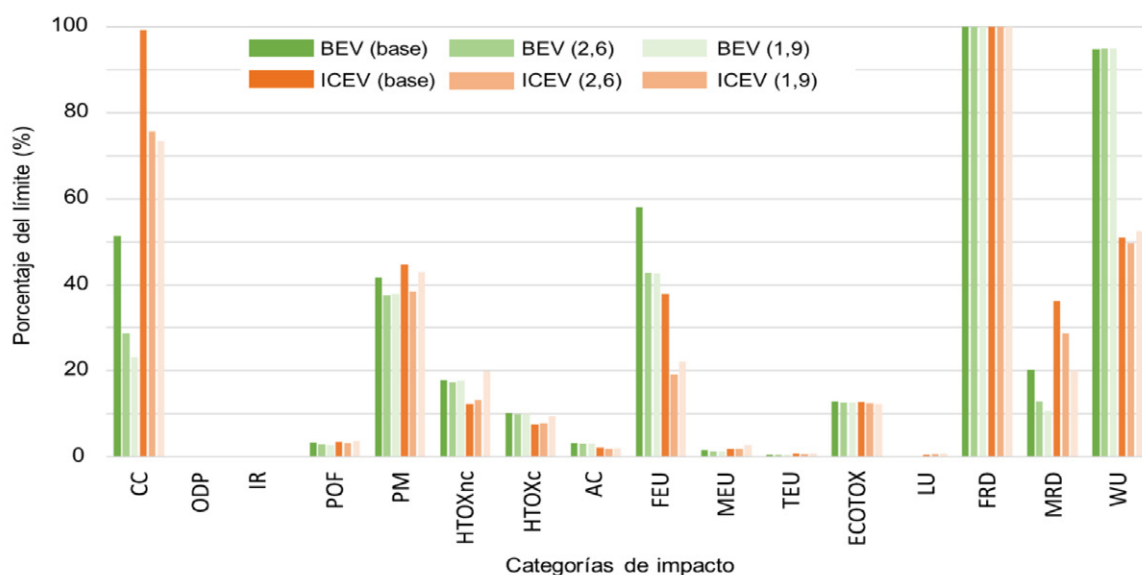


Figura 1. Resultados de los indicadores de ciclo de vida analizados en comparación con los límites globales establecidos por Sala et al. (2020). CC: climate change, ODP: ozone depletion, IR: ionising radiation, POF: photochemical ozone formation, PM: particulate matter, HTOXnc: human toxicity non-cancer, HTOXc: human toxicity cancer, AC: acidification, FEU: freshwater eutrophication, MEU: marine eutrophication, TEU: terrestrial eutrophication, ECOTOX: freshwater ecotoxicity, LU: land use, FRD: fossils resource use, MRD: mineral and metals resource use y WU: water use.

El análisis permite observar cuán cerca se encuentran los impactos globales calculados con respecto al límite global establecido para cada categoría de impacto. De los resultados se puede inferir que, si bien el BEV representa una opción superadora con respecto a los ICEV en la categoría de cambio climático (CC), hay una transferencia a otros indicadores como eutrofización de agua dulce y toxicidad humana.

El análisis prospectivo permite identificar si los escenarios analizados (SSP2) y sus proyecciones repercuten en la disminución o aumento de los valores de categorías de impactos y el porcentaje de transgresión de los límites. Como es de esperarse, en el caso del cambio climático se verifica una disminución del indicador mientras más optimista es el escenario. En cambio, para otros indicadores como los de toxicidad, no se aprecia gran influencia (ej.: ecotoxicidad), y en algunos casos aumenta el valor del indicador mientras más optimista es el escenario (por ejemplo: toxicidad humana). Los hotspots identificados en los indicadores que presentan un aumento en su valor son: materiales utilizados para la producción de la batería de litio (metales), materiales para la producción del resto del vehículo y la presencia de energía fósil en la matriz energética (electricidad utilizada para cargar el vehículo en la etapa de uso).

Palabras clave: límites planetarios, auto eléctrico, sustentabilidad.

REFERENCIAS

- Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). Sixth Assessment Report. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report. Chapter 10: Transport. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/> (consultado en septiembre de 2022).
- Sacchi, R., Terlouw, T., Siala, K., Dirnaichner, A., Bauer, C., Cox, B., Mutel, C., Daioglou, V., & Luderer, G. (2022). PProspective EnvironMental Impact asSEment (premise): A streamlined approach to producing databases for prospective life cycle assessment using integrated assessment models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 160, 112311. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112311>
- Sala, S., Crenna, E., Secchi, M., & Sanyé-Mengual, E. (2020). Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries. *Journal of Environmental Management*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110686>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., & Foley, J. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <http://www.jstor.org/stable/26268316>

COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE HORMIGONES CONVENCIONALES Y RECICLADOS, ELABORADOS EN BUENOS AIRES (ARGENTINA)

Lucio MASELLI^{1,*}, Roxana PIASTRELLINI^{3,4} y Gustavo SAN JUAN^{4,5}

^{1*}Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, calle 52 esq. 122 s/n, (+54) 221 422-4983.
lucio.maselli@cyt.cic.gba.gob.ar

²Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, Godoy Cruz 2370, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, +54 (011) 4899-5300.

³Universidad Tecnológica Nacional Regional Mendoza-CLIOPE, Rodríguez 273, Ciudad Mendoza.

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Godoy Cruz 2290, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, +54 (011) 4899-5400.

⁵Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC) – CONICET / Universidad Nacional de La Plata, Calle 47 162, La Plata, +54 (0221) 423-6589.

RESUMEN

La Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) concentra, a nivel nacional, la mayor producción de hormigón (H) pese a que carece de afloraciones rocosas. La logística del sector presenta grandes externalidades ambientales, económicas y sociales negativas (González et al., 2021; Maselli et al., 2020), asociadas con viajes de camiones de 30 t de flotas propias de las hormigoneras, alcanzando distancias de más de 350 km, con vueltas vacías. La norma IRAM 1531 (IRAM, 2015) permite incorporar agregados gruesos reciclados (AGR) al H, en un 20% de reemplazo de los agregados gruesos naturales (AGN), solo en ambientes no agresivos, ya que los hormigones reciclados (HR) son más permeables. Este reemplazo, en los casos en que no hay requisitos durables permitiría atenuar dichas externalidades, ya que el H de demolición se encuentra dentro de la RMBA, reduciendo drásticamente las distancias de transporte. Sin embargo, la implementación de HR es aún escasa en el país. El presente trabajo se enmarca en una tesis doctoral que aborda la optimización de estructuras de H en la RMBA, y tiene como objetivo particular comparar tres tipos de H: 1) H30 convencional (V1); 2) H30 elaborado según IRAM 1531, con 20% de reemplazo (V2); y 3) H30 optimizado (V3), con 50 % de reemplazo.

Para ello se seleccionó como caso de estudio a la empresa Fenomix San Fernando, que produce H, AGR y HR, aunque la mayor parte de los AGR es comercializada a terceros.

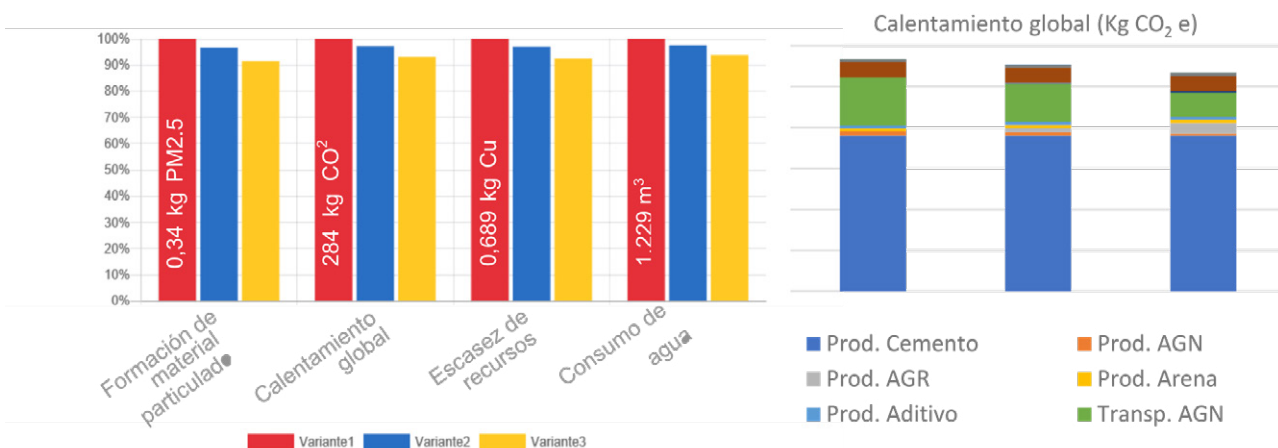


Figura 1. Izquierda: Resultado de los indicadores seleccionados. Derecha: Resultados desagregados para Potencial de calentamiento global.

Se realizó un análisis de ciclo de vida (ACV), según normas IRAM-ISO 14040 y 14044 (IRAM, 2008a, 2008b), con alcance “de la cuna a la puerta”. La Unidad funcional definida fue elaborar 1 m³ de hormigón de resistencia H30. Se consideraron datos directos suministrados por la empresa para extracción, procesamiento y transporte de materias primas, y elaboración. Se inventarió la demolición de pavimento, producción de AGR y elaboración de H. Los datasets secundarios se tomaron de Ecoinvent y fueron adaptados a condiciones locales. Para la evaluación de impactos, se usó el método ReCipE 2016 (National Institute for Public Health and the Environment. The Netherlands, 2017). Los indicadores seleccionados fueron: calentamiento global (GWP100), escasez de recursos minerales, consumo de agua, y formación de material particulado fino.

Para todos los indicadores se hallaron mejoras que oscilan entre un 2 % y un 8 %, tal como puede observarse en la figura 1, al reemplazar parte de los AGN.

Un estudio anterior (Maselli, 2021), realizado con datos globales, arrojó resultados similares. Dado que el proceso que más impactos genera es la producción del clinker del cemento (≈50-80 %, dependiendo el indicador), uno de los pasos a seguir en la investigación es el ajuste del inventario para mejorar la calidad de los datos considerados en este proceso. Por otro lado, se profundizará en el análisis de indicadores que permitan evaluar el uso de AGN, ya que si bien este recurso no es considerado escaso a nivel global, existen regiones donde se encuentra sobreexplotado o distante de los sitios de uso, generando riesgo al suministro, tal como queda demostrado en el trabajo de Ioannidou et al. (2017).

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, por el financiamiento del PICT 0091-2017. A Fenomix y Grupo Mitre por la colaboración. A los compañeros/as del Área Tecnología del Hormigón del LEMIT-CICPBA.

Palabras clave: análisis de ciclo de vida, hormigón reciclado, construcción sostenible.

REFERENCIAS

- González, A., Montero, M. C., Maselli, L., & Rautenberg, D. P. (2021). Incidencia del transporte en la eco-eficiencia de la producción de hormigón elaborado en Argentina. *Ingenio Tecnológico*, 3(17).
- Ioannidou, D., Meylan, G., Sonnemann, G., & Habert, G. (2017). Is gravel becoming scarce? Evaluating the local criticality of construction aggregates. *Resources, Conservation and Recycling*, 126(December 2016), 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.016>
- IRAM. (2008a). IRAM-ISO 14040:2008 - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco de referencia.
- IRAM. (2008b). IRAM-ISO 14044:2008 — Evaluación del ciclo de vida — Requisitos y directrices.
- IRAM. (2015). Norma IRAM 1531:2015.
- Maselli, L. (2021). Análisis de ciclo de vida de hormigones elaborados con agregados naturales y reciclados, e incidencia del transporte asociado en la región metropolitana de Buenos Aires. JJITCH.
- Maselli, L., Villagrán Zaccardi, Y. A., & San Juan, G. (2020). Consideraciones preliminares al análisis de ciclo de vida de estructuras de hormigón elaborado con agregados reciclados en Provincia de Buenos Aires. *Ciencia y tecnología de los materiales*, 10.
- National Institute for Public Health and the Environment. The Netherlands. (2017). ReCiPe 2016 v1.1. En RIVM Report 2016-0104a.

Panel EPD

EJE TEMÁTICO: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO DE LA CARNE DE EXPORTACIÓN DEL FRIGORÍFICO LOGROS S.A.

Leticia TUNINETTI^{1*}, Rodolfo BONGIOVANNI²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI - Departamento Química Analítica y Residuos Urbanos Centro-DT Centro Occidental-SORCentro-GOAR-. E-mail: ltuninetti@inti.gov.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA - Est. Exp. Agrop. Manfredi

RESUMEN

El presente Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se realizó para que el frigorífico LOGROS S.A. obtenga y publique la Declaración Ambiental de Producto (EPD) de 1kg de carne bovina sin hueso consumida en distintas partes del mundo. Una EPD es una Declaración Ambiental o Eco-Etiqueta del Tipo III, conforme a las normas ISO 14025 y 14040. Se tomó como referencia la Regla de Categoría de Producto (PCR) “*Meat of mammals*” v. 3.11, en la que se evalúan 7 impactos ambientales.

Los resultados obtenidos se encuentran en el mismo rango que los valores internacionales publicados para estudios realizados en Sudáfrica, Brasil e Italia. Para el impacto ambiental Huella de Carbono, el resultado es **30,16 kg CO₂ eq.** por kg de carne. El principal hotspot está en la etapa de campo cuyas emisiones responden por el 87,8% del total, destacándose las de fermentación entérica y gestión del estiércol y, en segundo lugar, la producción de cultivos y pasturas utilizados como alimento. En el frigorífico el principal contribuyente es el consumo de energía para la faena, que aporta un 2,2%. En la etapa logística, el principal impacto proviene del flete aéreo. La logística responde por el 3,8% de las emisiones totales de la cadena. Por último, las etapas de conservación de la carne (1,7%) y cocción (4,3%), tienen aportes destacables en ciclo de vida total de la carne bovina. Por separado se incluye una estimación (TIER 1 IPCC) de la remoción de carbono que puede ocurrir en el suelo, pasturas y en el bosque nativo.

Los restantes impactos ambientales resultaron con los siguientes valores para 1 kg de carne bovina: acidificación potencial **169,8 g SO₂ eq.**; eutrofización potencial **292,9 g PO₄ eq.**; formación fotoquímica de Ozono **32,8 g NMVOCs eq.**; agotamiento de recursos abióticos **0,06 kg Sb eq.**; agotamiento de recursos abióticos fósiles **62,16 MJ** y escasez de agua **3,11 m³ eq.** de agua.

Este trabajo permitió la verificación y la publicación de la EPD “LOGROS S.A. Beef Meat”

MÉTODOS

El objetivo de este trabajo es determinar los impactos ambientales derivados de la producción, como así también comunicar dichos impactos a través de una EPD de la carne bovina para exportación, producida por LOGROS SA, Río Segundo, Córdoba y comercializada a distribuidores en distintas partes del mundo, para su venta y consumo.

El método usado es ACV, compatible con las normas de Ecoetiquetado ISO 14025 y con la PCR “*Meat of mammals*” v. 3.11 (EPD International, 2019), que incluye los impactos ambientales: calentamiento global, agotamiento de recursos abióticos materiales y combustibles fósiles, acidificación potencial, eutrofización potencial, oxidación fotoquímica y escasez de agua.

La unidad declarada de este estudio es **1 kg de carne bovina envasada, sin hueso**. El peso del envase no se incluye en el kilogramo mencionado. El alcance del análisis abarca “**desde la cuna hasta la tumba**” es decir

desde la producción de todas las materias primas, insumos y energía usados en la producción, atravesando la logística de transporte hasta el distribuidor mayorista, el consumo y hasta la disposición final de residuos. En cuanto al alcance temporal de los inventarios, la información del sistema productivo ganadero corresponde a la campaña 2019/2020 y la información del frigorífico al año 2020.

Se incluyen los insumos requeridos para la producción del alimento de los bovinos: pasturas implantadas, alimentos balanceados, granos, silos y el agua de bebida bajo el sistema de análisis de ciclo de vida (quema de combustibles para las labores agrícolas como siembra, aplicación de fertilizantes y agroquímicos, cosecha, embolsado y extracción de silo bolsa; consumo de agroquímicos, fertilizantes, semillas). En el caso de los cultivos y pasturas implantadas se incluyeron las emisiones derivadas de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y por la descomposición de residuos aéreos y subterráneos, calculadas de acuerdo a las Guías del IPCC, volumen 4, capítulo 11 (IPCC, 2019) y de acuerdo a la Guía *World Food LCA Database Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products* (Nemecek, y otros, 2019). Las emisiones de nitratos y fosfatos al suelo fueron modeladas de acuerdo a “*Nutrient flows and associated environmental impacts in livestock supply chains Guidelines for assessment*” (FAO, 2018). De allí se obtienen los valores de emisiones que contribuyen a la eutrofización.

El estudio comprende las emisiones derivadas de la fermentación entérica y gestión del estiércol de los bovinos en todas las etapas de su ciclo vida (cría, crecimiento, preñez y madurez de la hembra; la cría, crecimiento y madurez del toro y cría, recría y engorde de los animales destinados a faena), hasta su traslado a frigorífico. Las ecuaciones para el cálculo de estas emisiones fueron tomadas de las Guías IPCC (2019), volumen 4, capítulo 10 (IPCC, 2019).

En el caso de la faena en frigorífico, se tuvieron en cuenta consumos de energía, combustibles para generar calor, uso de agua, generación de efluentes y sus emisiones derivadas, según las Guías IPCC (2019), Volumen 5: Residuos: Capítulo 6 (IPCC, 2019). En lo que respecta a logística, se considera el embalaje primario, secundario y terciario y los traslados en camión, barco y avión, hasta el mayorista, incluyendo su propia red de distribución (Packing box Argentina, 2020).

Los perfiles ambientales de producción de agroquímicos, fertilizantes, combustibles, semillas y del plástico de los silos bolsa, de generación de energía eléctrica, producción y quema de combustibles, producción de otros insumos y transportes fueron tomados de bases de datos internacionales como EcoInvent, Agri-footprint, entre otras. El método de cálculo de impactos seleccionado es “EPD (2018) V1.01”, disponible en el software SIMAPRO.

ASIGNACIÓN DE CARGAS

La producción a campo se realizó en Santiago del Estero, Entre Ríos y Córdoba. Se utilizó el criterio de asignación de masa o biofísico, según indica la PCR, para adjudicar el impacto derivado de las emisiones de los progenitores a los terneros en la etapa de cría. En el sistema en estudio, tranqueras adentro del campo se obtienen como producto principal a los animales criados en feedlot. Como subproductos se obtienen las vacas y toros maduros, al final de su vida útil. Para realizar la asignación se debe tener en cuenta cuantas crías tiene una vaca en su vida, y el mismo dato para el toro; además los pesos de los animales al momento de la venta.

En la etapa de frigorífico, se usó el criterio económico, también de acuerdo a la PCR, para distribuir la carga ambiental entre el producto objeto de estudio y los subproductos con valor económico que se obtienen en la faena de un bovino. Se tomaron valores de rendimientos, mermas y porcentajes informados por la empresa, del mismo modo que los precios de referencia para cada corriente. La asignación de cargas económica realizada en el frigorífico otorga a la carne bovina sin hueso el 85,9% del impacto “aguas arriba del proceso”.

FRIGORÍFICO, LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Se tuvieron en cuenta los transportes de los animales vivos entre los distintos campos donde se llevan a cabo las etapas de cría, recría y engorde y el traslado hasta el frigorífico.

Se relevaron datos de consumos de energía eléctrica, gas natural, fuel oil y gas oil en la planta industrial

de faena. Así mismo se consideró el volumen de efluente descargado y su caracterización. Como emisiones in-situ, se contabilizaron las derivadas de las lagunas de tratamiento de efluentes, provenientes del volumen de agua que se usa en el proceso y en la limpieza permanente de las instalaciones. Los efluentes se tratan dentro de las instalaciones del frigorífico en lagunas cumpliendo con la normativa exigida en la jurisdicción; de este modo se asume que ese efluente no genera impacto luego de su vuelco.

Se analizaron los sistemas de packaging para la carne bovina refrigerada sin hueso que va a dos destinos diferentes, como se mencionó. La carne sin hueso con destino internacional es envuelta en bolsas de polietileno que contiene 1,8 kg cada una. Luego los cortes son puestos en otra bolsa más grande y en una caja con capacidad para 22 kg aproximadamente. Se usan 40 gr de plástico por cada caja (incluyendo el polietileno de cada corte y la bolsa grande de la caja) y 500 gr de cartón corrugado y papel Kraft. Los perfiles ambientales de producción del packaging fueron tomados de bases de datos internacionales.

En un pallet se ubican entre 30 y 35 cajas. Su peso total (armado) ronda los 1000 kg. Para el destino Miami (EE.UU.) el bulto se traslada en camión desde Río Segundo hasta el aeropuerto Córdoba (sin refrigeración, ya que lleva inercia térmica). Una vez que el bulto llega al aeropuerto, se le coloca una manta térmica compuesta de aluminio y polietileno, dentro de la cual se coloca una conservadora con hielo seco. El pallet que viaja a la Unión Europea se coloca en contenedores refrigerados.

Con respecto al producto terminado, y para el destino Miami (EE.UU.), se contabilizó el traslado en camión desde Río Segundo hasta el aeropuerto Córdoba, el traslado aéreo desde aeropuerto Córdoba a Miami y el traslado terrestre desde el aeropuerto de Miami hasta el distribuidor mayorista. Para el destino Unión Europea (Hilden, Alemania), en primer lugar, ocurre un traslado terrestre de los contenedores desde Río Segundo hasta el Puerto de Buenos Aires en forma refrigerada; luego ocurre el traslado en barco hasta el Puerto de Rotterdam y finalmente el traslado terrestre del contenedor hasta un depósito intermedio y la distribución mayorista. Para el destino Santiago de Chile (Chile) ocurre un traslado integrante terrestre, en camión refrigerado. En los casos en que ocurre un flete vacío al retorno, se contabilizaron los traslados ida y vuelta.

CONSERVACIÓN, CONSUMO DE LA CARNE Y DISPOSICIÓN FINAL DEL PACKAGING

Se contabilizó el impacto del consumo de la carne bovina refrigerada, según indica la PCR de referencia. Para ello modeló la energía consumida durante el almacenamiento del producto, y la requerida para la cocción de la carne, seleccionando la opción de cocción en horno, con precalentamiento de 15 minutos.

Tanto para el almacenamiento como para la cocción se asume el uso de energía eléctrica, con proporciones de la matriz americana, la matriz alemana y la matriz de Santiago de Chile. Los envoltorios y cajas que requiere el envasado de la carne refrigerada se asume son dispuestos en un relleno sanitario, al final de su vida útil.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

En la tabla 1, se muestra un resumen de los resultados obtenidos para el análisis de ciclo de vida de la carne bovina deshuesada y refrigerada, del Frigorífico LOGROS SA, que es comercializada a tres destinos internacionales diferentes, abiertos, tal como indica la PCR, en procesos *upstream*, *core* y *downstream*.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se observa en la figura 1, la categoría de impacto **Potencial de calentamiento global (GWP)** muestra las mayores emisiones en el crecimiento de los animales, debido a los procesos de fermentación entérica y gestión del estiércol (81,4%). En segundo lugar, aparece la producción de los alimentos (5,8%) y por último el proceso de cocción de la carne 4,3% y los transportes del producto terminado en distintas modalidades 3,8% más.

Tabla 1: Impactos ambientales de la carne bovina deshuesada, producida y comercializada por el frigorífico LOGROS SA

Parameter		Unit	UPSTREAM PROCESS				CORE PROCESS	DOWNSTREAM PROCESS				TOTAL
			Packaging production	Enteric fermentation and manure management	Feed production	Farm management	Slaughterhouse	Transport and logistics	Cold storage	Maet cooking	Final disposal	
Global Warming Potencial (GWP)	Fossil	kg CO ₂ eq	0,052	1,821	1,751	0,176	0,667	1,156	0,487	1,298	0,000	7,409
	Biogenic	kg CO ₂ eq	0,000	22,744	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	22,750
	Land use and land transformation	kg CO ₂ eq	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,006
	TOTAL	kg CO ₂ eq	0,053	24,565	1,753	0,176	0,674	1,157	0,488	1,299	0,000	30,165
Acidification potential (AP)		g SO ₂ eq	0,234	136,490	12,528	1,146	5,243	6,675	2,033	5,416	0,002	169,766
Eutrophication potential (EP)		g PO ₄ ³⁻ eq	0,036	5,497	278,569	0,176	1,337	0,977	1,725	4,595	0,000	292,912
Formation potential of tropospheric ozone (POFP)		g NMVOC.	0,251	10,344	5,580	1,404	2,953	7,581	1,285	3,423	0,003	32,824
Abiotic depletion potential-Elements		g Sb eq.	0,001	0,000	0,027	0,011	0,009	0,009	0,001	0,003	0,000	0,060
Abiotic depletion potential-Fossil fuels		MJ, net calorific value	1,091	0,000	15,324	2,406	7,717	16,179	5,305	14,128	0,006	62,157
Water scarcity potential		m ³ eq	0,029	0,000	0,996	0,007	1,891	0,020	0,041	0,109	0,012	3,107

En el caso de los impactos relacionados al consumo de recursos, para **combustibles fósiles (AD FF)** se observan aportes similares de las etapas de producción de alimentos (25%), transportes (26%) y cocción de la carne (23%). En el caso del **consumo de recursos materiales (AD mat)**, los principales aportes radican en la producción de alimentos de los animales (44%), por el uso de plástico como material del silo bolsa, la gestión del campo (18%), los transportes de hacienda hasta el frigorífico (15%) y los transportes de producto terminado (14%).

El impacto ambiental **Potencial de acidificación (AP)** muestra un desempeño similar al impacto “calentamiento global” destacándose las emisiones atmosféricas de amoníaco (NH₃) y óxidos de nitrógeno (NO_x) derivadas de las excretas y la orina de los animales con un 80%. Para el impacto **Potencial de eutrofización (EP)** se destacan las emisiones de nitratos y fosfatos al suelo en la producción de los alimentos, pasturas implantadas o cultivos.

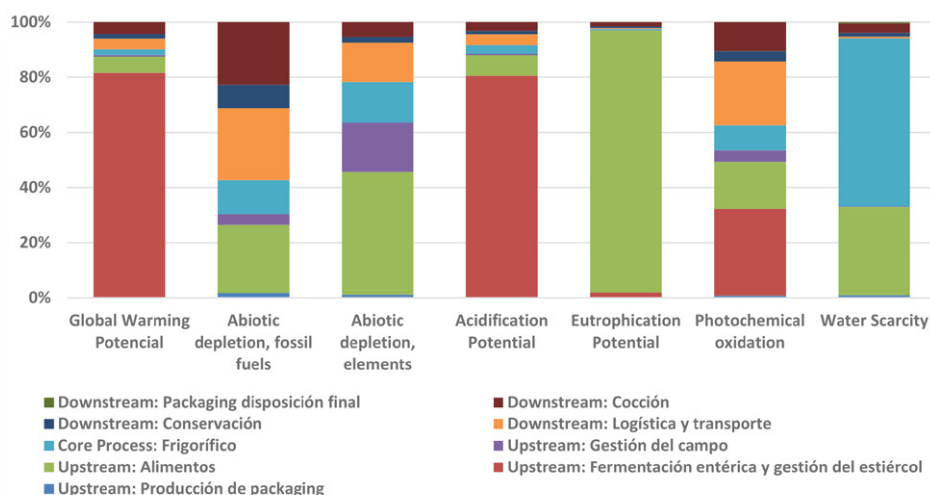


Figura 1: División por etapas del impacto ambiental de la carne bovina de LOGROS SA.

La **Oxidación fotoquímica (POP)** destaca las emisiones derivadas del crecimiento de los animales (32%) con emisiones de metano y óxidos de nitrógeno derivados de la fermentación entérica y la gestión de estiércol y orina. En segundo lugar, aparecen las emisiones del transporte (23%) y en tercero las de la producción de los alimentos (17%). Finalmente, la **Escasez de agua (WS)**, incluye el consumo afectado por la disponibilidad del recurso hídrico en el lugar donde ocurre el proceso muestra un alto aporte en el frigorífico (61%) asociado a la producción del gas natural y otros insumos consumidos en el mismo establecimiento. En segundo lugar, aparece la producción de los alimentos de los animales y por el agua de bebida consumida (32%).

ANÁLISIS DE RESULTADOS COMPARATIVOS PARA LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

Los resultados obtenidos se compararon con el estudio de un frigorífico italiano Coop, cuya EPD está publicada y que fue realizado bajo los criterios de la misma PCR.

Tabla 2: Resultados comparativos del ACV de la Unidad Declarada 1 kg de carne bovina.

	GWP	ADFF	ADMat	AP	EP	POP	WS
	kg CO ₂ eq	MJ	g Sb eq	g SO ₂ eq	g PO ₄ --- eq	g NMVOC	m ³ eq
Coop Italia	21,33	52,00	0,024	902,80	265,00	123,50	97,30
LOGROS	30,16	62,16	0,060	169,77	292,91	32,82	3,11
	41,42%	19,53%	147,30%	-81,20%	10,53%	-73,42%	-96,81%

Los resultados del estudio de LOGROS SA se encuentran dentro del mismo orden de magnitud que el estudio de COOP, en Italia. Las mayores diferencias radican en ADMat, que para el caso de LOGROS SA, se refiere al uso de combustibles y plástico para el ensilado de piensos y en el impacto escasez de agua, donde la influencia del factor de escasez utilizado es determinante para que el resultado de LOGROS S.A. resulte inferior al de Italia.

Debido a que el impacto hasta la tranquera tiene una alta relevancia en el ciclo de vida total de la carne bovina, se analiza en forma comparativa este resultado con otros estudios internacionales que fijan su unidad de medida a nivel de kg de carne peso vivo, en la tranquera. Se trata de los casos disponibles en la base de datos EcoInvent: Brasil (Rodrigues Teixeira Dias, Ferreira Picoli, Paim Costa, Bungenstab, & Folegatti Matsuura, 2018) Sudáfrica (Russo, y otros, 2018).

Tabla 3: Resultados comparativos del ACV Unidad Declarada intermedia 1 kg PV en el campo.

	GWP	ADFF	ADMat	AP	EP	POP	WS
	kg CO ₂ eq	MJ	g Sb eq	g SO ₂ eq	g PO ₄ --- eq	g NMVOC	m ³ eq
Brasil	22,31	8,80	0,37	55,78	76,28	20,69	0,77
Sudáfrica	9,72	10,83	0,11	156,94	73,88	8,02	3,23
LOGROS	11,40	7,62	0,02	64,52	122,13	7,45	0,43
	-49%	-13%	-96%	16%	60%	-64%	-44%
	17%	-30%	-85%	-59%	65%	-7%	-87%

Los resultados obtenidos en comparación a otros casos se encuentran dentro del mismo rango de valores. El impacto GWP muestra un resultado intermedio, entre los resultados observamos para Brasil y Sudáfrica, mucho más cercano a este último. Y en el caso del impacto WS, los resultados de LOGROS SA también se encuentran por debajo de los valores de los otros casos; se debe tener en cuenta que cada región utiliza sus propios factores de escasez para los cálculos.

ESCENARIO: ENVÍO DE CARNE A ESTADOS UNIDOS POR BARCO, EN REEMPLAZO DEL AVIÓN.

La logística de traslado en avión de parte de la carne que produce LOGROS SA a Estados Unidos no sólo repercute en mayores emisiones derivadas del uso de combustibles, sino que también requiere un packaging especial. Si la misma ruta fuera cubierta por un traslado marítimo, el resultado sería menor al caso de estudio, tal como se muestra en la tabla que sigue.

Tabla 4: resultados del escenario 1 en comparación al caso base, para 1 kilogramo de carne.

	GWP	ADFF	ADMat	AP	EP	POP	WS
	kg CO ₂ eq	MJ	g Sb eq	g SO ₂ eq	g PO ₄ --- eq	g NMVOC	m ³ eq
LOGROS Base	30,16	62,16	0,06	169,77	292,91	32,82	3,11
LOGROS Esc.1	29,25	49,28	0,06	166,16	292,33	28,52	3,10
Diferencia	-3,03%	-20,71%	1,79%	-2,12%	-0,20%	-13,11%	-0,29%

Se observa una disminución moderada en el impacto GWP (-3,03%), mientras que para el impacto ADFF la disminución es del -20,71% y POP, con alta dependencia del consumo de combustibles, la disminución es del -13,11%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Siguiendo los mismos métodos y protocolos adoptados internacionalmente, los valores de EPD encontrados por este trabajo, se encuentran dentro de un rango medio con respecto a los valores internacionales publicados para la producción de carne bovina. Dentro de los puntos a destacar del sistema productivo de LOGROS se encuentran las menores emisiones relativas generadas en la etapa de engorde en feedlot, con alimentación a base de granos y silo de maíz, que tienen factores de emisión de metano por fermentación entérica (Y_m) inferiores a animales alimentados con pasturas, según se desprende de las Guías IPCC (IPCC, 2019).

En la producción primaria de granos y pasturas se utiliza una baja cantidad de fertilizantes nitrogenados, lo que representa un beneficio al evitar la emisión de óxido nitroso, amoníaco y óxidos de nitrógeno, gases con aporte a los impactos calentamiento global, eutrofización, acidificación y formación fotoquímica de Ozono.

Un punto que genera altos impactos ambientales es la gestión del estiércol en las etapas de cría, recría y engorde; en esta última la acumulación en pilas genera altas emisiones de metano, óxido nitroso, amoníaco y óxidos de nitrógeno, que intervienen en los impactos ambientales calentamiento global, acidificación, eutrofización y formación fotoquímica de ozono. Esto se podría mejorar a través de alguna técnica que reduzca dichas emisiones, como la integración del feedlot a un biodigestor que absorba esos efluentes y los transforme en energía.

Dentro del frigorífico toda acción que impulse el uso eficiente de recursos energéticos y de agua, con la consecuente generación de efluentes, redundará en disminuciones en los impactos ambientales. También el agregado de valor a los subproductos repercute en la huella de la carne, ya que la asignación de cargas se realiza por el criterio económico.

Dentro de los transportes, el avión es el medio que mayores impactos genera, muy por encima de los valores del barco. Los traslados previos a los internacionales por carreteras argentinas también influyen de manera significativa en los impactos calculados. Se sugiere aprovechar al máximo capacidades de traslado, disminuir fletes muertos y utilizar vehículos con tecnología que permita el uso de combustibles EURO 6, con menores emisiones por litro.

Este trabajo permitió la verificación y la publicación de la EPD “LOGROS S.A. Beef Meat” en <https://environdec.com/library/epd7356>

CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO CON REMOCIONES DE GEI

Los cálculos realizados se basan en la norma ISO 14067:2018, que consiste en la suma de emisiones y remociones de GEI en un sistema producto, expresadas como CO₂ equivalente y basadas en un ACV, utilizando la categoría de impacto única de cambio climático.

El Capítulo 2 del Volumen 4 del IPCC (IPCC Ch.2, 2019) propone la ecuación 2.25 para estimar las emisiones por cambio de uso de suelo con el nivel 1. La primera variable se requiere es el **stock de C inicial del suelo**, que se toma de acuerdo al Departamento o Partido del establecimiento ganadero bajo estudio. Para esto se cuenta con información de existencia de carbono inicial, en el mismo formato en que se dispone en el GIS <http://54.229.242.119/GSOCmap/> (Global Soil Organic Carbon map (GSOCmap) (FAO & ITPS, 2020).

La segunda variable que se debe contemplar es si hace más de 20 años que hace el mismo manejo en el establecimiento, ya que el IPCC establece ese tiempo para la estabilización y línea de corte con respecto al cambio de uso de suelo. De acuerdo a esto se asigna un coeficiente para el Factor de Uso de Suelo (FLU) (IPCC Ch.5, 2019).

El tercer factor en el método IPCC es sobre el tipo de manejo de los pastizales (FMG) según la Tabla 6.2 de IPCC. El cuarto factor se refiere las entradas de carbono al sistema, o aportes de materia orgánica al suelo; se usan los factores (FI) de las Tablas del IPCC.

Para los campos de LOGROS en Santiago del Estero se consideró que la superficie ganadera tiene un manejo de pastizal sostenible, con una presión de pastoreo baja a moderada, y que es en base a una pastura megatérmica (Gatton Panic), con mantenimiento periódico. Se estima una remoción de CO₂ de **870 kg/ha/año** en el total de la superficie.

Para los campos del proveedor 1 en Entre Ríos, se consideró que la superficie ganadera tiene un manejo de pastizal sostenible, con una presión de pastoreo baja a moderada, y que es en base a pasturas mixtas, con fertilización y mantenimiento periódico. Se estima una remoción de CO₂ de **410 kg/ha/año** en el total de la superficie (3968 ha).

Para los campos del proveedor 2 en Córdoba se consideró que la superficie ganadera tiene un manejo de pastizal sostenible, con una presión de pastoreo baja a moderada, y que es en base a pasturas mixtas, con fertilización y mantenimiento periódico. Se estima una remoción de CO₂ de **90 kg/ha/año** en el total de la superficie (14085 ha).

Con estas reducciones calculadas, y de acuerdo al aporte de hacienda de cada proveedor en kg PV, se tiene una reducción total de **-10,69 kg CO₂ eq**, por cada kilogramo de carne sin hueso producido en el frigorífico y despachado para la venta y consumo.

Este valor determina que la huella de carbono de la carne producida en el frigorífico LOGROS SA, considerando las remociones de carbono de acuerdo al nivel 1 (básico) de las ecuaciones del IPCC pasa de **30,16 kg CO₂ eq. a 19,47 kg CO₂ eq.**, reduciéndose en un -34,4%.

REFERENCIAS

- EPD International. (2019). *MEAT OF MAMMALS PRODUCT GROUP CLASSIFICATION: UN CPC 2111, 2113 2012:11 VERSION 3.11* The International EPD System
- FAO & ITPS. (2020). *Global Soil Organic Carbon Map V1.5: Technical report*. Obtenido de Rome, FAO: <https://doi.org/10.4060/ca7597en>
- FAO. (2018). *Nutrient flows and associated environmental impacts in livestock supply chains. Guidelines for assessment*. Obtenido de <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca1328en/>
- IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* Obtenido de IPCC.
- Nemecek, T., Bengoa, X., Lansche, J., Roesch, A., Faist-Emmenegger, M., Rossi, V., & Humbert, S. (2019). *World Food LCA Database Methodological Guidelines*
- Packing box Argentina. (1 de 10 de 2020). *Cajas para Frigoríficos*. Obtenido de 011 5256 0124 contacto@cajas.com.ar: <https://www.cajas.com.ar/cajas-por-industria/cajas-para-frigorificos>
- Rodrigues Teixeira Dias, F., Ferreira Picoli, J., Paim Costa, F., Bungenstab, D. J., & Folegatti Matsuura, M. I. (2018). *Life Cycle Inventories of Agriculture, Forestry and Animal Husbandry - Brazil*.
- Russo, V., de Kock, L., Muir, K., Notten, P., Patel, I., Stucki, M., . . . Wettstein, S. (2018). *Life Cycle Inventories of Agriculture and Animal Husbandry - South Africa*.

Sesión 2: Huella Hídrica

EJE TEMÁTICO: HUELLA HÍDRICA

VALORACIÓN Y SUSTENTABILIDAD DE LA HUELLA HÍDRICA EN CULTIVOS DE PAPA EN COLONIA CAROYA, ARGENTINA.

Bracamonte Enzo R¹.; Angulo, Eduardo¹; Croce, Alejandro¹; Matoff, Evangelina²; Sbarato, Viviana¹.

¹Facultad De Ciencias Agropecuarias.UNC. Área De Ecotoxicología.

ebracamo@agro.unc.edu.ar

². INTA. Córdoba. Matoff.evangelina@inta.gob.ar

RESUMEN

La agricultura es considerada el sector que utiliza hasta el 70% del agua dulce a nivel mundial. Por ello, los objetivos de este trabajo fueron cuantificar la Huella Hídrica (HH) verde (v), azul (a) y gris (g) en cultivos de papa, variedad Spunta, utilizando el modelo CROPWAT 8.0 en Colonia Caroya, Córdoba, evaluar la sustentabilidad de las huellas hídricas obtenidas y establecer estrategias para mejorar sustentabilidad hídrica de los sistemas productivos regionales. Los resultados mostraron que la HHt obtenida son mayores a valores nacionales e internacionales. Las HHv y HHa son similares a las obtenidas en otras regiones productivas del país. La presión ambiental de la HHg en C. Caroya es alta con alto riesgo de contaminación por fertilizantes nitrogenados y con baja eficiencia del uso del agua aplicada o disponible. El consumo de agua dulce de la HHv+HHa del cultivo de papa permitirían el consumo de 346 personas/día/ha. Las pérdidas de agua por ineficiencia del riego posibilitan el consumo de hasta 69 personas/día para necesidades personales mínimas. Los resultados sugieren elaborar estrategias y recomendaciones para reducir la huella HHg y HHa para lograr la sostenibilidad hídrica y ambiental de la producción de papa en la región norte de Córdoba.

INTRODUCCIÓN

Entre las actividades productivas, la agricultura bajoregadio representa alrededor de una quinta parte de la zona cultivable total de los países en desarrollo, constituyendo este sector como el principal consumidor de agua dulce en el mundo, con un impacto crítico en la cantidad y calidad de la misma (Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), 2022; De Robles et al., 2007; Herath et al., 2014).

La Argentina es uno de los principales productores agrícolas del mundo, destacándose el cultivo de papa por su relevancia alimenticia y proximidad urbana. Entre las principales regiones productoras, la provincia de Córdoba, ocupa la segunda posición nacional alcanzando el 28,87% de producción total plantada.

El cultivo de papa se destaca por los altos volúmenes de agua y fertilizantes nitrogenados que precisa para alcanzar los rendimientos esperados. En la etapa productiva del cultivo, la eficiencia del uso del agua de riego (EUA) depende del método de riego utilizado. Los sistemas de riego más utilizados en esta región, con sus respectivas eficiencias, son por gravedad en surcos (30-75%) y melgas (30-85%) y los de menor uso son el presurizado por aspersión (40-85%) y goteo (50-95%).

El alto volumen de fertilizante nitrogenados utilizados en esta región, hasta 400 kg/ha de urea en aplicaciones a la siembra (200 kg/ha) y en el aporque (200 kg/ha), significan un importante riesgo de contaminación del suelo y aguas subterráneas y un costo financiero que alcanza hasta el 6.35% del total de la producción del cultivo.

Por lo citado, en los sistemas productivos agrícolas se ha instalado la necesidad de contar con indicadores de sostenibilidad hídrica durante el ciclo productivo que permita evaluar el uso eficiente del agua utilizada. Entre ellos se destaca la metodología de la “huella hídrica”, propuesta por Hoekstra et al. (2011) en el estándar

global para evaluación Water Footprint Network, que muestra cómo calcular las huellas hídricas para procesos individuales y productos. Esta metodología incluye estrategias para la evaluación de la sostenibilidad del agua y una gama de opciones de respuesta de las huellas estimadas. El modelo considera el cálculo de tres tipos de huellas hídricas: azul, verde y gris. La huella hídrica azul (HHa) refiere al consumo de los recursos de agua superficial y subterránea a lo largo del ciclo de vida del producto o actividad. La huella hídrica verde (HHv) representa el consumo de agua de lluvia en la medida en que no se convierta en escorrentía. Por último, la huella hídrica gris (HHg) se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de un contaminante dado y llevarlo a concentraciones admitidas en las normas de calidad del sitio donde se realiza el estudio (Civit et al., 2012). Por lo citado, el objetivo general del trabajo de investigación fue: Evaluar la sustentabilidad hídrica por el consumo de agua durante el ciclo productivo de la papa en Colonia Caroya. Los objetivos específicos fueron: a) cuantificar la Huella Hídrica verde, azul y gris en cultivos de papa Var. Spunta en C. Caroya, Córdoba. b) Evaluar la Huella hídrica regional obtenida del cultivo de papa en relación con la EUA de riego en cultivos con manejo de riego en surcos en C. Caroya. c) Evaluar la sustentabilidad de las huellas hídricas obtenidas y d) Establecer estrategias para mejorar y fortalecer la sustentabilidad hídrica de los sistemas productivos de papa de Colonia Caroya como herramienta para un proceso de evaluación continua.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo de investigación se realizó en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Spunta, en Colonia Caroya (-31.03333,-64.08333), Córdoba (Figura 1).



Figura 1. Ciudad y región agrícola periurbana de Colonia Caroya.

Para el cálculo del consumo de agua del cultivo se consideró el periodo del ciclo de vida de siembra tardía (inicio de febrero) a terminado químico (mayo) para evitar heladas tempranas. Para evaluar la eficiencia en el uso del agua de riego, se consideró el manejo de riego tradicional por surco, con valores de eficiencia de uso del agua de 60%. La información base se obtuvo mediante encuestas a ocho productores seleccionados por historia productiva, con técnicos y funcionarios de la Municipalidad de Colonia Caroya y mediante publicaciones técnicas y científicas especializadas. Los datos promedio climáticos correspondientes al periodo productivo febrero-mayo fueron obtenidos de registros históricos del INTA Jesús María y de la estación meteorológica del Aeropuerto de Córdoba provista por Climwat, software asociado al Modelo Cropwat (FAO, 2020).

La caracterización del suelo se realizó considerando la Serie Vicente Agüero. Los valores de las Huellas Hídricas azul y verde, se obtuvieron mediante el cálculo de las necesidades hídricas utilizando el modelo CRO-PWAT 8.0 y siguiendo las metodologías propuestas por Hoekstra et al. (2011) y por Civit et al. (2012).

Para el cálculo de la HHg se consideró como fracción de lixiviación un 10% del total de fertilizante nitrogenado utilizado, dosis de 400 kg/ha de urea (46%), una concentración máxima admitida de 10 mg/L de nitrógeno en el agua (Environmental Protection Agency, 2005), equivalente a 45 mg NO₃/L, valor que coincide con el límite máximo permitido en agua para consumo por el Código Alimentario Argentino (Argentina.gob.ar.,2022). Como las concentraciones naturales no se conocen con precisión y se estiman bajas, se puede asumir que estas son iguales a 0 (Hoeskstra et al, 2010), como rendimiento se consideró el máximo regional de 22 t/ha y la oferta hídrica de 6 riegos, 12 h/día de agua, 128 m³/h y pérdida a nivel de parcela de 15%.

Para calcular la sustentabilidad de la HHg obtenida se relacionó con el riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Para el cálculo de la presión social de la HHv+HHa, se relacionó con la demanda para consumo, considerando el valor sugerido por la OMS de 50 l/hab/día para satisfacer las necesidades básicas (Huasquito Caceres et al., 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron una HHt de 1108 m³/t, donde el aporte de la HHv fue de 201m³/t (18%) y la HHa de 86 m³/t (8%). La HHg del sistema productivo mostró un aporte de 184 kg/ha de nitrógeno, equivalente a 813 kg NO₃/ha. Para alcanzar el valor permitido de 45 mg/L, el volumen de agua necesario para diluir y alcanzar ese valor es de 18073 m³/ha, evidenciando un requerimiento de agua gris elevado de 821 m³/t (74%) (Figura 2).

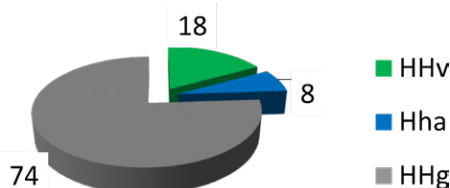


Figura 2. Contribución (%) de la HHv, HHa y HHg en cultivos de papa de C. Caroya.

La HH total obtenida es mayor al valor promedio internacional de 287 m³/t (Mekonnen and Hoekstra, 2011) y por lo reportado por Rodriguez et al (2014) en Buenos Aires, declarando una HHt de 323.99 m³/t, con sistemas de riegos bajo presión. Los resultados evidenciaron que el aporte de agua proveniente de precipitación efectiva (HHv) es significativo en relación al aporte de la HHa. Esto es debido al alto aporte de las precipitaciones total y efectiva (836 mm/año y 443 mm/año, respectivamente) en la región. La presión ambiental de la HHg obtenida es alta, debido al significativo aporte de fertilizantes nitrogenados y bajos rendimientos lo que muestra un alto riesgo de contaminación de aguas subterráneas regionales con producciones en suelos con textura edáfica franco a franco arenoso, con uso intensivo y profundidad de la napa hídrica disponible menor a 50 m. La presión social de la HHv+HHa del cultivo de papa muestra que permitirían el consumo de 346 personas/día/ha y las pérdidas de agua por ineficiencia del riego (EUA de 60%) posibilitan el consumo de hasta 69 personas/día para necesidades personales mínimas.

Este trabajo permitió evaluar la apropiación del agua dulce por parte de la producción de papa y evidenció la relevancia de las prácticas agrícolas inadecuadas como el riego y uso de fertilizantes sobre la huella hídrica del cultivo. Por ello, se sugiere establecer mejoras en las eficiencias de riego, considerando la evolución de la humedad edáfica, los requerimientos de agua según las etapas de crecimiento del cultivo y el uso de dispositivos de riego más eficientes. También se sugiere eficientizar el uso de fertilizantes para reducir la HH gris mediante el análisis de la composición del suelo, la tasa de mineralización, la movilidad de los nutrientes y el consumo según estadio fenológico.

CONCLUSION

La HHt obtenida en cultivos de papa, var. Spunta en C. Caroya, son mayores a valores nacionales e internacionales.

Las HHv y HHa son similares a las obtenidas en otras regiones productivas del país.

La presión ambiental de la HHg en cultivo de papa en C. Caroya es alta con alto riesgo de contaminación por fertilizantes nitrogenados en aguas subterráneas y superficiales.

La presión social por el consumo de agua dulce de la HHv+HHa y por las pérdidas por ineficiencia del uso del agua de riego es alta en producciones de papa en C. Caroya.

Palabras clave: huella ambiental, Solanum tuberosum, eficiencia uso del agua, sustentabilidad hídrica.

REFERENCIAS

- Argentina.gob.ar (2022). Código Alimentario Argentino: Capítulo XII. Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- Civit, B., Arena, P. y Piastrellini, R. (2012). Indicadores de sostenibilidad. Huella de carbono y huella hídrica de un viñedo considerando distintos sistemas de riego en Mendoza, Argentina. *Enovicultura*, 14, 2–9. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/95985>.
- De Robles, B.E. R. (2007). Una visión sostenibilista sobre la escasez del agua dulce en el mundo. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*.(2), p.85-107. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4234/Escribano.pdf>
- Environmental Protection Agency. (2005). List of Drinking Water Contaminants: Ground Water and Drinking Water. <http://www.epa.gov/safewater/mcl.html#1>.
- Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). (2020). CROPWAT: a computer program for irrigation planning and management. Obtenido de Irrigation and Drainage.: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
- FAO.(2022). Water. <https://www.fao.org/water/es/>
- Herath, I., Green, S., Horne, D., Singh, R., Clothier, B. (2014). Quantifying and reducing the water footprint of rain-fed potato production Part I: measuring the net use of blue and green water. *J. Clean. Prod.* (81), 111-119.
- Hoekstra, A. C. (2010). The Water Footprint Assessment Manual en Setting the Global Standard. (228pp.). Earthscan Ed., London, Washington, DC. <http://www.waterfootprint.org/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf>
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual en Setting the Global Standard. Earthscan, London, UK.
- Huaquisto Cáceres, S. C. (2019). Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de salcedo, puno. Obtenido de Investigación & Desarrollo, 19 (1), 133-144.: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sciarttext&pid=S2518-44312019000100010&lng=pt&tlng=es>
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrol Earth Syst Sci* 15(5):1577–600.
- Rodriguez, C. I., Galarreta, V. A R. D., Kruse, E. E. (2015). Analysis of water footprint of potato production in the pampean region of Argentina. *Journal of Cleaner Production*, 90: 91–96.

HUELLA HÍDRICA GRIS COMO INDICADOR DE CONTAMINACIÓN POTENCIAL DE UNA Balsa DE EVAPORACIÓN DE EFLUENTES DE ACEITUNA DE MESA Y ACEITE DE OLIVA

Evelyn VUKSINIC^{1*}, Roberto Esteban MIGUEL¹ y Corina Iris RODRIGUEZ²

^{1*} Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Catamarca-La Rioja, EEA Chilecito.
Ruta de la Producción Km 7,5 CP: 5361 Tel: 11-60585242
vuksinic.evelyn@inta.gob.ar

² Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales, Facultad de Ciencias Humanas UNICEN.
Campus Universitario – Paraje Arroyo Seco CP: 7000 Tel: 0249-4385772

RESUMEN

La oferta limitada de agua dulce económicamente disponible y la demanda creciente de las necesidades humanas torna necesaria la construcción de indicadores que aporten información en términos de volumen de agua disponible y apropiada. La Huella Hídrica (HH) permite analizar cómo las actividades humanas se relacionan con los problemas de la escasez de agua y de su contaminación (Hoekstra et al., 2021).

La HH se divide en tres indicadores: HH azul, HH verde y HH gris. Esta última definida como el volumen de agua dulce necesario para asimilar las cargas contaminantes dadas las concentraciones naturales de fondo y las normas de calidad ambiental según la autoridad de aplicación (Hoekstra et al., 2021). En la actualidad, la HH gris ha sido estudiada en menor medida que la HH verde y azul, sin embargo, existen diversos trabajos que remarcan la relevancia de la HH gris en diversos sectores industriales (Corredor et al., 2021).

En lo que respecta a las producciones derivadas del olivo, existen trabajos que evaluaron la HH asociadas. Se estimaron la HH para olivares, encontrando amplios rangos para los valores relacionados con los tres componentes, a su vez se compararon los distintos sistemas de producción de olivo (Nogueira et al., 2012; Dichio et al., 2012; Pellegrini et al., 2016; Salmoral et al., 2010; Crovella et al., 2022). No se encontraron antecedentes que evalúen la HH gris de los efluentes derivados de la industrialización de productos olivícolas.

Según Chapagain y Hoekstra (2008) son pocas las etapas de los procesos productivos industriales que contribuyen sustancialmente a la HH total del producto. Sin embargo, los componentes industriales infieren de forma particular a la contaminación del agua, por lo que su mayor aporte está en la HH gris, y aquí radica la importancia de calcularla.

En tal sentido, el objetivo de este trabajo es estimar la HH gris potencial de una balsa de evaporación de efluentes del procesamiento de aceituna de mesa y aceite de oliva en una industria partiendo de una situación hipotética de infiltración del efluente hacia las aguas subterráneas. Vale aclarar que existen antecedentes en el área que datan de la presencia de tenores salinos y de nitratos en pozos advirtiendo como posible causa la llegada de retornos de riego y efluentes de las agroindustrias (Poblete y Guimaraes, 2006; Miguel et al., 2016). En este sentido, se consideró agua subterránea ya que los cuerpos de agua superficial son temporarios, y en caso de existir un accidente de fisura o derrame la carga contaminante afectaría al sistema acuífero.

Para el cálculo de la HH gris se utilizó la fórmula propuesta por Hoekstra et al. (2021). En este caso, se seleccionó el ion cloruro debido a su presencia en concentraciones elevadas en el efluente generadas por los insumos utilizados en la producción (Ecuación 1).

$$\text{HH gris} = \frac{\text{CC (mg Cl}^- \text{/balsa)}}{\text{(Vol. agua) C max (mg/l) - C nat (mg/l)}} = \frac{19.200.000 \text{ l} * 62.210 \text{ (mg Cl}^- \text{/l)}}{350 \text{ (mg/l) - 23 (mg/l)}} = 3,65 \text{ hm}^3$$

CC: Carga contaminante de la balsa de evaporación; C max: concentración máxima permitida en agua potable;
C nat: concentración natural de fondo

Ecuación 1. Cálculo de HH gris. Adaptado de Hoekstra et al. (2021)

La carga contaminante (CC) de la balsa se calculó multiplicando el volumen de la balsa, estimado a partir de las medias de la misma (ancho x largo x profundidad) y la concentración media de cloruro en el efluente. Para ello se tomó un total de cinco muestras compuestas de la balsa durante el año 2019. El muestreo consistió en la toma de 16 submuestras que fueron homogenizadas para conformar una muestra compuesta de dos litros que se remitió al Laboratorio de la Universidad de Chilecito para la determinación de cloruro. El volumen de la balsa resultó de 19.200 m³. La concentración media de cloruro en el efluente fue de 62.210 mg Cl⁻/L. Se obtuvo una carga contaminante total de 1.194.432 kg de cloruro en la balsa.

Se consideró como norma de calidad ambiental la concentración máxima permitida para agua potable según el Código Alimentario Argentino (350 mg/l). Para la estimación de la concentración natural de fondo se consideró la mediana de los valores de cloruro en agua subterránea registrados por el INA CRAS en el año 1975 para el área de Vichigasta y Catinzaco en 48 pozos (23 mg/l) (Rocca et al., 1975). La HH gris potencial de los efluentes de balsa de evaporación de la industrialización del olivo es de 3,65 hm³, el equivalente al volumen de lámina de riego anual requerido por 430 ha de olivo (850 mm/ha/año). Cabe aclarar que este valor no debe ser entendido como un factor de dilución, sino como un indicador de la contaminación potencial que podría ocasionar un accidente o fisuras en el caso de la balsa de evaporación. Si bien en el área de estudio la zona no saturada varía entre 40-100 metros, el cloruro, al ser un elemento conservativo, garantiza la llegada a las capas superiores del sistema acuífero poniendo en peligro de contaminación el recurso esencial para el desarrollo productivo de la zona. Se destaca que el saneamiento de acuíferos por contaminación es un proceso costoso de difícil remediación. En tal sentido, es importante hacer hincapié en las operaciones intra industria que aporten a la reducción, reúso y minimización en la generación de efluentes y el tratamiento de aguas residuales antes de su vertido. Los trabajos antecedentes demuestran que el componente gris de la producción primaria es el más bajo comparado con el verde y el azul, por lo que se vuelve necesario profundizar en el cálculo de la HH gris de la industrialización de los productos primarios, especialmente en aquellos que sin la industrialización no tiene comercialización, como es el caso de la aceituna de mesa. Medidas que aporten a minimizar las aguas residuales y las cargas contaminantes no solo permitirán la disminución del indicador de HH gris sino también aportar a la transición de la economía lineal hacia una circular.

Palabras clave: Producción olivícola, Efluentes Agroindustriales, Indicadores, Contaminación

REFERENCIAS

- Chapagain, A. K., y Hoekstra, A. Y. (2008). *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Corredor, J. A. G., González, G. L. V., Granados, M. V., Gutiérrez, L., & Pérez, E. H. (2021). Use of the gray water footprint as an indicator of contamination caused by artisanal mining in Colombia. *Resources Policy*, 73, 102197.
- Crovella, T., Paiano, A., & Lagioia, G. (2022). A meso-level water use assessment in the Mediterranean agriculture. Multiple applications of water footprint for some traditional crops. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129886.
- Dichio, B., Palese, A. M., Montanaro, G., Xylogiannis, E., & Sofo, A. (2012). A preliminary assessment of Water Footprint components in a Mediterranean olive grove. In VII International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 1038 (pp. 671-676).
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2021) *Manual de evaluación de la huella hídrica. Establecimiento del estándar mundial*. Water Footprint Network.

- Miguel, Roberto E.; Tálamo, Esteban; Cristos, Diego; Gonzalez Ribot, Joaquín; Chayle, Luis. (2016). Análisis y evolución del proceso de salinización del sistema acuífero Antinaco – Los Colorados en las colonias Vichigasta y Cantinzaco, La Rioja. Argentina.
- Nogueira, A. M., Paço, T. A., Silvestre, J. C., González, L. F., Santos, F. L., & Pereira, L. S. (2012). Water footprint of a super-intensive olive grove under Mediterranean climate using ground-based evapotranspiration measurements and remote sensing. EGU General Assembly. Vienna, Austria.
- Pellegrini, G., Ingraio, C., Camposeo, S., Tricase, C., Conto, F., & Huisinigh, D. (2016). Application of water footprint to olive growing systems in the Apulia region: a comparative assessment. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2407-2418.
- Poblete, M.A. y Guimaraes R.E. (2006). Evaluación hidrogeológica de los acuíferos explotados en la cuenca Antinaco-Los Colorados. INA-CRAS. p 28.
- Rocca, J.A.; Ortíz, A.; Zambrano, J; Taballione, C.; Togores, E.; Robles, J.O.; Victora, J.A.; Pelegrino, J; Salvioli, G.; Bosch, E.; Martinis, N.; Coria, E.; Lonh, P; Garcia Perón; Ferres, C.; Álvarez, A.; Frontera, H.; Aberastain, S.; Toro, M.A. y Nally, J. (1975). Investigación del agua subterránea en el Valle Antinaco-Los Colorados, Provincia de La Rioja. Publicación N° P-067. INA CRAS. Secretaría de Estado de Recursos Naturales y Ambiente Humano, Subsecretaría de Recursos Hídricos. pp. 350.
- Salmoral, G., Aldaya, M. M., Chico, D., Garrido, A., & Llamas, M. R. (2010). The water footprint of olive oil in Spain. *Fundación Botín*.

VARIABILIDAD TEMPORAL Y TERRITORIAL DE LA HUELLA HÍDRICA VERDE DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

María Macarena ARRIEN¹, Maite M. ALDAYA² y Corina Iris RODRIGUEZ^{1*}

¹ Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Campus Universitario Tandil, Buenos Aires, Argentina.

² Instituto de Innovación y Desarrollo Sostenible en la Cadena Alimentaria (IS-FOOD), Universidad Pública de Navarra (UPNA), Pamplona, España. (*) corodri@fch.unicen.edu.ar

RESUMEN

En Argentina, las regiones más expuestas a los impactos adversos de la sequía se ubican principalmente en las áreas agrícolas y ganaderas ubicadas en el centro del país, incluyendo la provincia de Buenos Aires (Naumann et al., 2019). Según el último Censo Nacional Agropecuario (INDEC, 2018), la provincia de Buenos Aires representa el 31% del área sembrada del país, y los principales cultivos fueron soja (35%), maíz (14%), girasol (5,2%) y trigo (0,62%).

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la huella hídrica (HH) verde de los principales cultivos en la provincia de Buenos Aires bajo tres condiciones meteorológicas: un año seco (2008), un año húmedo (2012), y la media de 10 años (2008-2018), con el propósito de analizar las variaciones temporales y territoriales de la demanda de agua agrícola en un contexto de variabilidad climática.

Para determinar la HH verde de la soja, el maíz, el girasol y el trigo a nivel municipal se siguió la metodología propuesta por Hoekstra et al. (2021). Las necesidades de agua verde de cada cultivo se estimaron utilizando el modelo CROPWAT (FAO, 2020) con los datos de estaciones meteorológicas representativas (Servicio Meteorológico Nacional e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Su valor se relacionó con el rendimiento y con la producción de cada cultivo por municipio (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca) obteniendo respectivamente la HH verde por unidad de producto (m³/ton) y la HH verde total (Mm³/año) a nivel de municipio. Se realizaron mapas provinciales con los resultados para cada cultivo bajo las diferentes variabilidades climáticas.

La HH verde de la soja y el maíz se redujo notablemente en el año seco (Tabla 1 y 2). La HH verde del girasol no registró gran variabilidad temporal. En cuanto al trigo, su HH verde total fue un 22% mayor en el año seco que en el húmedo, debido a la mayor producción del trigo en el año seco.

Los rendimientos en los cuatro cultivos son menores en el año seco que en las otras condiciones. La producción total fue inferior en el año seco para la soja, el maíz y el girasol comparado con el año húmedo y con el promedio, a excepción del trigo que tuvo mayor producción en el año seco.

La tabla 2 muestra la variabilidad espacial de la HH verde en los municipios de la provincia en cada condición climática. La soja obtuvo la mayor HH verde en las tres situaciones, por ser el cultivo con mayor superficie y producción. El girasol presentó los valores más bajos debido a su menor producción total en todas las condiciones.

En general, los mayores valores de HH verde para el maíz y la soja se dan en los municipios del norte y noreste de la provincia, disminuyendo hacia el sur-suroeste debido a la conjunción de dos factores: disminución de las precipitaciones y menor calidad de los suelos lo que provoca una menor productividad. Mientras que para el girasol y el trigo los valores más altos se dan en el sur y suroeste de la provincia.

Tabla 1. Rendimiento promedio (R), producción (P) y HH verde de cultivos en la provincia de Buenos Aires.

Cultivos	Promedio 2008-2018			Año seco (2008)			Año húmedo (2012)		
	R (Ton/ha)	P (Ton)	HH verde (Mm ³ /año)	R (Ton/ha)	P (Ton)	HH verde (Mm ³ /año)	R (Ton/ha)	P (Ton)	HH verde (Mm ³ /año)
Maíz	7	9.605.925	4.676	4,3	3.625.250	2.320	7,7	9.790.376	4.629
Soja	2,7	16.910.000	24.624	1,2	6.743.393	16.799	2,7	17.820.753	28.976
Trigo	3,6	6.733.188	6.699	2,6	5.510.807	5.154	3,1	3.663.248	4.200
Girasol	2,2	1.745.634	2.471	1,8	1.419.815	2.246	2,3	1.546.930	2.235

Tabla 2. Variabilidad de la huella hídrica verde (Mm³/año) a nivel de municipios en la provincia de Buenos Aires.

Cultivos	Promedio 2008-2018			Año seco (2008)			Año húmedo (2012)		
	Máx	Mín	Media	Máx	Min	Media	Máx	Min	Media
Maíz	344	0,6	45,8	265,7	0,12	24,2	375	0,4	46,8
Soja	1292	0,7	246	1495	0,23	189	1115	0,6	305
Trigo	370	0,4	66,6	324	0,67	54,8	296	0,7	44,6
Girasol	173	0,4	25,7	230	0,31	23,6	210	0,2	24

Los principales cultivos de secano de Argentina dependen exclusivamente de los recursos hídricos verdes. La variabilidad en las precipitaciones y temperaturas afecta de manera diferente a estos cultivos. A corto plazo, parece que la soja y el maíz van a ser los que más sufran los impactos. En función de las previsiones climáticas, es importante el ajuste de las fechas de siembra de ciertos cultivos para que sus necesidades hídricas máximas coincidan con las lluvias.

La información del componente verde de la HH puede utilizarse en la evaluación de la seguridad hídrica para decidir qué y dónde producir priorizando el uso de agua verde y dejando disponibles recursos de agua azul para otros usos como el industrial o doméstico, tanto en el caso de Argentina como de sus socios comerciales importadores de estas materias primas.

Palabras clave: agua verde, producción agrícola, sustentabilidad, variabilidad climática.

REFERENCIAS

- FAO (2020). CropWat 8.0 software. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma, Italia. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. (2021). Manual de evaluación de la huella hídrica. AENOR, España. <https://waterfootprint.org/en/resources/publications/water-footprint-assessment-manual/>
- INDEC (2018). Censo Nacional Agropecuario de 2018. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-8-87>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Subsecretaría de Agricultura, Dirección Nacional de Estimaciones, Delegaciones y Estudios Económicos. (Acceso 15 de Agosto de 2022). <https://datosestimaciones.magyp.gov.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Naumann, G., Vargas, W.M., Barbosa, P., Blauhut, V., Spinoni, J., Vogt, J.V. (2019). Dynamics of Socioeconomic Exposure, Vulnerability and Impacts of Recent Droughts in Argentina. *Geosciences* 2019, 9(1), 39; <https://doi.org/10.3390/geosciences9010039>

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE UN SISTEMA GANADERO DEL DEPARTAMENTO DE ANTA, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

Agustín Alejandro Berteá¹, Ariela Griselda Salas Barboza^{1,2,*},
Julia Cardon Pocoví^{1,2}, Jorge Alejandro Navarro^{1,3} y Lucas Seghezzi^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta,
Avenida Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina.

²Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Avenida Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina.

³Grupo de Producción Animal, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - EEA Salta, Cátedra de Forrajes, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta,
Avenida Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina.

*E-mail de correspondencia: griselda.salasbarboza@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se implementó la metodología de la huella hídrica para estimar el consumo de agua de la producción ganadera en una finca ubicada en el departamento de Anta, provincia de Salta. El método considera el consumo directo e indirecto de agua asociado a la alimentación, a la bebida y a la limpieza de las instalaciones y de los animales. Con base en información de entrevistas y trabajo de campo se configuraron los límites espaciales y temporales del sistema con el fin de estimar los volúmenes de agua empleados por las categorías animales que son destinadas para el consumo de carne. Se utilizaron como unidades de análisis a las categorías de novillo (400 kg) y vaca de descarte (500 kg). La huella hídrica total se estimó en 3057,59 m³/animal en novillos y 23074,47 m³/animal en vacas de descarte. En ambas categorías la huella hídrica total estuvo asociada en más del 99% al consumo indirecto de agua vinculado a la alimentación (pasturas y suplementación) y el resto al consumo de agua de bebida. Este trabajo constituye un importante antecedente para la región y contribuye a profundizar el conocimiento sobre el consumo de agua en la ganadería bovina local.

INTRODUCCIÓN

El agua dulce constituye uno de los principales insumos productivos de carácter global para la producción agrícola-ganadera (Hoekstra et al., 2011). Se estima que, a nivel mundial, dicha actividad utiliza aproximadamente el 70% del total de agua extraída de acuíferos y fuentes superficiales (WWAP, 2019) y que de ese volumen el 30% se destina directa o indirectamente a la producción ganadera (Ran et al., 2016). Es necesario comprender el uso y manejo del agua especialmente en regiones con limitaciones hídricas, donde el avance e intensificación de los sistemas ganaderos tendrían el potencial de aumentar la escasez del agua y la competencia por su uso. En este sentido, el indicador de huella hídrica (HH) se plantea como una novedosa herramienta para visibilizar el impacto de las actividades humanas sobre los recursos hídricos (Hoekstra, 2003). La HH se define como un indicador de uso del agua que brinda información espacio-temporal sobre la apropiación del recurso para diversos propósitos (Hoekstra, et al., 2011). Este indicador proporciona un marco de referencia apropiado para el análisis del consumo de agua por parte de productos de origen animal (Mekonnen y Hoekstra, 2010) y puede utilizarse como herramienta para la gestión y la gobernanza sostenibles del agua.

La provincia de Salta ha experimentado un continuo crecimiento del stock bovino en los últimos años, alcanzando los 1,5 millones de cabezas de ganado en el año 2019 (Nasca et al., 2019). De mantenerse las tendencias actuales de crecimiento del stock bovino, la expansión de la ganadería ocurriría a expensas de los bosques localizados en el este provincial (Navarro et al., 2020), en sectores correspondientes al Chaco salteño.

Debido a las limitaciones hídricas que presenta esta región, es necesario incluir en estudios de sustentabilidad, indicadores que evalúen el uso y manejo del recurso hídrico en todas las etapas de la producción ganadera. En ese contexto, la HH representa una herramienta de gran utilidad que permitirá sugerir lineamientos para hacer un uso eficiente del agua. El objetivo de este trabajo es estimar la HH asociada a un sistema ganadero, evaluar el potencial de la herramienta como indicador de uso del agua y analizar la factibilidad de su aplicación a nivel local en un caso de estudio concreto.

METODOLOGÍA

El área de estudio se localiza al este de la provincia de Salta, en el departamento de Anta. Se trata de un establecimiento ganadero dedicado a la cría y recría de animales, para consumo de carne y el desarrollo genético de la raza Brangus colorado, para reproducción. El presente trabajo focalizó el análisis en la estimación de la HH de los animales que son destinados para consumo de carne. Las categorías que conformaron las unidades de análisis fueron novillo y vaca de descarte, con un peso promedio a su salida del sistema de 400 y 500 kg, respectivamente. Con base en información de entrevistas y trabajo de campo (agosto de 2018) se establecieron los límites espaciales y temporales del sistema productivo. El alcance espacial estuvo dado por los límites propios de la finca. El período de tiempo analizado comprendió, en el caso de novillos, desde el nacimiento de los terneros hasta los 18 meses y en el caso de vacas de descarte, desde el nacimiento de las terneras hasta un promedio de 8 años.

La estimación de la HH y de sus tres componentes (HH verde, HH azul y HH gris) se realizó empleando la metodología propuesta por la Red de la Huella Hídrica (*Water Footprint Network-WFN*)¹, descrita en el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica (Hoekstra et al., 2011), complementada con algunas adaptaciones de acuerdo a lo propuesto en Chapagain y Hoekstra (2003) y Mekonnen y Hoekstra (2012). La HH de un animal vivo es el volumen de agua que consume a lo largo de su vida, relacionado indirectamente al consumo de alimento y directamente al consumo de agua de bebida y de agua de servicio (implica limpieza de los animales y de las instalaciones). La unidad considerada para expresar los valores de HH y sus componentes fue m³/animal vivo.

La HH de la alimentación corresponde a la HH total (verde, azul y gris) de las pasturas y cultivos que son utilizados como alimento del ganado. Se asumió un consumo exclusivo de pasturas Gattón panic (*Megathyrsus maximus* Jacq. cv Gattón) y suplementación con maíz, soja y semillas de algodón durante la época de estiaje para algunas categorías. La estimación del volumen de alimento consumido por categoría animal se determinó considerando los requisitos de materia seca (MS) con base en: (a) un porcentaje de peso vivo (PV) animal Chapagain y Hoekstra (2003) y (b) las cantidades de energía metabólica (EM) requeridas por los animales para alcanzar un adecuado desarrollo. La HH asociada a cada alimento que conforma la dieta del ganado se estimó considerando la etapa de crecimiento de los cultivos y pasturas (desde la siembra hasta la cosecha). Se utilizó el programa CROPWAT 8.0² desarrollado por la FAO. El programa brinda como información de salida volúmenes de ET, expresados en mm, que pueden ser discriminados en ET verde y ET azul, según corresponda. Esos valores se multiplicaron por un factor igual a 10 para expresarlos en m³/ha. La HH verde y la HH azul de los cultivos y de las pasturas (m³/t) fueron calculadas como el cociente entre los volúmenes respectivos de ET verde y ET azul, en m³/ha y el rendimiento del cultivo o pastura, en t o kg de MS/ha. La HH gris se estimó utilizando la metodología detallada en Franke et al. (2013). Se empleó el ingrediente activo glifosato para calcular la HH gris de los cultivos, debido a su prevalencia de aplicación en el área de estudio (Pórfido, 2014) y a que es un indicador que cuenta con límites bien definidos en cuanto a parámetros de calidad de agua (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2003). La HH del consumo de agua para bebida de un animal se estimó empleando el modelo desarrollado en Chapagain y Hoekstra (2003) que considera los requerimientos diarios de agua (% o L/día) y el incremento de PV del animal desde el momento en que es destetado hasta su salida del sistema. Finalmente, en relación a la HH del consumo de agua de servicio de un animal se asumió que es despreciable, ya que se trata de un consumo de agua esporádico y prácticamente nulo en comparación con el resto de los consumos.

¹Disponible en: <https://waterfootprint.org/en/>

²Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>

RESULTADOS

La cantidad total de alimento consumido en la categoría de novillo ascendió a 3,73 tMS y en el caso de la categoría de vaca de descarte a 30,46 tMS. En ambas categorías el consumo de pasturas superó el 90% del consumo total, ascendiendo a 3,42 tMS en machos y a 26,36 tMS en hembras. En relación a los suplementos, los consumos de maíz, soja y semillas de algodón, no sobrepasaron la tonelada.

En relación a la HH de los alimentos que conforman la dieta del ganado, el volumen correspondiente a la pastura se estimó en 747 m³/tMS de HH total (agua verde). Los novillos consumen 2551,16 m³/animal de agua verde asociada a su alimentación a base de pasturas, mientras que las vacas de descarte consumen 21931,76 m³/animal. Respecto a la HH de los suplementos, el cultivo de maíz obtuvo una HH total de 718,84 m³/tonMS, el 98% corresponde al componente verde (705,12 m³/tMS) y el resto al componente gris (13,71 m³/tMS). La HH asociada al consumo de maíz fue de 108,81 m³/animal en novillos y de 574,62 m³/animal en vacas de descarte. La HH correspondiente al cultivo de soja se estimó en 1510,15 m³/tMS, el 96% asociado al componente verde (1451,74 m³/tMS) y el resto al componente gris (58,41 m³/tMS). La HH del consumo de soja fue de 84,91 m³/animal en novillos, mientras que en vacas de descarte de 448,38 m³/animal. La HH estimada para el cultivo de algodón fue de 2926,82 m³/tMS. En este caso, se consideró el agua de riego (azul), el agua aportada por las precipitaciones y que se aloja en el suelo (verde) y el agua gris. El 66% de su HH total corresponde al componente verde (1930,10 m³/tMS), el 33% al componente azul (947,30 m³/tMS) y el resto al componente gris (49,42 m³/tMS). La HH correspondiente al consumo de semillas de algodón por parte del ganado se estimó en 300,47 m³/animal. La única categoría que recibe este tipo de suplemento es la de ternero de recría, en machos. Finalmente, la estimación de la HH asociada a la alimentación de las categorías animales seleccionadas arrojó un valor de 3045,35 m³/animal en novillos y 22954,76 m³/animal en vacas de descarte. Teniendo en cuenta el aporte individual de cada alimento, la pastura implicó el 84% de la HH total de la alimentación en novillos y el 96% en vacas de descarte, el resto estuvo asociado al consumo de suplementación a base de semillas de algodón, soja y maíz.

La estimación de la HH relacionada al consumo de agua de bebida (agua azul) arrojó un valor de 12,24 m³/animal en novillos y 119,71 m³/animal en vacas de descarte.

La HH total de un animal vivo a su salida del sistema se estimó en 3057,59 m³/animal en novillos y 23074,47 m³/animal en vacas de descarte. En ambas categorías animales más del 99% de la HH total estuvo asociada al consumo indirecto de agua vinculado a la alimentación (pasturas y suplementación) y el resto al consumo de agua de bebida. La HH verde constituyó el principal componente de la HH total, en el caso de novillos su aporte fue del 96,08% y en caso de vacas de descarte del 99,36%. La HH azul aportó el 3,58% de la HH total en novillos y el 0,52% en vacas de descarte. Finalmente, la HH gris constituyó el 0,34% de la HH total en novillos y el 0,12% en vacas de descarte (Tabla 1). La HH total de un animal vivo expresada de forma anual corresponde a 2038,39 m³/animal/año para novillos y 2884,31 m³/animal/año para vacas de descarte. Estos valores son mayores en relación a los reportados en estudios globales que emplean la metodología descrita en el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica (Hoekstra et al., 2011), por ejemplo, Chapagain y Hoekstra (2003) reportan un valor promedio a nivel global de 1532,35 m³/animal/año, mientras que Mekonnen y Hoekstra (2010) indican un valor de 629,67 m³/animal/año. Algunas diferencias entre los estudios mencionados y el presente trabajo radican en que los primeros no discriminan los valores de HH por categorías animales y emplean métodos diferentes para estimar la composición de la dieta animal. Este último aspecto repercute de forma preponderante en la HH del alimento, el cual representa el componente de mayor aporte a la HH total.

Tabla 1. Huella hídrica (HH) verde, azul, gris y total asociada a cada categoría del ganado (acumuladas)

Categoría animal	HH verde (m ³ /animal)	HH azul (m ³ /animal)	HH gris (m ³ /animal)	HH total (m ³ /animal)	
	Ternero	362,21	2,04	5,36	369,62
	Ternero recría	1599,06	103,13	10,43	1712,62
Machos	Novillito 1	2325,77	106,06	10,43	2442,26
	Novillito -2				3057,59
	Novillo	2937,66	109,49	10,43	
	Ternera	345,07	1,95	5,10	352,12
	Ternera recría	1412,77	5,91	16,00	1434,68
Hembras	Vaquillona	3823,04	18,60	28,31	3869,94
	Vaca	22692,00	118,21	28,31	22838,52
	Vaca de descarte	22926,45	119,71	28,31	23074,47
TOTAL	25864,12	229,20	38,74	26132,06	

CONCLUSIONES

En este trabajo, se determinó la HH asociada a la producción ganadera de un sistema productivo existente en el Chaco salteño. Representa un importante antecedente en la región, ya que no se encontraron otros trabajos que aborden la misma temática a nivel predial y porque contribuye a aumentar el conocimiento sobre el consumo de agua en la ganadería bovina local mediante la aplicación de un indicador con gran potencial para la gestión de los recursos hídricos.

Se focalizó el análisis en la estimación de la HH de los animales que son destinados para consumo de carne. La HH de un animal se basó en el consumo directo e indirecto de agua vinculado a la alimentación, bebida y limpieza de los animales y de las instalaciones. Las categorías que conformaron las unidades de análisis fueron novillo y vaca de descarte. La HH total de un animal vivo se estimó en 3057,59 m³/animal en novillos y 23074,47 m³/animal en vacas de descarte. En ambas categorías la HH total estuvo asociada en un 99% al consumo indirecto de agua vinculado a la alimentación (pasturas y suplementación). La HH verde constituyó el principal componente de la HH total, representando el 96,08% en novillos y 99,36% en vacas de descarte.

La cantidad y la composición de la dieta animal en cada categoría del ganado se determinó considerando los requisitos de materia seca (MS) con base en: (a) un porcentaje de peso vivo (PV) animal y (b) los requerimientos de EM. La implementación de dicha metodología constituyó un importante ajuste a escala predial de los métodos propuestos por el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica.

Los valores de HH estimados, tanto para novillos como para vacas de descarte, fueron mayores que los observados en la bibliografía. La comparación entre los resultados obtenidos en el presente estudio y los reportados por estudios globales debe ser realizada teniendo en cuenta que existen algunas diferencias en los procedimientos adoptados, principalmente en las escalas de análisis y en la determinación de la composición y cantidad de alimento consumido.

Finalmente, la ventaja del uso de la HH como indicador recae en la posibilidad de identificar y cuantificar en el sistema de estudio los puntos críticos con relación al uso del agua, esto permite establecer medidas de ajuste y reducción del consumo que impactan en los valores finales de HH.

Palabras clave: huella hídrica, ganadería, recursos hídricos, Chaco salteño

REFERENCIAS

- Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y. (2003). *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Value of Water Research Report Series N°13*. Delft, Países Bajos: UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Franke, N.A., Boyacioglu, H. y Hoekstra, A. Y. (2013). *Grey water footprint accounting: Tier 1 supporting guidelines*. Delft: Unesco-Ihe.
- Hoekstra, A.Y. (2003). *Virtual water: an introduction*. En: Hoekstra, A.Y. (Ed.) *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Research Report Series N°12. Países Bajos: IHE Delft.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Mekonnen, M.M. y Aldaya, M.M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Londres - Washington D.C.: Earthscan.
- Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. (2010). *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Volume 1: Main Report. Value of Water. Research Report Series N°48*. Países Bajos: UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3), 401-415.
- Nasca, J.A., Fernández, P.D. y Martínez, G.M. (2019). Distribución y potencial productivo de los sistemas bovinos del Chaco Salteño. INTA. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/distribucion-y-potencial-productivo-de-los-sistemas-bovinos-del-chaco-salteno>.
- Navarro, M.F., Calamari, N., Mosciaro, M.J., Gavier-Pizarro, G. y Volante, J.N. (2020). Escenarios futuros de la expansión agropecuaria en la Ecorregión Chaqueña - Fase I. Boletín técnico de la Fundación Vida Silvestre. Buenos Aires, Argentina: Acuerdo de asistencia técnica con INTA 2017-2018.
- Pórfido, O.D. (2014). Los plaguicidas en la República Argentina. 1° Edición. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación.
- Ran, Y., Lannerstad, M., Herrero, M., Van Middelaar, C.E. y De Boer, I.J. (2016). Assessing water resource use in livestock production: A review of methods. *Livestock Science*, 187, 68-79.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. París: UNESCO.

Sesión 3: Cultivos industriales

EJE TEMÁTICO: HUELLA DE CARBONO

EVALUACIÓN PRELIMINAR ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA. VARIEDAD GURI INTA CL

Susana N: Maciel^{1*}, José Colazo², Melania Bohl², Franco González², Sofía Esquivó²,
Silvana Ferrari Usandizaga³

^{1*}Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria. Balcarce. Ruta 226 km 73,5. C.P: 7620. Balcarce. Buenos Aires. maciel.susana@inta.gob.ar

²Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A). Concepción del Uruguay. Ruta Provincial 39 Km 143,5. C.P: 3260. Entre Ríos. colazo.jose@inta.gob.ar

³Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A). Corrientes. Ruta 12 km 1008. C.P: 3400. ferrariusandizaga.s@inta.gob.ar

RESUMEN

Se realizó una evaluación preliminar para estimar la huella de carbono de la producción primaria del cultivo de arroz. Se definió el sistema que abarca desde la preparación del suelo hasta la cosecha, considerando como unidad funcional 1 kg de arroz cáscara (semilla). Se realizó un inventario de las operaciones de campo e insumos del sistema productivo que generan emisiones directa o indirectamente al ambiente. El estudio se realizó dentro del campo experimental arrocero de la E.E.A. Concepción del Uruguay. Se aplicaron dos metodologías para cuantificar las emisiones producidas: la información relevada de los procesos e insumos agrícolas se procesó mediante la herramienta de análisis SimaPro 9.4 y factores extraídos de Revista Márgenes Agropecuarios. La toma de muestras a campo, para cuantificar el factor de emisión estacional de metano (CH₄), se realizó mediante el método de cámara estática. Se colectaron muestras semanalmente, cinco días posteriores al riego hasta desecamiento del lote para su posterior cosecha. El rendimiento ponderado de la región para la variedad, tipo largo fino, GURI INTA CL fue de 9.800 kg/ha. Los resultados arrojaron una huella de carbono de 0.796 kg CO₂ equivalente/kg semilla, estimando el impacto a nivel nacional de 1.21 Mt de CO₂ equivalente.

INTRODUCCIÓN

1.1. Emisiones de gases de efecto invernadero.

Las consecuencias adversas debidas a los cambios en la temperatura del planeta han afectado nuestros sistemas productivos, generando una creciente preocupación, tanto nacional como internacional (Ibárcena Escudero, M. y Scheelje Bravo, J.M. 2003).

Esto impulsa a profundizar el conocimiento respecto de las fuentes de emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) y su dinámica en los procesos agrícolas. Los principales gases responsable de este efecto son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), los cuales forman una capa permanente en la parte media de la atmósfera que impide que toda la radiación solar que es devuelta por la tierra pueda salir, provocando con ello que la temperatura bajo la capa aumente.

En este contexto, la huella de carbono se transforma en un indicador reconocido internacionalmente para comprender la correlación entre las fuentes de emisión de GEI y los procesos agrícolas; esto implica no sólo conocerla en todas sus dimensiones, sino que medirla y divulgarla como un elemento más en los procesos de toma de decisiones, que involucran los sistemas de manejo de los cultivos (Schneider y Samaniego, 2010).

1.3 Inventario Nacional de GEI en Argentina.

En cumplimiento con los compromisos asumidos por la República Argentina ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible, elaboró y presentó en 2019, el Inventario Nacional de GEI con los datos relevados en 2016 (<https://inventariogei.ambiente.gob.ar>). Las emisiones netas de GEI a nivel nacional fueron de 364 Mt de CO₂ equivalente.

El inventario contempla cuatro grandes sectores, entre los que se encuentra el sector agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos del suelo, a su vez discriminados en subsectores. Dentro del subsector agricultura se encuadran las emisiones de N₂O y CH₄ provenientes de la quema de biomasa de tierras de cultivo, pastizales y tierras forestales y la producción de arroz, que genera emisiones de CH₄. El cultivo permanece inundado continuamente entre 100 a 120 días dependiendo de la variedad sembrada, generando un ambiente anaeróbico con la consecuente descomposición del material orgánico presente en el suelo. Tanto la quema de biomasa como el cultivo de arroz aportan aproximadamente 1.8 Mt de CO₂ eq. al año, de acuerdo a los datos publicados en el inventario nacional de GEI.

El relevamiento realizado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, no discrimina las emisiones provenientes del cultivo de arroz y la quema de biomasa. En la figura 1 se presentan las emisiones por categoría, expresadas en megatoneladas (Mt) de CO₂ equivalente, dentro del subsector agricultura, relevadas desde el año 1990.

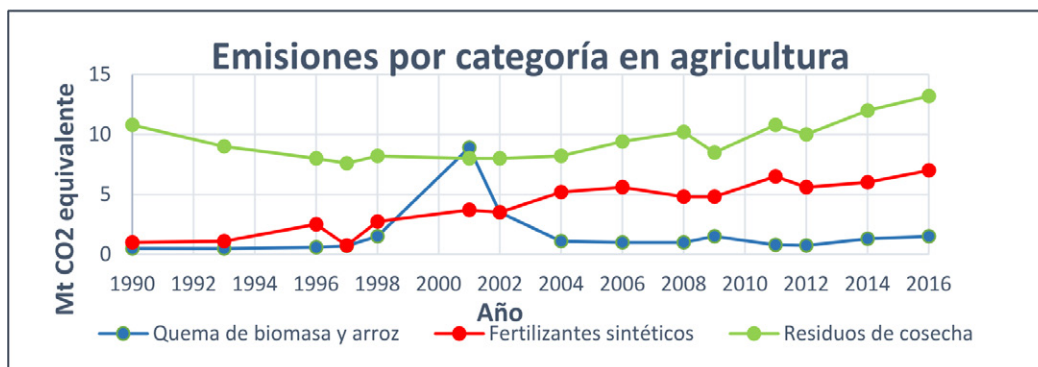


Figura 1: emisiones en Mt CO₂ equivalente del subsector agricultura. Elaboración propia. Fuente: Inventario Nacional de GEI, 2019.

Era necesario cuantificar las emisiones CO₂ equivalente provenientes del cultivo de arroz, a fin de evaluar su impacto al total de emisiones a escala nacional.

CULTIVO DE ARROZ EN ARGENTINA

Actualmente se siembran alrededor de 200.000 hectáreas a nivel nacional, las cuales se distribuyen principalmente en Corrientes (90.000) y Entre Ríos (70.000). Por su parte, Santa Fe ronda las 30.000 hectáreas, seguida de Formosa (7000) y Chaco (4000). (<https://www.crea.org.ar>). La producción de arroz en Argentina se realiza bajo riego continuo.

El objetivo general del estudio fue estimar la huella de carbono de la producción primaria del cultivo de arroz, desde la preparación del suelo hasta la cosecha de la semilla de arroz y evaluar la contribución de las emisiones de CH₄, principal GEI de este sistema productivo.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en Concepción del Uruguay, Entre Ríos, en un lote experimental del INTA. La variedad sembrada fue GURI INTA CL, de tipo largo fino, que ocupa el segundo lugar dentro de las variedades más producidas a nivel nacional (Sistema de Información Simplificado Agrícola. SISA. 2020).

Condiciones de manejo: nivel tecnológico medio, tratamiento del suelo bajo labranza Convencional,

con una densidad de siembra de 105 kg semilla/ha. Se realizó una fertilización de base antes de la siembra y en pre-riego se aplicaron 240 kg urea/ha.

El estudio de la huella de carbono de la producción primaria del arroz, parte de la base de calcular y comunicar los resultados de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) adecuando el alcance de éste al parámetro de referencia que se quiere reflejar con la huella. La unidad funcional fijada para esta estimación fue un kg de arroz cáscara producido. El ACV se realizó “desde la cuna hasta la puerta de la tranquera”. Se realizó un inventario de las entradas y salidas (insumos-procesos/emisión), para el cálculo de la huella de carbono de acuerdo al esquema presentado en la figura 2:

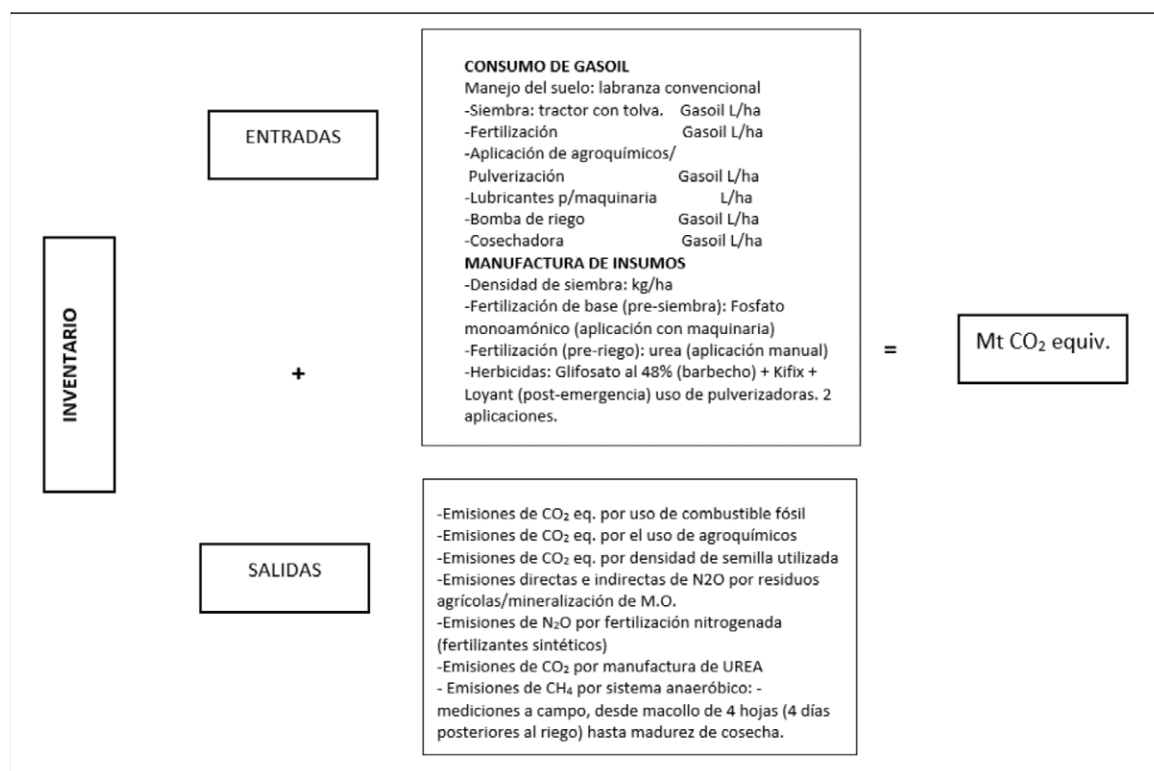


Figura 2: Procesos relevados para estimar huella de carbono. Elaboración propia.

Las emisiones generadas durante el proceso de producción primaria de arroz fueron cuantificadas utilizando como herramienta de análisis el Sima-Pro versión 9.4, que incluye la base de datos del Ecoinvent v3.0 y Agri-footprint específica del sector en estudio. Se aplicó para estimar las emisiones de N₂O (directas e indirectas) de suelos gestionados y por el uso de fertilizantes la metodología de cálculo y ecuaciones, propuestas por el IPCC, y para la conversión a kg CO₂ eq. del combustible fósil utilizado durante el proceso productivo, se aplicaron los factores extraídos de Revista Márgenes Agropecuarios.

La metodología de medición de flujo de CH₄ en condiciones de anegamiento, a campo, se realizó siguiendo los lineamientos de la USDA- ARS (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos-Servicio de Investigación Agropecuaria), GRACE net (Red de reducción de gases de efecto invernadero a través de la mejora del carbono agrícola) Project Protocols (Parkin & Venterea, 2010). Este protocolo propone la metodología de flujo basado en cámaras (closed chamber technique). El principio de las cámaras se basa en determinar el cambio de la concentración de los gases, emitidos desde una superficie, en el tiempo en un volumen de aire definido. Los intercambios suelo-atmósfera de CH₄, generalmente se determinan directamente midiendo la acumulación a corto plazo de la concentración del gas en un recinto sellado colocado sobre la superficie de la tierra. El cambio de la concentración de los gases a través del tiempo dentro de la cámara se cuantifica, y se traduce en una tasa de emisión ΔC/Δt).

La ecuación simplificada para el cálculo del factor de emisión, expresado en kg CH₄.ha⁻¹.dia⁻¹ es:

$$Factor\ de\ emisión = \frac{\Delta C}{\Delta t} \times \frac{1}{A} \times \frac{PxV}{RxT} \times PM\ CH_4$$

Las cámaras estáticas poseen un sistema de mezcla para homogenizar los gases y asegurar la representatividad de la muestra tomada. Se debe evitar la perturbación del suelo durante la toma de muestras; utilizar cámaras temporales/portátiles; instalar anclajes de cámara permanentes, durante todo el período de evaluación; evitar perturbaciones de temperatura, que influyen en la actividad biológica; mantener un tiempo corto de muestreo; las mediciones deben realizarse en horario diurno entre las 8:00 y 12:00 p.m.; el material de las cámaras debe ser no reactivo (acero inoxidable, aluminio, policloruro de vinilo (PVC), polipropileno, polietileno o plexiglás), blanco o recubierto con material reflectante; deben tener un puerto de muestreo para permitir la extracción de muestras de gas.

De acuerdo a estas recomendaciones se diseñaron cámaras de PVC de 30 cm de altura y 40 cm de diámetro y para la toma de muestras de gases, se utilizaron viales al vacío y jeringas con válvula de cierre. Las muestras fueron analizadas mediante un cromatógrafo gaseoso marca Agilent Technologies modelo 7890 A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Emisiones del proceso productivo.

El factor de emisión estacional calculado fue de 2.17 kg CH₄/ha. día. El factor característico para metano biogénico propuesto por el IPCC de acuerdo a su potencial de calentamiento global (PWG) es de 27.75, lo que da como resultado un factor de emisión de 60.22 kg CO₂ equiv/ha. día. Los días bajo inundación del cultivo de arroz fueron 116, arrojando un valor de 6985.52 kg CO₂ equiv/ha.

En la tabla 1 se presenta el total de emisiones derivadas de los procesos involucrados en la producción arrocerera.

Tabla 1: emisiones de CO₂ equiv. /ha.

Entradas/salidas	Kg CO₂ equiv/ha
Manejo del suelo: consumo de gasoil: rastra, nivelación, siembra, riego, pulverización, fertilización, cosecha.	120,3
Emisiones por manufactura de fertilizantes inorgánicos (fosfato monoamónico + cloruro de potasio)	86,8
Manufactura de arroz cáscara (semilla): (105 kg/ha)	44,8
Emisiones directas e indirectas de N ₂ O por residuos agrícolas/mineralización de M.O	228,7
Emisiones de N ₂ O por uso de fertilizantes	159,3
Emisiones directas de CO ₂ por manufactura de urea	176
Emisiones de CH ₄ en anaerobiosis	6985,52
TOTAL	7801,42

La variedad GURI INTA CL tuvo un rendimiento de 9800 kg semilla /ha, en base a este resultado la emisión fue de: 0.796 kg CO₂ equiv/kg de semilla, resultado que deriva de todos los procesos que generan emisiones.

Toda la producción de arroz que se realiza en Argentina, se hace bajo riego continuo, aproximadamente unos 100 días, siendo la forma más común y eficiente de cultivar arroz obteniéndose rendimientos de 10.000 kg /ha o superiores (Guía de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes. 2016).

El relevamiento arrocerero nacional, realizado por la Bolsa de Cereales de Entre Ríos (<https://www.bolsa-cer.org.ar/Fuentes/siberd.php?Id=1295>), arroja una producción a nivel nacional para la campaña 2020/2021 de 1.521.005 toneladas. Siendo el CH₄ el principal gas que contribuye a la huella de carbono de este sistema productivo, podemos estimar que a nivel nacional el impacto de la producción arrocerera está en el orden de las

1.21 Mt CO₂ equivalente, con un aporte de 0.33% al total de emisiones a nivel país.

En esta etapa preliminar de estudio para el cálculo de huella de carbono, no se evaluó el secuestro de carbono por parte del suelo y la biomasa.

3.2. Emisiones de CH₄ en condiciones anaeróbicas

En la figura 3, se presentan los resultados de flujo expresados en kg CO₂ equivalente/ha. día, obtenidos mediante un análisis de la varianza (ANOVA) con comparación de medias del test LSD Fisher, entre los valores de flujo y días después de emergencia (DDE).

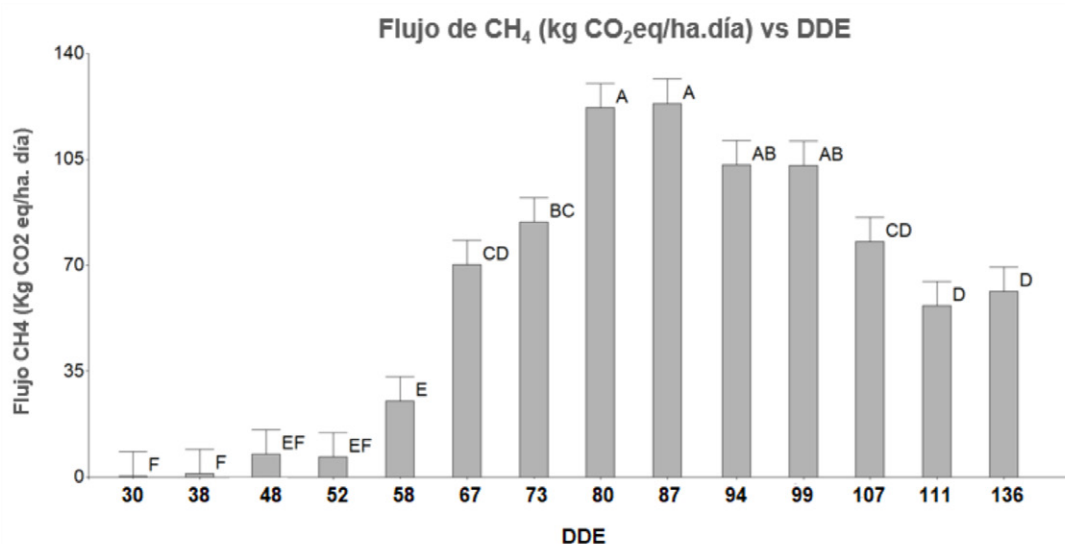


Figura 3: variación del flujo de CH₄ durante los días posteriores a la emergencia (DDE).

No se observaron diferencias significativas entre los 30 y 52 DDE. El flujo incrementó a partir del día 58 hasta alcanzar un máximo de emisión entre los días 80 y 99, etapa de inicio de la fase reproductiva: desarrollo del primordio floral a emergencia de la panoja y emergencia de la panoja a madurez.

3.3 Emisiones de N₂O en condiciones anaeróbicas

Las emisiones de N₂O, del cultivo de arroz, bajo inundación continua, etapa que oscila entre 100 a 120 días, se consideran despreciables (Denmead et al., 1979; Freney et al., 1981; Smith et al., 1982; Zou et al., 2005). Se realizó una estadística descriptiva (medidas de resumen) con los valores registrados, mediante el software estadístico Infostat, la cual se presenta en la tabla 2.

Tabla 2: Medidas de resumen de la concentración diaria de N₂O

Fecha	DDE	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
15/11/2021	30	0,446	0,016	0,0030	0,4036	0,4609
23/11/2021	38	0,420	0,014	0,0025	0,4037	0,4474
3/12/2021	48	0,419	0,015	0,0026	0,4019	0,4505
7/12/2021	52	0,430	0,016	0,0028	0,4042	0,4607
13/12/2021	58	0,448	0,030	0,0057	0,3091	0,4713
22/12/2021	67	0,452	0,009	0,0016	0,4227	0,4603
28/12/2021	73	0,447	0,016	0,0028	0,4168	0,4669
4/1/2022	80	0,455	0,009	0,0016	0,4238	0,4697
11/1/2022	87	0,461	0,011	0,0020	0,4380	0,4763
28/1/2022	94	0,492	0,021	0,0038	0,4339	0,5530
2/2/2022	99	0,483	0,019	0,0035	0,4052	0,5353
10/2/2022	107	0,477	0,007	0,0013	0,4674	0,4976
14/2/2022	111	0,474	0,005	0,0009	0,4578	0,4838
11/3/2022	136	0,477	0,007	0,0014	0,4682	0,5062

4) Conclusión

El valor estimado para la huella de carbono de la producción primaria de arroz de 1.21 Mt CO₂ equivalente, permite evaluar el impacto del sector arrocerero, contribuyendo en un 0.33% al total de emisiones relevadas en Argentina, en el año 2016, considerando las emisiones netas nacionales de ese año de estudio.

Esta contribución porcentual no es concluyente, ya que no se tiene datos actuales relevados. También es importante aclarar que la estimación de la huella de carbono evaluada fue sobre una sola variedad de arroz y estimada sobre una superficie de producción nacional que incluye otras variedades tanto de tipo largo fino, como largo ancho; por lo cual, se deben evaluar las emisiones de distintas variedades y observar si son significativamente diferentes a fin de dar un valor más ajustado de la huella de carbono del sector.

El CH₄ es el principal GEI que se emite durante la producción primaria del arroz, contribuyendo en casi un 90% al total de la huella de carbono de este sistema productivo, por esta razón es imprescindible continuar evaluando los manejos de producción como también opciones de mitigación para disminuir las emisiones de CH₄ y por ende disminuir la huella de carbono.

REFERENCIAS

- Denmead, O. (1979). Chamber systems for measuring nitrous oxide emission from soils in the field. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 43. P.89-95. <https://doi.org/10.2136/sssaj1979.03615995004300010016x>
- Frenay, J.; Denmead, O.; Watanabe, I.; Craswell, E. (1981). Ammonia and nitrous oxide losses following applications of ammonium sulfate to flooded rice. *Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 32. P. 37-45. <https://doi.org/10.1023/A:1021198724250>
- Guía de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes. 2016. Ediciones INTA. Serie Técnica N.º 2. ISSN 1852-0678.
- Ibárcena Escudero, M. y Scheelje Bravo, J.M. (2003). FAO. <http://www.fao.org/3/XII/0523-B2.htm#P662927>.
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Argentina. (2019). Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://inventariogei.ambiente.gob.ar>
- Parkin, T.B. and Venterea, R.T. (2010) Chamber-Based Trace Gas Flux Measurements. In: Follet, R.F., Ed., *Sampling Protocols*, USDA-ARS, Washington DC, 3.1-3.39. <https://www.ars.usda.gov/anrds/gracenet/gracenet-protocols/>
- Pihlatie, M. K., Christiansen, J. R., Aaltonen, H., Korhonen, J. F. J., Nordbo, A., Rasilo, T., Pumpanen, J. (2013). Comparison of static chambers to measure CH₄ emissions from soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 171-172, 124–136. <http://doi.org/10.1016/j.agrfor.2012.12.011>
- Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Recuperado de: <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/>
- Recuperado de: <https://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?Id=1295>
- Recuperado de: <https://www.crea.org.ar/actualidad-del-negocio-arrocerero/>
- Schneider, E. y Samaniego, J.L. (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Documentos de Proyectos 298, Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3753>
- Smith, C.; Brandon, M.; Patrick JR., W. (1982). Nitrous oxide emission following Urea-N fertilization of wetland rice. *Soil Science and Plant Nutrition*. Vol.28. P. 161-171. <https://doi.org/10.1080/00380768.1982.10432433>
- Zou, J.; Huang, Y.; Jiang, J.; Sass, R. (2005). A three year field Measurements of methane and nitrous oxide emissions from rice paddies in China: effects of water regime, crop residue, and fertilizer application. *Global Biogeochemical Cycles*. Vol. 19. P. 2021. <https://doi.org/10.1029/2004GB002401>

REGIONALIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL ARROZ EN ENTRE RÍOS

Justina GARRO^{1*}, Claudia FALABELLA¹

^{1*} INTI Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Parque Tecnológico Miguelete, Avda. General Paz 5445, B1650WAB San Martín, Buenos Aires, Argentina
jgarro@inti.gob.ar

RESUMEN

En el marco del Plan Nacional “Argentina Contra el Hambre” impulsado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación y el Ministerio de Desarrollo Social, el INTI presentó un proyecto para trabajar junto con la Cooperativa de Trabajo La Terre, de la Provincia de Mendoza, dedicada al deshidratado de hortalizas y a la formulación de alimentos pre-elaborados con un perfil nutricional específico para sectores vulnerables, considerando además el estudio de los impactos ambientales de los ingredientes mayoritarios. Dentro de estos productos, destaca el “arroz con hortalizas” cuyo componente más importante – el arroz – representa el 80% de la formulación.

Como parte del estudio ambiental, se presenta la regionalización de la Huella de Carbono del perfil del arroz largo fino de Entre Ríos en campo, es decir, el arroz cáscara, (procedencia de la materia prima) utilizando el modelo de impacto del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021-GWP100 V1.01.

En la herramienta de cálculo SimaPro 9.4.0.1 Analyst, 2022 se encuentra el perfil ambiental de la base Agri-footprint 6¹ desarrollado por la consultora Blonk de Gouda, Países Bajos “Rice, at farm {AR}”; refiere a 1 kg de arroz en campo en Argentina incluyendo: agua, ocupación y transformaciones de la tierra así como consideraciones económicas por el uso de fertilizantes, abono, pesticidas, bienes de capital y empleo de energía para labores en campo y para riego como entradas, y los flujos elementares de emisiones al aire, agua y suelo, cambio de emisiones por el uso directo de la tierra y emisiones debido al uso de agroquímicos como salidas. El rendimiento de cosecha se considera un promedio de los últimos 5 años (2014-2018), el uso de fertilizantes sintéticos se calcula en base a un modelo que arroja la suma total de NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) en base a la cantidad y tipo de fertilizante consumido en el país. La energía utilizada en labores de campo sigue también un modelo energético específico para cultivos mientras que el uso total de pesticidas se basa en un modelo que contempla las cantidades de insecticidas, fungicidas y herbicidas específicos para la combinatoria cultivo-país.

Siguiendo el mismo esquema se construyó el inventario “Arroz, en campo {AR}” regionalizando los datos con fuentes primarias o bibliográficas mayormente de Entre Ríos para 1 kg de arroz. Los cálculos de las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero se realizaron según los lineamientos de las Guías del IPCC 2019².

Las fuentes de datos de ambos inventarios se indican en Tabla 1.

En la Tabla 2 se comparan los resultados en términos de calentamiento global (GW) con sus tres componentes (fósil, metano biogénico y transformación de la tierra) para los perfiles de arroz: a) existente en la base de datos Agri-footprint 6 y b) desarrollado en el presente trabajo para la materia prima de Entre Ríos; en ambos casos para arroz en la tranquera del campo.

Tabla 1. Fuente de datos inventarios arroz

DATO	Fuente "Rice, at farm {AR}"	Fuente "Arroz, en campo {AR}"
Rendimiento de cultivo	FAO statistic 2014-2018, Argentina	Estimaciones agrícolas MAGyP, Entre Ríos campaña 2020-2021
Agroquímicos	IFASTAT 2014-2018	PROARROZ 06/2021 e información de los marbetes, envases y embalajes
Combustible riego	Energy model for crop cultivation	PROARROZ 06/2021
Combustible labores	Energy model for crop cultivation	Ref. Lic. S. Maciel INTA 8/09/22
Factor emisión CH ₄ biogénico	FAOSTAT 2017, Argentina	Presentación ENARCIV 2020 ³ Promedio 5 campañas evaluadas, variedad largo fino. Lic. S. Maciel INTA

Tabla 2: Contribuciones comparativas al GW

Componentes GW (kg CO ₂ eq/kg arroz en campo)	a)"Rice, at farm {AR}"	b)"Arroz, en campo {AR}"
Fósil	0.16	0.32
CH ₄ biogénico	0.99	0.47
Transformación de la tierra	0.0003	0.0001
Total	1.15 kg CO₂eq/kg rice at farm	0.79 kg CO₂eq/kg arroz en campo

La contribución al calentamiento global del componente fósil del arroz de Entre Ríos duplica a la del perfil del arroz {AR} existente en la base de datos, hecho que puede explicarse por la energía que insumen las labores del campo y el riego. En el componente biogénico se da la situación inversa debido a que los factores de emisión difieren en aproximadamente 50% (280 kg/ha valor reportado por la FAO para "Rice, at farm {AR}" y 124 kg/ha para "Arroz, en campo {AR}" según trabajo presentado por la Lic. S. Maciel INTA en el ENARCIV 2020, considerando 100 días de anegamiento del cultivo).

Así, la Huella de Carbono del arroz en campo de Entre Ríos es significativamente menor – un 31% menos - que la del perfil del arroz en campo disponible en la base de datos Agri-footprint 6, de manera que se ha llegado a regionalizar este cereal con validez suficiente para el alcance definido en el proyecto.

Palabras clave: arroz, huella de carbono, calentamiento global, inventario nacional.

REFERENCIAS

- 1 Blonk Agri-footprint BV. (2022) Agri-footprint 6 – Part1: Methodology and basic principles & Part 2: Description of data. Gouda, the Netherlands.
- 2 IPCC (2019) Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.
- 3 Maciel, S. et al., (2020) Resúmenes ENARCIV; Estudio preliminar de la Huella de Carbono del Sistema productivo arrocerero en la provincia de Buenos Aires.

HUELLA DE CARBONO DEL MAÍZ DE CÓRDOBA, CAMPAÑA 2020-21

L. Tuninetti¹; R. Bongiovanni²; S. Fiant³; S. Álvarez³

¹ Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI - Departamento Química Analítica y Residuos Urbanos
Centro-DT Centro Occidental-SORCentro-GOAR-

E-mail: ltuninetti@inti.gob.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA – Est. Exp. Agrop. Manfredi

E-mail: Bongiovanni.rodolfo@inta.gob.ar

³ Bolsa de Cereales de Córdoba, Departamento de Información Agronómica

E-mail: Silvina Fiant sfiant@bccba.org.ar, Santiago Alvarez s.alvarezf.92@gmail.com

RESUMEN

La huella de carbono de producto es la suma de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) en un sistema producto, expresadas como CO₂ equivalente y basadas en una evaluación del ciclo de vida, utilizando la categoría de impacto única de cambio climático. El objetivo de este trabajo es calcular la huella de carbono del maíz producido en la provincia de Córdoba, Argentina. La unidad declarada es: 1 t de grano en la puerta del campo. Los métodos utilizados siguen las normas ISO 14067 (2013) y las directrices del IPCC (2019). Para llevar adelante el estudio se utilizó información provista por el Departamento de Información Agronómica de la Bolsa de Cereales de Córdoba (BCCBA), a través de sus relevamientos agrícolas anuales.

La huella de carbono de la producción primaria resultó en 156,5 kg CO₂eq/t de maíz en la puerta del campo, promedio ponderado de acuerdo con la producción de cada departamento en que se divide geográficamente la provincia de Córdoba. En el lote, la huella fue de 1402,8 kg CO₂eq/ha. Los resultados de este trabajo se encuentran por debajo de los valores internacionales, utilizando los mismos métodos. Una posible explicación es el bajo nivel de insumos que se aplican al cultivo, en términos comparativos con otros países productores, como así también el uso generalizado de la siembra directa, con inferiores consumos de combustible para labores. La información sobre las huellas ambientales se ha convertido en una herramienta estratégica y comercial que influye en las decisiones de los consumidores que buscan productos sustentables en sus decisiones de compra.

INTRODUCCIÓN

La huella de carbono representa la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto (ISO, 2013) y es la medida de uno de los impactos que provocan las actividades del hombre sobre el ambiente. Dichas emisiones de GEI contribuyen al cambio climático mediante la aceleración del calentamiento global (ISO, 2006). Por lo tanto, la información de las huellas ambientales de productos genera conciencia entre los productores, industriales, comerciantes y consumidores, ya que promueve tendencias de producción y consumo responsable y sostenible, aportando al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles” planteado por Naciones Unidas (ONU, 2015).

En el mundo se observa que los consumidores exigen, de forma creciente, información sobre el impacto ambiental de los productos que adquieren para poder realizar una compra responsable (IBM, 2020) (Eurobarometer, 2020). A su vez, son cada vez más las empresas y gobiernos que solicitan una valoración de las emisiones producidas por la actividad empresarial para la compra y contratación. Consecuentemente, el cálculo de la huella de carbono de un producto resulta de utilidad en la cadena de valor, porque: 1) brinda una visión

ambiental integral, mostrando qué etapas del ciclo de producción-consumo de un producto son las de mayor impacto (puntos críticos); 2) permite comunicar la imagen ambiental de un producto; 3) muestra posibles reducciones de costos a través del uso más eficientes de recursos energéticos y materiales; 4) propone argumentos y herramientas para la revalorización de subproductos y desechos a través del reciclado o la reutilización; y 5) permite comparaciones entre materias primas, embalajes, tecnologías, métodos de distribución, como así también entre productos y servicios sustitutos. La Huella de Carbono reviste importancia para la cadena de valor global del maíz porque los productos son comercializados mundialmente y las nuevas generaciones de consumidores comienzan a exigir información sobre métodos de producción sostenible.

El volumen de maíz producido en la campaña 2020-21 en Córdoba alcanzó 23,7 millones de toneladas, 21% más que en la campaña anterior y 93% más que el promedio histórico. Esto se logró con un área sembrada que superó los 3 millones de ha, superando al promedio histórico en un 60%. El rinde, por otra parte, superó en un 8% a la campaña anterior, llegando a 8,89 t/ha. La producción equivale a un valor bruto récord de 5.228 millones de USD, con un valor que resultó un 72% superior al obtenido en la campaña previa.

Para la estimación de área sembrada, la Bolsa de Cereales de Córdoba utilizó 840 imágenes provistas por la Agencia Espacial Europea (ESA), proveniente del satélite Sentinel-2, fechadas entre los meses de enero y mayo del 2021. Se relevaron más de 11.000 lotes geoposicionados y se utilizaron datos zonales de rendimientos provistos por colaboradores calificados distribuidos en toda la geografía del área de influencia. Los datos fueron procesados en su totalidad por el equipo técnico del Departamento de Información Agronómica (D.I.A.) de la BCCBA. La adquisición y procesamiento de las imágenes satelitales fue realizada utilizando la plataforma Google Earth Engine (BCCBA, 2021).

OBJETIVO

El objetivo general de este trabajo es determinar la huella de carbono del maíz de Córdoba, con la finalidad de identificar las actividades que generan los mayores impactos y que tienen el mayor potencial de mejora. El estudio se realizó para cada Departamento, y los resultados se expresan tanto por tonelada de maíz, como por hectárea. Desde el punto de vista de la cadena, interesa la potencialidad de esta metodología para determinar puntos críticos y poder plantear alternativas tecnológicas que permitan mejorar la eficiencia, bajo la mirada de la sostenibilidad.

MÉTODO

Este trabajo sigue el protocolo de la norma ISO 14067, que define la Huella de Carbono de un producto como: “la suma de las emisiones de gases de efecto invernadero y absorciones en un sistema de producto, expresado como CO₂ equivalente y basado en un Análisis de Ciclo de Vida (ACV)” (IRAM-ISO 14067, 2019).

El modelo de cálculo de emisiones es consistente con las 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Capítulo 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application para las emisiones derivadas del uso de fertilizantes nitrogenados y las ocasionadas por los residuos de cosecha (aéreos y subterráneos) del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2019).

Un componente fundamental del ACV para calcular la huella de carbono es el inventario ambiental, que consiste en una cuantificación de los ingresos al sistema (energía e insumos materiales), y de las emisiones al ambiente relacionadas con la creación del producto y su uso, es decir, todas las salidas (productos, subproductos, residuos, emisiones). Dicho inventario se construyó a partir de los planteos productivos brindados por la Bolsa de Cereales de Córdoba. La unidad declarada de este estudio es 1 t de maíz a campo en la campaña 2020/2021. Como valor de referencia, también se expresa la huella por hectárea. Se incluyeron las emisiones derivadas de la producción y uso de semillas, fertilizantes, agroquímicos y combustibles para las labores agrícolas. También las emisiones derivadas del uso de fertilizantes nitrogenados y por los residuos de cosecha.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los resultados de la huella de carbono por tonelada y por hectárea. Los resultados para cada Departamento fueron ponderados por el porcentaje de la producción, arrojando los resultados para la provincia.

En la Figura 1 se observan, en forma gráfica, los principales elementos que componen la huella de carbono del maíz de la provincia de Córdoba, agrupados por categorías, para la unidad declarada que es un kilogramo de maíz en la tranquera del campo.

En la Figura 2 se muestran de forma detallada todas las entradas (insumos) y las salidas (emisiones y residuos) del inventario ambiental de la producción de maíz de Córdoba, como promedios ponderados de las entradas y salidas de cada Departamento.

Tabla 1. Huella de carbono del maíz de Córdoba expresada por tonelada y por hectárea, y participación

Departamento	Participación	2020/21	2020/21
		HdeC (kg CO ₂ eq/t)	HdeC (kg CO ₂ eq/ha)
Calamuchita	1,2%	133	1166
Capital	0,1%	158	1408
Colón	1,8%	146	1271
General Roca	9,8%	185	1537
Gral San Martín	4,4%	157	1458
Ischilín	0,2%	128	1078
Pocho	0,2%	131	1141
Juárez Celman	7,4%	158	1442
Marcos Juárez	8,4%	173	1786
Roque Sáenz Peña	5,4%	201	1828
Río Cuarto	18,2%	154	1308
Río Primero	6,2%	133	1143
Río Seco	1,9%	110	880
Río Segundo	5,0%	140	1259
San Justo	7,2%	150	1271
Santa María	2,7%	131	1164
Tercero Arriba	5,9%	137	1236
Totoral	3,0%	122	1057
Tulumba	2,2%	101	830
Unión	9,2%	178	1743
Promedio Ponderado Provincia		156,5	1402,8

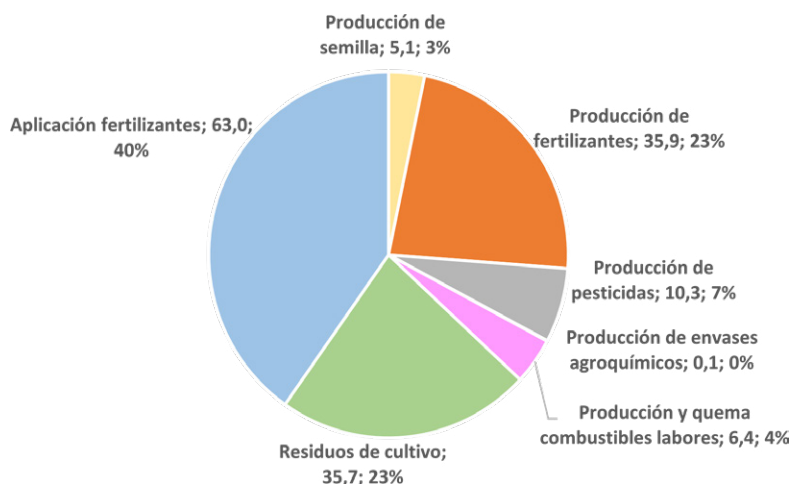


Figura 1. Componentes de la huella de carbono del maíz de Córdoba expresada en kgCO₂ eq/t y su participación porcentual en el total.

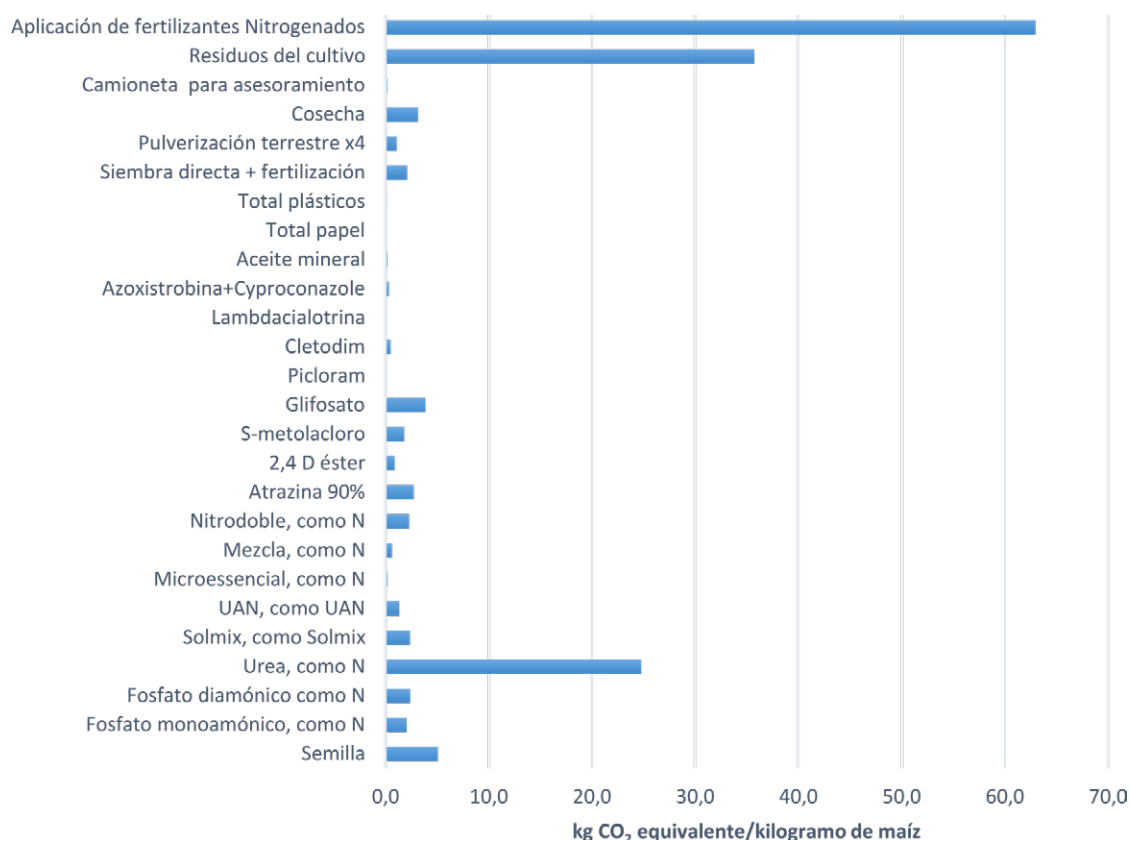


Figura 2. Entradas y salidas del inventario ambiental de la producción de maíz de Córdoba en kg de CO₂ equivalente por kg de maíz.

Tabla 2. Uso de fertilizantes nitrogenados (kg/ha), rendimientos (t/ha) y huella de carbono (Kg CO₂ eq/t) en las últimas tres campañas.

		Promedio Ponderado Provincia
2018/2019 2019/2020 2020/2021	Fertilizantes nitrogenados (kg/ha)	76,4
		58,2
		88,7
	19/20 sobre 18/19	-24%
	20/21 sobre 19/20	52%
2018/2019 2019/2020 2020/2021	Rendimientos (t/ha)	9,2
		8,3
		8,5
	19/20 sobre 18/19	-9%
	20/21 sobre 19/20	2%
2018/2019 2019/2020 2020/2021	Kg CO ₂ eq/t	133,8
		130,0
		156,5
	19/20 sobre 18/19	-3%
	20/21 sobre 19/20	20%

La Tabla 2 muestra el uso de fertilizantes nitrogenados en las últimas tres campañas, en la provincia de Córdoba, como así también la comparación de la campaña 2019/20 sobre 2018/19 y de la campaña 2020/21 sobre 2019/20. La misma tabla muestra los rendimientos de las últimas tres campañas y su comparación con las campañas anteriores. De igual modo, se muestra la huella de carbono del maíz (kg CO₂ eq/t) en las últimas tres campañas, y su comparación entre campañas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos por este trabajo para la campaña 2020-21 indican que la huella de carbono del maíz a campo fue de 156,5 kg CO₂ eq/t de maíz y de 1402,8 kg CO₂ eq/hectárea. En general, los valores encontrados por este trabajo se encuentran por debajo de los valores internacionales, utilizando los mismos métodos y protocolos adoptados internacionalmente.

La fertilización nitrogenada, junto a los residuos de cosecha son los puntos críticos más relevantes identificados. La producción de los fertilizantes y pesticidas utilizados es el siguiente punto crítico sobre el que actuar para reducir la huella de carbono. Luego aparece la producción y quema de los combustibles.

La fertilización nitrogenada en el punto crítico más importante sobre el que se debe actuar para reducir la huella de carbono a campo. Introducir leguminosas en la rotación de cultivos permitiría esto, además de mejorar la productividad. También es importante el uso de los residuos orgánicos como fertilizante. La bibliografía indica que el manejo sitio-específico de los insumos con tecnologías de agricultura de precisión tienen un alto potencial de reducción de la huella (Finger, Swinton, El Benni, & Walter, 2019), como así también los fertilizantes de liberación controlada y el riego complementario (McKinsey, 2020). Respecto a la producción de agroquímicos, se recomienda estar atento a los nuevos productos del mercado, con menor impacto ambiental comprobable.

El consumo de gasoil en los procesos de producción agrícola es el segundo punto crítico sobre el que actuar para reducir la huella de carbono. Para ello es decisiva la elección del sistema de laboreo, así como del tractor y el manejo adecuados del mismo. La bibliografía consultada indica que un factor de reducción de emisiones es el mantenimiento preventivo de la maquinaria, como así también el uso de motores diésel de nueva generación. En el futuro, se prevé que la incorporación de maquinaria agrícola con motores eléctricos tenga un gran efecto sobre la disminución de las emisiones (McKinsey, 2020).

Existen Departamentos que lideran la producción total de maíz de la provincia. Los resultados muestran que, en general, la producción en estas regiones presenta huellas de carbono similares o superiores al promedio provincial, por lo que resulta crucial trabajar específicamente en estas regiones para ajustar particularmente las dosis de agroquímicos y en particular de fertilizantes aplicados.

Por otra parte, es importante considerar que cualquiera de las medidas propuestas tiene una repercusión económica positiva en las empresas, puesto que, en definitiva, es de hacer un uso eficiente de las materias primas y de la energía.

CONCLUSIÓN

El uso eficiente de los recursos es el camino para lograr una producción sustentable. Se destacan particularmente la fertilización nitrogenada y el consumo de gasoil como aquellos puntos en los que hay mayor margen de acción con la tecnología disponible.

Se debe tener en cuenta que todas las actividades económicas, en la medida en la que utilizan energía a lo largo de sus cadenas de producción, son responsables de una cantidad más o menos significativa de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La actividad agrícola y la producción de alimentos no son una excepción, al utilizar diversas fuentes energéticas para producir, fundamentalmente gasoil para mover la maquinaria.

La preocupación por el medio ambiente y las políticas para frenar el calentamiento climático del planeta, han llevado a concientizar sobre las huellas que producen los productores, las empresas y los países. Existen estándares internacionales para medir la huella de carbono. En el mercado internacional cobra mayor fuerza cada vez este tema y cumplir esos estándares se convierte en una herramienta estratégica y comercial.

Palabras-clave: Análisis de Ciclo de Vida. Emisiones de GEI. Cadena del maíz. Impacto ambiental. Cereales.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo profesional del Departamento de Información Agronómica de la Bolsa de Cereales de Córdoba, por brindar la base de datos primaria sobre la que se realizó el estudio.

REFERENCIAS

- BCCBA. (2021). *Cálculos finales de producción de maíz en Córdoba – Campaña 2020/21*. Obtenido de Bolsa de Cereales de Córdoba - Departamento de Información Agronómica - Informe N° 377: <https://www.bccba.org.ar/informes/calculos-finales-de-produccion-de-maiz-en-cordoba-campana-2020-21/>
- Eurobarometer. (2020). *Flash Eurobarometer 367 (2013)*. Attitudes of Europeans towards building the single market for green products. Obtenido de European Commission website: <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/factsandfiguresen.htm>
- Finger, R., Swinton, S. M., El Benni, N., & Walter, A. (2019). Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annual Review of Resource Economics* Annu. Rev. Resour. Econ. 2019. 11:5.1–5.23 - <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-5.1-5.23>.
- IBM. (2020). *Meet the 2020 consumers driving change*. Obtenido de Los compradores están dispuestos a pagar más por marcas sostenibles y rastreables: <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/consumer-2020>
- IPCC. (2019). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Revisión 2019. Obtenido de Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>
- IRAM-ISO 14067. (2019). *Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos*. Requisitos y directrices para cuantificación. Primera edición 2019-11-08. 68 pp. Obtenido de <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/12261>
- ISO. (2006). ISO 14044: Environmental Management, Life Cycle Assessment Requirements and Guidelines, International Organisation for Standardisation (ISO).
- ISO. (2013). ISO 14067: Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication. International Organization for Standardization (ISO).
- McKinsey. (2020). *Reducing agriculture emissions through improved farming practices*. Obtenido de Daniel Aminetzah; Nicolas Denis; Kimberly Henderson; Joshua Katz; Peter Mannion: <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/reducing-agriculture-emissions-through-improved-farming-practices#>
- ONU. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Organización de las Naciones Unidas. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015*. Roma: ONU A/RES/70/1.

HUELLA DE CARBONO Y MANUALES DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA LA CADENA DEL TRIGO DE ARGENTINA

L. Tuninetti ¹; R. Bongiovanni ²; C. Alvarez ²; C. Falabella ¹; J. Frascina ³; C. Bainotti ³; M. Minaglia ¹; D. Zito,¹

¹ Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI - Departamento Química Analítica y Residuos Urbanos
Centro-DT Centro Occidental-SORCentro-GOAR-

E-mail: ltuninetti@inti.gov.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA – Estación Experimental Agropecuaria Manfredi
E-mail: Bongiovanni.rodolfo@inta.gov.ar

RESUMEN

El grupo consultor INTA-INTI realizó dos trabajos para la cadena de valor del trigo de Argentina. En primer lugar y a través de un financiamiento de la Asociación Argentina de Trigo (Argent trigo) se calculó la Huella de Carbono, con información del “Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada” de la Bolsa de Cereales, como así también de un molino harinero y de una fábrica de pastas representativos de Argentina. Los métodos acá utilizados siguen las normas ISO 14067 y las directrices del IPCC. La Huella de Carbono del trigo resultó en 148,5 kg CO₂ eq / t de trigo en la puerta del campo. Se le suman 38 kg CO₂ eq/t por el transporte, lo que resulta en 186,4 kg CO₂ eq/t de trigo en el puerto. En la industria, los resultados indican 345 g CO₂ eq / kg de harina y 543 g CO₂ eq / kg de pasta seca. En general, los valores encontrados por este trabajo se encuentran por debajo de los valores internacionales. En segundo lugar, y a través del Programa Argentino Carbono Neutro, se desarrolló un calculador, un manual de cálculo y un manual de buenas prácticas ambientales, para siete unidades declaradas, con el objetivo de poner a disposición herramientas para la certificación.

INTRODUCCIÓN

En los mercados de alimentos, los criterios ambientales repercuten cada vez con mayor frecuencia en la elección de los consumidores al adquirir variedad de productos, actitud que fomenta la producción y el consumo sostenible y responsable a través de diferentes mecanismos, entre los que se destaca el cálculo de las huellas ambientales, entre ellas la huella de carbono. La reducción de esta huella puede ser una oportunidad para hacer más competitivas las exportaciones del sector agropecuario. Estas tendencias también se evidencian en crecientes regulaciones de tipo comercial por bloque o por países, así como también una gran dispersión de estándares y regulaciones del ámbito privado. Dado que el mercado europeo es el que mayor importancia le da a las huellas ambientales, la competitividad de las cadenas productivas argentinas dependerá casi en mayor medida de la capacidad para mostrar mayor sustentabilidad ambiental, a pesar de las emisiones del transporte en las enormes distancias entre Sudamérica y Europa. Esto traccionará toda la cadena de valor derivada de la producción agropecuaria, desde los proveedores de insumos para la producción, pasando por la agroindustria, los transportes, hasta llegar a la etapa de descarte posterior al uso o desperdicios, es decir, “desde la cuna hasta la tumba”.

La información de las huellas ambientales de productos genera conciencia entre los productores, industriales, comerciantes y consumidores, ya que promueve tendencias de producción y consumo responsable y sostenible, aportando al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles” planteado por Naciones Unidas (ONU, 2015).

La cadena agroindustrial del trigo se encuentra conformada principalmente por dos sectores, el primario y el secundario. El sector primario engloba la producción del grano de trigo, incluyendo tanto la producción de

insumos agropecuarios (semillas, fertilizantes, agroquímicos, combustibles, entre otros) como las actividades agrícolas (siembra, pulverización, fertilización y cosecha). El sector secundario se compone de la industria molinera, conocida como de primera transformación, donde el principal producto obtenido es la harina de trigo, y la industria de segunda transformación o alimentaria, donde se producen pan, pastas, galletitas, entre otros.

Para la producción primaria de trigo se consideraron los planteos productivos relevados por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires en su sistema “Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada” (ReTAA, 2020) (Bolsa de Cereales, 2019). Esto incluye tres niveles tecnológicos dentro de cada una de las dieciséis regiones productoras de trigo, en la campaña 2018-2019, en la que se produjeron 19.459.727 toneladas en 6.050.953 hectáreas (Bolsa de Cereales, 2019).

En cuanto a la industria molinera, o industria secundaria de primera transformación, en 2019 se produjeron 4.684.896 t de harina, con un consumo anual per capita de 83 kg, de acuerdo a la Federación Argentina de la Industria Molinera, una asociación empresaria que reúne a los molinos de trigo que desarrollan su actividad en todo el ámbito de la República Argentina, produciendo harinas con destino a las industrias elaboradoras de pan artesanal y de molde, fideos, galletitas fraccionadas en envases para consumo hogareño y otros productos alimenticios (FAIM, 2020).

Con respecto a la industria alimentaria del trigo o industria secundaria de segunda transformación, se analizó la pasta seca, un alimento preparado de uso mundial hecho de trigo y agua y secado en una forma específica. Según la Unión Industrial de Fideeros de la República Argentina, en 2019 se produjeron 348.031 toneladas de pasta en Argentina, lo que equivale a alrededor del 2,8% de la producción mundial de pasta. En comparación con 2018, la producción de pasta seca aumentó un 0,31%. El consumo medio en 2019 fue de alrededor de 8,5 kg per cápita y año (7,39 kg de pasta seca y 1,15 kg de pasta fresca) (UIFRA, 2020).

En el mundo se han realizado algunos cálculos de huella de carbono de la cadena del trigo. En la mayoría de las regiones, los sistemas de producción difieren del de Argentina: se siembra con labranza convencional y se utiliza una cantidad de insumos mayor; pero aun así pueden utilizarse como punto de comparación. En el 2019, Barilla publicó su Declaración Ambiental de Producto (Environmental Product Declaration, EPD) (Barilla, 2019) de la pasta seca de sémola en presentación de paquetes de cartón de 500 gramos. La unidad funcional es de 1 kg de pasta seca con su respectivo envase. La Huella de Carbono calculada para Italia es de 823 g CO₂eq / kg de la unidad declarada, que es 1 kg de pasta seca. La etapa de producción primaria contribuye con 409 g CO₂eq / kg de la unidad declarada.

En Argentina, el INTA Anguil (La Pampa), encontró valores de entre 189 kg CO₂ eq y 300 kg CO₂ equivalente por tonelada de trigo, con la mayor huella bajo el sistema de siembra directa con baja utilización de insumos (Frank, Montero, Ricard, & Sirotiuk, 2014).

Por otro lado, un relevamiento de la Universidad Nacional de La Plata mostró valores variables entre 134 y 289 kg CO₂ equivalente por tonelada de trigo para la provincia de Buenos Aires (Rosa, y otros, 2011).

Este trabajo se realizó con dos objetivos principales:

Determinar la Huella de Carbono para cuatro unidades declaradas de la cadena del trigo de Argentina con la finalidad de identificar las actividades que generan los mayores impactos y que tienen el mayor potencial de mejora. El trabajo fue financiado por la Asociación Argentina del Trigo.

Desarrollar un calculador, un manual de cálculo y un manual de buenas prácticas ambientales, para siete unidades declaradas, con el objetivo de poner a disposición herramientas para la certificación.

METODOLOGÍA

Los métodos utilizados en este trabajo están detallados en la serie de normas ISO 14040, IRAM-ISO 14067 que define la Huella de Carbono (IRAM-ISO 14067, 2019), como así también en los protocolos del IPCC, actualización 2019 (IPCC, 2019). También aplican las Reglas de Categoría de Producto (PCR) de cultivos extensivos (The International EPD System, 2016), productos de la molienda de granos (The International EPD System, 2019) y de pasta seca (The International EPD System (EPD), 2010).

La norma ISO 14067 es la que define la Huella de Carbono de producto, como una evaluación de ACV, para un solo impacto: cambio climático o potencial de calentamiento global (GWP): “Huella de carbono de producto (HCP) es la suma de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y remociones de GEI en un sistema producto, expresadas como CO₂ equivalente y basadas en una evaluación del ciclo de vida (ACV), utilizando la categoría de impacto única de cambio climático” (IRAM-ISO 14067, 2019).

Para el primer objetivo, las unidades declaradas de este estudio son cuatro:

- 1 t de grano en la puerta del campo,
- 1 t de grano en el puerto de exportación,
- 1 kg de harina en el cliente del molino harinero, y
- 1 kg de pasta seca en el cliente del molino fideero.

Se incluyen todas las labores del campo, la producción de insumos (semillas, agroquímicos, fertilizantes, combustibles, entre otros), la producción de sus envases, las emisiones derivadas de la quema de combustibles, de la aplicación de fertilizantes y las originadas en los residuos de cosecha. Se incluyó el transporte del grano hasta el puerto de exportación. En los molinos se tuvieron en cuenta las emisiones derivadas del uso de energía y combustibles, de la producción y transporte de los insumos y packaging y del transporte, desde el campo hasta la industria. En el caso de la harina y de la pasta seca, también se incluyó la distribución al cliente.

El punto de partida para los cálculos y resultados presentados en este informe fue la información provista por el sistema ReTAA de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires <https://www.bolsadecereales.com/que-es-el-re-taa> (ReTAA, 2020), por la empresa Gastaldi Hnos. S.A.I. y C.F. e I. (<https://www.gastaldihnos.com.ar/molino/>) y por la empresa Molinos Río de la Plata S.A. (<https://www.molinos.com.ar/quienes-somos/>). Adicionalmente se consultaron informantes calificados y se usaron perfiles ambientales unitarios extraídos de bases de datos internacionales, disponibles por INTA e INTI (EcoInvent, Database version 3.5, 2020).

Respecto al alcance temporal de los inventarios, se asumieron datos de la campaña 2018/2019 para las labores agrícolas, ya que era la más reciente y completa al momento del inicio del estudio. Para el funcionamiento de los molinos se relevaron datos del período comprendido entre el 1 de enero al 30 de diciembre de 2019, correspondientes a un año de producción, acorde con el procesamiento del grano de la campaña de cultivo 2018/19.

Para el segundo objetivo, las unidades declaradas de este estudio son siete:

- 1 hectárea de cultivo de trigo.
- 1 tonelada de grano de trigo en la tranquera del campo.
- 1 tonelada de grano de trigo a la salida del acopio.
- 1 tonelada de grano de trigo en la bodega de un buque (condición FOB).
- 1 kilogramo de harina de trigo a la salida del molino harinero.
- 1 kilogramo de harina en el puerto o cliente del molino harinero.
- 1 kilogramo de pasta larga seca a la salida de la fábrica de pastas secas.
- 1 kilogramo de pasta larga seca en el puerto o cliente de la fábrica de pastas secas.

Se incluyeron las mismas etapas y eslabones del ciclo de vida del trigo, a nivel agrícola, industrial y logística. Para el desarrollo del calculador y los manuales se contó con el aporte de información de la mesa sectorial compuesta por productores primarios, molinos harineros, fábricas de pastas, productores de agroquímicos, empresas de logística y exportación, entre otras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Huella de Carbono de la producción primaria del trigo de Argentina resultó en 148,5 kg CO₂ eq / t de trigo en la puerta del campo. Considerando esta misma huella según distintos niveles tecnológicos analizados por el ReTAA (Bolsa de Cereales, 2019), resulta en 142,6 kg CO₂ eq / t en el nivel Alto; 151,2 kg CO₂ eq / t en el nivel Medio y 162,3 kg CO₂ eq / t de trigo en el nivel Bajo. A la huella del trigo en el campo se le suman 38 kg CO₂ eq/t por el transporte para llegar al puerto de exportación, lo que resulta en un total de 186,4 kg CO₂ eq/t de trigo en el puerto.

La fertilización nitrogenada, junto a los residuos de cosecha son los puntos críticos más relevantes identificados. El consumo de gasoil en los procesos de producción agrícola es el siguiente punto crítico sobre el que actuar para reducir la huella de carbono. Otro aspecto a considerar es el transporte, que en Argentina tiene mucho peso por las distancias que se recorren y por la flota obsoleta del parque de camiones.

La fertilización nitrogenada en el punto crítico más importante sobre el que se debe actuar para reducir la huella de carbono a campo. Introducir leguminosas en la rotación de cultivos permitiría esto, además de mejorar la productividad. También es importante el uso de los residuos orgánicos como fertilizantes, para disminuir las dosis de fertilizantes sintéticos. La bibliografía indica que el manejo sitio-específico de los insumos con tecnologías de Agricultura de Precisión tienen un alto potencial de reducción de la Huella de Carbono (Finger, Swinton, El Benni, & Walter, 2019), como así también los fertilizantes de liberación controlada y el riego complementario (McKinsey, 2020).

El consumo de gasoil en los procesos de producción agrícola es el segundo punto crítico sobre el que actuar para reducir la huella de carbono. Para ello es decisiva la elección del sistema de laboreo, así como del tractor adecuado y el manejo adecuado del mismo. La bibliografía consultada indica que un factor de reducción de emisiones es el mantenimiento preventivo de la maquinaria, como así también el uso de motores diésel de nueva generación. En el futuro, se prevé que la incorporación de maquinaria agrícola con motores eléctricos tenga un gran efecto sobre la disminución de las emisiones (McKinsey, 2020).

En una visión a largo plazo, una alternativa potencial para disminuir la huella de carbono son los cultivos perennes de trigo, ya que no sería necesario sembrar cada año. Los ejemplos incluyen las nuevas especies Salish Azul y Kernza, que producen granos similares al trigo (Curwen-McAdams, Arterburn, Murphy, Cai, & Jones, 2017). Además, tales cultivos pueden secuestrar más niveles de carbono en el suelo. Por ejemplo, el productor de Kernza estima que su adopción podría reducir las emisiones de CO₂ en millones de toneladas anuales (Cusick, 2019).

Si se observan las huellas por nivel tecnológico adoptado, se concluye que aquellos con alta tecnología logran rendimientos superiores que compensan los posibles incrementos de emisiones derivados del uso más intensivo de insumos. Con lo cual, avanzar desde los sistemas de baja tecnología a sistemas de media o alta tecnología puede lograr mejoras en los niveles de emisiones totales.

Por otra parte, es importante considerar que cualquiera de las medidas propuestas tiene una repercusión económica positiva en las empresas, puesto que de lo que se trata, en definitiva, es de hacer un uso eficiente de las materias primas y de la energía.

Por otro lado, en la industria, los resultados indican una Huella de Carbono de 345 g CO₂ eq / kg de harina en el cliente del molino harinero. A su vez, la Huella de Carbono de 1 kg de pasta seca de sémola en el cliente del molino fideero es de 543 g CO₂ eq / kg de pasta.

En las industrias harinera y fideera, si bien el punto crítico se encuentra en la producción primaria de trigo, se pueden lograr disminuciones de las huellas de carbono a través de la optimización del packaging y de los transportes que son los puntos críticos con mayor potencial de mejora sobre los que la industria tiene control.

Por otro lado, para el segundo objetivo, como producto del trabajo integrado entre el PACN, Mesa Sectorial de Trigo y Grupo Consultor INTI-INTA, se logró realizar el Calculador de Huella de Carbono y el Manual de Buenas Prácticas Ambientales.

El primero, permite la carga por separado de datos agrícolas a través del planteo técnico promedio por hectárea, con consumo de semillas, agroquímicos, fertilizantes, combustible para las labores y la emisión derivada de los residuos de cosecha y del uso de fertilizantes nitrogenados. Y, en la industria harinera y fideera, se permiten cargar datos de consumo de energía, combustibles, insumos, productos químicos y de limpieza, aditivos de producto y todos los ítems que componen el packaging. También se colocan datos sobre la generación de residuos y efluentes del sistema.

Asimismo, se estudian los transportes que conectan los distintos eslabones, como así también los acopios intermedios en cada eslabón de la cadena productiva.

El calculador vincula automáticamente los datos de entrada/salida cargados por el usuario con una base de información ambiental precargada, calculando sistemáticamente a través de un desarrollo matemático las emisiones y secuestro de carbono (C) por separado para cada una de las unidades funcionales.

Por otro lado, se complementó el calculador con el Manual de Buenas Prácticas Ambientales cuyo objetivo es detallar las prácticas que permitan mejorar la productividad y calidad del cultivo (en la producción primaria) y de los productos terminados (en la industria) de una manera sustentable, minimizando el impacto sobre el ambiente mediante la disminución de la emisión de GEI.

Estas prácticas se vincularon con los ODS y los indicadores de desempeño del estándar Global Reporting Initiative (GRI), de forma de facilitar herramientas que permitan al sector productivo generar mecanismos para comunicar el aporte a sus grupos de interés, sean estos: las autoridades, la comunidad, el sector financiero, etc.

CONCLUSIÓN

El trabajo permitió cumplir con el objetivo de estimar la huella de carbono en la cadena de valor del trigo en sus diferentes eslabones, como así también desarrollar un calculador, un manual de cálculo y un manual de buenas prácticas ambientales.

En general, los valores encontrados por este trabajo se encuentran por debajo de los valores internacionales, utilizando los mismos métodos y protocolos adoptados internacionalmente.

Se debe tener en cuenta que todas las actividades económicas, en la medida en la que utilizan energía a lo largo de sus cadenas de producción, son responsables de una cantidad más o menos significativa de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La actividad agrícola y la producción de alimentos no son una excepción, al utilizar diversas fuentes energéticas para producir, fundamentalmente gasoil para mover la maquinaria. La suma de esas emisiones de gases es lo que se denomina huella de carbono.

La preocupación por el medio ambiente y las políticas para frenar el calentamiento climático del planeta, han llevado a concientizar sobre las huellas que producen los productores, las empresas y los países. Existen estándares internacionales para medir la huella de carbono. En el mercado internacional cobra mayor fuerza cada vez este tema y cumplir esos estándares se convierte en una herramienta estratégica y comercial.

Se alienta a las empresas que usen el calculador desarrollado a través del Programa Argentino Carbono Neutro y realicen un primer diagnóstico de su huella de carbono, adoptando para la mejora continua las recomendaciones del Manual de Buenas Prácticas Ambientales. Esta herramienta permite simular escenarios alternativos de uso de insumos, rendimientos, cambios en los transportes o en las formas de energía, de modo de visualizar cómo, ciertos cambios en las tecnologías utilizadas, redundan o no en mejoras respecto a la sustentabilidad de los procesos llevados a cabo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de Argentrigo y del Programa Argentino Carbono Neutro, que permitió llevar adelante este trabajo.

REFERENCIAS

- Barilla. (2019). Environmental Product Declaration (EPD) *The International EPD System. Durum Wheat Semolina Pasta in Paperboard Box.*
- Bolsa de Cereales. (2019). *Campaña 2018/19: Contribución de la Cadena del Trigo a la Economía Argentina.* Obtenido de www.bolsadecereales.com: <https://www.bolsadecereales.com/download/documentos/documento1/125>
- Bolsa de Cereales. (2019). *Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (ReTAA).* Obtenido de Campaña 2018/19. Buenos Aires, Bolsa de Cereales: <http://www.bolsadecereales.com/retaa-informes-anuales>
- Curwen-McAdams, C., Arterburn, M., Murphy, K., Cai, X., & Jones, S. S. (2017). Toward a taxonomic defi-

- inition of perennial wheat: a new species \times *Tritopyrum aaseae* described. Obtenido de Genetic Resources and Crop Evolution volume 64, pages 1651–1659: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-016-0463-3>
- Cusick, D. (2019). *Grain may take a big bite out of cropland emissions*. Obtenido de E&E News: <https://www.eenews.net/stories/1060290955/>
- EcoInvent. (2020). *Database version 3.5. Swiss Centre for Life Cycle Inventories*. <http://www.ecoinvent.org/>.
- FAIM. (2020). *Federación Argentina de la Industria Molinera*. Obtenido de Estadística Nacional: <https://www.faim.org.ar/>
- Finger, R., Swinton, S. M., El Benni, N., & Walter, A. (2019). Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the *Environment*. *Annual Review of Resource Economics Annu. Rev. Resour. Econ.* 2019. 11:5.1–5.23 - <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-5.1-5.23>.
- Frank, F., Montero, G., Ricard, F., & Sirotiuk, V. (2014). *La huella de carbono en la agroindustria*. Anguil: Ediciones INTA.
- Global Reporting Initiative. (2021). *Estándares GRI*. Obtenido de <https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/gri-standards-spanish-translations/>
- IPCC. (2019). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Revisión 2019*. Obtenido de Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>
- IRAM-ISO 14067. (2019). *Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación. Primera edición 2019-11-08. 68 pp*. Obtenido de <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/12261>
- McKinsey. (2020). *Reducing agriculture emissions through improved farming practices*. Obtenido de Daniel Aminetzah; Nicolas Denis; Kimberly Henderson; Joshua Katz; Peter Mannion: <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/reducing-agriculture-emissions-through-improved-farming-practices#>
- ONU. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Organización de las Naciones Unidas. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015*. Roma: ONU A/RES/70/1.
- ReTAA. (2020). *Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada. Bolsa de Cereales de Buenos Aires*. Obtenido de <http://www.bolsadecereales.com/que-es-el-retaa>
- Rosa, R., Galbusera, S., Lusarreta, P., Bonda, L., González, A., Eirin, M., . . . López Otegui, G. (2011). *Huella de Carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires. III Congreso internacional sobre cambio climático y desarrollo sustentable (págs. 259 - 271)*. La Plata: Universidad Nacional de la plata.
- The International EPD System (EPD). (2010). *UNCOOKED PASTA, NOT STUFFED OR OTHERWISE PREPARED. PRODUCT CATEGORY CLASSIFICATION: UN CPC 2371. 2010:01*. Obtenido de www.environdec.com
- The International EPD System. (2016). *PRODUCT CATEGORY RULES ACCORDING TO ISO 14025*. Obtenido de Arable crops v2.0 DATE 2016-06-23: <https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=8804>
- The International EPD System. (2019). *PRODUCT CATEGORY RULES ACCORDING TO ISO 14025*. Obtenido de GRAIN MILL PRODUCTS. PRODUCT CATEGORY CLASSIFICATION: UN CPC 2311. VERSION 2.11 2019-09-06: www.environdec.com
- UIFRA. (2020). *PASTAS SECAS ESTADÍSTICAS SECTORIALES*. Obtenido de UNIÓN DE INDUSTRIALES FIDEEROS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA : <https://uifra.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/dossier2020v2.pdf>

Sesión 4: Economía circular

EJE TEMÁTICO: IMPACTO AMBIENTAL DE PLÁSTICOS

ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIRCULARIDAD DE LA CADENA DE PLÁSTICOS EN LA ARGENTINA. DESARROLLO DE INDICADORES REGIONALES.

María Agustina ZAPATA MARTINEZ^{1*}, Bárbara María CIVIT^{1,2} y Alejandro Pablo ARENA³

^{1*} Grupo CLIOPE, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional (Rodríguez 273-Ciudad de Mendoza, 261 5244693, azapata@mendoza-conicet.gob.ar)

² Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía INAHE-CONICET (Av. Carlos Thays s/n - Parque General San Martín - Mendoza, 261 5244310)

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET-CCT Mendoza (Av. Carlos Thays s/n - Parque General San Martín - Mendoza, 261 5244050)

RESUMEN

Es indiscutible la importancia de la cadena petroquímica plástica en todos los sectores económicos (Subsecretaría de Programación Microeconómica, 2019). Los plásticos son una de las innovaciones industriales del mundo moderno, que forman parte de la vida cotidiana con aplicaciones en muchos sectores como el “packaging”, los equipos eléctricos y electrónicos (EEE), la construcción y mobiliario, la agricultura, la sanidad, la industria textil y la automoción, entre otras. Dada su naturaleza liviana, duradera y multipropósito, y la facilidad de procesamiento, su producción se ha incrementado en los últimos 50 años, alcanzando aproximadamente 322 Mt en 2015, con una proyección de duplicar esta cantidad para 2035 (Hahladakis et al., 2020). Pero esto también implica que, aproximadamente el 78%, termina siendo residuos plásticos que se depositan en vertederos o en otro lugar del ambiente planteando serias amenazas para los ecosistemas y la salud humana (Geyer et al., 2017). Los plásticos pueden tardar mucho en degradarse causando problemas potenciales sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas (Boucher, 2017), y cuando se degradan, se descomponen en pequeños trozos llamados microplásticos. Es decir, que los residuos plásticos se consideran un problema grave de gestión de residuos sólidos que figura en la parte superior de la agenda política mundial (Hahladakis et al., 2020).

Por ello, es imperiosa la necesidad de encontrar sistemas de producción y consumo que permitan gestionar los materiales desde la etapa de diseño hasta el fin de su vida útil, y la idea de circularidad de la producción para cambiar la economía actual cobra cada vez más fuerza.

El objetivo general de esta investigación, es contribuir a la sustentabilidad industrial mediante la propuesta de sistemas circulares que disminuyan el impacto total asociado a la producción y consumo de plásticos en la Argentina. Pretende caracterizar los sistemas de producción actuales en la Argentina de los distintos plásticos e identificar los factores de producción y consumo que influyen en la circularidad de los sistemas plásticos. El producto de la investigación consistirá en obtener un conjunto de indicadores que respondan a cada aspecto identificado en la reconversión de la industria del plástico de lineal a circular y analizar el impacto ambiental asociado a las distintas estrategias identificadas, mediante Análisis de Ciclo de Vida.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (ISO, 2006a) es la metodología adecuada para evaluar los impactos ambientales de las diferentes estrategias de Economía Circular (EC) que se proponen para conseguir la transformación de sistemas lineales en sistemas circulares. Un ACV evalúa el desempeño ambiental de un sistema producto y su función, considerando varias categorías de impacto a la vez, desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesamiento y manufactura, el envasado y empaquetado, la distribución, el uso y las alternativas de fin de vida (perfil ambiental).

De este modo, provee un panorama completo del problema bajo estudio que, en este caso, es fundamental porque se estarán evaluando sistemas complejos con diferentes alternativas de diseño de materiales y fin de vida de los productos considerados en ciclos cerrados y abiertos. Según la ISO 14040 (ISO, 2006a), un estudio

de ACV consta de cuatro fases: I) Definición de objetivos y alcance; II) Inventario de ciclo de vida (contabilización de entradas y salidas); III) Evaluación de impactos (caracterización de los impactos ambientales) y, IV) Interpretación.

En este trabajo se llevarán a cabo las cuatro fases de un ACV en los sistemas considerados, el foco central estará direccionado al desarrollo de un inventario completo y consistente en la fase II para obtener indicadores confiables y representativos aplicables en las fases III y IV que permitan evaluar el potencial de circularidad de un sistema determinado

Se ha seleccionado como caso de estudio, la producción y consumo de plásticos de un solo uso, como el que se utiliza en la manufactura de vajilla descartable (cubiertos y platos), vasos, insumos médicos, bolsas y botellas, decisión acordada con Ecoplas (2020) entre mayo y agosto de 2021.

Se espera que los resultados de este trabajo permitan hacer recomendaciones y propuestas tendientes a lograr la circularidad de la cadena productiva de plásticos en la Argentina, y a asegurar que las mismas conduzcan a mejoras ambientales objetivas y mensurables.

Finalmente, se espera poder proponer articulaciones público-privadas de la cadena de valor de los plásticos para la circularidad.

Palabras clave: plástico de un solo uso, ACV, circularidad, indicadores

REFERENCIAS

- Boucher J, Friot D (2017) Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources. Switzerland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) Gland
- Ecoplas (2020) RECICLADO AVANZADO de los plásticos. RECICLADO POR PIRÓLISIS, POR DISOLUCIÓN, BIOLÓGICO-ENZIMÁTICO Y DESPOLIMERIZACIÓN Publicación N°5 <https://ecoplas.org.ar/site2020/wp-content/uploads/2021/05/Libro-digital-Manual-Economia-Circular-OK.pdf>
- Geyer R, Jambeck JR, Law KL. (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 2017;3 Hahladakis, J. N., Iacovidou, E., & Gerassimidou, S. (2020). Plastic waste in a circular economy. *Plastic Waste and Recycling*, 481–512. doi:10.1016/b978-0-12-817880-5.00019-0
- ISO (2006a). ISO 14040 y ISO 14040. Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework .
- Subsecretaría de Programación Microeconómica (2019) Informes de cadena de valor –Petroquímica – plástica. Ministerio de Hacienda – Presidencia de la Nación – ISSN 2525-0221 <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicrocadenasdevalorpetroquimicaplastica1.pdf>

COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL AGREGADO DE VALOR A SUBPRODUCTOS DE ASERRADEROS EN MENDOZA UTILIZANDO UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO

Paula Daniela RODRÍGUEZ^{1,3*}, Fernando ARCE BASTIAS^{1,3}, Fernando Daniel MELE^{2,3}
y Alejandro Pablo ARENA^{1,3}

^{1*} Grupo CLIOPE, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional. Rodríguez 273, Ciudad de Mendoza, Mendoza, (261) 5244693, pdanielarodriguez@gmail.com.

² Dep. de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, FACET, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Independencia 1800, San Miguel de Tucumán, Tucumán.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

RESUMEN

La actividad foresto-industrial desarrollada en la Región de Cuyo incluye industrias dedicadas principalmente a la elaboración de tableros y cajonería a partir de madera de álamo (Piattoni, 2010). En Mendoza, la industria maderera tiene una participación de 2 % en el Producto Bruto Geográfico del sector industrial de Mendoza, dominado por las refinerías de petróleo y las industrias de elaboración de bebidas (DEIE, 2020). La provincia cuenta con 63 aserraderos, cuyo rendimiento de producción promedio es de 37 % (Ministerio de Agroindustria, 2017), lo cual evidencia la existencia de un alto porcentaje de generación de residuos de madera (63 % del total de madera procesada).

Los residuos de madera obtenidos comprenden el aserrín, la viruta, los despuntes y las tapas. En algunas ocasiones, estos residuos son considerados como subproductos, ya que son vendidos para distintos usos, y en otras, como material de descarte (Ministerio de Agroindustria, 2017). Asimismo, algunos dueños de aserraderos han manifestado que los residuos de madera representan un problema para el trabajo cotidiano, porque ocupan espacio y elevan el riesgo de incendio (Eduardo Álvarez, com. pers., 11 de mayo de 2020). Esto conduce a soluciones perjudiciales para el ambiente, como la quema de los residuos, o que implican el desaprovechamiento de una oportunidad de mercado, como la entrega gratuita a vecinos (Ministerio de Agroindustria, 2017).

Este escenario alienta la implementación de esquemas de utilización de residuos de madera para la producción de biocombustibles sólidos o productos a base de madera, favoreciendo la aplicación de principios de la Economía Circular. A priori, esta situación podría significar una mejora en la sostenibilidad ambiental, pero su aprovechamiento implica la existencia de diversos procesos de transformación, que deben ser tenidos en cuenta para evitar el traslado de cargas ambientales entre etapas de la cadena productiva. Además, es importante evaluar su desempeño económico.

Por tanto, el objetivo general de este trabajo fue contribuir al agregado de valor a los subproductos derivados del aserrado de madera en un “aserradero normal”³ de la Provincia de Mendoza, teniendo en consideración la obtención de ventajas ambientales y económicas, y la aplicación de los principios de la Economía Circular.

Para ello, se propusieron alternativas de procesamiento de los subproductos denominados tapas y aserrín -cuyo destino actual es la venta como leña o madera de bajo valor y la venta a ladrilleras locales, respectivamente- para la obtención de diversos biocombustibles sólidos o bio-productos (chips, virutas y pellets de madera). Posteriormente, se desarrolló un modelo de optimización multicriterio, con la inclusión de variables

³En el contexto mendocino, se denomina “aserradero normal” al que utiliza dos máquinas (sierras sin fin) durante ocho horas diarias, y trabaja con cinco operarios.

ambientales (emisiones netas de gases de efecto invernadero, evaluadas según la metodología de la norma ISO 14067:2018), económicas (beneficios económicos netos) y de circularidad material (utilizando el factor de cascada reportado por Mantau (2015) y Gonçalves et al. (2021)), con el fin de evaluar el rendimiento de las alternativas y explorar las compensaciones entre criterios. Los datos primarios fueron suministrados por propietarios de aserraderos y corresponden a un “aserradero normal”, que realiza industrialización primaria de la madera. El aserradero procesa mensualmente 200 ton de rollizos y produce 36 ton de madera aserrada; 154,4 ton de tapas; y 9,6 ton de aserrín. Los datos secundarios se obtuvieron de bases de datos (Ecoinvent), de reportes nacionales, de plataformas comerciales y de consultas con empresarios del rubro.

Los resultados mostraron que: i) si se priorizan los beneficios ambientales (esto es, la captura de carbono, que varió entre 53,25 y 72,24 ton CO₂ eq/mes), la opción más favorable es continuar con el esquema actual de venta de las tapas y el aserrín; ii) si se priorizan los beneficios económicos, la mejor opción es la producción y venta de chips y pellets elaborados a partir de las tapas y el aserrín, respectivamente; iii) si se prioriza la circularidad material, la opción más apropiada es la producción de chips a partir de las tapas y la venta del aserrín a ladrilleras locales. Además, esta última alternativa resultó seleccionada cuando se equipara la importancia de los tres criterios.

En conclusión, desde una perspectiva ambiental, todas las alternativas evaluadas permiten alcanzar una captura neta de carbono. Sin embargo, el reprocesamiento de los subproductos para el agregado de valor permite incrementar los beneficios económicos y la circularidad material del sistema. Por tanto, se sugiere optar por las alternativas planteadas, especialmente la producción de chips a partir de las tapas, para lograr mejores resultados según los tres criterios evaluados. Si bien los resultados obtenidos corresponden a un caso de estudio particular, se consideran de alto valor, ya que no existen estudios de este tipo en la región, lo que destaca la utilidad de la metodología empleada y los resultados alcanzados como base para el análisis de otros casos.

Palabras clave: Huella de Carbono, decisión multicriterio, chips, virutas, pellets.

REFERENCIAS

- DEIE. (2020). Producto Bruto Geográfico por Sector y Rama. Mendoza. Años 2004-2018. Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas. Obtenido de <http://www.deie.mendoza.gov.ar/#!/mendoza-en-datos>
- Gonçalves, M., Freire, F., & Garcia, R. (2021). Material flow analysis of forest biomass in Portugal to support a circular bioeconomy. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105507.
- Mantau, U. (2015). Wood flow analysis: Quantification of resource potentials, cascades and carbon effects. *Biomass and Bioenergy*, 79, 28-38.
- Ministerio de Agroindustria. (2017). Censo Nacional de Aserraderos. Provincia de Mendoza. Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación.
- Piattoni, P. (18 de junio de 2010). Cadena de valor de la foresto industria de la Región Centro: muebles, construcciones y remanufacturas de madera. Consejo Federal de Inversiones. Obtenido de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19171/mod_resource/content/1/RC_2012_F.pdf

ESTRATEGIAS DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA LA INDUSTRIA SUCROALCOHOLERA

Andrea L. NISHIHARA HUN^{1*} y Fernando D. MELE^{1,2}

^{1*} Dep. Ing. Procesos y Gestión Industrial, FACET, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, T4002BLR San Miguel de Tucumán. anishihara@herrera.unt.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

RESUMEN

Una economía circular es un modelo económico cuyos principales objetivos son: disminuir los residuos generados y minimizar el uso de recursos naturales, promoviendo las recirculaciones de materia y energía. Esto se puede lograr a través del diseño, el mantenimiento, la reparación, la reutilización, la re-fabricación, la restauración y el reciclaje, haciendo un claro contraste con una economía lineal que es un modelo de producción de extraer, fabricar y disponer. Es en este punto en el que aparece la simbiosis industrial (SimbInd) como la herramienta clave para lograr una economía circular. Mediante la SimbInd, las empresas independientes colaboran para compartir servicios y recursos a fin de reducir los desechos y los costos, aumentar ganancias y reducir el impacto ambiental [1]. El concepto de SimbInd es análogo al de la cadena de suministro de lazo cerrado (closed-loop supply chain), en el cual, la producción de una planta será la entrada para otras plantas, lo que podría mejorar los beneficios ambientales y económicos mediante la reutilización eficiente de los recursos materiales y energéticos [2]. Martin y Eklund [3] sugieren que la SimbInd crea una “situación en la que todos ganan” entre las empresas asociadas, tanto desde el punto de vista ambiental como económico, hipótesis que siempre hay que confirmar para cada caso.

La economía de la provincia de Tucumán y del Noroeste Argentino (NOA) es básicamente agroindustrial. En Tucumán, una de las actividades productivas principales tiene su origen en el cultivo de la caña de azúcar. Este sector está constituido por un conjunto de establecimientos industriales con sus dependencias pertenecientes a diferentes firmas. La particularidad que tiene esta industria es que genera biomasa como residuo tanto de la parte campo como del sector industrial, el cual tienen un gran potencial de aplicación en conceptos como SimbInd dada la naturaleza renovable de estos desechos, a menudo constituidos por materia orgánica, los cuales pueden usarse como fuentes de energía para abastecer esos mismos y otros procesos. Por lo tanto, desarrollar un enfoque de SimbInd sobre la industria basada en la biomasa es un importante aporte a la bioeconomía provincial.

El estudio que se propone es un análisis desde el punto de vista económico de las corrientes de residuos que pueden ser aprovechadas, generando la menor cantidad de residuos y maximizando el uso de los recursos desde la naturaleza, a través de un modelado matemático.

Se trata de un trabajo en curso en el cual, al presente, se ha desarrollado un modelo matemático de naturaleza mixto-entero lineal de la industria sucroalcoholera. La Fig. 1 representa esquemáticamente los intercambios de materia y energía a determinar en la red de procesos involucrados. Como herramienta se ha utilizado el programa de modelado algebraico GAMS. La función objetivo planteada contempla la maximización de los beneficios económicos.

Por otra parte, se ha avanzado en la construcción de los inventarios de ciclo de vida de cada uno de los procesos de manera de poder complementar el modelo con una función objetivo ambiental y así transformar el modelo presente monoobjetivo en un modelo multiobjetivo.

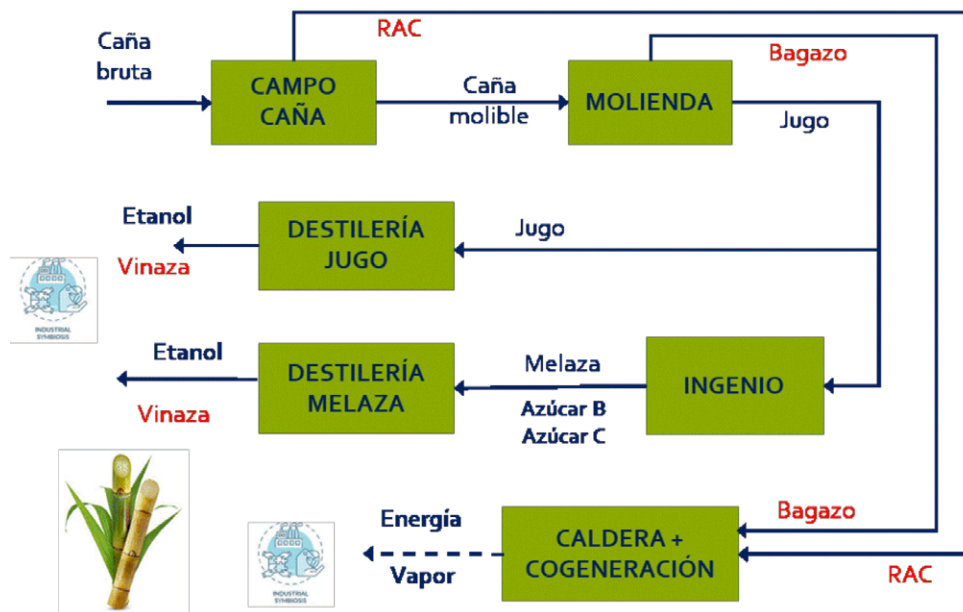


Figura 1. Configuración de simbiosis industrial para la industria sucroalcoholera.

Además, se ha avanzado en integrar esta industria con otra industria importante de la provincia, la industria citrícola, a fin de analizar cuantitativamente el intercambio de materiales y energía entre instalaciones de ambas industrias.

Se espera que los resultados obtenidos en este trabajo permitan hacer recomendaciones y propuestas para lograr la circularidad de la cadena productiva de las industrias regionales procurando también que conduzcan a mejoras ambientales.

Palabras clave: industria sucroalcoholera, economía circular, simbiosis industrial, optimización

REFERENCIAS

- [1] Abdallah, T., Diabat, A., Simchi-Levi, D., 2012. Sustainable supply chain design: a closed-loop formulation and sensitivity analysis. *Production Planning & Control*, 23 (2/3), 120-133.
- [2] Laybourn, P., Morrissey, M., 2009. The Pathway to a Low Carbon Sustainable Economy. Retrieved December 4, 2011, from: <http://www.nisp.org.uk/Publications/Pathway.pdf>
- [3] Martin, M., Eklund, M., 2011. Improving the environmental performance of biofuels with industrial symbiosis. *Biomass Bioenerg.*, 5, 1747-1755.

DISEÑO ÓPTIMO DE LA CADENA DE SUMINISTROS DE BIORREFINERÍAS SOSTENIBLEMENTE EFICIENTES

Lucas M. MACHIN FERRERO^{1,2*}, Richard CABRERA JIMÉNEZ³, Jonathan WHEELER^{1,2}
y Fernando Daniel MELE^{1,2}

^{1*}FACET, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, T4002BLR, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. lmachinferrero@herrera.unt.edu.ar

²CCT CONICET NOA Sur, Crisóstomo Álvarez 722, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

³Univ. Politècnica de Catalunya, Av. Eduard Maristany 16, 08019 Barcelona, España.

RESUMEN

Un uso más integral de la biomasa como materia prima para producir alimentos, energía y productos es una contribución importante hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El concepto de biorrefinería permite a regiones con abundantes recursos naturales aprovechar al máximo la biomasa disponible para estos fines, consiguiendo una progresiva independencia de los recursos fósiles.

Este estudio presenta un marco para el diseño multicriterio de cadenas de suministro (SC) de biorrefinerías bajo consideraciones de sostenibilidad, aplicado a un caso de la SC de biomasa del noroeste de la Argentina.

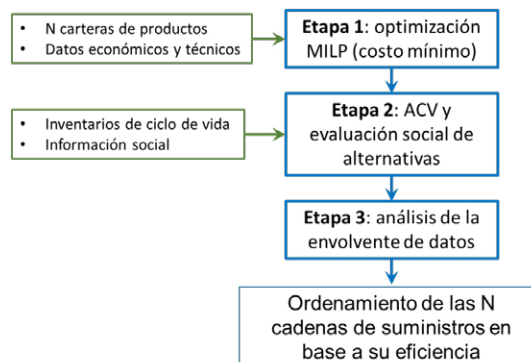


Figura 1. Enfoque en tres etapas para evaluar la eficiencia de un conjunto de opciones de cadenas de suministros de biorrefinerías.

Se propone una estrategia de tres etapas para seleccionar los bioproductos a producir y la topología de SC más conveniente basada en aspectos de sostenibilidad (Fig. 1):

(1) Minimización de los costos totales de varias instancias de SC para satisfacer ciertos patrones de oferta (cartera) de bioproductos, mediante un modelo lineal mixto entero (Machin Ferrero y Mele 2022). La estructura de la SC incluye selección de materias primas (biomasa), instalación de diferentes tecnologías de producción y almacenamiento de alimentos, biocombustibles y bioenergía. Se consideran varios medios de transporte entre nodos (para el transporte de biomasa, productos sólidos y productos líquidos). Se proponen ocho escenarios (E1-E8) con distintas carteras de productos a ofrecer y con distintas progresiones en el horizonte temporal. La demanda anual de productos convencionales (azúcar y etanol) se toma de informes nacionales. Las demandas de nuevos bioproductos a producir (ácido cítrico, ácido láctico y metanol) se estiman pensando en sustituir las importaciones de los países de estos productos y cubrir estos requerimientos con productos nacionales producidos a partir de biomasa regional.

(2) Evaluación de indicadores ambientales y sociales. Dados los inventarios del ciclo de vida de los nodos de cada SC y los datos socioeconómicos de las regiones, se calculan indicadores ambientales y sociales para

cada SC optimizada. El desempeño ambiental de la red SC se cuantifica mediante el análisis del ciclo de vida (LCA). En este caso de estudio solo se cuantifica una categoría de impacto: Potencial de Calentamiento Global (GWP) de la metodología ReCiPe 2016. Se selecciona un indicador social que considera datos socioeconómicos de las regiones donde están instaladas las biorrefinerías y la cantidad de empleo directo generado por las tecnologías en cada biorrefinería. El cálculo de los indicadores de esta etapa utiliza los resultados obtenidos en la etapa anterior (es decir, el problema de optimización).

(3) Aplicación del análisis envolvente de datos (DEA). DEA es una herramienta multicriterio orientada a datos que se utiliza para evaluar el rendimiento de un conjunto de entidades pares denominadas unidades de toma de decisiones (en este caso, las SCs), que convierten múltiples entradas en múltiples salidas (en este caso, los indicadores calculados en las etapas previas). En esta etapa se clasifican las ocho SCs en función de los indicadores económicos, ambientales y sociales seleccionados para caracterizar la sostenibilidad de las SCs: porcentaje de utilización de materia prima, beneficio económico, GWP e índice social. DEA tiene la ventaja de combinar múltiples indicadores en un solo puntaje llamado eficiencia, sin necesidad de definir pesos entre los indicadores evitando la subjetividad y permite la identificación de las mejoras que las SCs ineficientes deben realizar para volverse eficientes (Cooper et al. 2011). Se genera un ranking de 0-1 de las SCs con base a los indicadores de desempeño antes evaluados.

Los escenarios E3, E6 y E8 resultaron ser eficientes en términos de los indicadores evaluados. Los demás escenarios presentan cierta distancia a la frontera que depende de los indicadores analizados (Fig. 2). E6 y E8 muestran cierta similitud, con idénticos indicadores económicos y ambientales (bajo impacto ambiental y buen desempeño económico), mostrando una relación de compromiso entre el uso eficiente de los recursos y el índice social. En cambio, la solución E3 representa una situación muy diferente con un alto impacto ambiental y bajo rendimiento desde el punto de vista económico, siendo muy favorable desde el punto de vista social. Esto demuestra claramente el compromiso existente entre los indicadores seleccionados. E3 se caracteriza por la disminución del consumo de azúcar y el aumento de la producción de etanol, es decir, una tendencia hacia la destilación autónoma. La instalación de biorrefinerías con tecnologías de producción de azúcar y etanol y tratamiento de vinazas se realiza en regiones que inciden positivamente en el indicador social. Además, el uso de materia prima (caña de azúcar) es uno de los más altos en comparación con otros escenarios.

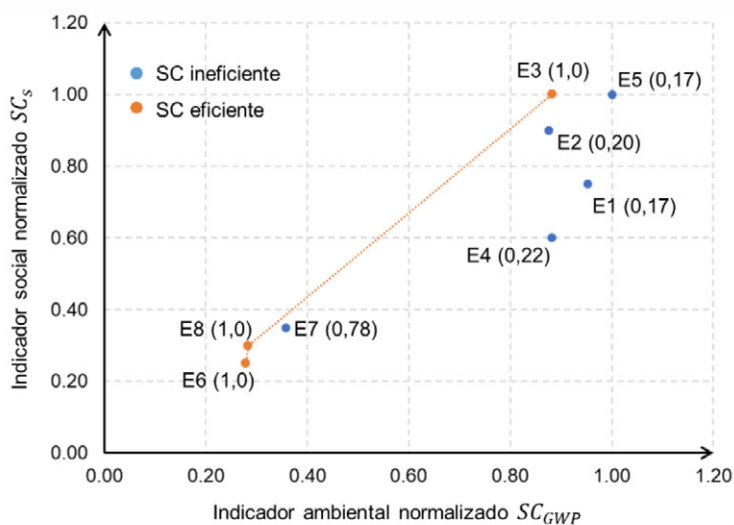


Figura 2. Frontera eficiente. Los valores entre paréntesis son las eficiencias para cada escenario E.

Muchas otras discusiones pueden darse respecto de los resultados no se exponen por razones de espacio. No obstante, el uso de esta metodología secuencial ha demostrado ser sumamente interesante para revelar configuraciones de SCs de biorrefinerías eficientes desde la perspectiva de los tres pilares de la sostenibilidad.

Palabras clave: biomasa, toma de decisiones multicriterio, análisis envolvente de datos, ecoeficiencia

REFERENCIAS

- Cooper, W. W., Seiford, L., Zhu, J. (2011). Handbook on Data Envelopment Analysis. Springer.
- Machin Ferrero, L. M., Mele, F. D. (2022). Optimal Design of Sugar-Cane-Based Biorefinery Networks in Argentina. ACS Sustainable Chemistry & Engineering 10, 24, 7916–7928. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c00921>
- Meyer, R., Campanella, S., Corsano, G., Montagna, J. M. (2019). Optimal design of a forest supply chain in Argentina considering economic and social aspects. Journal of cleaner production, 231, 224-239. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.090>

Sesión de pósteres: “Fast view”

EJE TEMÁTICO: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ASOCIADO A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN CAÑA DE AZÚCAR.

Javier TONATTO^{1*}, L. Patricia GAROLERA DE NUCCI¹ y Eduardo ROMERO¹.

^{1*} Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, William Cross 3150, Las Talitas - Tucumán Argentina, Tel: (54 381) 452 1000.
jtonatto@eeaoc.org.ar

RESUMEN

Recientemente, se ha dado un mayor énfasis al cambio climático a nivel regional por lo que resulta fundamental generar información a partir de actividades de I+D+i y favorecer la toma de decisiones informadas, principalmente en el sector agrícola dada la magnitud de su impacto. Existen diferentes herramientas para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la agricultura que permiten identificar el aporte de las intervenciones realizadas y apoyar decisiones. El objetivo de este estudio es estimar las emisiones de GEI en la producción del cultivo de caña de azúcar empleando diferentes fertilizantes nitrogenados, en una localidad de la provincia de Tucumán. Para ello, se empleó una herramienta de libre disponibilidad denominada Cool Farm Tool (CFT) a través de una plataforma en línea (<https://coolfarmtool.org>). En el mismo se consideran las características climatológicas del sitio, los insumos de producción y otras prácticas de gestión en campo, con las cargas ambientales asociadas a los sistemas de producción. Si bien esta herramienta no sigue una norma en particular, está alineada con diversos estándares y protocolos (IPCC principalmente) para la estimación de GEI, sin reemplazar un análisis de ciclo de vida completo.

El estudio se basó en un ensayo realizado en una plantación ubicada en la localidad de Acherál (Tucumán, Argentina) que corresponde a un ciclo de cultivo (período 2020/2021) e incluye las labores culturales, consumo de combustible diésel, el uso de agroquímicos y la labor de cosecha para obtener una cantidad definida de materia prima (64,15 t de caña/ha). Se consideraron dos sistemas según el tipo de fertilizante nitrogenado empleado: nitrato de amonio calcáreo (CAN) a razón de 67,5 kg N/ha y urea a razón de 115 kg N/ha. Esta última opción corresponde a un manejo agronómico tradicional a nivel local y es un caso hipotético para este estudio. No se consideraron otras fuentes de nutrientes ni el transporte de materia prima al ingenio azucarero. La unidad funcional para la comparación de los sistemas bajo estudio es la producción de 1 t caña de azúcar.

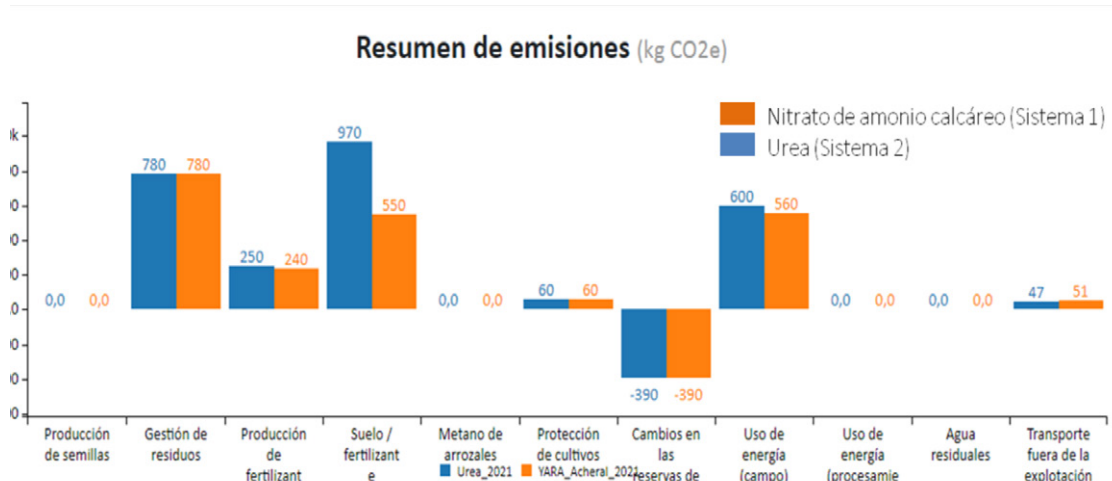


Figura 1: emisiones totales de GEI para los distintos procesos/actividades que intervienen en el cultivo de caña de azúcar.

Las emisiones totales de GEI al emplear CAN fueron 28,8 kg CO₂e/t caña y 36,1 kg CO₂e/t caña al emplear urea. Las emisiones por unidad de superficie fueron 1848 kg CO₂e/ha al emplear CAN, mientras que con urea resultaron en 2317 kg CO₂e/ha. La Figura 1 muestra las principales actividades que contribuyen a las emisiones de GEI del cultivo de caña de azúcar empleando dichos fertilizantes.

Se destaca un efecto favorable al usar CAN como fuente de N ya que las emisiones originadas en el suelo por el uso de fertilizantes se reducen en 43% respecto de la urea. Esta diferencia estaría relacionada al mayor uso de nutrientes, eficiencia agronómica y baja volatilización asociados a dicho producto (Leggio Neme, 2018). Se suma el menor consumo total de combustible diésel al emplear CAN (representado por Uso de Energía), a través de una labor de abonado en superficie, una mayor capacidad de trabajo y menor demanda de potencia para su ejecución. Las emisiones generadas en la producción del fertilizante propiamente dicho resultan en 253,2 kg CO₂e para urea y 237,8 kg CO₂e para CAN (representado por Producción de Fertilizante). Los valores finales obtenidos resultan similares a reportes nacionales e internacionales (Acreche y Valeiro, 2013 y Macedo y col., 2008).

Este trabajo ofrece una estimación de las emisiones de GEI del cultivo de caña de azúcar empleando la herramienta CFT y distintos fertilizantes en el sistema de manejo en la provincia de Tucumán. La herramienta presenta ciertas limitaciones para el ajuste del análisis ya que no es factible seleccionar factores de emisión específicos (pero si ajustándose a las directrices del IPCC - nivel 1, 2 y 3 en algunos casos). Se destaca su facilidad de empleo para productores y demás actores vinculados al sector agrícola en general. Resulta un recurso de fácil acceso y con información adecuadamente organizada para el análisis y la optimización de actividades agrícolas bajo un enfoque de sustentabilidad.

Nota: el presente trabajo se desarrolló en el marco de un convenio de I+D+i entre Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres y YARA Argentina.

Palabras clave: nutrientes, agricultura, herramienta, sustentabilidad, Argentina.

REFERENCIAS

1. Acreche M. y Valeiro A. H. 2013. Greenhouse gasses emissions and energy balances of a non-vertically integrated sugar and ethanol supply chain: A case study in Argentina. *Energy* 54: 146-154.
2. Leggio Neme, M. F.; Alonso, L. G.; Fernández González, P.o G.; Luque, B.; Quintana, D.; Paredes, V. y Romero, E. R. 2018. Evaluación del nitrato de amonio calcáreo como fertilizante nitrogenado en caña de azúcar en Tucumán, Argentina. *Memorias del XI Congreso ATALAC - TECNICAÑA – 2018*. Cali, Colombia.
3. Macedo I. C., Seabra J.E.A., Silva J. E.A.R. 2008. Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy* 32: 582-595.

EJERCICIO DE EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE UN TAMBO: EXPERIENCIA DE UN CURSO DE POSGRADO DESARROLLADO EN MODALIDAD MIXTA

Lucio MASELLI^{1,2*}, Aranza RODRÍGUEZ^{3,4}, Alejandra PLANISICH⁵, Luis MANENTI^{2,6},
Marcelo ARRIOLA⁷, Alex TOMASSETTI⁵, Ana BRESO⁵,
Bárbara M. CIVIT^{3,8} y Fernando D. MELE^{3,9}

¹ Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT), Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.
Calle 52 e/ 121 y 122 s/n, La Plata, +54 221 483 1141.

lucio.maselli@cyt.cic.gba.gob.ar

² Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, Godoy Cruz 2370, Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), +54 11 4899-5300.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) – Godoy Cruz 2290, CABA.

⁴ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, Desempeño y Sostenibilidad Ambiental de Sistemas Agroindustriales, RN 11 km 353, 2206 Santa Fe (SF).

⁵ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario (R), Campo Experimental Villarino, C.C. 14 Zavalla – SF, Tel: 54 0341 4970080 / 85.

⁶ Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales (INBA-CONICET-UBA), Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía UBA, Av. San Martín 4453 (1417DSE), CABA.

⁷ Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, Dorrego 1639, R, SF, +54 341 4260745.

⁸ Universidad Tecnológica Nacional Regional Mendoza-CLIOPE, Rodríguez 273, Ciudad Mendoza.

⁹ Universidad Nacional de Tucumán - Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Av. Independencia N° 1800, San Miguel de Tucumán

RESUMEN

Como la mayoría de las actividades, el desarrollo de cursos que aborden el análisis de ciclo de vida (ACV) enfrentó un nuevo desafío durante la pandemia de la enfermedad COVID-19, debiendo adoptar diferentes modos de enseñanza/aprendizaje. El objetivo de este trabajo es compartir la experiencia del curso de posgrado “Análisis de Ciclo de Vida como una herramienta de Optimización”, dictado por la Dra. Bárbara M. Civit y el Dr. Fernando D. Mele en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario (FCA-UNR) en abril de 2022. El desarrollo de las clases fue dado bajo modalidad mixta (presencial y virtual). El curso se centró en lograr una aproximación a la práctica aplicada en el Sistema de Producción Lechera de la FCA-UNR en la localidad de Zavalla, Provincia de Santa Fe. Iniciando con tres días presenciales, se introdujo el pensamiento de ciclo de vida y el ACV, y se realizó un ejercicio que incluyó una visita al tambo de la FCA (TFCA) para desarrollar el inventario. En los siguientes 2 días (semipresenciales) se abordó la optimización como complemento del ACV, con clases teóricas y ejercicios prácticos para resolver problemas compatibles a los hallados en el ejercicio del TFCA.

Para el ejercicio de ACV del TFCA se siguieron las normas ISO 14040 (IRAM, 2008a) y 14044 (IRAM, 2008b), y la regla de categoría de producto (RCP) para productos lácteos PCR 2021:08 (The International EPD System, 2021). El objetivo fue evaluar el desempeño ambiental de la producción de leche cruda, informar los impactos ambientales a la industria e identificar puntos críticos para un plan de gestión de recursos. La unidad funcional según la RCP fue 1 litro (L) de leche cruda de la campaña 2021/2022, y los límites del sistema de la cuna a la tranquera.

Se realizó una descripción del sistema y se determinaron entradas y salidas, para cuantificar cada una de ellas. Se inventariaron los principales procesos del TFCa, obteniendo datos primarios de la visita. Los datos secundarios fueron tomados de bibliografía. La dificultad del caso de estudio para la asignación, por darse varios procesos en el cuerpo de la vaca, permitió comprender la complejidad de algunos estudios. El sistema fue simplificado para cumplir con los objetivos del curso. Se decidió asignar un 15% a la carne y un 85% a la leche cruda, no se consideró la recría de vaquillonas para reposición, ni se contempló la actividad agrícola referida al cultivo de soja, cuya cosecha no es empleada en la actividad lechera. Los criterios de corte fueron acordados. Para la evaluación de impactos, se seleccionaron las categorías de Potencial de Calentamiento Global (kg CO₂e) y Huella de agua (por escasez de uso de agua, acidificación y eutrofización). Se obtuvo el perfil de ciclo de vida de los impactos por categoría desagregando procesos (figura 1).

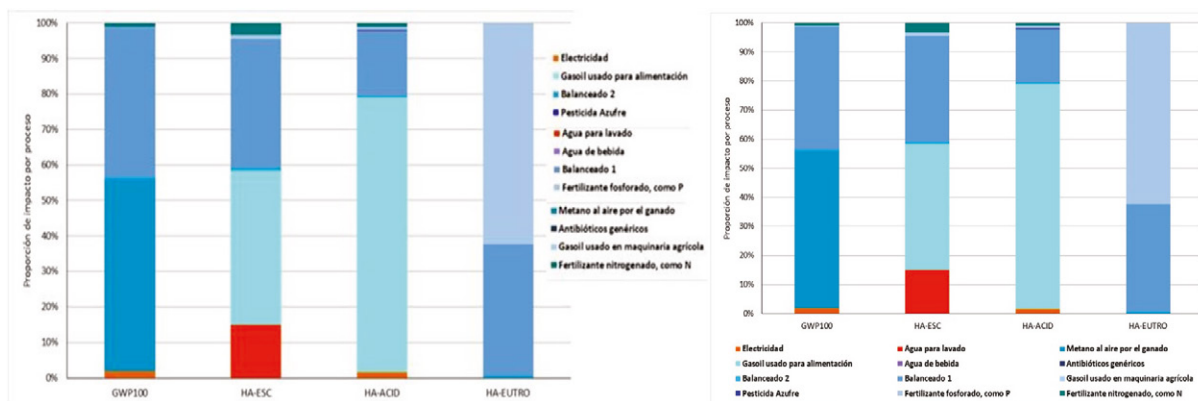


Figura 1: Gráficos utilizados para ilustrar el perfil de ciclo de vida del sistema estudiado.

Si bien el ejercicio se realizó como una práctica ficticia, la interpretación fue muy rica (ver figura 1). A partir de la misma se plantearon objetivos de optimización explorando escenarios alternativos: maximizar la productividad (L/día), diluyendo los costos fijos de mantenimiento, minimizar consumos, minimizar distintos impactos. A partir de estos se discutieron las ventajas y desventajas de cada situación planteada.

Podemos concluir que la experiencia de modalidad mixta facilitó el cumplimiento de los objetivos e introducir a conceptos y prácticas aplicables del ACV. En la fase de inventario, la presencialidad fue valiosa para tener un conocimiento directo de las características y puntos críticos del sistema en estudio. Por su parte, la virtualidad permitió una mayor accesibilidad entre los participantes para completar el desarrollo conceptual, incentivar la discusión, y proponer distintas alternativas de solución entre docentes y alumnos, que confluimos desde Catamarca, Tucumán, Mendoza, Buenos Aires y pueblos del interior de Santa Fe. Los alumnos consideramos indispensable contar con este tipo de formación de calidad que se vio mermada durante la pandemia, para capacitar profesionales de las universidades del extenso territorio de nuestro país. Esto nos permitirá difundir una mirada holística y generar información local de calidad para la toma de decisiones y acciones, dado el escenario de grave crisis ambiental, económica y social por el que atravesamos.

Palabras clave: análisis de ciclo de vida, optimización, posgrado, FCA UNR.

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación por el financiamiento de los PICT 03431-2016 y PICT 0091-2017, por las becas doctorales de Luis Manenti y Lucio Maselli, respectivamente.

REFERENCIAS

IRAM. (2008a). IRAM-ISO 14040:2008 - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco de referencia.
 IRAM. (2008b). IRAM-ISO 14044:2008 — Evaluación del ciclo de vida — Requisitos y directrices.
 The International EPD System. (2021). Dairy Products. <https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00120-6>

ESPACIOS URBANOS PRODUCTIVOS COMO ESTRATEGIA PARA DISMINUIR PRESIÓN SOBRE USO DEL SUELO, AGUA Y ENERGÍA DE CLIMATIZACIÓN EN TIERRAS SECAS

Lena Katharina MIETZ^{1*}, Alejandro Pablo ARENA^{1,2} y Bárbara María CIVIT^{1,2}

^{1*} Grupo CLIOPE, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional (Rodríguez 273-Ciudad de Mendoza, 261 3340272, lmietz@mendoza-conicet.gov.ar)

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET-CCT Mendoza (Av. Carlos Thays s/n - Parque General San Martín - Mendoza, 261 5244050)

RESUMEN

La urbanización creciente tiene implicaciones para los servicios de los ecosistemas, la agricultura y la salud humana (Židak y Bedenik, 2019). Por tanto, el desarrollo sostenible es necesario, especialmente en las ciudades, para hacer frente a los desafíos de la pobreza, el suministro de alimentos y otros productos básicos, la degradación de la biodiversidad y la desigualdad social, entre otros (Naciones Unidas, 2015). Es importante replantear el sistema alimentario actual para hacer frente a problemas de salud como la obesidad y la malnutrición, así como a problemas medioambientales como la deforestación y la eutrofización. La producción urbana de alimentos puede ser una forma de resolver problemas ambientales, sociales y sanitarios (Zou et al., 2022). Cada vez se reconoce más la importancia de la agricultura urbana para hacer frente a la crisis alimentaria y a retos urbanos como la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la eficiencia de los recursos, que se caracteriza por la diversidad de técnicas de producción, modelos económicos, escalas y actores implicados. Una parte de la agricultura urbana son los tejados (o azoteas) productivos (Caputo et al., 2021). La agricultura urbana en las azoteas combina una serie de beneficios entre los que se encuentra no sólo la posibilidad de incremento de la biodiversidad urbana, sino el reuso de subproductos de la construcción como el calor, las aguas grises y los residuos orgánicos (Apolloni et al., 2021; Caputo et al., 2017; Orsini y Guanquinto, 2017).

Con el objetivo de “generar conocimientos sobre el rendimiento ambiental de los sistemas mixtos (agrourbanos) y probar diferentes disposiciones posibles en función de las condiciones de la ciudad y las necesidades de sus habitantes en las zonas áridas”, se ha propuesto una investigación experimental en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM), Argentina, donde el recurso natural limitado para el desarrollo económico es el agua y, en consecuencia, la tierra con su capacidad productiva. Esta investigación se centra en el rendimiento ambiental de los espacios verdes productivos en los edificios urbanos, teniendo en cuenta su potencial para contribuir a la producción de alimentos y mitigar los efectos del cambio climático, mediante la evaluación del ciclo de vida (ACV), que es la herramienta que puede proporcionar una visión holística de un sistema multifuncional como el considerado en este estudio (Petit-Boix et al., 2017).

Actualmente, se están investigando las posibles alternativas productivas en la azotea de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y otras condiciones locales como la estática y el sombreado de la azotea. Se está prestando atención a las ventajas e inconvenientes de los métodos de cultivo y tipos de agricultura urbana. El objetivo es seleccionar qué métodos de cultivo se utilizarán para realizar un análisis térmico comparativo y un análisis de productividad de las hortalizas de hoja verde cultivadas en los próximos años. Además, se analizará la sostenibilidad de las diferentes alternativas, así como sus puntos críticos, en función de las categorías de impacto a nivel medio, como el cambio climático, la ecotoxicidad y la eutrofización, utilizando el análisis del ciclo de vida. Entre las opciones, el cultivo hidropónico resulta especialmente interesante por su gran eficacia gracias a una dosificación precisa y a un consumo de agua y de fertilizantes significativamente menor en comparación con el cultivo tradicional en tierra, siendo una potencial opción beneficiosa para las condiciones climáticas de Mendoza.

Se espera que los resultados de este trabajo identifiquen propuestas de espacios agrourbanos adecuados en climas secos, que ocupan el 75% del territorio nacional, y estrategias viables para proporcionar a los responsables de la toma de decisiones una herramienta científicamente sólida para la planificación urbana sostenible.

Palabras clave: Agricultura urbana, ciudades sostenibles, seguridad alimentaria, análisis del ciclo de vida, impacto ambiental

REFERENCIAS

- Appolloni, E., Orsini, F., Specht, K., Thomaier, S., Sanyé-Mengual, E., Pennisi, G., Gianquinto, G. (2021). The global rise of urban rooftop agriculture: A review of worldwide cases, *Journal of Cleaner Production*, Volume 296, 126556, ISSN 0959-6526.
- Caputo, S., Iglesias, P., & Rumble, H. (2017). *Elements of Rooftop Agriculture Design* (pp. 39–59). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57720-34>
- Orsini, F. & Gianquinto, G. (2017). *Rooftop Urban Agriculture*. Springer Cham.
- Petit-Boix, A., Llorach-Massana, P., Sanjuan-Delmás, D., Sierra-Pérez, J., Vinyes, E., Gabarrell, X., Rieradevall, J., & Sanyé-Mengual, E. (2017). Application of life cycle thinking towards sustainable cities: A review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 166, pp. 939–951). Elsevier Ltd.
- United Nation (2015). Sustainable Development Goals. 2030 Agenda for Sustainable Development <https://sdgs.un.org/goals>.
- Židak, Nenad & Bedenik, Nidzara. (2019). Urban gardening: an integrative approach. The holistic approach to environment. 9. 27-34. [10.33765/thate.9.2.2](https://doi.org/10.33765/thate.9.2.2)
- Zou, T., Dawodu, A., Mangi, E., Cheshmehzangi, A. (2022). General limitations of the current approach in developing sustainable food system frameworks, *Global Food Security*, Volume 33.

IDEA-PROYECTO SOBRE LA GESTIÓN DEL AGUA Y LA SUSTENTABILIDAD EN LA ACTIVIDAD GANADERA: LA HUELLA HIDRICA DE LA CADENA PRODUCTIVA PORCINA DE TANDIL, BUENOS AIRES.

Santiago Hernán SILVA^{1,2*}, María Macarena ARRIEN^{1,2}, Maite M. ALDAYA³ y Corina Iris RODRÍGUEZ^{1,2}

^{1*}Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Campus Universitario Tandil, Buenos Aires, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

³ Instituto de Innovación y Desarrollo Sostenible en la Cadena Alimentaria (IS-FOOD), Universidad Pública de Navarra (UPNA), Pamplona, España. silvasantiago2103@gmail.com

RESUMEN

La demanda y la producción mundial de productos ganaderos están aumentando rápidamente y la participación del sector porcino en la producción mundial de carne es una de las más altas (FAO, 2021). Sin embargo, la creciente tendencia de industrialización y concentración geográfica ha sido tan rápida que no se han examinado sus consecuencias positivas y negativas (Aldaya et al., 2020). En particular, la cría intensiva de cerdos presenta grandes requerimientos de agua no solo para el consumo y mantenimiento de los animales sino también para la alimentación animal, limpieza de instalaciones y la correcta gestión de efluentes, lo cual puede comprometer la sustentabilidad de los recursos hídricos en los lugares de producción (Hutson et al., 2004; Chapagain y Hoekstra, 2003, Steinfeld et al., 2006).

Según SENASA (2021) el stock de ganado porcino en Argentina incrementó un 73% en los últimos 10 años. Esta tendencia también se produjo tanto en la provincia de Buenos Aires con un aumento de stock del 58%, como en el partido de Tandil donde las existencias porcinas crecieron un 311% para el mismo periodo. La localidad de Tandil se ubica al sureste de la provincia de Buenos Aires y posee un amplio desarrollo del sector contando desde el año 2011 con la Denominación de Origen del salame de Tandil (DOT). A su vez, el Clúster Porcino de Tandil constituye una cadena integrada desde la producción del alimento, la cría y producción de cerdos, hasta la elaboración de chacinados con DOT.

En tal sentido, la producción porcina local presenta fuertes proyecciones de crecimiento e intensificación generada a partir del aumento exponencial de la demanda a nivel nacional y mundial, siendo necesario destacar su alta demanda de recursos naturales y energéticos, locales y regionales. Por ello, es necesario validar y aplicar metodologías internacionales, como el indicador de la huella hídrica, con el propósito de proporcionar un perfil ambiental a productos relevantes en la economía nacional, regional y local que permita acceder a tales mercados (Hilbert y Schein, 2018). Este indicador es útil para evaluar tanto la cantidad de agua consumida (huella hídrica verde relacionada con el agua de lluvia, y huella hídrica azul asociada a las masas de agua superficiales o subterráneas), como a la calidad del agua (huella hídrica gris). En los últimos años, a nivel mundial, diversos trabajos evaluaron el uso del agua en la producción porcina (De Miguel et al., 2015; Galloway et al., 2007; Gerbens-Leenes et al., 2013). Sin embargo, para esta producción en Argentina hay muy pocos antecedentes en la temática destacándose los estudios del Gobierno de San Luis (2014) y Di Rienzo y Forgolin (2017).

De acuerdo a lo expuesto, se plantea una idea-proyecto en el marco de una tesis doctoral de reciente inicio centrada en la evaluación de la huella hídrica verde, azul y gris de la carne de cerdo y chacinados DOT a lo largo de todo el ciclo de vida de la cadena productiva porcina. El estudio se centra en el municipio de Tandil, dentro de un marco regional de la provincia de Buenos Aires, considerando que el aumento y la concentración de la producción porcina en este municipio puede impactar sobre la calidad y disponibilidad del recurso hídrico.

En concreto se abordarán los siguientes objetivos: a) Caracterizar el modo de producción y el uso del agua en la cría de cerdos y en las fábricas de chacinados (DOT); b) Estimar cada uno de los componentes de la huella hídrica (gris, azul y verde) a lo largo de la cadena productiva; c) Analizar la gestión de efluentes (purines) y generar propuestas para su uso agronómico; d) Evaluar la sustentabilidad del uso del agua en la producción de carne de cerdo y chacinados comparando los sistemas de producción artesanal e industrial. Se identificarán los puntos críticos en la gestión del agua para elaborar propuestas de mejoras adaptadas a la realidad local que permitan conservar los recursos hídricos y mejorar el posicionamiento del sector porcino en el mercado nacional e internacional.

Actualmente, se encuentra en desarrollo la visita a producciones porcinas de pequeña y mediana escala con terminación de 20 a 850 animales mensuales. Estas granjas utilizan túneles de viento con sistemas de cama profunda y/o galpones con pisos slat sobre fosas. En cada sitio se realiza el relevamiento de la cantidad de animales por etapa, número y tipo de bebederos, composición de la dieta porcina y el origen de dichos alimentos. Por otra parte, se identifica el contexto hidrogeológico de cada emprendimiento, se analizan los principales usos del recurso, y se toman muestras de agua para análisis de su calidad fisicoquímica (pH, conductividad eléctrica, iones mayoritarios, nitratos) y microbiológica (recuento de microorganismos aerobios viables y coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*).

En cuanto a los efluentes, se registra la frecuencia de limpieza y la infraestructura disponible para la disposición de los mismos. Se realizan tomas de muestras de efluentes para su caracterización físico-química, analizando iones mayoritarios y carga orgánica en laboratorio (DBO, DQO, Nitrógeno total, amoniacal y orgánico, Fósforo Total, Potasio, Sólidos totales, sedimentables y disueltos), siguiendo los parámetros establecidos por la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA) en las resolución N° 336/03 sobre “Parámetros de descarga admisibles” y la guía de buenas prácticas para “Uso Agronómico de purines” según la Resolución 737/18.

La propuesta apunta tanto a la generación de conocimiento para el caso de estudio como a la construcción de una metodología de evaluación integral de la sustentabilidad hídrica del sector porcino y de los chacinados y que resulte transferible a otras producciones y otras regiones.

Palabras clave: Porcinos, recurso hídrico, efluentes, sostenibilidad, evaluación integral.

REFERENCIAS

- Aldaya, M., Rodríguez, C.I., Fernández-Poulussen, A., Merchan, D., Beriain, M.J., Llamas, R. (2020). Grey water footprint as an indicator for diffuse nitrogen pollution: The case of Navarra, Spain. *Science of the Total Environment*, 698 (2020) 134338.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Value of Water Research Report Series N°13. Delft: UNESCO-IHE.
- De Miguel, A.; Hoekstra, A.Y., García-Calvo, E. (2015). Sustainability of the water footprint of the Spanish pork industry. *Ecological Indicators*, Vol. 57, 465-474
- Di Rienzo, M.B.; Forgolin, G.N. (2017). Aportes a la Gestión de la Huella Hídrica en la Producción de Carnes de Cerdo: Evaluación del Uso del Agua en un Criadero Intensivo. Proyecto final en ingeniería Ambiental. Facultad de Química e Ingeniería Del Rosario. Pontificia Universidad Católica Argentina.
- FAO (2021). Perspectivas Alimentarias. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CB2968ES>
- Galloway, J., Burke, M., Bradford, G.E., Naylor, R., Falcon, W., Chapagain, A.K., Gaskell, J.C., McCullough, E., Mooney, H.A., Oleson, K.L.L., Steinfeld, H., Wassenaar, T., Smil, V. (2007). International trade in meat: the tip of the pork chop. *Ambio* 36:622-9.
- Gerbens-Leenes, P.W., Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2013). The water footprint of poultry, pork and beef: A comparative study in different countries and production systems. *Water Resources and Industry* 1-2 (2013) 25- 36.
- Gobierno de San Luis. (2014). Cálculo y Análisis de la Huella Hídrica de la Provincia de San Luis. Sectores agrícola y pecuario. San Luis.

- Hilbert, J. A., Schein, L. (2018). Las huellas ambientales de la generación de valor. 1ª edición. Edit. INTA. Hurlingham, Buenos Aires.
- Hutson, S.S., Barber, N.L., Kenny, J.F., Linsey, K.S., Lumia, D.S. y Maupin, M.A. (2004). Estimated use of water in the United States in 2000. US Geological Survey Circular 1268, p. 46.
- SENASA. (2021). Existencias porcinas. Dirección Nacional de Sanidad Animal. Disponible en: <https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/senasa-existencias-porcinas>
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. & De Haan, C. (2006). Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture of the United Nations. UNEP. 2006. Why take a life cycle approach?. Paris.

LA HUELLA HÍDRICA EN PROCESOS INDUSTRIALES ¿CUÁN IMPORTANTE ES LA DEFINICIÓN DEL ALCANCE?

Juan Martín MAINARDI-REMIS¹, Sebastián David HUBAIDE RESTOM²,
Verónica Beatriz RAJAL^{1,2},
Dolores GUTIÉRREZ-CACCIABUE^{1,2*}

¹Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI)-
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),
Universidad Nacional de Salta (UNSa), Avda. Bolivia 5150, Salta, Argentina. Tel: 0387-4255410

²Facultad de Ingeniería, UNSa. Avda. Bolivia 5150, Salta, Argentina

*dolo83@gmail.com

RESUMEN

La huella hídrica (*HH*) es una herramienta útil para evaluar la eficiencia del uso del agua en procesos industriales. Sin embargo, la correcta aplicación del concepto dependerá del alcance que se le otorgue al análisis (Hoekstra et al., 2011). Los objetivos de este trabajo fueron: cuantificar la *HHtotal* de tres procesos industriales de la Provincia de Salta, determinar la influencia de cada componente sobre la *HHtotal* e identificar su variación ante cambios en el alcance. Se seleccionaron tres procesos industriales: embotelladora de agua, curtiembre y cervecera. Se estudió cada proceso en detalle, identificando sus etapas, materias primas e insumos, uso de energía y equipamiento, balance hídrico por etapa y efluentes generados. La *HHtotal* (l de agua/l o kg de producto) se determinó como la suma de la *HHdirecta* y la *HHindirecta* (Hoekstra et al., 2011). En la *HHdirecta* se tuvo en cuenta el agua dulce de todas las etapas del proceso (*HHazul*) y la necesaria para diluir una carga de contaminante antes de su disposición final (*HHgris*). No se consideró el aporte directo de la *HHverde*. En la *HHindirecta* se incluyó: la *HH* de las maquinarias y fabricación de equipos, la 1 del uso de energía, y la *HH* de las principales materias primas e insumos. Para evaluar los cambios que sufre la *HHtotal* y sus componentes ante la variación del alcance otorgado, se propusieron cuatro escenarios. Esto se realizó incluyendo y/o excluyendo aspectos relacionados con la *HHindirecta* (Tabla 1). Se escogió como materia prima principal la más utilizada en la fabricación de cada producto.

Tabla 1. Aspectos considerados y no considerados en cada alcance (escenario) establecido respecto a la *HHindirecta* para el cálculo de la *HHtotal* de los tres procesos analizados

Alcance	<i>HHindirecta</i>				
	Materias primas e insumos		Energía		Equipos y maquinarias
	Principal	Otras	Electricidad	Combustibles	Fabricación
a	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
b	No	Sí	Sí	Sí	Sí
c	Sí	Sí	No	Sí	Sí
d	No	Sí	No	Sí	Sí

Analizando en detalle cada proceso se observó que para producir: 1 l de agua embotellada se necesitan 9 l de agua, 1 kg de cuero/39 l de agua y 1 l de cerveza/27 l de agua. El componente indirecto fue el que más aportó a la *HHtotal* (78%) en el agua embotellada, mientras que, para la curtiembre y la cervecera, la componente gris fue la que más influyó (92 y 76%, respectivamente) sobre la total.

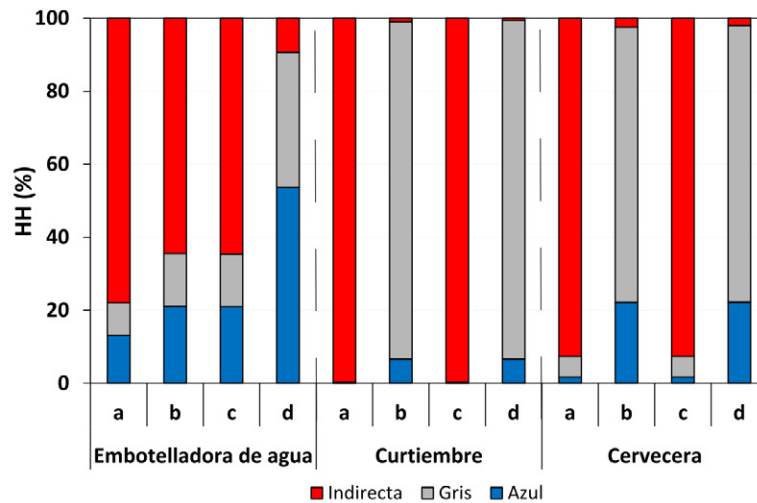


Figura 1. Contribución (en %) de las HH azul, gris e indirecta, sobre la HHtotal para cada proceso, y para diferentes alcances definidos: a: estándar; b: sin considerar materia prima principal; c: sin considerar energía eléctrica y d: sin considerar materia prima principal ni electricidad.

