

Huella de carbono de la producción de peras argentinas incorporando el secuestro de carbono en las cortinas forestales y los suelos

Romagnoli Sergio^{1*}, Thomas Esteban¹, Bongiovanni Rodolfo¹

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), Argentina

Keywords: Huella Carbono Pera, Remoción cultivos perennes

*Corresponding author. Tel.: +54-299-5200895,

E-mail address: romagnoli.sergio@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

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, 2021). Argentina mantiene una participación del 7% en la producción mundial, liderando la exportación desde el hemisferio sur, seguida por Sudáfrica y Chile (MHFP, 2016).

El marco metodológico referencial del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) constituye un enfoque sistémico y complejo de evaluación del uso, cargas e impactos de todo el intercambio existente entre los sistemas productivos y el ambiente. Con este fin, la metodología emplea inventarios internacionales de referencia de tales intercambios, construidos para los procesos de producción y los productos originados en países desarrollados, con sus especificidades agroecológicas y tecnológicas. Además de ser un requerimiento creciente en muchos mercados de exportación (Conte Grand y D'Elia, 2017), constituye una herramienta para mejorar la sustentabilidad de productos y servicios fronteras adentro. Conocer la huella de carbono de la producción de peras es estratégico tanto para el comercio exterior como para el mercado doméstico.

Existen evidencias, para el caso de la producción agrícola de peras argentinas, de importantes inconsistencias de 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.

MATERIALES Y METODOS

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).

El alcance del presente estudio abarca desde la cuna de los insumos hasta la cosecha del producto en la puerta del establecimiento productor ("chacra") (*from cradle to the farm gate*). 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 seleccionó un paquete tecnológico de nivel medio-alto que corresponde a una producción convencional con alta densidad de árboles (1.250 árboles/ha) y conducción en espaldera con eje

central, recomendado para realizar nuevas plantaciones (INTA, 2004). El sistema de riego considerado es gravitacional por surcos. 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).

El alcance temporal de los inventarios 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.

Para los AVC de cultivos perennes frutícolas, Cerutti et al. (2014) y Alaphilippe et al. (2016) recomiendan utilizar complementariamente unidades funcionales de masa y de superficie a fines de evitar un resultado parcial que presente ecoeficiencias que no se corresponden con la realidad.

Las unidades funcionales (UF) que son analizadas en el presente trabajo son dos:

- UF en unidades de masa: una (1) tonelada de fruta cosechada, en la tranquera del campo.
- UF en unidades de superficie: una (1) hectárea de cultivo de peras durante 25 años.

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.

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

Concepto	Valor	Unidad	Observación
Plantas frutales	1.375	unidades por ha.	1250 unid. año 1 + 10% replante
Plantas cortina forestal	100	unidades por ha.	
Fertilizantes (Nitrógeno)	2.570	kg N – 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 peras	1.025	t/ha. - 25 años	adulto 50 t/ha/año

Tabla 1: Principales características del sistema frutícola evaluado

Las plantaciones arbóreas poseen la capacidad de capturar el CO₂ de la atmósfera, almacenándolo de forma estable en los órganos estructurales de los árboles (troncos, raíces y ramas). A diferencia de los inventarios de ciclo de vida (ICV) de Ecoinvent, 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.

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 *Populus x canadensis* por hectárea.

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 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).

En 2016 se realizó la medición de las variables dasométricas de una cortina rompevientos de álamo euroamericano (*Populus x canadensis* 'Conti 12') de 28 años de edad ubicada en la Estación Experimental Alto Valle de Río Negro del INTA. Las variables medidas fueron el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (Ht) de los individuos de la cortina. El promedio de DAP y Ht fue de 45,5 cm y 30,5 m respectivamente (Cancio Hernán, comunicación personal). Para estimar el volumen de biomasa del fuste se utilizó una ecuación de volumen total con corteza (Vtcc) para álamos deltoides (*Populus deltoides*) cultivados en el Delta del Paraná: $Vtcc=0,06263*DAP^{1,63496}*Ht^{1,31769}$ (Fernandez Tschieder et al., 2011)

A partir de esta ecuación, el Vtcc promedio estimado del fuste es de 1,629 m³/árbol para los álamos de la cortina rompevientos. Luego, teniendo en cuenta las proporciones de biomasa estimadas en las diferentes partes de los árboles (fuste, ramas, brotes y hojas y raíz) de una forestación de álamos deltoides en el Delta del Paraná (Ceballos, 2011), se estimó la biomasa anhidra total dando como resultado un promedio de 0,908 t/árbol.

Para estimar la biomasa acumulada en la cortina forestal hasta los 25 años de edad se utilizaron datos de crecimiento de una forestación de álamos de 21 años ubicada en el Delta del Paraná (Álvarez Javier, comunicación personal). Se utilizaron los datos de incremento anual del DAP durante los últimos años de esa forestación para calcular las proporciones de crecimiento respecto del incremento medio anual del DAP (IMAdap), y a partir de esa información se restó el crecimiento de los últimos tres años de la cortina rompevientos de 28 años de edad. Por lo tanto, la biomasa total estimada para la cortina forestal de 100 álamos a los 25 años de edad es de 81,45 t/ha. A partir de este valor, y considerando el factor que permite convertir el valor de toneladas de biomasa anhidra a toneladas de CO₂ equivalente (1,8), se estima que los álamos de la cortina rompevientos considerada en el modelo productivo tiene un potencial de secuestro de **146,62 t CO₂eq/ha**.

La vida útil de las cortinas forestales supera largamente el periodo de alcance del trabajo, generalmente supera los 50 años, por lo que el carbono retenido en la madera de los álamos continúa en el sistema en forma de envases (p.e. bins), postes para espalderas del monte frutal o en construcciones.