Cuando se calculó la HH_{total} incluyendo todos los aspectos considerados (Alcance a, Figura 1), los valores fueron: 8,91 l/l de agua embotellada, 17000 l/kg de cuero, y 350 l/l de cerveza. Excluyendo del cálculo la HH de la materia prima principal (Alcance b, Figura 1), la $HH_{indirecta}$ de la curtiembre y de la cervecera disminuyeron más de un 95% (Figura 1). Sin considerar la HH de la energía eléctrica, la contribución de colores solo se modificó para el agua embotellada (Alcance c, Figura 1). Eliminando la materia prima y la electricidad, el mayor aporte a la HH_{total} se debió al componente directo en los tres procesos analizados (Alcance d, Figura 1). La HH_{azul} en el agua embotellada fue la más relevante debido al agua contenida en el producto, mientras que en los otros dos procesos se observó una mayor dependencia de la HH_{total} con la HH_{gris} (Alcance d, Figura 1). Si bien la cuantificación de la HH_{total} es una herramienta útil, el alcance otorgado a cada análisis, definirá la relevancia de cada componente y la posibilidad de la aplicación de mejoras para cada caso en particular.

Palabras clave: huella hídrica, procesos industriales, uso del agua, alcance

REFERENCIAS

Hoekstra, A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual, Setting the Global Standard. Earthscan. London, Washington DC, 199 p.

ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE ACV EN SISTEMAS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS EMPLEANDO NANOPARTÍCULAS DE HIERRO

Julieta CRESPI^{1*,2}, Víctor Nahuel MONTESINOS^{2,3} y Natalia QUICI^{2,3}

^{1*} Instituto Sabato, UNSAM-CNEA, Av. Gral Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, 005411-4839-6826
julicrespi@gmail.com

² Centro de Tecnologías Químicas, Depto. de Ingeniería Química, UTN-FRBA, Medrano 951, CABA

³ Gerencia Química, CNEA, CONICET, Av. Gral Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, 005411-4839-6822

RESUMEN

Las nanopartículas de hierro cerovalente (nFe) son materiales eficaces para la remoción de una gran variedad de contaminantes en sistemas acuosos y suelos. Su aplicación se ha estudiado a escalas laboratorio, piloto e industrial, presentando importantes ventajas respecto a sistemas tradicionales de remediación. La División Química de Remediación Ambiental (DQRA) de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) ha logrado durante la última década sintetizar, caracterizar y emplear nFe para la remediación eficaz a escala laboratorio de contaminantes tales como Cr(VI), As(III/V), U(VI), y ha comenzado con el estudio de su escalamiento. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se presenta como una herramienta útil para contribuir a la optimización del cambio de escala con miras a la aplicación en sitios contaminados, tanto para garantizar el bajo impacto ambiental del proceso de remediación como de la producción de los materiales.

Para evaluar la extensión de la aplicación de ACV en sistemas de remediación ambiental, en primer lugar, se realizó una búsqueda bibliográfica general en la base de datos de Scopus, combinando los términos “environmental remediation”, “engineered nanomaterials” y “life cycle assessment”. Luego, se refinó la búsqueda con términos como “soil” y “nanoscale zerovalent iron”. Las características de ACV relevadas fueron: objetivo, enfoque, confección de inventario, bases de datos y software empleados, metodología de análisis de impacto y análisis de sensibilidad. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos en los artículos encontrados sobre aplicación de ACV en remediación de suelo empleando nFe.

La búsqueda general indicó que, de 10029 artículos sobre remediación ambiental empleando nanomateriales, sólo 21 aplicaban ACV. En la mayoría de éstos, el objetivo del ACV fue comparar distintos procedimientos de síntesis de los nanomateriales, con enfoques cradle-to-gate, cradle-to-use o cradle-to-grave, según si consideraban la remoción y disposición de los nanomateriales dentro del análisis o no. Para elaborar los inventarios, en su mayoría emplearon principalmente resultados experimentales, estimaciones y datos extraídos de la bibliografía, así como base de datos (Ecoinvent o GaBi LCI Databases). Entre los trabajos que emplearon software específico (más de la mitad de los artículos estudiados), Ecoinvent y GaBi fueron los más citados. Respecto del método para calcular el impacto, se distribuyó principalmente entre CML, IMPACT 2002+ y ReCiPe. En cuanto al análisis de sensibilidad, más del 50% de los trabajos estudiaron la variación en el consumo de electricidad y/ o la composición de la matriz energética.

De estos 21 trabajos, sólo 2 se presentaban como correspondientes a remediación de suelos con nFe, sin embargo, únicamente comparaban distintos procedimientos de síntesis de nFe, sin analizar el proceso de remediación en sí (enfoque cradle-to-gate). En Martins y col. (2017), se estudiaron dos métodos de síntesis: la ruta química tradicional empleando borohidruro como reductor y un camino de síntesis por “química verde”. Por su parte Visentin y col. (2019) compararon el método químico tradicional con el de reducción por hidrógeno y el de molienda. Como puede observarse, ambos autores aplicaron ACV al método tradicional, empleado también por la DQRA, por lo que se confeccionó el inventario del proceso para comparar con los publicados

por ambos trabajos. Se encontró que en DQRA el consumo de FeCl₃ y etanol fue mayor en relación a la unidad funcional (la masa de nFe sintetizada). También resultó mayor el consumo energético calculado, sin embargo, ni Martins ni Visentin reportaron el proceso de secado de las nFe producidas. Tampoco consideraron el uso de gases para mantener el ambiente anóxico. Visentin reportó el menor consumo energético, incluso para producir 1000 veces más de nFe. Esta diferencia se debe a distintas hipótesis consideradas respecto de la potencia eléctrica de los equipos de ambos autores.

Para realizar el análisis de impacto ambos autores emplearon el método IMPACT 2002+ y expresaron los resultados normalizados para cuatro categorías de daño (endpoint). A excepción de los puntos obtenidos para calidad de ecosistema (que resultaron del mismo orden), los puntos obtenidos por Martins en las otras tres categorías son un orden de magnitud mayor que las obtenidas por Visentin, a pesar de que la unidad funcional para Visentin es 1000 veces mayor. Esto demuestra que pequeñas modificaciones en el inventario puede llevar a grandes diferencias en los valores de impacto, haciendo que la comparación de ACV para procesos equivalentes pero realizados por autores distintos sea imprecisa y no resulte de utilidad.

En conclusión, la búsqueda bibliográfica evidenció que el uso de ACV aplicado a procesos de remediación ambiental empleando nanomateriales es un área vacante que merece ser abordada por la comunidad científica. Por otra parte, sólo dos trabajos estudiaron la síntesis de nFe para remediación de suelos, encontrándose grandes diferencias entre los resultados de ambos como consecuencia de la falta de inventarios con información nano-específica, incluso luego de aplicar la misma metodología de análisis de impacto para un mismo proceso.

Palabras clave: ACV, remediación ambiental, nanopartículas de hierro cerovalente, suelos contaminados, análisis de inventario.

REFERENCIAS

- Martins, F., Machado, S., Albergaria, T. y Delerue-Matos, C. (2017). LCA applied to nano scale zero valent iron synthesis. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22, 707–714.
- Visentin, C., Trentin, A. W. da S., Braun, A. B., & Thomé, A. (2019). Lifecycle assessment of environmental and economic impacts of nano-iron synthesis process for application in contaminated site remediation. *Journal of Cleaner Production*, 231, 307–319.

EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE AGUA EN PRODUCCIÓN DE QUESOS DE PASTA SEMIDURA DEL DEPARTAMENTO CASTELLANOS, SANTA FE.

Luciana B. JENNERICH^{1,2*}, Pablo J. GHIBERTO² y M. Cecilia PANIGATTI¹.

¹UTN- Facultad Regional Rafaela (Acuña 49 (2300) Rafaela, Santa Fe; (+54)03492-422880.

²UNL Facultad de Ciencias Agrarias (R. P. Kreder 2805 (3080) Esperanza, Santa Fe; (+54)03496 42-6400. lucijennerich@gmail.com

RESUMEN

En las últimas décadas, los sistemas de producción lechera han enfrentado un proceso de concentración e intensificación evidenciado en un aumento de la producción por vaca en ordeño y del tamaño de los rodeos (Lazzarini et al., 2019). Las industrias particularmente han incrementado notablemente su escala productiva por lo que, la presión sobre estas para ajustarse a las normativas ambientales locales también. Hace unos años, tal intensificación, específicamente en la producción de leche, generó una problemática puntual como lo es, el aumento en la cantidad de efluentes industriales y la necesidad de tratamiento de estos. El objetivo del trabajo es evaluar el sistema de manejo y cuantificar el consumo de agua en dos industrias lácteas diferentes ubicadas en la provincia de Santa Fe. Para eso, mediante la metodología de Hoekstra et al. (2011), se estimó la Huella Hídrica azul (HHa) desde que ingresa la leche cruda hasta que se envasa y pinta el queso y la gris (HHg) asociada a los efluentes generados. La unidad de producto definida para este trabajo fue kg de queso de pasta semidura y el indicador de HH, L de agua/kg de queso producido por día. En la Tabla 1, se presentan las principales características de cada industria:

Tabla 1. Información de las industrias estudiadas recopilada mediante entrevistas y visitas

Características	Industria 1 (I1)	Industria 2 (I2)
Recibo leche cruda (L/día)	4500	144000
Queso duro (kg/día)	40	5142
Cantidad de tinas	4 (1500 litros)	3 (12.000 litros)
Días de producción	Lun a vie, 8 horas	Lun a lun, de 16 a 24 horas
¿Trata efluentes?	No	Sí
Energía empleada	Eléctrica y térmica (caldera)	Eléctrica
Usos de agua	Pasteurizador, limpieza de tinas, piso, materiales, caldera, recibo de leche (tanque móvil)	Pasteurizador, limpieza de tinas, piso, materiales, cintas transportadoras, tuberías por circuito cerrado, cilindros distribuidores, silos de almacenamiento de productos químicos, sistema de ultrafiltrado, recibo de leche(camiones).

Como herramienta de recopilación de datos, se llevaron a cabo visitas y entrevistas a gerentes, jefes de planta y operarios. Se identificó cada ingreso de agua al sistema y realizaron las correspondientes taras en cada uno de ellos mediante el uso de un cronómetro y un recipiente de capacidad conocida. Se efectuaron muestreos de los efluentes generados y los parámetros analizados fueron los siguientes: demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS), nitrógeno total Kjeldhal (NTK), fósforo total (PT). Estos parámetros, fueron empleados para la estimación de la HHg. Se tomó como referencia los límites establecidos por la Resolución de la Provincia de Santa Fe N° 1089/82 “Reglamento para el Control del Vertimiento de Líquidos Residuales”. Para los análisis de laboratorio se utilizaron métodos normalizados, tomando como referencia los propuestos por el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA) (2017).

Las industrias evaluadas poseen escalas productivas muy distintas, y usos diferentes del recurso agua. En la Tabla 2 se observan los resultados obtenidos de consumos totales y de HHa. De acuerdo con los valores de HHa1 y HHa2 (L/kg de queso) obtenidos se infiere una mayor eficiencia de uso del recurso para I1. Se supone que I2 posee resultados más altos debido a la complejidad tecnológica observada, la cual se torna menos controlable y/o variable (sistema de limpieza, circuitos cerrados, tipos de procesos involucrados, etc.). Pérez (2020), determinó la HHa de una fábrica que procesa ^a 2000 L de leche diarios obteniendo un valor 75 L/kg de queso. El mismo es comparable con I1, la cual también posee un bajo volumen de leche procesada, asumiendo que esta última presentaría mayor eficiencia de uso de agua.

Tabla 2. Resultados de HH en industrias.

Casos	HHa ¹ (L totales año)	HHa ¹ (L/ kg queso día)	HHa ² (L totales año)	HHa ² (L/ kg queso día)	HHg ¹ (L totales año)	HHg ¹ (L/ kg queso)	HHg ² (L totales año)	HHg ² (L/ kg queso)
I1	2.982.610,9	31,1	2.271.436,6	23,6	530.098.288,1	55.218,5	395.175.871,7	41.164,1
I2	37.105.389,5	42,9	38.173.621,2	44,1	569.345.096	606,6	585.736.043,6	624,07

HHa¹ y HHg¹ a partir de visita en sep.-oct. 2021 y HHa² y HHg² proveniente de visita realizada en dic. 2021/ene. 2022. HH¹ de la I1, es una estimación que se obtuvo mediante encuesta (datos provistos por el dueño).

Si bien el volumen total por año necesario para diluir contaminantes fue mayor para el efluente de la I2, se debe al caudal de efluente generado, no a las condiciones fisicoquímicas de este. La HHg (L/kg queso/día) para I2, es menor, porque posee sistema de tratamiento más complejo y eficiente. En cuanto a los resultados de laboratorio, si bien I1 presentó valores por encima de los permitidos y mayores que los de I2, ninguna de ellas cumple con lo establecido para volcamiento de sus efluentes a cuerpos de agua superficiales. Los valores más altos corresponden en ambos casos a los parámetros: DQO y DBO.

Concluyendo sobre los casos en estudio, se destaca la disponibilidad de datos detallados con respecto a entradas de agua diferenciadas para cada proceso unitario dentro de la industria, lo cual no sólo contribuiría a la generación de un inventario confiable sino además podría posibilitar el abordaje de propuestas específicas orientadas a una mejora de la gestión del agua. Por otro lado, el caso de mayor escala productiva y tecnología fue el que presentó mayores consumos de agua en sus procesos. Es importante continuar con el estudio ampliando la información sobre los casos, así como también evaluar los impactos asociados según el enfoque de la norma ISO 14046.

Palabras clave: huella hídrica, industria láctea, queso, eficiencia de uso, efluentes.

REFERENCIAS

- APHA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition.
- Código Alimentario Argentino (CAA). (2019). Capítulo XII: Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. & Mekonnen, M. M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Routledge.
- Lazzarini, B., Baudracco, J., Tuñón, G., Gastaldi, L., Lyons, N., Quattrochi, H., & Lopez-Villalobos, N. (2019). Milk production from dairy cows in argentina: Current state and perspectives for the future. Applied Animal Science, 35(4), 426-432. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01842> .
- Perez J. (2020). Huella hídrica de la leche y el queso en un tambo-fábrica de Tandil. Tesis de la licenciatura en diagnóstico y gestión ambiental. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Resolución N° 1089/82. (1982). Reglamento para el control del vertimiento de líquidos residuales. [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/28842/\(subtema\)/112857](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/28842/(subtema)/112857)

Sesión 5: Frutas, hortalizas y legumbres

EJE TEMÁTICO: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA; HUELLA HÍDRICA; INVENTARIOS NACIONALES

YUPI VITIVINÍCOLA. DESARROLLO DE UNA CALCULADORA DE HUELLAS AMBIENTALES PARA EL SECTOR DE LA UVA Y EL VINO

Bárbara CIVIT^{1,2}, Roxana PIASTRELLINI^{1,2}, Silvia CURADELLI¹, Lena MIETZ^{1,2}, Eliana CONCI^{1,2}, Paula RODRIGUEZ^{1,2}, Agustina ZAPATA^{1,2} y Pablo ARENA^{1,2}

^{1*} Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional. Rodríguez 273, Ciudad de Mendoza, Argentina, +54 (261) 524-4500.

bcivit@frm.utn.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET. Godoy Cruz 2290, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, +54 (011) 4899-5400.

RESUMEN

Si bien el sector vitivinícola, es uno de los que tiene un bajo impacto en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en consumo de agua comparado con otros sistemas productivos e industrias dentro del sector de alimentos y bebidas en general, el incremento en producción de los últimos años en el “nuevo mundo” vitivinícola (Argentina, Australia, Chile, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Sudáfrica) y su contribución en el mercado internacional hacen que se ponga foco en aspectos ambientales y sociales del sector. Tal es así que el mercado nórdico, por ejemplo, presenta consumidores cada vez más conscientes sobre el ambiente y la ética empresarial demandando vino con una fuerte impronta sustentable, en envases ligeros (vidrio) y reciclables (botellas PET) con cierre de rosca Stelvin, situación que se da especialmente entre los millennials (aquellos nacidos entre 1982 y 2000). Entre los resultados del proyecto PICTO COVIAR 2017-0103 se manifestó la necesidad de acompañar a los productores del sector vitivinícola argentino en la medición de indicadores clave para la gestión de los recursos en sus fincas y establecimientos productivos, pero que también les permita acceder a esquemas de verificación y certificación de productos para posicionarse en un mercado cada vez más exigente. En este contexto es que se propuso, teniendo como antecedente la Calculadora de huellas personales YUPI (Arena, 2017), el desarrollo de una calculadora de huella de carbono y de agua de producto, específicamente pensada y diseñada para la vitivinicultura argentina, pero que pueda extrapolarse a otros países productores de vid y sus productos elaborados. Para ello se firmó un convenio entre la Corporación Vitivinícola Argentina (COVIAR) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el que se acordó el desarrollo de la calculadora que brinde un resultado orientativo para el usuario, una vez completadas todos los campos de datos.

Esta calculadora, YUPI vitivinícola, está organizada en 5 pantallas en las que el usuario debe completar información con datos generales y específicos de su producto, de los insumos y materiales asociados a la cadena de suministro y el transporte de todos ellos. Una vez que la información solicitada está completa, se obtiene un resultado correspondiente a cada huella, de manera agregada y discriminada por etapa. Los mismos se pueden observar en forma gráfica y numérica para facilitar su interpretación.

Esta información le permitirá al usuario implementar medidas de mejora en aquellos puntos más significativos del proceso productivo (modificaciones en alguna estrategia de producción, en el uso de los recursos o tecnologías de producción, envasado, transporte, etc.). Luego, podrá calcular nuevamente las huellas con los datos correspondientes a las condiciones de mejora. Mediante la comparación de los resultados en ambas situaciones, podrá conocer la variación del impacto correspondiente a los cambios implementados. La realización iterativa de este proceso puede ser una herramienta sencilla de utilizar para los productores y con un aporte importante en su camino continuo hacia la sustentabilidad.

De este modo, el cálculo de la huella de carbono y huella de agua de un producto no sólo permite al productor conocer el conjunto de gases de efecto invernadero (GEI) y el volumen de agua asociados al ciclo de vida del producto considerado, sino que es una potente herramienta para detectar mejoras ambientales en el proceso de producción desde la adquisición de materias primas e insumos, la elaboración y el transporte, repercutiendo tanto en una mejora ambiental, como en importantes ahorros económicos, porque se logra una mejor gestión de los recursos materiales y energéticos.

En marzo, abril y mayo de 2022 se llevaron adelante reuniones con productores vitícolas y elaboradores vinícolas de Mendoza para identificar las necesidades del sector y, especialmente las preocupaciones y desafíos a los que se enfrentan para alcanzar la sustentabilidad de los productos que elaboran. A partir de estos inputs, se diseñó cuidadosamente el listado de preguntas que se relevarían a los usuarios para el cálculo de las huellas de producto. Durante los meses de julio y agosto de 2022 se llevaron a cabo dos talleres que contaron con la participación de productores de Mendoza, y también de importantes referentes del sector de otras provincias del país (como La Rioja, San Juan, Río Negro y Salta), quienes validaron y criticaron las versiones demo de la calculadora. Como resultado del último taller, se reformularon algunas preguntas, se incorporó nueva información y terminó de definirse la estructura de YUPI vitivinícola.

Este proceso ha permitido contar con una herramienta muy valiosa para la industria vitivinícola argentina, ya que incorpora manejo de producción primaria, inventario de insumos, consumo de recursos y gestión de residuos característicos de la región, y cuyos resultados reflejan la situación ambiental específica del sector. Es importante destacar que esta calculadora puede emplearse como herramienta de pre-verificación para un esquema de sello ambiental de producto por un organismo acreditado.

Palabras clave: sector vitivinícola, huella de carbono, huella de agua, calculadora de huellas ambientales.

REFERENCIAS

Arena, A. P. (2017). YUPI, a regional footprint calculator. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(4), 546-556.

EVALUACION DE LA HUELLA DE CARBONO EN PAPA DE CONSUMO - COLONIA CAROYA – CORDOBA- ARGENTINA.

Eduardo Angulo¹; Enzo Bracamonte¹; Alejandro Croce¹; Viviana Sbarato¹; Evangelina Matoff².

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNC;

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

eduardoangulo@unc.edu.ar

ebracamo@agro.unc.edu.ar

viviana.sbarato@unc.edu.ar

alcroce@agro.unc.edu.ar

matoff.evangelina@inta.gov.ar

RESUMEN

El manejo productivo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) principal hortícola de Colonia Caroya, acredita un intenso laboreo de suelos y uso de agroquímicos, tecnologías que contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero con incidencia en el calentamiento global. La huella de carbono es un indicador ambiental para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) cuantificadas en dióxido de carbono equivalente (CO₂e), permitiendo gestionarlas, mitigarlas e incluso promover un sello ambiental para los consumidores. El objetivo de este trabajo de investigación fue calcular la huella de carbono para papa de consumo variedad spunta, en la región de Colonia Caroya durante el periodo 2021, promoviendo un sello de certificación ambiental. La información de relevancia fue integrada al software Cool Farm Tool - Potato (CFT-Potato), herramienta diseñada para calcular emisiones de CO₂ por unidad de superficie y por unidad de producto. Los valores obtenidos fueron de 2.517 kg CO₂e /ha y de 148 kg CO₂e / t, proyectando un número total de emisiones de 880.969 kg CO₂e para el sector de la papa. Los resultados obtenidos indican a una revisión de las estrategias de reducción o sustitución de fertilizantes y desarrollar más el mercado local con un sello ambiental.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas, para el año 2050 el planeta albergará a 9.600 millones de personas, por lo que será necesario incrementar en un 50% la producción, para satisfacer la demanda de alimentos y un compromiso con la sustentabilidad hacia el año 2030 (NACIONES UNIDAS, 2012). Las últimas proyecciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura indican que la producción agrícola mundial deberá aumentar un 70 por ciento en 2050, para lograr alimentar a 2. 300 millones de personas que se incorporaran a nuestro planeta. (F.A.O, 2009)

En América Latina y el Caribe, el cambio en el uso del suelo, es la principal fuente de emisiones, representando el 34% del total GEI. Le sigue el sector energético (incluyendo los distintos subsectores que utilizan combustibles fósiles) con un 33% y la agricultura con un 24% (Samaniego, 2014).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, a través de la Secretaría de Cambio Climático, en cumplimiento con los compromisos asumidos por el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y de acuerdo a la metodología establecida en las directrices del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, presentó el cuarto Informe Bienal de Actualización en diciembre de 2021, en base a las directrices del IPCC 2006. Las emisiones generadas por el sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra representando un aporte del 39 % en el total de emisiones de GEI, considerando la variación de carbono debida a la gestión de manejo de los suelos para los diferentes cultivos, principalmente combustibles y fertilizaciones. Se incluye también las emisiones de N₂O

debidas a la mineralización / inmovilización de nitrógeno vinculadas a la ganancia / pérdida de materia orgánica del suelo, resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión de manejo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

HUELLA DE CARBONO

La Huella de Carbono es el indicador ambiental que cuantifica las emisiones de gases de efecto invernadero, expresada en equivalentes de CO₂, derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios. Comprende todas las actividades o eslabones de un proceso que describe el ciclo de vida de un producto, desde las materias primas utilizadas hasta el desecho final como residuo. De esta manera, el consumidor puede tener una idea del potencial de contaminación de los productos que consume (Viglizzo, 2010). Considera los seis gases de efecto invernadero establecidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Estos son medidos en toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO₂e), que se calcula multiplicando las emisiones de cada uno de los seis gases de efecto invernadero por su potencial de calentamiento global (GWP). (CARBON TRUST, 2022).

RELEVANCIA DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA PAPA

La superficie estimada en Argentina del cultivo de papa según la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), para la campaña 2019/20 fue de 79.940 ha, con una producción de 2,88 millones de toneladas. El 67% de ese volumen fue destinado para consumo fresco y el restante 33% a la producción industrial. El rendimiento promedio general fue de 36 t/ha. Córdoba es la segunda provincia productora de papa en la Argentina, estimándose una superficie implantada que ha oscilado entre las 25.000 y 29.000 hectáreas anuales. La producción local se destina principalmente al mercado interno de consumo fresco, debida a la falta de industrias de procesamiento de papa instaladas en su territorio y por otro lado las variedades locales no cuentan con la materia seca y almidón para la elaboración de subproductos derivados de la papa (MAGyP, 2021).

ROL DE LOS CONSUMIDORES, PRODUCTORES Y DEL ESTADO EN UN SELLO AMBIENTAL

Según Klaus Toepfer, Director Ejecutivo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, los consumidores están cada vez más interesados no solo en el precio y calidad, sino también en la trazabilidad y compatibilidad de la producción con el ambiente (PNUMA, 2006). Los responsables políticos, el público en general y los productores, son los actores que pueden mejorar las prácticas agrícolas con el fin de producir alimentos de alta calidad y una baja huella de carbono, promoviendo información objetiva y transparente a los consumidores, implementando una política de incentivo y fiscalización para mercados que requieran de una certificación obligatoria con sus eco-etiquetas, un sello ambiental que permita el compromiso a reducir el impacto ambiental y a una diferenciación de los productos que integren el sistema de certificación.

En concordancia con este trabajo, los sellos ambientales forma parte de un conjunto de iniciativas que la República Federal de Alemania impulsa en el continente Americano, por intermedio del vínculo de su Instituto Nacional de Metrología —Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)— y el Sistema Interamericano de Metrología (SIM), que en Argentina es integrada por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI, 2018). Algunas acciones tendientes a ir en esa dirección incluyen la planificación estratégica, desde los sectores público y privado; la selección de indicadores ambientales adecuados como huella de carbono e hídrica; la comunicación adecuada del desempeño y de los impactos ambientales a través de etiquetas, emisiones, efluentes, residuos y la innovación productiva.

OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue calcular la huella de carbono para papa de consumo variedad spunta en la región de Colonia Caroya durante el periodo 2021, promoviendo un sello de certificación ambiental.

METODOLOGÍA

En función de los marcos conceptuales de referencia se confeccionó una metodología para recopilar información relevante que se integre con el software Cool Farm Tool - Potato (CFT-Potato), herramienta de cálculo diseñado por la universidad de Aberdeen y la Universidad de Wageningen, Países Bajos (Haverkort y Hillier. 2011), para lo cual se determinaron cuatro fases:

Caracterización del territorio: Clima Húmedo (cultivo bajo riego), sin cambios de uso de suelo, materia orgánica entre el 1,72 y 5,5 %, textura gruesa, buen drenaje, y un pH entre 5,5 y 7,3. Rendimiento promedio de 18 t . Distancia al mercado de 50 Km.

Mapa de procesos: Aradas de disco, cincel, plantación, riego por gravedad de 6 eventos durante el ciclo de 128 m³/ hora, fertilización con 400 kg de Urea, consumo de combustible gas-oil para protección vegetal Herbicida, insecticida y fungicida, cosecha, transporte interno de 100 l/ha y las emisiones del transporte al punto de mercado.

Definición de los límites del sistema evaluado: Bajo un enfoque operativo se registraron actividades que están bajo el control de los productores evaluados. Siguiendo este criterio se consideraron las emisiones hasta el punto de venta mayorista en el mercado concentrador de Córdoba, modalidad de mercadeo conocida por los productores como: “de la chacra – al mercado”.

Calculo: Los datos fueron incorporados al software Cool Farm Tool - Potato (CFT-Potato), cuyos resultados se analizaron para proponer algunas medidas de mitigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las emisiones de CO₂e se expresaron por unidad de superficie y por unidad de producto (t). Los valores obtenidos fueron de 2.517 kg CO₂e / ha y de 148 kg CO₂e / t de papa de la variedad spunta en Colonia Caroya. En su conjunto, el sector emitió 880.969 kg CO₂e para una producción de 6.300 t de alimento en la región productiva Caroyense.

Tabla 1. Fuentes de emisiones de CO₂e por unidad de área y de producto durante la producción de papa en colonia Caroya. 2021

Fuentes	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	Total CO ₂ e	CO ₂ e/ha	CO ₂ e/t	%/t papa
Producción de semillas	107,44k	0	0	107,44k	306,96	18,056471	12,20
Gestión de residuos	0	119,9	0	32,73k	93,52	5,5011765	3,70
Producción de fertilizante*	141,79k	0	0	141,79k	405,11	23,83	16,10
Suelo / fertilizante	102,67k	1,34k	0	467,95k	1337	78,647059	53,12
Protección de cultivos	17,63k	0	0	17,63k	50,38	2,9635294	2,00
Uso de energía (campo)	75,51k	0	0	75,51k	215,74	12,690588	8,58
Transporte fuera de la explotación	37,92k	0	0	37,92k	108,34	6,3729412	4,30
Total kg CO₂ e				880,969	2517	148	100

*(k) kilotonelada de CO₂e

Las emisiones inherentes a óxido nitroso proveniente de la mineralización de los compuestos de nitrógeno presentes en los suelos y la fertilización nitrogenada constituyen un factor determinante de las emisiones de óxido nitroso, alcanzando un 69 % de las emisiones, un 12% a la producción de semillas, el 9% consumo de energía y procesamiento, otro 4% al transporte, 2% en protección de cultivos y finalmente un 4% la gestión de residuos.

Las tecnologías aplicadas al manejo del cultivo de papa es muy homogéneo entre los sistemas productivos, por lo que no hubo diferencias significativas referidas al consumo de combustibles, en los casos analizados los productores repiten las mismas operaciones de laboreo y protección de cultivos. A su vez el método y lámina de riego, corresponden a turnos, frecuencias y caudales que el municipio entrega de manera proporcional por superficie, lo que se asigna similares dotaciones de riego a todos los sistemas. En cuanto al factor ambiental se mantiene uniforme en los parámetros referidos a temperatura, precipitaciones, humedad relativa y vientos, por encontrarse adyacentes geográficamente las unidades estudiadas.

Es importante destacar que de la información relevada se comprueba que no hubo cambios en el uso de suelos, por tener una trayectoria agrícola de varios años, producto de la sustitución efectuada de hace varias décadas. Por otra parte las condiciones meteorológicas durante la época de cosecha y el manejo directo sin acondicionamiento, ni lavado en la modalidad de comercialización, permiten que no se generen efluentes en todo el proceso productivo.

CONCLUSIONES

Los resultados se encuentran en un punto medio de acuerdo a otras evaluaciones en otros países usando la misma metodología, 3637,62 kg CO₂ e/ha para España y 1368,47 kg CO₂e/ha en el caso de Perú.

Los valores encontrados en la huella de carbono de papa variedad spunta Caroyense, indican que la relación fertilizantes y suelo, emiten el mayor porcentaje de CO₂e, lo que amerita un estudio de dosis y respuesta a la fertilización, fundamentalmente atendiendo a que los rendimientos de cosecha, se encuentran por debajo de la media nacional y provincial, lo que genera una huella más alta por tonelada de papa producida, a igual cantidad de fertilizantes por unidad de superficie.

En cuanto a la comercialización se ve beneficiada por las condiciones meteorológicas, que facilita un ambiente que prescinde de sistemas de limpieza que generen efluentes o depósitos de almacenamientos, convirtiéndose en una estrategia que reduce la huella de carbono.

El transporte influye en las emisiones de CO₂, por lo que es necesario promover la factibilidad de desarrollar un mercado local/ regional a los efectos de reducir la distancia al mercado. Todos los procesos productivos fueron en ausencia de cambios de usos de suelo.

Los resultados se encuentran disponibles para su incorporación en el proyecto de Promoción certificada para productos de origen Colonia Caroya, en una acción conjunta para evaluar con otros indicadores como la huella hídrica e integrar un sello ambiental para las principales cadenas agras- alimentarias de la región.

Palabras claves: Emisiones en Hortícolas - Calentamiento global- Cool Farm Tool – Potato.

REFERENCIAS

- Haverkort A., Hillier J. 2011. Cool Farm Tool Potato: model description and performance of four potato production systems. Potato Research 54: 355-369. Disponible en: http://www.coolfarmtool.org/reports/CFTP_research_paper.pdf
- NACIONES UNIDAS. (2012). La población mundial crecerá en mil millones en la próxima década. Obtenido de <https://www.un.org/es/desa/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050>
- F.A.O. (25 de septiembre de 2009). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <https://www.fao.org/news/story/es/item/35780/icode/>
- Samaniego, J. L. (2014). El Gran Impulso Ambiental. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL: <https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/joseluissamaniego.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (04 de 01 de 2022). Segundo Informe Bienal de Actualización. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/cuarto-informe-bienal>

Viglizzo E. 2010. Huella de carbono, ambiente y agricultura en el Cono Sur de Sudamérica. IICA – Montevideo: PROCISUR, IICA, 2010. 40 p. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b2087e/b2087e.pdf>

CARBON TRUST. (2022). Medición y análisis de la huella de carbono. Obtenido de <https://www.carbontrust.com/es/que-hacemos/mediciones-y-evaluaciones/medicion-y-analisis-de-la-huella>

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERIA Y PESCA ARGENTINA. (2021). Producción de papa en Argentina. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/magyp-informe-papa-mayo-2021.pdf>

PNUMA . (2006). Un año de cambio, Un año de reforma. Obtenido de <https://www.iri.edu.ar/publicacionesiri/anuario/CD%20Anuario%202007/Mayd/PNUMA%20-%20Informe%202006.pdf>

INTI. (7 de septiembre de 2018). Instituto Nacional de Tecnología Industrial - Argentina. Obtenido de <https://www.inti.gob.ar/noticias/16-cooperacion-internacional/1169-sellos-ambientales-y-desafios-de-exportacion>

PERFIL AMBIENTAL DE LA FRUTILLA PRODUCIDA EN LULES, TUCUMÁN.

Andrea L. NISHIHARA HUN¹, Gonzalo A. PÉREZ², Daniel S. KIRSCHBAUM² y Fernando D. MELE^{1,3*}

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Independencia 1800, T4002BLR San Miguel de Tucumán, Argentina. Tel.: +54 381 436-4093

*fmele@herrera.unt.edu.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Famaillá, Ruta Provincial 301 - Km 32, T4132 Famaillá, Tucumán, Argentina. Tel.: +54 3863 46 1048

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Juan Crisóstomo Álvarez 722, T4000, Tucumán, Argentina. Tel.: +54 381 431-2745

RESUMEN

La producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*) es relevante tanto por el beneficio económico que reportan sus exportaciones y las propiedades nutricionales del fruto (rico en vitaminas, antioxidantes y minerales) como por la mano de obra directa que requiere para la realización de los trabajos culturales y de cosecha (340 jornales/ha). Los principales productores mundiales son China (40,3%), Estados Unidos (15,7%) y México (7,1%), ocupando la Argentina el 23er lugar. La superficie cultivada en el país es de 1.850 ha (60.000 toneladas), siendo las principales zonas de producción Santa Fe (345 ha), Buenos Aires (550 ha), Tucumán (510 ha) y Jujuy y Salta (125 ha). El principal mercado es el externo, como fruta congelada [1].

El objetivo de este estudio es realizar un análisis del ciclo de vida anual de la “cuna a la puerta del campo” en una explotación típica de la provincia de Tucumán (zona pedemontana de Lules). El rendimiento es de 50.000 kg/ha. Como unidad funcional se consideró 1 kg de frutilla cosechada y envasada. Dentro de los límites del sistema se consideran los plásticos de uso anual (“mulching” y cintas de goteo) y el uso de maquinarias —pero no la infraestructura— para la preparación del suelo, la plantación, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas. Para el inventario del ciclo de vida (LCI), los datos primarios se recopilaron a través de entrevistas con productores agrícolas y especialistas de INTA-EEA Famaillá. Los procesos de producción de agroquímicos, combustibles y materiales se tomaron de bases de datos (ej. Ecoinvent) o de literatura. Se incluyen emisiones al agua, suelo y aire debidas a la aplicación de agroquímicos y combustión de combustibles. La fase de vivero se excluye del LCI. Se consideran 12 categorías de impacto del modelo de punto medio ReciPe (H).

Como resultado (Fig. 1), el uso/producción de plásticos descartables (etapas de Armado de Bordos y Poscosecha) y de fertilizantes (etapas de Armado de lomos y Mantenimiento) fueron los procesos con mayor contribución a las categorías de impacto ambiental, en coincidencia con otros estudios [2,3]. Un aspecto importante fue la influencia del uso de enmienda orgánica (guano de gallina) como fuente de gases de efecto invernadero planteando una interesante relación de compromiso dependiendo de cómo se considera la asignación de impactos en la producción de dicha enmienda. A partir de este análisis, se evaluaron caso con envases y sin envases, con y sin enmienda orgánica cuyo análisis detallado no se presenta por razones de espacio. Respecto de la categoría de calentamiento global nuestro estudio resulta en 0,47 kg CO₂ eq/kg, valor bastante inferior a los reportados en otros estudios para frutilla en EE. UU. [3].

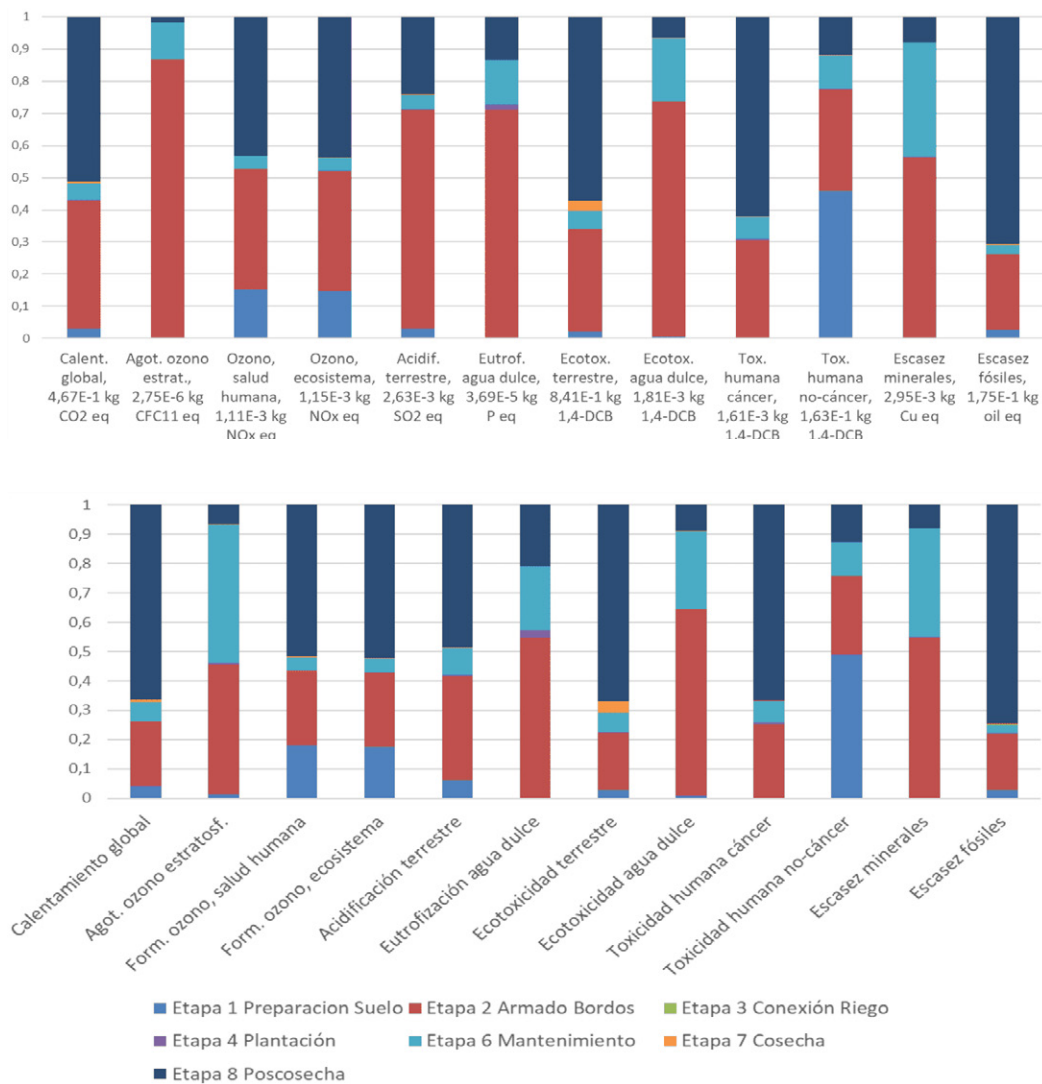


Figura 1. Contribución porcentual de cada etapa de la producción de frutilla a 12 categorías de impacto seleccionadas para los casos con enmienda orgánica (arriba) y sin enmienda orgánica (abajo).

Palabras clave: análisis de ciclo de vida, huella ambiental, frutas finas, producción sustentable de alimentos.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. Argentina. (2019). Cadena de frutillas – resumen, noviembre 2019.
- [2] Romero-Gómez, M., & Suárez-Rey, E. M. (2020). Environmental footprint of cultivating strawberry in Spain, *Int J Life Cycle Assess*, 25 (4), 719-732.
- [3] Tabatabaie, S. M. H., & Murthy, G. S. (2016). Cradle to farm gate LCA of strawberry production in the United States. *J Cleaner Production*. 127, 548-554.

ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE PERAS EN EL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN (ARGENTINA)

Romagnoli Sergio^{1*}, Thomas Esteban¹, Bongiovanni Rodolfo²

¹ INTA, EEA Alto Valle de Río Negro, Ctte Guerrico, Río Negro, Argentina.

² INTA EEA Manfredi, Córdoba, Argentina.

romagnoli.sergio@inta.gob.ar

RESUMEN

En el mundo se observa que los consumidores exigen, de forma creciente, información sobre el impacto ambiental de los productos que adquieren. El objetivo consiste en estimar la huella de carbono de la producción agrícola de peras en montes de alta densidad en el Alto Valle de río Negro y Neuquén para 1 hectárea de superficie cultivada y para 1 tonelada de fruta cosechada (t), en base a la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El alcance abarca desde la cuna de los insumos hasta la cosecha del producto en la puerta del establecimiento productivo considerando 25 años de cultivo. Se incorporan las remociones por secuestro de carbono en cortinas forestales y suelos. Las emisiones GEI estimado para 1 tonelada de pera cosechada asciende a 91,35 kgCO₂eq por tonelada de fruta. Las remociones ocurridas en la biomasa de las cortinas forestales del sistema frutícola, representan 1,56 veces las emisiones de los insumos utilizados para el cultivo de peras (156%), la remoción ocasionada por el suelo representa el (35,94%) de las mismas. la huella de carbono para una (1) tonelada de fruta es de 84,52 kg CO₂eq de secuestro neto por tonelada de fruta.

INTRODUCCIÓN

En el mundo se observa que los consumidores exigen, de forma creciente, información sobre el impacto ambiental de los productos que adquieren para poder realizar una compra responsable (Eurobarometer, 2020). A su vez, son cada vez más las empresas y gobiernos que solicitan una valoración de las emisiones producidas por la actividad empresarial para la compra y contratación de bienes y servicios.

La fruticultura es la principal actividad económica regional en los valles irrigados de Río Negro y Neuquén, de donde proviene más del 90% del volumen de fruta fresca exportado por el país (Villarreal et al., 2011). El cultivo de peras posee la mayor superficie implantada en la región con unas 18.266 ha en producción (SENASA, 2022). Argentina mantiene una participación del 7% en la producción mundial, liderando la exportación desde el hemisferio sur, seguida por Sudáfrica y Chile (Storti y Bevilacqua, 2017).

La Huella de Carbono de Producto (HCP) es la “suma de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y remociones de GEI en un sistema producto expresadas como CO₂ equivalente y basadas en una evaluación del ciclo de vida utilizando la categoría de impacto única de cambio climático.” (ISO, 2018).

Existen evidencias, para el caso de la producción agrícola de peras argentinas, de importantes inconsistencias en la información disponible en los inventarios de análisis de ciclo de vida de referencia internacional (Romagnoli y Thomas, 2021). El punto de mayor controversia concierne al cómputo de las emisiones y remociones que provienen del cambio de uso de suelo y la fijación de CO₂ en la biomasa del cultivo.

El objetivo general del trabajo consiste en estimar la huella de carbono de la producción agrícola de pe-

ras en montes de alta densidad en el Alto Valle de río Negro y Neuquén para una (1) hectárea de superficie cultivada y para (1) tonelada de fruta cosechada (t), en base a la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

La región se caracteriza por presentar parcelas productivas con alta diversidad y variabilidad tecnológica (variedades de peras, densidad de plantas por superficie, sistemas de conducción, etc.). Por este motivo, el valor de la huella de carbono obtenido en este trabajo no pretende ser representativo de toda la producción frutícola de peras en la región, sino constituir un valor de referencia que permita comparar a futuro las situaciones particulares de cada monte frutal.

METODOLOGÍA

El alcance del presente estudio abarca desde la cuna de los insumos hasta la cosecha del producto en la puerta del establecimiento productivo (“chacra”) (from cradle to the farm gate).

Se seleccionó un nivel o paquete tecnológico medio/alto, que corresponde a una producción convencional con alta densidad de árboles (1.250 árboles/ha), y conducción en espaldera con eje central. Este sistema es ampliamente recomendado para realizar nuevas plantaciones (INTA, 2004).

La representatividad regional del sistema evaluado, respecto de la conducción en espalderas, corresponde al 73,5% de la superficie, y respecto al sistema de riego, superior al 80% (CAR, 2005).

En cuanto al alcance temporal de los inventarios, la información del sistema productivo corresponde a 25 años del ciclo productivo completo de un monte frutícola, considerando como referencia el paquete tecnológico establecido en el documento denominado Pautas tecnológicas para frutales de pepita, realizado en 2004 y actualizado en la publicación Pera Williams Manual para el productor y el empacador en el año 2010, ambos coordinados por INTA con participación de los principales referentes técnicos regionales de la actividad.

Se incluye la extracción de materias primas, producción y transporte de los insumos (plantas de vivero, semillas, agroquímicos, fertilizantes, combustibles, entre otros), la producción de sus envases, todas las labores del campo, las emisiones derivadas de la quema de combustibles y de la aplicación de fertilizantes. Se consideraron las emisiones directas e indirectas derivadas de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, calculadas de acuerdo a las Guías del Panel Intergubernamental para el cambio climático (IPCC) volumen 4, capítulo 11 (IPCC, 2019).

La actividad se inicia con la producción de la planta frutal en el vivero, es decir, árboles jóvenes injertados para ser plantados. El conjunto de los datos incluye todas las actividades año tras año en las fases iniciales del establecimiento del cultivo, de la producción inicial y de la producción plena. Finalmente, se considera que la actividad finaliza con la remoción de los árboles frutales en el año 25.

A diferencia de los perfiles ambientales disponibles en Ecoinvent para este producto, en este trabajo no fueron consideradas las variaciones en el stock de carbono de la biomasa de los frutales. Motivaron esta decisión, la inexistencia de antecedentes locales que permitan disponer de datos sólidos acerca de la magnitud de la biomasa arbórea en perales, y la fuerte controversia que existe respecto de los criterios para su cómputo.

Se examinaron publicaciones de referencia para la cuantificación del secuestro de carbono en árboles frutales (Wu et al., 2012; Ledo et al., 2018). En todos los casos, los modelos no resultaron representativos de las características del monte frutal analizado en este trabajo. Por lo tanto, este factor no fue considerado.

En el Alto Valle de Río Negro y Neuquén es común el uso de cortinas rompevientos naturales o artificiales, por esta razón se incluyó como parte del sistema una cortina forestal de 100 álamos híbridos euroamericanos (*Populus x canadensis*) por hectárea.

En este caso, la disponibilidad de datos representativos y modelos consistentes, permitió considerar para la determinación de la huella de carbono, la remoción de CO₂ ocasionada por el desarrollo de la biomasa forestal de las barreras rompevientos utilizadas en los sistemas frutícolas locales (Romagnoli et al, 2022).

En esta región, caracterizada por su clima árido con bajos niveles de materia orgánica en el suelo (MOS),

la utilización del sistema de riego gravitacional para cultivo de frutales presenta un elevado potencial de secuestro de carbono (Mendía et al, 2015).

A nivel local, un trabajo de la Universidad Nacional del Comahue y el INTA, a partir de una red de ensayos con 29 parcelas de cultivos de pera con riego gravitacional por surco y el mantenimiento de coberturas verdes permanentes, desarrolló una ecuación que estima de manera significativa que el incremento promedio en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹ fluctúa entre 0,50 t C ha⁻¹ en los primeros 15 años a 0,17 t C ha⁻¹ año⁻¹ en los siguientes 30 años. Estableciendo un valor promedio para todo el ciclo (45 años) de 0,28 t C ha⁻¹ año⁻¹ (Mendía et al., 2015).

La existencia de relevamientos y modelos publicados de secuestro de carbono en suelos para la región (Mendía et al., 2015), permitió computar la variación de stocks de carbono en suelos en la estimación de la huella de carbono de la pera.

Se considera una producción anual de peras de 50 t ha⁻¹ año⁻¹ en la etapa adulta del cultivo a partir del séptimo año. Por lo tanto, durante los 25 años considerados se computan 1.025 t ha⁻¹.

En la Tabla 1 se exponen los parámetros que caracterizan al sistema frutícola evaluado en este trabajo.

Tabla 1: Principales características del sistema frutícola evaluado

Concepto	Valor	Unidad	Observación
Árboles monte frutal	1.375	árboles/ha	1.250 arb/ha año ¹ +10% replante
Plantas cortina forestal	100	árboles por ha.	
Fertilizantes (Nitrógeno)	2.570	kg N/ha -25 años-	adulto 102 kg N /ha/año
Herbicidas	51,19	kg ppa/ha -25 años-	
Insecticidas	111,64	kg ppa/ha -25 años-	
Aceite de invierno	957,83	kg ppa/ha -25 años-	
Combustible diesel	11.012	L/ha -25 años-	promedio anual 440 L/ha/año
Producción de peras	1.025	t/ha -25 años-	adulto 50 t/ha/año

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EMISIONES DEL CULTIVO

Una vez confeccionado el inventario de entradas y salidas de cada proceso productivo, se obtuvieron en bases de datos de referencia internacional (Agri-footprint, Ecoinvent) las emisiones unitarias asociadas a cada una de esas entradas: insumos, materias primas y energía.

Siguiendo los preceptos establecidos en la norma ISO 14067, se presentan en primer lugar las emisiones de GEI y posteriormente se incorporan las remociones GEI.

Considerando las dos unidades funcionales utilizadas en este trabajo, se presentan en la Tabla 2 las emisiones GEI por cada rubro. En la segunda columna se expresa en unidad funcional de área y en la tercera columna en unidad funcional de masa.

Las emisiones GEI para 1 (una) hectárea considerando el ciclo productivo completo de 25 años expresadas en t CO₂eq ha⁻¹ ascienden a 93,63 t CO₂eq ha⁻¹ para 25 años.

El valor de las emisiones GEI estimado para 1 (una) tonelada de pera cosechada en la puerta de la chacra, de acuerdo al paquete tecnológico presentado y a los supuestos asumidos, asciende a 91,35 kg CO₂eq por tonelada de fruta.

Tabla 2 Emisiones CO₂eq para el ciclo completo del cultivo.

Concepto	U.F. Área (t CO₂ eq ha⁻¹ 25 años)	U.F. masa (kg CO₂eq t fruta⁻¹)	Contribución %
Plantas y estructura apoyo	2,220	2,17	2,4%
Fertilizantes	30,168	29,43	32,2%
Fitosanitarios	12,275	11,98	13,1%
Combustibles	48,968	47,77	52,3%
Total	93,630	91,35	100,0%

Puede observarse que el combustible, correspondiente al gasoil (producción y quema) consumido por la maquinaria agrícola, explica el 52,3% del total emitido, seguido por los fertilizantes (producción y emisiones de campo) con el 32,2%. Ambos rubros resultan determinantes para la emisión de GEI en la producción agrícola de pera, representando el 84,52% del total.

Estos resultados indican que el principal punto caliente (hotspot) lo constituye la producción y quema del combustible (diésel), en segundo lugar, se encuentra la suma de las emisiones por la fabricación y utilización de fertilizantes, mientras que en el tercer lugar se posicionan los productos fitosanitarios.

HUELLA DE CARBONO EXPRESADA EN UNIDAD FUNCIONAL DE SUPERFICIE

Como se expresó anteriormente, la huella de carbono (HC) está representada por la suma de emisiones y remociones de gases efecto invernadero (GEI) en un sistema producto (ISO 14067:2018).

A continuación, se integran a las emisiones relacionadas al uso de los insumos para el cultivo durante todo el período, las remociones vinculadas al carbono biogénico de las cortinas forestales y el carbono secuestrado en los suelos.

En la Tabla 3, se presenta la huella de carbono para una hectárea de pera durante el ciclo completo de 25 años, de acuerdo al alcance definido en el trabajo.

Tabla 3. Huella de Carbono de una hectárea de peras (ciclo completo, 25 años)

Concepto	t CO₂eq ha⁻¹ 25 años	Referencias	Observación
Insumos	93,63	Tabla 2	Emisión
Cortinas rompevientos	-146,62	Romagnoli et al., 2022	Remoción
Carbono en suelo	-33,65	Mendía et al., 2015	Remoción
HC hectárea de pera	-86,64		Secuestro neto

La huella de carbono para una hectárea de peras en 25 años de cultivo resulta en una remoción neta de 86,64 t CO₂eq ha⁻¹. Puede observarse que las emisiones correspondientes a los insumos de producción (93,63 t CO₂eq ha⁻¹) son compensadas por las remociones en la biomasa de las cortinas forestales (146,62 t CO₂eq ha⁻¹) y el incremento de carbono en el suelo (33,65 t CO₂eq ha⁻¹).

Resulta notable el impacto que presentan las cortinas forestales, quienes en 25 años tienen la capacidad de neutralizar e inclusive generar una importante remoción neta de carbono en el sistema frutícola evaluado.

Las remociones ocurridas en la biomasa de las cortinas forestales del sistema frutícola, representan 1,56 veces las emisiones de los insumos utilizados para el cultivo de peras (156%). Asimismo, la remoción ocasionada por el suelo representa el 35,94% de las mismas.

La Unidad Funcional de superficie permite escalar los resultados a nivel territorial, por lo tanto, resulta evidente el positivo impacto que esta región puede aportar a la remoción de GEI a partir del mantenimiento y/o crecimiento de la superficie productiva dedicada a explotaciones frutícolas perennes.

HUELLA DE CARBONO EXPRESADA EN UNIDAD FUNCIONAL DE MASA

A continuación, en la Tabla 4, se presenta la huella de carbono para una (1) tonelada de fruta cosechada y puesta en la puerta del establecimiento productivo, de acuerdo al alcance del trabajo. La misma alcanza 84,52 kg CO₂eq de secuestro neto por tonelada de fruta.

La producción de referencia utilizada es de 1.250 t de fruta producida durante los 25 años de ciclo de cultivo, considerando un rendimiento de 50 t año⁻¹ de fruta año⁻¹ durante la etapa adulta del monte frutal.

Tabla 4. Huella de Carbono de una tonelada de peras.

Concepto	kg CO ₂ eq t producto ⁻¹	Observación
Insumos	91,35	Emisión
Cortinas Rompevientos	-143,04	Remoción
Carbono en suelos	-32,83	Remoción
HC Tonelada pera	-84,52	Secuestro Neto

Puede observarse que la etapa primaria de la producción de peras, presenta una remoción neta de GEI, por lo cual ofrece un producto con un saldo de HC negativo a las etapas siguientes de empaque, conservación y transporte. Es menester impulsar la eficiencia en dichos procesos posteriores de la cadena de valor de modo de lograr un producto carbono neutro para los mercados de destino.

Los valores presentados en este trabajo resultan altamente conservadores. En los próximos años a partir de datos de campo y nuevos estudios sobre stock de carbono contenido en árboles frutales y suelos, posiblemente se obtengan valores de remoción superiores para la producción frutícola en esta región.

CONCLUSIÓN

Para la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, la transformación desde hace más de 100 años de una estepa arbustiva xerófila a cultivos frutales perennes bajo riego representa un importante secuestro de carbono en la biomasa vegetal y en los suelos. Puede concluirse que la etapa de producción agrícola de peras en sistemas de alta densidad, ocasionan un importante beneficio en materia de cambio climático, reduciendo de forma significativa la concentración de GEI.

Es imprescindible extender el alcance temporal de los estudios de ACV frutícolas al ciclo de vida completo de la plantación, es decir, al menos 25 años. No obstante, resulta un desafío contar con la información de insumos, actividades y rendimientos productivos de las parcelas, necesaria para obtener un valor más consistente de la huella de carbono.

No fue posible contar con un modelo adaptado a la región para contabilizar de manera consistente el efecto de la remoción de GEI por el desarrollo de la biomasa de los árboles frutales. Es necesario iniciar estudios de campo locales y establecer criterios consensuados para el computo del carbono secuestrado en los frutales.

Como surge del presente trabajo, desde el punto de vista de la HC, las cortinas forestales resultan una fuente muy significativa de mitigación y remoción de GEI, por lo tanto, es fundamental su inclusión en los ACV de las producciones agrícolas en la región, donde se encuentran presentes como partes del agroecosistema.

Palabras clave: huella de carbono, análisis ciclo de vida frutícolas, carbono biogénico, cortinas forestales.

REFERENCIAS

- CAR (2005) Censo Provincial de Agricultura Bajo Riego de la provincia de Río Negro. Secretaría de Fruticultura. 115pp.
- Eurobarometer, Special 501. (2020). Attitudes of european citizens towards the environment. 41pp
- INTA. Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Patagonia Norte. EEA Alto Valle. (2004). Pautas tecnológicas: frutales de pepita. Manejo y análisis económico financiero. Estación Experimental Agropecuario Alto Valle. Centro Regional Patagonia Norte. 132 p.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Patagonia Norte. (2010). Pera Williams: Manual para el productor y empacador, ISBN: 978-987-25872-0-8.
- IPCC. (2019). N2O Emissions From Managed Soils, and CO2 Emissions From Lime and Urea Application. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1–48.
- IRAM-ISO 14067:2018. (2018) Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación. Primera edición 2019-11-08. 68 pp. [En línea] 2019. <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/12261>.
- Ledo, A., Heathcote, R., Hastings, A., Smith, P., Hillier, J. (2018). Perennial-GHG: A new generic allometric model to estimate biomass accumulation and greenhouse gas emissions in perennial food and bioenergy crops. *Environmental Modelling & Software*. Vol 102 pp(292-305)
- Mendía, M., Percz C., Gonzalez Terán D., Sheridan M. & Muñoz, J. (2015). Secuestro de carbono orgánico en chacras regadas en el Valle de Río Negro, Argentina. Cinco Saltos, Argentina: Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, INTA, Agencia de Extensión Cipolletti.
- Romagnoli S., Thomas E. (2021). Analisis del ICV ecoinvent para la huella de carbono de la producción de peras en argentina. Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment CILCA 2021. Buenos Aires. 118-122
- Romagnoli S., Thomas E. , Bongiovanni R. (2022).Huella de carbono de la producción de peras argentinas incorporando el secuestro de carbono de las cortinas forestales y los suelos. 13th International Conference on Life Cycle Assessment of Food LCAFOODS2022. Lima. 512-516
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). (2022). Anuario Estadístico (2021) – Centro Regional Patagonia Norte. Argentina 2022 . ISSN 2545-8124. 134 pp.
- Storti, L., & Bevilacqua, M. (2017). Cadena de valor manzana y pera. Ministerio de Hacienda de La Nación, Secretaría de Política Económica, Subsecretaría de Programación Microeconómica.
- Villarreal P., Leskovar M., Malaspina M., Zubeldía H., Avella B., Boltshauver V. (2011). Balance Regional 2010 Complejo manzana y peras del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina. FACA-UNCOMA
- Wu T, Wang Y, Yu C, Chiarawipa R, Zhang X, et al. (2012) Carbon Sequestration by Fruit Trees - Chinese Apple Orchards as an Example. *PLoS ONE* 7(6): e38883. doi:10.1371/journal.pone.0038883

REGIONALIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA LENTEJA EN CORONEL DOMINGUEZ, SANTA FE.

HENRIQUEZ¹ Valeria, RIVAROLA² Andrea

¹Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Ruta 7 km 5, MCN- Neuquén

² Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Aráoz 1511, Luján de Cuyo, Mendoza
drivarola@inti.gob.ar

RESUMEN

Este trabajo es parte del proyecto, “Producción de alimentos pre-elaborados optimizados nutricionalmente para sectores vulnerables”, que se realiza entre INTI y una planta de elaboración de alimentos de la provincia de Mendoza. El mismo fue impulsado en el marco del Plan Nacional “Argentina Contra el Hambre”, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación. La cooperativa elabora deshidratados de hortalizas y formulación de alimentos pre-elaborados cuyo destino principal son los sectores vulnerables. El objetivo del proyecto apunta a una mejora nutricional de los pre-elaborados a través de nuevas formulaciones, también incluye el estudio de los impactos ambientales de los ingredientes mayoritarios. Dentro de estos productos, destaca el “guiso de lentejas” en el cual la lenteja representa el 70 % de la formulación.

En este trabajo, se muestra parte del estudio ambiental de regionalización de la huella de carbono del perfil de lenteja, en campo, en la provincia de Santa Fe. Para el cálculo de las emisiones del campo se emplearon los datos del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)¹, 2019, en tanto que, para emisiones de insumos y materias primas se usó información extraída de la base de datos de Ecoinvent V3.8 (2021)².

Se construyó el inventario para lentejas en base a la información relevada en un establecimiento productor de legumbres ubicado en la localidad de Cnel. Dominguez, Santa Fe. Los datos reunidos en el Inventario incluyeron: consumo y origen de agua, consumo y dosis de fertilizantes, insecticidas y fungicidas, tecnología empleada. El rendimiento de cosecha se considera un promedio de los últimos 3 años (2019-2021), 1900 kg/ha, de acuerdo con los datos suministrados por el productor. En relación, a los datos de combustibles correspondientes a tareas de laboreo, siembra convencional (20%) y directa (80%) y cosecha, los mismos fueron brindados por el productor de lentejas. Las aplicaciones de agroquímicos, fueron terrestres. Se recurrió a datos de bibliografía para considerar datos de envases de agroquímicos, teniendo en cuenta peso y materiales de los envases. En este análisis no se considera limpieza de la lenteja cosechada.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N°1, en la cual se observa que las mayores contribuciones a la huella de carbono para 1 kg de lenteja puesta en tranquera corresponden a las emisiones asociadas al combustible empleado en las labores de campo (42,3 %), residuos de cosecha (29,3 %) y fertilizantes (19,2 %). No hay impactos asociados al consumo de agua en campo debido a que el riego es 100% natural. Otro aspecto a destacar es que el consumo de energía está asociado solamente a los combustibles usados en la producción primaria.

Así, la huella de Carbono de la lenteja en la localidad de Coronel Dominguez, en campo, de Santa Fe, 0,62 kgCO₂eq/kg, es levemente mayor, que la del perfil de lenteja en campo disponible en la base de datos Agri-footprint 63 para Australia (AU), la cual corresponde a 0,58 kgCO₂eq/kg, considerando las componentes fósil y metano biogénico, sin tener en cuenta la transformación de la tierra. Donde llamó la atención, en la huella de carbono para la lenteja en AU, el empleo de fertilizantes calcáreos y de enmiendas orgánicas, lo que se ve reflejado en los resultados de ese perfil.

Tabla 1: Resultados huella de carbono de la lenteja en campo

	Por kg de Lenteja (kg CO ₂ eq/kg)	% Lenteja Campo
Huella de Carbono de lenteja, en puerta del campo	0,6168	100%
Semillas	0,0000	0,0%
Fertilizantes	0,1183	<u>19,2%</u>
Herbicidas	0,0092	1,5%
Insecticidas	0,0004	0,1%
Fungicidas	0,0001	0,0%
Trat. Semillas	0,0001	0,0%
Envases Agroq.	0,0014	0,2%
Gasoil Labores	0,2606	<u>42,3%</u>
Residuos de cosecha	0,1808	<u>29,3%</u>
Emisiones fertilizantes	0,0458	<u>7,4%</u>

Palabras clave: lenteja, huella de carbono, calentamiento global, inventario nacional.

REFERENCIAS

1 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019-GWP100 V1.01

2Ecoinvent V3.8 (2021). Zurich, Switzerland. www.ecoinvent.org

3Blonk Agri-footprint BV. (2022) Agri-footprint 6 – Part1: Methodology and basic principles & Part 2: Description of data. Gouda, the Netherlands.

Sesión 6: Energía

EJE TEMÁTICO: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

HUELLA DE CARBONO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA A PARTIR DE BIOGAS INTEGRADO A UNA BIORREFINERÍA DE ETANOL DE MAÍZ

Jorge HILBERT^{1*}, Ariana CAMARDELLI², Patricio GERETTO² Jonatan MANOSALVA¹
y Karen PONIEMAN^{1,3}

^{1*} Instituto de Ingeniería Rural, INTA. c.c. 25 1712 Castelar, 4665-0495, hilbert.jorge@inta.gob.ar.

² Consultores privados (adcamardelli@gmail.com, 11 4175-7621)

³ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Escuela Para Graduados “Ing Agr Alberto Soriano”.

RESUMEN

La tecnología de Biogás se caracteriza por fuertes variaciones en su nivel de emisión por unidad de energía producida. Estas variaciones se deben principalmente a la fuente de biomasa utilizada, la tecnología de producción, el tipo de postratamiento del digerido (almacenamiento o aplicación), así como también el vector de energía final eléctrico, térmico o biometano. En el presente trabajo se calcularon las emisiones producidas en tres digestores de biogás (nombrados como BG1, BG2 y CGY) integrados a una biorrefinería de etanol de maíz (BIO4), y la posterior generación de energía eléctrica a partir de un motor de combustión interna ligado a un generador con recuperación de calor de gases de escape (Figura 1). Se utilizó la metodología de cálculo establecida en el Anexo VI de la RED II de la Unión Europea (Union Europea 2018). Adicionalmente, se calcularon las emisiones de la “producción” del digestato. Por ser considerado un residuo, al digestato solo se asignaron emisiones de transporte y aplicación. El calculador fue desarrollado en una serie de planillas vinculadas entre sí de Microsoft Excel, empleando datos primarios de la empresa y datos secundarios de bases de datos internacionales (Ecoinvent v3.8 y BioGrace v4.0). Se consideraron las siguientes salidas del sistema: electricidad (se inyecta a la red), calor (vuelve a la destilería de etanol y se usa para auto-consumo) y digestato (se usa solamente en campos propios de maíz). El insumo que mayor emisión presentó en las tres unidades consideradas fue el cloruro férrico (FeCl₃) representando un 74% de las emisiones en la etapa industrial, tanto para BG1 como para CGY, y un 61% para BG2. La incorporación de la vinaza proveniente de BIO4 contribuye a una gran reducción de emisiones, ya que es caracterizada como “residuo” y por lo tanto no tiene una huella de carbono asociada; y es el principal insumo del proceso en los tres biodigestores representando entre un 80% y un 90% del total de las materias primas que ingresan. Por lo tanto, se evitan así las emisiones asociadas a la producción de otro tipo de materia prima o sustrato que pudiera emplearse. La reducción de emisiones respecto al valor de referencia para la energía eléctrica reportado en el Balance Energético Nacional Secretaría de Energía 2018 (338,52 gCO₂eq/kWh) fue de 97,6% para BG1 (8,29 gCO₂eq/kWh); 97,2% para BG2 (9,61 gCO₂eq/kWh); 98,9% para CGY (8,17 gCO₂eq/kWh) (Figura 2).

Los resultados obtenidos indican que el sistema estaría muy cerca de lograr la carbono neutralidad. Por lo tanto, se sugieren las siguientes estrategias para alcanzarla y, de ser posible, superarla:

- Iniciar el proceso de monitoreo, reporte y verificación de carbono en suelo de acuerdo con el protocolo (FAO, 2020) de manera de poder constatar y certificar una posible captura de carbono en suelo que se restaría a las emisiones.
- Cuantificar las posibles pérdidas fugitivas de metano a fin de iniciar su proceso de minimización.
- Reemplazar los combustibles fósiles empleados en la operatoria de la planta por biocombustibles con un mínimo de 70 % de reducción de emisiones.

- Considerar otros coproductos, como el sulfídrico, de manera de calcular el fertilizante de origen fósil que se estaría reemplazando.
- Minimizar o reemplazar el uso del cloruro férrico por otra alternativa que implique menor huella de carbono.

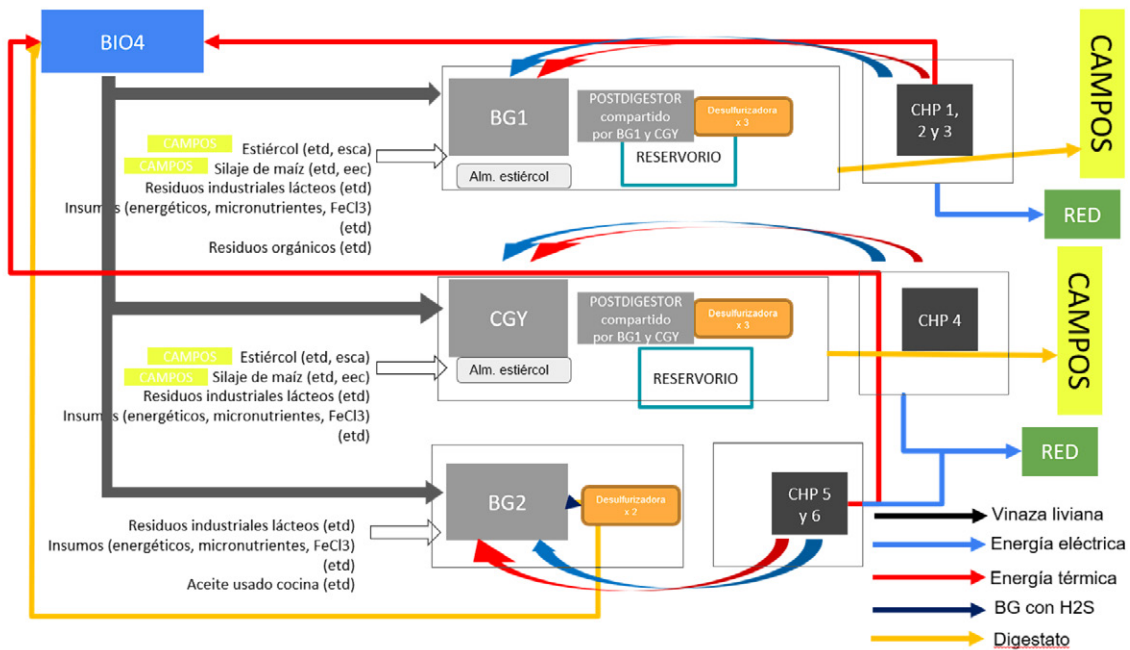


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema integral evaluado, tres biodigestores de biogás (BG1, BG2 y CGY) junto a una biorefinería (BIO4).

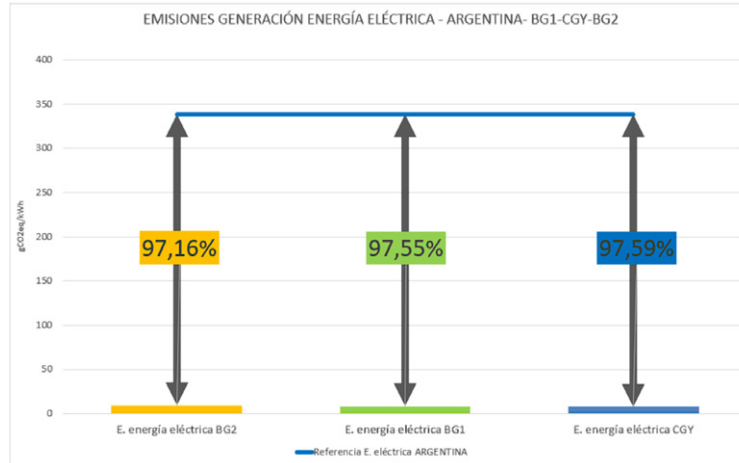


Figura 2. Emisiones de generación de energía eléctrica a partir de biogás (gCO₂eq/kWh) para BG1, BG2 y CGY, y porcentaje de reducción respecto al valor de referencia reportado en el Balance Energético Nacional 2018.

Palabras clave: biogás, bioelectricidad, biorefinería, ACV, huella de carbono.

REFERENCIAS

- FAO. (2020). A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol. Roma, Italia.
- Secretaría de Energía. (2021). Balance Energético Nacional de la República Argentina. Retrieved from <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- Unión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida). Diario Oficial de La Unión Europea, 328, 82-209.

ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS C1 EN UNA BIORREFINERÍA DE CAÑA DE AZÚCAR.

Ana M. CUEZZO^{1,2}, Victoria OLIVERA¹, Jonathan WHEELER^{1,2}, Paula Z. ARAUJO¹
y Fernando D. MELE^{1,2*}

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Independencia 1800 –
C.P.: 4000, Tucumán, Argentina. Tel.: +54 381 436-4093

*fmele@herrera.unt.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Juan Crisóstomo Álvarez 722 –
C.P. 4000, Tucumán, Argentina. Tel.: +54 381 431-2745

RESUMEN

Durante las últimas décadas, las emisiones de CO₂ se han incrementado exponencialmente, contribuyendo al calentamiento global y al cambio climático [1]. Por su potencial para reducir estas emisiones, las tecnologías de captura y almacenamiento (CCS) y captura y utilización de carbono (CCU) se han convertido en objeto de estudio intensivo en los últimos años [2]. CCU abarca un amplio conjunto de procesos químicos y tecnologías que utilizan CO₂ como materia prima en la producción de compuestos de interés comercial en reemplazo a productos petroquímicos [3]. Para comprobar su potencial de mitigación del cambio climático, es necesario evaluar las rutas CCU mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Una de las posibilidades de CCU es la transformación del CO₂ biogénico generado en la industria sucroalcoholera a productos de un solo carbono (C₁) tales como: urea, metanol, ácido fórmico, metano, etc. Las principales fuentes de CO₂ en la industria del azúcar y el etanol son la combustión de biomasa en calderas y la fermentación de mostos azucarados en destilería. Al aplicar estas tecnologías, las biorrefinerías de caña de azúcar podrían convertirse en sumideros de carbono, ofreciendo al mercado productos carbono neutrales y/o carbono negativos.

Este trabajo se enmarca en un proyecto más amplio que tiene como objetivo estimar los perfiles ambientales de la producción industrial de productos C₁. En particular, se presentan avances en la producción de metanol y metano por hidrogenación de CO₂ residual (biogénico) de la industria sucroalcoholera del NOA. Para el metanol se propone la captura de CO₂ de los gases de fermentación mientras que, para la síntesis de metano, la fuente de CO₂ son los gases de chimenea (combustión). En ambos casos, las dimensiones son las de una planta industrial y se modelan mediante el simulador de procesos químicos UniSim Design v490. Para los estudios de ACV, se selecciona un alcance de la cuna a la puerta, que incluye las etapas agricultura, ingenio azucarero y destilería, producción de H₂ y captura y transformación del CO₂ (Fig. 1). Se considera como unidad funcional la producción de un kilogramo de producto C₁. Las fases de análisis del inventario del ciclo de vida (LCI) y evaluación de impacto se calculan mediante el software SimaPro. Para el LCI, los datos primarios provienen de entrevistas con productores agrícolas e industriales. Los flujos de masa y energía asociados con las secciones de captura y transformación de CO₂ resultan de la simulación. Se consideran cinco categorías de impacto utilizando el modelo de punto medio ReciPe (H): calentamiento global, escasez de recursos fósiles, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce y agotamiento del ozono estratosférico

Se encuentra que el desempeño ambiental de todo el proceso depende en gran medida de las tareas agrícolas que forman la base de la biorrefinería, en este caso, el cultivo de la caña de azúcar. Es precisamente la descomposición de fertilizantes en el suelo (81,8%) y, en menor medida la producción de urea (9,5%) y la combustión de diésel en vehículos de transporte y en maquinaria agrícola (1,5%), lo que da lugar al gran impacto ambiental de la etapa campo en la categoría calentamiento global del producto metanol (0,528 kg(CO₂ eq)/kg

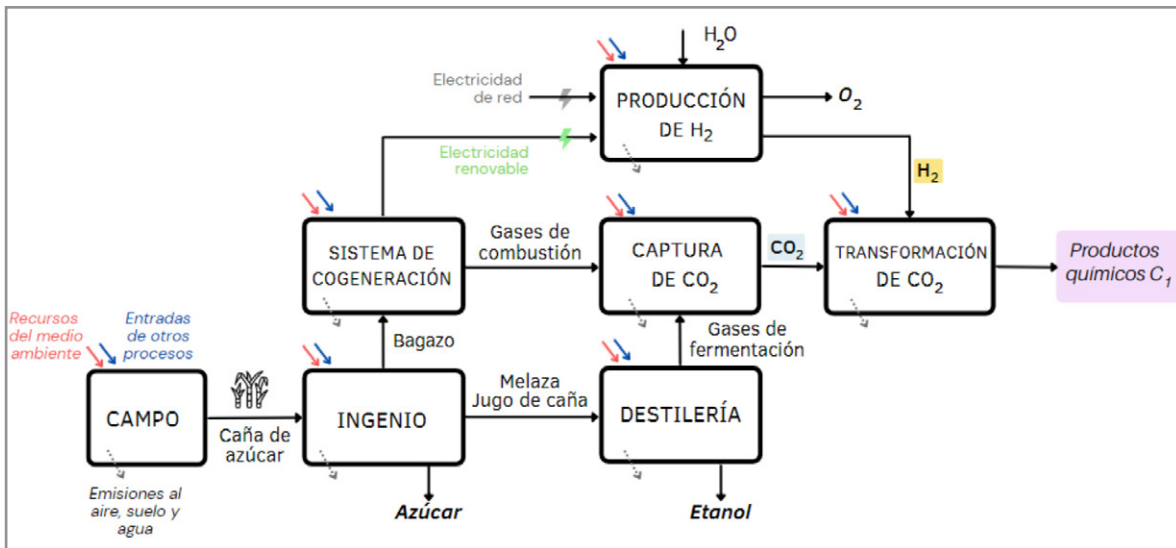


Figura 1. Proceso propuesto de producción de compuestos químicos C1 integrado a una biorrefinería de caña de azúcar.

metanol). A partir de este análisis, surge que la sustentabilidad asociada a los productos derivados de biomasa frente a los productos de origen fósil dependerá en gran medida de las prácticas adoptadas para disminuir los impactos ambientales de cada etapa de la cadena productiva. A su vez, la adición de un nuevo producto al esquema de biorrefinería resulta en una disminución de los impactos de cada producto existente.

Palabras clave: captura y utilización de CO₂, metanol, metano, Análisis de Ciclo de Vida, producción sustentable.

REFERENCIAS

- [1] Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Hauck, J., Peters, G. P.,... & Zaehle, S. (2019). Global Carbon Budget 2019, *Earth System Science Data*, 11, 1783-1838.
- [2] Chauvy, R., Meunier, N., Thomas, D., & De Weireld, G. (2019). Selecting emerging CO₂ utilization products for short-to mid-term deployment. *Applied Energy*, 236, 662-680.
- [3] Barbera, E., Mantoan, F., Bertucco, A., & Bezzo, F. (2020). Hydrogenation to convert CO₂ to C1 chemicals: Technical comparison of different alternatives by process simulation. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 98(9), 1893-1906.

PERFIL AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOGÁS

Jonatan MANOSALVA^{1*}, Jorge HILBERT^{1*}, Ariana CAMARDELLI², Patricio GERETTO²
y Karen PONIEMAN^{1,3}

^{1*} Instituto de Ingeniería Rural, INTA. c.c. 25 1712 Castelar, (54 11) 3754-8421 int. 8846,
manosalva.jonatan@inta.gob.ar

² Consultores privados

³ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Escuela Para Graduados “Ing Agr Alberto Soriano”.

RESUMEN

El biogás es una alternativa a los combustibles fósiles, con potencial de mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y potenciar la economía circular mediante el uso de residuos de otros sistemas como materias primas. En Argentina existen diversas plantas de biodigestión a partir de las cuales se cogenera energía eléctrica y térmica, pero no existen evaluaciones integrales de su impacto en el ambiente. El objetivo del estudio fue obtener el perfil ambiental de la producción de energía eléctrica generada en una planta de biodigestión anaeróbica a través del análisis de ciclo de vida (ISO 14040/44). La planta realiza una codigestión de una mezcla de sustratos, residuos orgánicos y un cultivo energético. El estudio contempló tres etapas de análisis de datos: la producción agrícola del cultivo energético (silaje de maíz), el transporte a planta de los insumos y materias primas o sustratos, y el proceso industrial. Se estableció el límite del sistema evaluado en la puerta de la industria (estudio “de la cuna a la puerta”). El biogás producido se utiliza para cogenerar electricidad y calor, productos que se destinan a la red eléctrica y al autoconsumo total en la planta respectivamente (Figura 1). También se genera como producto el digestato, el cual es transportado y aplicado en campos agrícolas como biofertilizante. No fue posible realizar una correcta asignación al digestato, debido a que no se contó con los datos de su contenido energético o humedad, y su uso (transporte y aplicación) se consideró fuera de los límites del estudio (Mezzullo et al., 2013). Por lo tanto, se realizó una asignación energética del 100% a la electricidad, producto principal de la planta industrial, para la unidad funcional de 1 MWh de energía eléctrica producida y entregada a la red en el período de un año. Para la confección del inventario de ciclo de vida se emplearon los datos primarios provistos por la empresa y datos de bases de datos. Se tuvieron en cuenta las emisiones gaseosas producidas en el almacenamiento del estiércol debido a la volatilización de nitrógeno en forma de óxido nitroso (N₂O), a la emisión directa de N₂O y a la emisión de metano (CH₄). También se consideraron las emisiones producidas en la combustión del biogás para su conversión en energía eléctrica, tanto de N₂O como CH₄, y las emisiones fugitivas de 1% de CH₄ (ISCC, 2017; Unión Europea, 2018; IPCC, 2019). La emisión de dióxido de carbono (CO₂) producto de la combustión del biogás no se consideró debido a su origen biogénico. Se utilizó el software SimaPro 9 con base de datos Ecoinvent 3.5 y se aplicó el método de evaluación de impacto CML-IA baseline v3.05. Se evaluaron las 11 categorías de impacto de un perfil ambiental completo. Con respecto a las emisiones gaseosas producidas por la planta de biodigestión, estas tuvieron impacto en 3 categorías: potencial de calentamiento global (PCG), oxidación fotoquímica (OF) y eutrofización (E). La producción de los insumos de proceso y el transporte de estos insumos, de los sustratos y los residuos empleados hasta la planta de biodigestión, fueron los principales hotspots en todas las categorías de impacto analizadas (Figura 2). A diferencia de otros trabajos (Hijazi et al., 2016), la producción del silaje de maíz como cultivo energético no presentó un gran impacto en las categorías PCG, E ni Acidificación (A), ya que se empleó un fertilizante nitrogenado y un biofertilizante, y el rendimiento promedio en materia seca fue alto de 37,3 t ha⁻¹ en comparación con otros estudios (Manosalva et al., 2018). En la bibliografía también se menciona el alto

impacto que ocasiona el uso de digestato (Fantin et al., 2015), pero en este caso su análisis quedó excluido, tanto su transporte y distribución (Mezzullo et al., 2013) como su uso, ya que es posible asignar dichos impactos al cultivo agrícola en el cual se utiliza el digestato como biofertilizante (Stucki et al., 2011). Por su parte, haciendo énfasis en la categoría cambio climático, la generación de electricidad totalizó 21,1 kg CO₂eq MWh⁻¹, lo que equivale a 0,00585 kgCO₂eq MJ⁻¹, siendo inferior a otros estudios (Fantin et al., 2015) debido a que la planta procesa principalmente residuos que provienen de otros sistemas, evitando así el impacto de su gestión al mismo tiempo que se genera electricidad. Un análisis en profundidad de la caracterización y uso del digestato sería conveniente para observar los impactos producidos al abarcar la circularidad total del sistema. En base a estos resultados la empresa debería trabajar en su cadena de valor, hacer más sostenibles los transportes de insumos y sustratos y obtener información ambiental de sus proveedores.

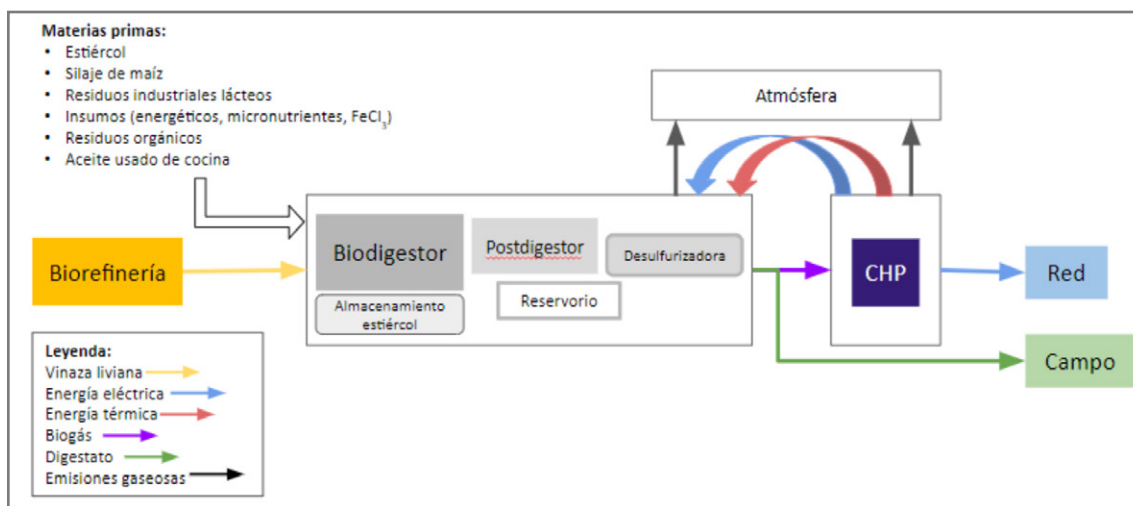


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema de estudio.

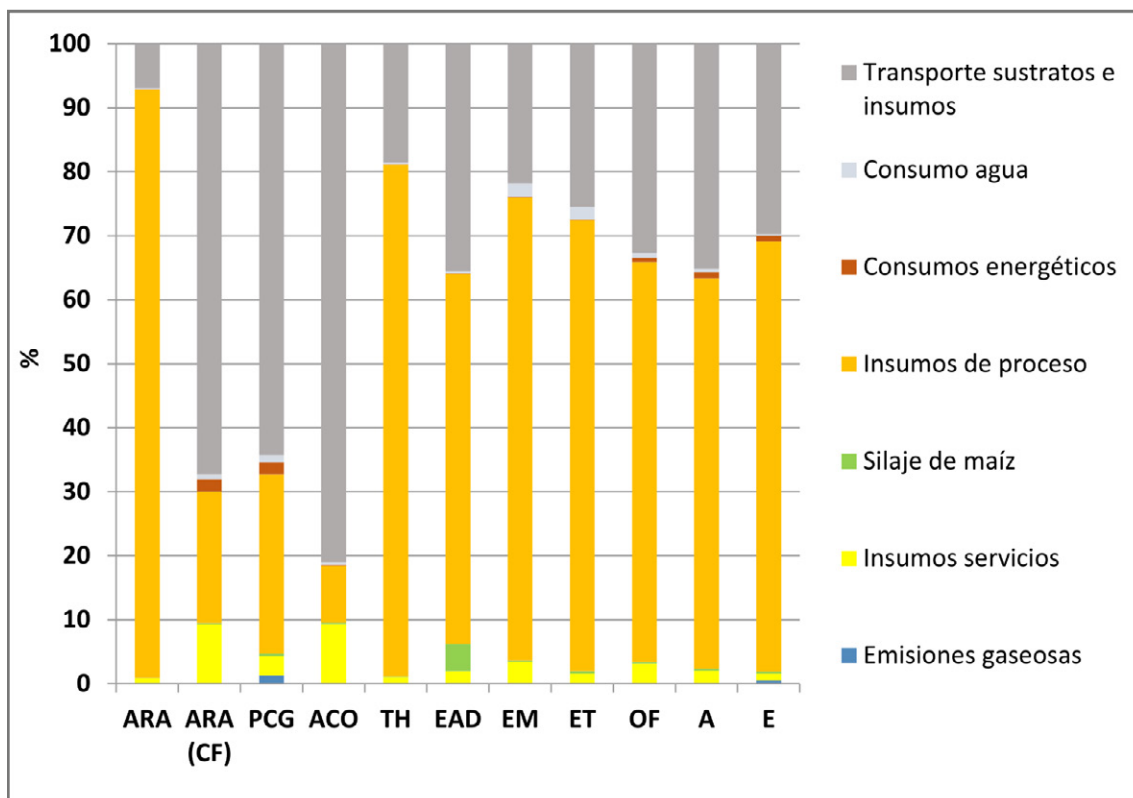


Figura 2. Perfil ambiental de 1 MWh de electricidad. Categorías de impacto evaluadas: ARA: Agotamiento de recursos abióticos; ARA (CF): Agotamiento de recursos abióticos (combustibles fósiles); PCG: Potencial de calentamiento global; ACO: Agotamiento de la capa de ozono; TH: Toxicidad humana; EAD: Ecotoxicidad de agua dulce; EM: Ecotoxicidad marina; ET: Ecotoxicidad terrestre; OF: Oxidación fotoquímica; A: Acidificación; E: Eutrofización.

REFERENCIAS

- Fantin, V., Giuliano, A., Manfredi, M., Ottaviano, G., Stefanova, M., & Masoni, P. (2015). Environmental assessment of electricity generation from an Italian anaerobic digestion plant. *Biomass and Bioenergy*, 83, 422–435. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.10.015>
- Hijazi, O., Munro, S., Zerhusen, B., & Effenberger, M. (2016). Review of life cycle assessment for biogas production in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1291–1300. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.013>
- IPCC. (2019). Refinamiento de las guías directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici (eds.)). IPCC, Suiza. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- ISCC (2017). Guidance for the certification of biogas and biomethane. <https://iscc-system.org/wp-content/uploads/2017/02/ISCC-Guidance-Document-201-3Biogas-and-biomethane.pdf>
- ISO. (2006a). 14040: Environmental Management, Life Cycle Assessment, Principles and Framework. In International Organization for Standardization.
- ISO. (2006b). ISO 14044: Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida, Requisitos y Directrices. In International Organization for Standardization.
- Mezzullo, W.G., McManus, M.C. & Hammond, G.P. (2013). Life cycle assessment of a small-scale anaerobic digestion plant from cattle waste. *Appl. Energy* 102, 657-664.
- Manosalva, J.A., Hilbert, J, Schein, L. y Galbusera, S. 2018. “Análisis de ciclo de vida de la producción de maíz en la provincia de Córdoba”. *Actas del VII Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VI Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica*. <https://7e49cee6-3c69-47a1-b567-687e68cef641.filesusr.com/ugd/4e323e-997bb4f62cf14743953fc03b051a4f8e.pdf>
- Stucki, M., Jungbluth, N., & Leuenberger, M. (2011). Life cycle assessment of biogas production from different substrates. Final report. Bern: Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications, Federal Office of Energy.
- Unión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida). *Diario Oficial de La Unión Europea*, 328, 82-209.

S-LCA. AVANCES, APLICACIONES EN EL SECTOR ENERGÉTICO Y APORTES PARA PLANIFICAR MEJOR LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE UNA EXPLORACIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA METODOLOGÍA VIGENTE.

Duilio CALCAGNO^{1,2*}, Bárbara CIVIT^{1,2} y Pablo ARENA^{1,2}

^{1*} Grupo CLIOPE, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza Avenida Carlos Thays 310, Ciudad de Mendoza, 2615244693, aparena@gmail.com).

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

RESUMEN

La penetración de las cuestiones energéticas en la vida cotidiana de los centros urbanos, en las infraestructuras y en todos los sectores industriales, muestran el grado de complejidad energética inherente a las sociedades modernas. Al mismo tiempo, los impactos de los procesos que tienen que ver con el aprovechamiento y la distribución de bienes y servicios energéticos se hacen cada vez más evidentes. Generalmente, el análisis de estos impactos se concentra en los efectos que tienen los sistemas energéticos actuales sobre el cambio climático global dado el peso que tienen en materia de emisiones de gases de efecto invernadero, aunque existen también otras preocupaciones en materia de sostenibilidad. En efecto, los gobiernos nacionales y las empresas energéticas han entendido la transición energética fundamentalmente como el paso hacia sistemas energéticos que impliquen cada vez menores efectos en términos climáticos a partir de la reducción del uso de combustibles fósiles y el incremento del aprovechamiento de energías renovables. Estos cambios se sostienen en estrategias de planificación energética, las cuales frecuentemente soslayan las dimensiones sociales de los sistemas energéticos. En este sentido, dada la presencia determinante de los servicios energéticos modernos en las prácticas sociales actuales, la modificación de los mismos tendrá un notable impacto en la vida comunitaria tal y como la concebimos actualmente. A su vez, ello resultará en el apoyo o el rechazo a los cambios por parte de diversos sectores de interés, lo cual indudablemente condicionará las posibilidades, la escala y la velocidad de las transformaciones energéticas. Por ello, se está volviendo cada vez más necesario considerar los impactos de distinto tipo que tiene la producción y uso de energía, en tanto es una de las tantas actividades propias de las sociedades industriales. Es aquí donde radica la relevancia del Análisis de Ciclo de Vida (LCA) y del Análisis Social de Ciclo de Vida (S-LCA) aplicados a la producción y consumo de energía. El desarrollo de S-LCA comenzó con retraso respecto del análisis ambiental de ciclo de vida, por lo que su grado de desarrollo es más incipiente. El S-LCA se enfoca solamente en los impactos sociales y sociológicos a través de una serie de categorías aplicadas al impacto y a las tipologías de tomadores de decisión. Metodológicamente, por su parte, el S-LCA se encuentra en constante evolución. De hecho, algunos años después de la publicación de las Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products (2009), se produjeron revisiones en términos metodológicos y se impulsó el trabajo sobre nuevos proyectos piloto. Es así que, en 2020 fueron publicadas las UNEP 2020 Guidelines of Social Life Cycle Assessment, las cuales incluyeron la posibilidad de combinar el análisis social de ciclo de vida de un producto con el de una organización social. En 2021, aparecieron las Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA) y, recientemente, se publicaron los resultados de los proyectos piloto analizados bajo la metodología S-LCA (2022) luego de un trabajo de tres años. Este recorrido, ha definido metodológicamente la existencia de seis categorías de tomadores de decisión y cuarenta subcategorías (Tabla 1). En el marco de esta evolución, el presente trabajo se propone explorar el estado del arte sobre la aplicación del S-LCA en el ciclo de vida de distintas fuentes de energía a partir de un rastreo de artículos científicos en buscadores especializados (Scencedirect, Dimensions y Google Scholar). Se exploran las principales propuestas metodológicas, y el alcance temático y geográfico de los casos analizados, con énfasis en los estudios sobre países del Sur Global, analizando particularmente el impacto de los últimos desarrollos metodológicos mencionados en este campo de estudio. Posteriormente, debido a la relevancia que

está adquiriendo la transición energética en las políticas y en los propios sistemas energéticos, el trabajo se enfoca en proponer recomendaciones para propiciar la aplicación de categorías de impacto en la planificación energética a nivel nacional, lo cual se considera prioritario para la transición en esta materia y para el éxito de las estrategias que tienden a fomentar productos y servicios energéticos más sostenibles. Entre los principales resultados, se muestra la todavía incipiente situación de los estudios de S-LCA en el sector energético (Tabla 2) y la necesidad de profundizar en este sentido, al tiempo que se resalta que existen antecedentes de aplicación del S-LCA desde metodologías y enfoques propios de ciencias sociales. Las conclusiones avanzan sobre propuestas en este sentido, particularmente sobre las posibilidades de aplicación de indicadores de impacto y la consideración de categorías de tomadores de decisión en la planificación energética, para lo cual se recomienda que los aportes metodológicos del S-LCA sean combinados con teorías que aborden los cambios y permanencias socio-tecnológicos.

Tabla 1

Stakeholder categories	Worker	Local community	Value chain actors (not including consumers)	Consumer	Society	Children
Subcategories	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freedom of association and collective bargaining 2. Child labor 3. Fair salary 4. Working hours 5. Forced labor 6. Equal opportunities / discrimination 7. Health and safety 8. Social benefits / social security 9. Employment relationship 10. Sexual harassment 11. Smallholders including farmers 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Access to material resources 2. Access to immaterial resources 3. Delocalization and migration 4. Cultural heritage 5. Safe and healthy living conditions 6. Respect of indigenous rights 7. Community engagement 8. Local employment 9. Secure living conditions 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fair competition 2. Promoting social responsibility 3. Supplier relationships 4. Respect of intellectual property rights 5. Wealth distribution 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Health and safety 2. Feedback mechanism 3. Consumer privacy 4. Transparency 5. End-of-life responsibility 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Public commitments to sustainability issues 2. Contribution to economic development 3. Prevention and mitigation of armed conflicts 4. Technology development 5. Corruption 6. Ethical treatment of animals 7. Poverty alleviation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Education provided in the local community 2. Health issues for children as consumers 3. Children concerns regarding marketing practices

Fuente: Benoît et al (2020)

Tabla 2

Buscador	Criterio					
	"Social Life Cycle Assessment"		"Social Life Cycle Assessment Energy"		"S-LCA Energy"	
ScienceDirect	Title, abstract, keywords: 1278 resultados	Title: 62 resultados.	Title, abstract, keywords: 508 resultados.	Title: 4 resultados.	Title, abstract, keywords: 62 resultados.	Title: 1 resultado.
Dimensions	Title, abstract: 3,668 resultados.	Title: -	Title, abstract: 1007 resultados	Title: -	Title, abstract, keywords: 204 resultados.	-
Google Scholar	Title, abstract: -	Title: 589 resultados.	Title, abstract: -	Title: 28 resultados.	Title, abstract: -	Title: 0

Palabras clave: S-LCA, Metodología, Energía, Transición Energética.

REFERENCIAS

- Benoît C. y Mazijn B. (eds). (2009). Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. UNEP.
- Cadena, E., Rocca, F., Gutierrez, J., y Carvalho, A. (2019). Social life cycle assessment methodology for evaluating production process design: Biorefinery case study. *Journal of Cleaner Production*, 238, 1-14.
- Joergensen A., Le Bocq A., Nazarkina L., Hauschild M. (2007). Methodologies for social life cycle assessment. *Int J Life Cycle Assess*, 13 (2), 96-103.
- Benoît, C., Traverso, M., Neugebauer, S., Ekener, E., Schaubroeck, T., Russo Garrido, S., Berger, M., Valdivia, S., Lehmann, A., Finkbeiner, M., Arcese, G. (eds.) (2020). Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020. UNEP.
- Traverso, M., Valdivia, S., Luthin, A., Roche, L., Arcese, G., Neugebauer, S., Petti, L., D'Eusanio, M., Tragnone, B.M., Mankaa, R., Hanafi, J., Benoît Norris, C., Zamagni, A. (eds.) (2021). Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment. (S-LCA). UNEP.
- Traverso, M., Mankaa, M. N., Valdivia, S., Roche, L., Luthin, A., Garrido, S. R., Neugebauer, S., (eds) (2022). Life Cycle Initiative. Pilot Projects on Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2022. Life Cycle Initiative and Social Life Cycle Alliance.

Sesión 7: Otros estudios relacionados a ACV y huellas

EJE TEMÁTICO: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

NORMALIZACIÓN Y PONDERACIÓN PARA COMUNICAR RESULTADOS COMPLEJOS DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE DIFERENTES JUEGOS DE SÁBANAS

Maximiliano ZITO^{1*}, Justina GARRO¹

^{1*} INTI (Avenida General Paz N° 5445, B1650WAB, (5411) 4724-6200, consultas@inti.gob.ar
dzito@inti.gob.ar

RESUMEN

ANTECEDENTES

Arredo es una empresa nacional que confecciona y comercializa diversos productos textiles para el hogar. Dentro de sus acciones vinculadas a la sustentabilidad, decidieron llevar cabo un estudio para conocer el impacto ambiental de 15 líneas de sábanas.

PROPÓSITO

Evaluar y comparar los impactos ambientales potenciales de vestir una cama tamaño Queen (1,90 x 1,50 m) a lo largo de un año de uso.

Los productos alcanzados en el presente estudio están confeccionados con telas de diferentes materiales: algodón, poliéster o combinación de ambos en distintos porcentajes. Las telas además poseen distintos acabados, dando lugar a los 15 diferentes tipos de sábanas que comercializa actualmente la firma.

METODOLOGÍA

Se utilizó la herramienta de análisis de ciclo de vida (ACV) conforme a las normas ISO 14040:2006(1) y 14044:2006(2). El trabajo tuvo un alcance de la cuna a la tumba, es decir que abarcó desde la extracción de las materias primas necesarias para fabricar las sábanas hasta su disposición final, pasando por su fabricación, distribución y uso por parte del cliente.

El sistema producto analizado es complejo en su alcance territorial y cantidad de posibles circuitos alternativos, contando con diversos orígenes de materia prima, confecciones de telas y acabados diferentes, 4 plantas de fabricación de sábanas, más de 10 posibles circuitos de distribución. Asimismo, se adiciona la gran variabilidad en el modo de uso del usuario final, para lo cual se llevaron a cabo encuestas a clientes de Argentina y Uruguay para relevar la vida útil y modos de lavado, entre otros parámetros de interés.

Teniendo en cuenta esta amplitud de posibles combinaciones, y de manera de poder mostrar a la empresa la variación en los impactos ambientales potenciales del ciclo de vida de la sábana en diferentes situaciones, se decidió optar por una metodología de normalización y ponderación de resultados, pasos que forman parte de la fase de un ACV pero que son opcionales.

Se seleccionó el método de evaluación de impacto ILCD 2011 Midpoint, publicado por el Joint Research Centre de la Comisión Europea en 2011(3). Incluye 16 categorías de impacto ambiental y cuenta con la posibilidad de normalizar y ponderar resultados de acuerdo con la percepción subjetiva de las diferentes categorías de impactos por la sociedad europea (4). Este método lo desarrolló el mismo Centro de la Comisión Europea, y permite expresar los resultados de un ACV agregando los resultados hasta una sola puntuación, dando diferente peso a cada categoría de impacto ambiental.

PRINCIPALES HALLAZGOS

En el trabajo se presentó el impacto potencial de uso de una sábana promedio en un año, así como los circuitos en donde se presenta el máximo y el mínimo impacto.

Para una sábana promedio, el estudio concluyó que la etapa del ciclo de vida que genera más impactos ambientales es la etapa de uso, con un peso para un escenario de base de un 63%, y afectado en su mayoría por la energía utilizada en el lavado. Esto es independientemente del tipo de tela y origen. Por lo tanto, se hace muy relevante actuar sobre los hábitos de lavado, secado y planchado. Se estudiaron distintas conductas del usuario, observando que un hábito de uso más eficiente puede reducir los impactos ambientales en esta etapa en un 93%.

La segunda etapa en orden de importancia es la confección de las telas, con un 31% de aporte a todo el ciclo de vida. Hay tres factores relevantes: el tipo de hilado, su acabado y su transporte desde el origen hasta las plantas de fabricación. En relación al primer factor, la tela de satén genera un 147% de impactos ambientales más que el promedio de las telas evaluadas. Por otro lado, la tela de Algodón/Poliéster demostró ser la más amigable con el medio ambiente, generando 56% menos de impactos en relación al promedio de telas. Respecto de los acabados, el acabado con teñido es el que posee mayor impacto ambiental potencial, 97% superior al blanqueo y 17% al estampado. Por último, en relación al transporte de las telas, con un 4% de peso en el escenario de base promedio, traer una tela de satén desde China para su confección en La Rioja genera un 287% más de impactos ambientales que traer una tela de Algodón/Poliéster desde Pakistán para su confección en Uruguay.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Se puso de manifiesto la importancia de la Ponderación y Normalización para agregar información con el objetivo de mejorar la utilidad práctica de las evaluaciones de ACV y para transmitir de manera clara y efectiva resultados complejos. Cualquier esquema de ponderación no se basa principalmente en las ciencias naturales, sino que implica inherentemente preferencias políticas, culturales y de los sistemas de valores. Luego, se pone en discusión la necesidad de contar con una metodología regionalizada, de manera que la ponderación y normalización sean más representativas de la realidad nacional.

Palabras clave: consignar hasta 5 palabras clave separadas por comas.

REFERENCIAS

- ISO 14040:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.
- ISO 14044:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.
- European Commission-Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook- Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. First edition November 2011. EUR 24571 EN. Luxemburg. Publications Office of the European Union; 2011
- Sala S., Cerutti A.K., Pant R., Development of a weighting approach for the Environmental Footprint, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-68042-7, EUR 28562, doi 10.2760/945290

Análisis de ciclo de vida, Normalización, comunicación impactos ambientales, Arredo, sábanas

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA APLICADO A NANOMATERIALES PARA REMEDIACIÓN AMBIENTAL: EXPLORACION DE LA LITERATURA CIENTIFICA VIGENTE

Julietta CRESPI^{1,2}, Víctor Nahuel MONTESINOS^{2,3} y Natalia QUICI^{2,3*}

¹Instituto Sabato, UNSAM-CNEA, Av. Gral. Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, 005411-4839-6826

²Centro de Tecnologías Químicas, Depto. de Ingeniería Química, UTN-FRBA, Medrano 951, CABA

^{3*}Gerencia Química, CNEA, CONICET, Av. Gral. Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, 005411-4839-6822

natalia.quici@gmail.com

RESUMEN

La nanotecnología hace foco en el empleo de los nanomateriales (NM) para aplicaciones prácticas beneficiándose de las propiedades brindadas por las características diferenciales de los materiales de tamaño nanométrico. En los últimos tiempos, la aplicación de NM ha crecido rápidamente en distintas disciplinas y la nanotecnología forma parte de un grupo de seis tecnologías identificadas como facilitadoras clave para aumentar la innovación industrial para abordar los desafíos sociales y crear economías avanzadas y sostenibles (EUON 2022 y European Commission 2022). En sus aplicaciones medioambientales, el empleo de NM ha surgido como una herramienta importante para la remediación ambiental, incluso permitiendo obtener agua potable (Litter y col. 2018).

Debido a su tamaño, los NM presentan propiedades fisicoquímicas, eléctricas y mecánicas únicas, muy diferentes de las que poseen los mismos materiales en tamaño micro o macro. Estas particularidades hacen que el análisis de ciclo de vida (ACV) no pueda realizarse fehacientemente empleando las mismas bases de datos y criterios de distribución y estabilidad en el tiempo que para los materiales que no son nanoparticulados.

En 2012, Gavankar y col. evaluaron cómo se realizaba el ACV para NM. Observaron que, incluso cuando había mucha literatura que promovía el ACV para los NM, los pocos estudios realizados cubrían sólo una parte del ciclo de vida, pero ninguno de ellos lograba evaluar los efectos nano-específicos del destino, el transporte o la toxicidad; esto se atribuyó principalmente a la falta de datos disponibles para ese propósito. Nizam y col. (2021) señalaron como deficiencias la falta de factores de caracterización nano-específicos, de datos de inventario del ciclo de vida promedio de los NM y la ausencia de unidades funcionales que consideren las diversas funcionalidades de los nanomateriales. Está claro que la aplicación de ACV a los nanomateriales representa un gran desafío porque su tamaño y propiedades únicas pueden conducir a un impacto ambiental mal evaluado. Como indicaron Miseljic y Olsen (2014), la posible liberación de nanopartículas (NP) en un ciclo de vida de los NM se enfrenta a la incertidumbre de su efecto potencial cuando se incorporan a los organismos vivos.

Construir inventarios de ciclo de vida (ICV) y evaluaciones de impacto de ciclo de vida (EICV) robustos para NM impone un desafío más difícil que para los materiales a granel debido a la falta de datos nano-específicos sobre propiedades fisicoquímicas, vías de liberación, factores de caracterización de toxicidad y modelos integrados de destino, transporte y toxicidad. Se ha sugerido la combinación o modificación de ACV con análisis de riesgo o técnicas de análisis de decisiones de criterios múltiples para realizar evaluaciones de toxicidad. Gilberston y col. (2015) indicaron la necesidad de un trabajo coordinado entre los modeladores de ACV y los experimentadores para mejorar los datos sobre la ecotoxicidad humana y acuática. Su trabajo también destaca que los estudios de ACV realizados en NM se extienden sólo a los límites de cradle-to-gate (de la cuna a la

puerta) sin incluir las consideraciones del final de la vida útil. Esta limitación en la extensión de ACV está relacionada no sólo con la falta de datos de inventario sino también con la incertidumbre en el uso y las etapas de fin de vida. Así, la aplicación de ACV a NM para la remediación ambiental es escasa y limitada.

El análisis bibliográfico de los trabajos sobre ACV aplicado al tratamiento de aguas con NM reveló que el tema se encuentra poco explorado. Mientras que muchos trabajos analizan el impacto de la producción de NM, en un enfoque de límites cradle-to-gate, según nuestro relevamiento, sólo en diez trabajos se realizan ACVs que cruzan el límite de la “puerta” teniendo en cuenta, al menos, la aplicación de NM en el tratamiento de agua para consumo humano.

Los trabajos de ACV para NM aplicados en remediación ambiental son escasos y la mayoría de ellos corresponden a procesos de tratamiento de agua en escala de laboratorio. Un extenso análisis de la literatura evidencia que el tema aún se encuentra en sus primeras etapas, pero también que existe un interés genuino en la comunidad científica por realizar un análisis más riguroso y formal del impacto ambiental de los NM para el tratamiento del agua. En este contexto, existe un alto grado de heterogeneidad dentro de los trabajos, donde se utilizan diferentes metodologías ACV, software y categorías de impacto, todo ello reforzado por la ausencia de guías nano-específicas, inventarios y conocimientos consolidados sobre la distribución y transformación química de los NM. Por lo tanto, los trabajos realizados hasta el momento se centran en lo que se puede estimar razonablemente en lugar de lo que es específicamente relevante para los impactos ambientales y humanos de los NM.

Palabras clave: nanomateriales, nanotecnología, remediación ambiental, limitaciones, áreas de vacancia.

REFERENCIAS

- EUON, general information, Nanomaterials. <https://euon.echa.europa.eu/general-information> (acceso el 16/9/2022).
- European Commission, [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/topic/accelerating-technological-change-hyperconnectivity/key-enabling-technologies-ketsen#:a:text=Key%20Enabling%20Technologies%20\(KETs\)%20%E2%80%93,creating%20advanced%20and%20sustainable%20economies](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/topic/accelerating-technological-change-hyperconnectivity/key-enabling-technologies-ketsen#:a:text=Key%20Enabling%20Technologies%20(KETs)%20%E2%80%93,creating%20advanced%20and%20sustainable%20economies) (acceso el 16/9/2022).
- Litter, M.I., Quici, N., Meichtry, M. (Editores). (2018). Iron nanomaterials for water and soil treatment. Pan Stanford Publishing.
- Gavankar, S., Suh, S. y Keller, A.F. (2012). Life cycle assessment at nanoscale: review and recommendations. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 295-302.
- Gilbertson, L.M., Wender, B.A., Zimmerman, J.B. y Eckelman, M.J. (2015). Coordinating modelling and experimental research of engineered nanomaterials to improve life cycle assessment studies. *Environmental Science: Nano*, 2, 669-682.
- Miseljic, M. y Olsen, S.I. (2014). Life-cycle assessment of engineered nanomaterials: a literature review of assessment status. *Journal of Nanoparticle Research*, 16, 2427.
- Nizam, N. U. M., Hanafiah, M. M., y Woon, K. S. (2021). A Content Review of Life Cycle Assessment of Nanomaterials: Current Practices, Challenges, and Future Prospects. *Nanomaterials*, 11(12), 3324-3351.

ANÁLISIS MULTICRITERIO Y SIG COMO HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE DECISIONES GEOPOLÍTICAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Bárbara CIVIT¹, Gustavo ALMEIRA², Mauricio BUCCHERI², Víctor BURGOS²,
Martín CAVAGNARO², Paula AMICO², Rocío HERNÁNDEZ², Luciano LÓPEZ²,
Adriana MARIANI², Leandro MARTÍN²,
José Pozzoli², Santiago RUIZ² y Ana Paula SALCEDO²

^{1*} Facultad Regional Mendoza/CONICET, Universidad Tecnológica Nacional, Rodríguez 273, 5500,
Mendoza, Argentina, bcivit@frm.utn.edu.ar

²Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino, Belgrano 210 (M5500FIF) Mendoza, Argentina.
Teléfono:(54 261) 428-8251. Correo electrónico: huella-scra@ina.gob.ar

RESUMEN

El riesgo empresarial relacionado con el agua indica que la huella hídrica está comenzando a intervenir en las estrategias comerciales, que, a su vez, pueden influir en la formulación de políticas hídricas coherentes y consistentes en los diversos sectores comerciales (Junguo Liu y Stuart Orr, 2010). El enfoque de la Water Footprint Network (Hoekstra et al. 2011) es muy adecuado cuando se quiere cuantificar la huella hídrica personal, de un grupo de personas, o bien, como herramienta de apoyo en planificación estratégica de asignación y ordenación de recursos hídricos y en políticas públicas y gobernanza del agua con una mirada netamente ambiental del problema. Sin embargo, actualmente a los criterios ambientales como la huella hídrica de un producto, se suman criterios de otra índole, dando una visión amplia sobre aspectos cruciales a la hora de tomar decisiones en cuanto a la gestión y manejo de los recursos, entre ellos, el agua. De aquí deriva que los criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) son un conjunto de estándares para las operaciones de una empresa/organización administrativa que los inversores/decisores socialmente conscientes utilizan para evaluar posibles inversiones/acciones. El propósito de este trabajo es identificar regiones productivas que integren la huella hídrica como indicador de consumo de agua, pero acompañada de indicadores socio-económicos y de gobernanza del agua como soporte para la toma de decisiones en políticas hídricas. En este contexto, se propone la aplicación de un enfoque multicriterio y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para obtener un mapa final de aptitud para potenciar la actividad agrícola. Si bien se espera que este proceso pueda emplearse en todo el territorio nacional, abarcando la mayor parte de las actividades productivas, aquí mostramos los resultados obtenidos para el cultivo de ajo en Mendoza y San Juan como caso de aplicación y validación de la propuesta.

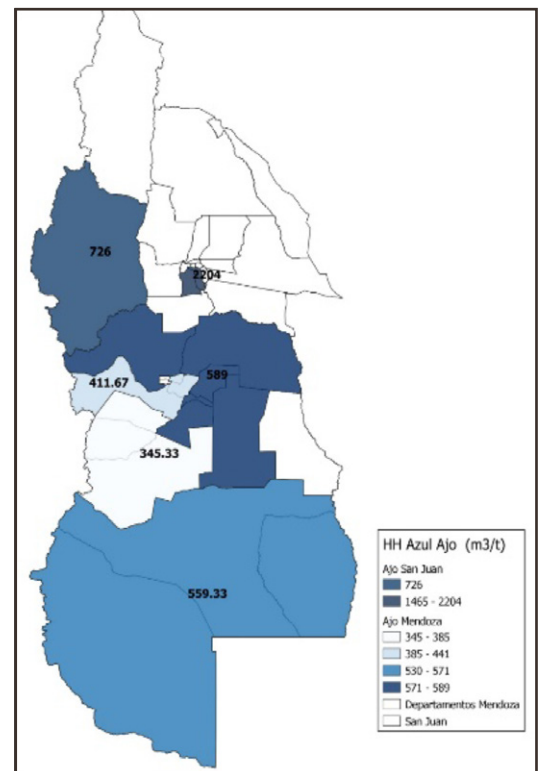


Figura 1. Huella Hídrica azul del cultivo de ajo (m³/tn), por zona productiva de las Provincias de Mendoza y San Juan

En primer término, se llevó a cabo el cálculo de huella hídrica total (verde, azul y gris) para tres grupos de ajos (*Allium sativum* L.) blancos, morados y colorados en las 4 (cuatro) zonas productivas de Mendoza: Noroeste, Valle de Uco, Centro y Sur; y en los 2 (dos) centros productores de ajo de San Juan: Calingasta y Pocitos, ponderada por superficie cultivada (Figura 1).

Luego, el equipo interdisciplinario definió las variables a incluir en el análisis multicriterio y las cuantificó en referencia a la producción de ajo en las dos provincias (Tabla 1 y Figura 2, para el caso de Mendoza).

Tabla 1. Variables consideradas en el análisis multicriterio AHP

Tipo de Variable	Variable	Peso por tipo variable (%)
Físico-ambiental	Huella hídrica (Azul, Verde y Gris)	12
Infraestructura	Cercanía a vías de transporte (rutas Nac. y Prov.)	5
	Cercanía a centros de acopio	
Económica	Eficiencia económica (m ³ /U\$S)	36
Socioeconómica	Demanda laboral (jornales/tn)	12
	Caracterización (tamaño) del productor	
Gobernanza	Acceso físico al agua (cercanía a pozos, calidad de los acuíferos, cercanía a red de riego)	35
	Acceso jurídico al agua (Existencia de comunidades de usuarios, derechos sobre el agua)	

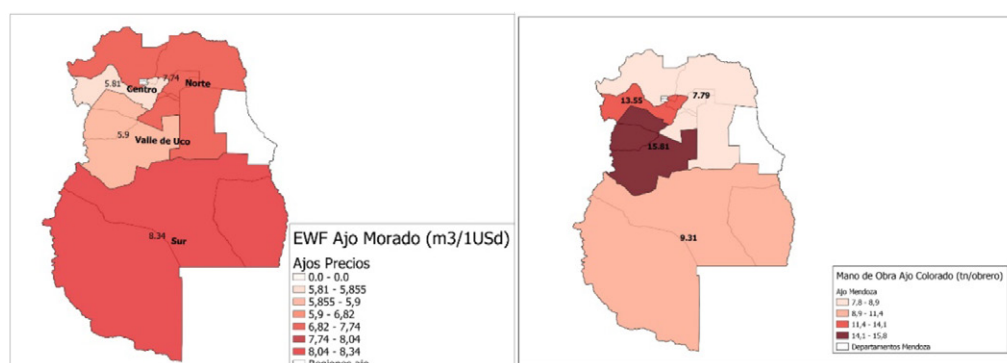
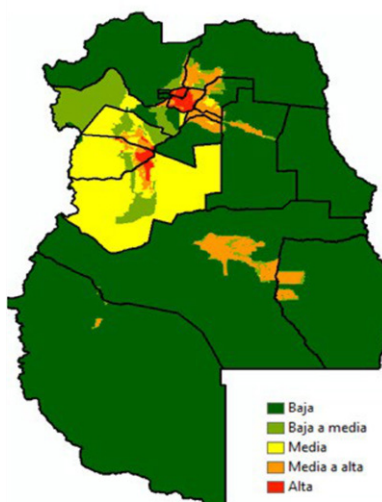


Figura 2. Cuantificación de las variables de Eficiencia económica y Demanda laboral para la provincia de Mendoza

Con la finalidad de poder ponderar las variables para la toma de decisión, se aplicó la metodología del “Proceso de análisis jerárquico (AHP)” de Saaty (Saaty, 1980) y se obtuvo el peso relativo de cada variable que, según los expertos encuestados, las variables económicas, socio-económicas y de gobernanza, presentaron un peso del 70% respecto de las ambientales (Tabla 1).

Este proceso permitió obtener zonas donde existen mejores condiciones para potenciar o impulsar la actividad ajera en las dos provincias consideradas desde el punto de vista de un menor consumo de agua por unidad de producto, con buena accesibilidad logística, disponibilidad de mano de obra, cercanía a los distribuidores de ajo, eficiencia económica y acceso al agua.

A partir de los resultados obtenidos, se puso en evidencia que las variables socio-económicas y de gobernanza son críticas cuando se quieren establecer políticas hídricas en regiones con escasez de agua, demostrando la hipótesis inicial del estudio. Es decir, que el valor de huella hídrica solo no resuelve los desafíos complicados de la gestión del agua, pero se puede complementar el desarrollo de políticas y contribuir a acciones positivas en las cuencas hidrográficas. Finalmente, se puede concluir que los SIG son



una potente herramienta para dar el enfoque territorial de diversas variables en capas de información obteniendo un mapa final de síntesis.

Palabras clave: asignación de agua, huella hídrica, análisis multicriterio, geopolítica, SIG

REFERENCIAS

- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard.
- Orr, M. S., & Liu, J. (2010) Water footprint overview in the governmental, public policy, and corporate contexts. *On the Water Front*, 73.
- Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill,.

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DEL CONSUMO DE AGUA EN LA MINERÍA DEL LITIO EN LA PUNA ARGENTINA⁴

Walter F. DIAZ PAZ^{1,2*}, Paula V. ARIAS ALVARADO¹, Ariela G.J. SALAS BARBOZA^{1,2},
Lucas SEGHEZZO² y Martín IRIBARNEGARAY²

¹Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales,
Avenida Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina.

²Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Avenida Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina.

* Autor de correspondencia: Tel. +54-387-4255516;
e-mail: wfdiaz@conicet.gov.ar

RESUMEN

En Argentina la producción de los minerales estratégicos para la actual transición energética se concentra principalmente en la producción de litio (Murguía, 2022), el cual se obtiene mediante la técnica evaporítica a partir de la explotación de salmuera natural bombeada desde los salares de la Puna (Flexer et al., 2018; Baspineiro et al., 2020). A escala global, Argentina se posiciona como el cuarto país exportador de litio después de Australia, Chile y China (USGS, 2021). Sin embargo, se espera que, en los próximos años con el aumento de las inversiones internacionales en proyectos mineros orientados a la producción del mineral, Argentina se posicione a escala regional como el país líder en exportaciones de litio (SIACAM, 2022). Aumentar la producción de litio a partir del uso de la técnica evaporítica supone, por un lado, intensificar el bombeo de salmuera natural (Flexer et al., 2018), y por otro aumentar también el consumo de agua dulce utilizada durante las diferentes etapas del proceso productivo (Baspineiro et al., 2020). Algunas investigaciones recientes sugieren que la minería del litio podría afectar el balance hidrológico regional de las diferentes cuencas endorreicas de la Puna (Marazuela et al., 2019a; Marazuela et al., 2020), lo cual, según Gajardo y Rodón (2019) podría ocasionar situaciones de salinización de reservorios subterráneos de agua dulce. Pese a esta situación es escaso el conocimiento científico existente en torno al consumo de agua en la minería del litio (Díaz Paz et al., 2022). El objetivo de este trabajo es estimar el consumo de agua en la minería del litio en la Puna Argentina. Para ello se propone cuantificar el indicador de la huella hídrica (HH) tomando como caso de estudio el proyecto Olaroz operado por la subsidiaria argentina Sales de Jujuy S.A. (SdJ), situado en el departamento de Susques, provincia de Jujuy. La hipótesis planteada sostiene que la HH es un indicador apropiado para evaluar los consumos de agua en la minería del litio, que permite estimar de forma integral los volúmenes de agua utilizados e identificar las etapas de producción implicadas.

La estimación de la HH como indicador del consumo de agua se realizó siguiendo la propuesta metodológica realizada por Hoekstra et al. (2011) en el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica. Sobre esta propuesta original, se aplicaron las adaptaciones en el cálculo sugeridas por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), en la Guía Metodológica para el cálculo de la HH en una cuenca (CTA, 2013). Los aspectos técnicos vinculados al proceso de producción llevado a cabo en el proyecto Olaroz, el nivel de producción, los volúmenes y frecuencias de bombeos (tanto de salmuera como agua dulce), se determinaron a partir de la información contenida en el Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAyS), expediente IIA MT0655-134-2018, actualización 2020 y 2021, presentado por la empresa SdJ ante la Secretaría de Minería e Hidrocarburos de la provincia de Jujuy.

⁴Los resultados presentados en este resumen son preliminares y complementarios de un artículo que será publicado en las actas XLVI de La Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) (en revisión), y de una tesina profesional en la Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente.

El volumen total estimado para el indicador de la HH está representado en su totalidad por la HH azul, esto se debe a que el agua que abastece a las plantas y a las diferentes etapas del proceso productivo proviene netamente de fuentes subterráneas. La HH gris se asume como despreciable, ya que debido a las técnicas empleadas para el tratamiento de los efluentes industriales y de los provenientes de instalaciones sanitarias, no se generan residuos líquidos debido a la evaporación total de los mismos.

La HH azul total del ciclo productivo 2021 para el proyecto Olaroz está conformada por la sumatoria de la HH azul debido al consumo de agua dulce y la HH azul debido a la evaporación de salmuera. En términos globales, la HH azul total del ciclo productivo del proyecto Olaroz, se estima en 584,1 m³/t. El 92% del valor global de HH azul está asociado al consumo de salmuera, mientras que, el 8% restante (46,7 m³/t), está implicado directa o indirectamente con el consumo de agua dulce. La preparación de la soda ash para producir la precipitación de los iones Li⁺ bajo la forma de Li₂CO₃ es la actividad que compromete el 54% de la HH azul de agua dulce, el 46% restante se asocia a las actividades de limpieza de las instalaciones, lavado de equipos y productos intermedios al Li₂CO₃ de máxima pureza obtenido en la planta de producción.

La estimación de la HH en el contexto minero de expansión en la producción de litio permitió evaluar e identificar las etapas implicadas en el consumo de agua. La HH es un indicador que tiene la potencialidad de contribuir desde una perspectiva técnica a mejorar la gestión de los recursos hídricos en dicha actividad. Los resultados preliminares obtenidos en este trabajo pueden aportar conocimiento técnico para el análisis comparativo del volumen de agua consumido y la tasa o intensidad de recarga natural de los acuíferos afectados por la minería de litio.

Palabras clave: Huella hídrica, minería del litio, Puna argentina, transición energética

REFERENCIAS

- Baspineiro, C. F., Franco, J., & Flexer, V. (2020). Potential water recovery during lithium mining from high salinity brines. *Science of the Total Environment*, 720, 137523. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137523>
- Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA) y Cosude. (2013). Guía metodológica de aplicación de huella hídrica en cuenca-La Evaluación de la Huella Hídrica en la Cuenca del Río Porce. Editorial: Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. ISBN:978-958-8470-22-1, 121p.
- Flexer, V., Baspineiro, C. F., & Galli, C. I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of the Total Environment*, 639, 1188-1204. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223>
- Gajardo, G., Redón, S. (2019). Andean hypersaline lakes in the Atacama Desert, northern Chile: Between lithium exploitation and unique biodiversity conservation. *Conservation Science and Practice*, 1(9), e94. <https://doi.org/10.1111/csp2.94>
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Routledge. ISBN:978-1-84971-279-8
- Marazuela, M. A., Vázquez-Suñé, E., Ayora, C., García-Gil, A. (2020). Towards more sustainable brine extraction in salt flats: Learning from the Salar de Atacama. *Science of the Total Environment*, 703, 135605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135605>
- Marazuela, M.A., Vazquez Suñé, E., Ayora, C., García Gil, A., Palma, T. (2019a). Hydrodynamics of salt flat basins: The Salar de Atacama example. *Science of the Total Environment* 651, 668- 683.<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.190>
- Murguía, D. (2022). Minerales y materias primas críticas: Potencial y oportunidades para Argentina. *Visión de futuro*, 26(1), 81-104.<https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2021.26.01.003.es>
- Sistema de Información Abierta a la Comunidad Sobre la Actividad Minera en Argentina (SIACAM) (2022). Informe sobre el estado de la minería en Argentina - Anuncios de Inversión en el Sector Minero, mayo 2022. ESTADO DEL SECTOR MINERO SECMIN MAYO 2022 (argentina.gob.ar)
- Transición energética y producción de litio: principales debates y desafíos para la gestión del agua en Argentina. En: Brannstrom, C., Seghezzi L., e Gorayeb, A. eds. (2022), *Metodologias e Abordagens para a Descarbonização Justa na América do Sul*. Universidade Federal do Ceará. ISBN: 978-85-7621-326-0. 460p.
- U.S. Geological Survey, USGS (2021). Mineral commodity summaries 2021: U.S. Geological Survey, 200 p., <https://doi.org/10.3133/mcs2021> ISBN 978-1-4113-4398-6