RESULTADOS

A continuación se cuantifican las emisiones GEI asociadas a la producción de un monte de peras en todo el ciclo de vida definido (25 años), considerando los iniciales años improductivos o de baja producción necesarios para la formación de la estructura productiva, y su estado adulto o de plena producción.

Los valores de emisión de GEI se presentan en la Tabla 2, considerando el ciclo completo del cultivo (25 años), estimados de acuerdo a las dos unidades funcionales del presente trabajo. En la segunda columna se expresa en unidad funcional de área y en la tercera columna en unidad funcional de masa.

Concepto	U.F. Área t CO ₂ eq ha ⁻¹	U.F. masa kg CO ₂ eq t fruta ⁻¹
Plantas y estructura apoyo	2,220	2,17
Fertilizantes	30,168	29,43
Fitosanitarios	12,275	11,98
Combustibles	48,968	47,77
Total	93,630	91,35

Tabla 2: Emisiones CO₂eq para ciclo completo de cultivo

En la Tabla 3 se presenta la huella de carbono para una hectárea de pera en ciclo completo de 25 años, de acuerdo al alcance definido en el trabajo. Puede observarse que se han integrado los efectos relacionados con el uso de los insumos para el cultivo durante todo período, el carbono secuestrado en las cortinas forestales y el carbono secuestrado en los suelos.

Concepto	t CO ₂ eq ha ⁻¹ 25 años	kg CO ₂ eq t producto ⁻¹	Observación
Insumos	93,63	91,35	Emisión
Cortinas Rompevientos	-146,62	-143,04	Remoción
Suelos	-33,65	-32,82	Remoción
HC	-86,64	-84,51	Secuestro neto

Tabla 3: Huella de carbono ciclo completo 25 años (UF área y UF masa)

La huella de carbono para una hectárea de peras en 25 años de cultivo, resulta una remoción neta de **86,64 t CO₂ eq ha⁻¹**. Las emisiones correspondientes a los insumos de producción, **93,63 t CO₂ eq ha⁻¹** son compensadas por las remociones en biomasa de las cortinas forestales (**146,62 t CO₂ eq ha⁻¹**), y el incremento de carbono en suelos (**33,65 t CO₂ eq ha⁻¹**).

Considerando la UF de masa, la huella de carbono de una tonelada de peras, implica una remoción neta de **84,51 t CO₂eq t fruta⁻¹**. Las emisiones correspondientes a los insumos de producción, **91,35 t CO₂eq t fruta⁻¹** son compensadas por las remociones en biomasa de las cortinas forestales (**143,04 t CO₂eq t fruta⁻¹**), y el incremento de carbono en suelos (**32,82 t CO₂eq t fruta⁻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 de producción frutícola.

Por lo tanto, puede concluirse que la etapa de producción agrícola de peras en sistemas de alta densidad de la región genera un importante beneficio en materia de cambio climático. 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, seguramente serán obtenidos valores de remoción de GEI superiores para la producción frutícola en esta región.

Bibliografía

Alaphilippe, A., Boissy, J., Simon, S., & Godard, C. 2016. Environmental impact of intensive versus semi-extensive apple orchards: use of a specific methodological framework for Life Cycle Assessments (LCA) in perennial crops. *Journal of Cleaner Production*, 127, 555–561.

CAR (2005) Censo Provincial de Agricultura Bajo Riego de la provincia de Río Negro.

Ceballos, D.S. 2011. El reemplazo de pastizales anegadizos por plantaciones de álamos con suelos drenados en el Bajo Delta del río Paraná: cambios físicos y biogeoquímicos en el suelo y el ecosistema. Tesis de Magister Scientiae en área Recursos Naturales, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Cerutti A.K., Beccaro G., Bruun S., Bounous G., Bosco S., Donno D., Notarnicola B. 2014. Life cycle assessment application in the fruit sector: State of the art and recommendations for environmental declarations of fruit products. *Journal of Cleaner Production*. Vol 73 (125-135).

Conte Grand M., D'Elia V. 2017. Impacto potencial de las restricciones europeas por "fuga de carbono" en las exportaciones de América Latina (Nota técnica del BID;1232).

Fernández Tschieder, E.; Fassola, H. E ; García Cortés, M. 2011. Ecuación de volumen total para *Populus deltoides* de plantaciones del Bajo Delta del Paraná. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. Vol. 37 / N°2 (172-179)

Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro Regional Patagonia Norte, EEA Alto Valle de Río Negro. 2004. Pautas tecnológicas: frutales de pepita. Manejo y análisis económico financiero. Estación Experimental Agropecuario Alto Valle. Centro Regional Patagonia Norte. 132 pp.

Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro Regional Patagonia Norte, EEA Alto Valle de Río Negro. 2010. Pera Williams: Manual para el productor y empacador, ISBN: 978-987-25872-0-8.168pp

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.

Mendía, J., Jockers, E., González, A., Percz, Z., Forquera, J., Sheridan, M. 2017. Balance del carbono en chacras regadas del Valle de Río Negro, Argentina. Ponencia presentada en el Tercer Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental, Santa Fe, Argentina.

Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la República Argentina (MHFP). 2016. Informe de cadena de valor frutícola Pera y Manzana. Año 1. N°23.

Romagnoli S., Thomas E. 2021. Análisis 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*. (pp 118-122). Buenos Aires, Argentina.

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). 2022. Anuario Estadístico 2021 – Centro Regional Patagonia Norte. Argentina . ISBN 2545-8124. 134 pp.

Villarreal P., Leskovar M., Malaspina M., Zubeldía H., Avella B., Boltshauer V. 2011. Balance Regional 2010 Complejo manzana y peras del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue.