



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

**Tema Gerador 9**

Manejo de Agroecosistemas  
e Agricultura Orgânica



## **Huella de carbono en agroecosistemas de hoja caduca**

*Carbon footprint in deciduous agroecosystems*

DUSSI, M. Claudia; FERNÁNDEZ, Cristina; FLORES, Liliana.

Grupo de Estudio de Sustentabilidad en Agroecosistemas Frutícolas (GESAF). Cátedra de Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. Ruta 151 Km 12,5. CC 85. Cinco Saltos, (8303) Río Negro, Patagonia Argentina. e-mail: gesaf.unco@gmail.com

**Eje temático:** Manejo de Agroecosistemas y Agricultura Orgánica

### **Resumen**

El sector agropecuario posee una alta demanda energética y como consecuencia emite 17 a 32% de las emisiones de gases de efecto invernadero mundiales. Las formas preponderantes de energía utilizada en la agricultura son el combustible de origen fósil, fertilizantes y energía eléctrica. La huella de carbono, HC, es un indicador eficiente para cuantificar las emisiones generadas e identificar las etapas productivas con mayor aporte. El objetivo fue determinar la huella de carbono e identificar las labores culturales con mayor emisión en la producción orgánica de manzanas. Se analizaron las emisiones directas y se clasificaron las labores culturales en función de la época del año. Las emisiones directas fueron de 1647,41 kg.CO<sub>2</sub>eq/ha, de las cuales el 77% corresponde a las labores culturales realizadas durante la época primavera-verano. El valor de HC fue de 0,072 Kg.CO<sub>2</sub>eq/Kg. manzana. Estos Resultados son los primeros valores registrados para la zona productora de manzanas del Alto Valle de Río Negro, Patagonia, Argentina.

**Palabras claves:** Agroecología, gases de efecto invernadero, fruticultura, *Malus domestica*

### **Abstract**

The agricultural sector has a high energy demand and consequently emits 17-32% of global greenhouse gas emissions. Predominant forms of energy used in agriculture are fossil fuel, fertilizers and electric energy. The carbon footprint (CF) is an efficient indicator to quantify the emissions generated and to identify the productive stages with greater contribution. The objective of this work was to determine the carbon footprint and to identify the cultural practices with greater emission in an organic apple production orchard. Direct emissions were analyzed and cultural work was classified according to the time of the year. Direct emissions were 1647.41 kg.CO<sub>2</sub>eq/ha, of which 77% corresponded to the cultural work performed during the spring-summer season. The CF value was 0.072 kg CO<sub>2</sub>eq/Kg apple. These results are the first recorded values for the apple production area of Rio Negro Upper Valley, Patagonia, Argentina.

**Keywords:** Agroecology, greenhouse gases, deciduous fruits, *Malus domestica*

### **Introducción**

Existe una relación directa entre el uso de energía y las emisiones de GEI, dado que al aumentar el uso de energía en la producción de alimentos también lo hacen las emisiones de GEI derivadas de la actividad (Soltani *et al.*, 2013). Proietti *et al.*, (2014) en el cultivo de olivo (*Olea europea*), detectaron que el mayor impacto se produce en



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica



las operaciones mecanizadas; Salehi *et al.*, (2016) señalan que en la producción de almendra (*Prunus amygdalus*) los factores más influyentes fueron con 79,99 % el uso de combustible diesel; y Yáñez Espinoza (2010) estimó que para manzanas cv. Royal Gala, el uso de fertilizantes nitrogenados y el consumo de combustible implicaron el 60% de las emisiones de GEI en la etapa de producción del cultivo. Wittneben y Kiyar (2009) consideran a la huella de carbono (HC) un indicador capaz de sintetizar los impactos antrópicos y Wright *et al.*, (2011) destacan su utilidad en la gestión de las emisiones de GEI, dada su aplicación en la cuantificación de la eficiencia energética y su impacto en los costos operacionales de las empresas (Fernández, 2017; Wittneben y Kiyar, 2009). La PAS 2050 es una guía metodológica para el cálculo de la HC, enmarcada en los análisis de ciclo de vida (Sinden, 2009). Es específica y adecuada para determinar la HC de productos y servicios del sector agropecuario (Armijo, 2012) al facilitar la identificación de las fuentes de emisiones utilizadas, analizar su magnitud y permitir reducir las emisiones innecesarias. La HC se ha convertido en una herramienta multipropósito, por un lado se emplea en la gestión de carbono para lograr la reducción de emisiones de GEI a partir de la reducción del consumo energético (Ewing *et al.*, 2012); se utiliza para comunicar los impactos generados por la actividad (Zervas y Tsiplakou, 2012); y como estrategia de diferenciación de mercado en una economía integrada al comercio exterior y con consumidores inclinados a consumir alimentos saludables y producidos de manera respetuosa con el ambiente (González y Carlsson-Kanyama, 2008). El objetivo del presente estudio fue determinar la HC de la producción de manzanas identificando las labores culturales con mayor emisión en un agroecosistema frutícola de hoja caduca con manejo orgánico.

## Metodología

En la región del Alto Valle de Río Negro, Patagonia, Argentina, 39°LS la principal actividad económica es la fruticultura, la cual se desarrolla en los antiguos cauces ubicados sobre terrazas holocénicas del valle del río Negro. Según el último Censo Agropecuario Nacional la superficie de manzanas supera las 26.000 ha., con una producción aproximada de 750.000 tn., de las cuales se exporta el 28%. La actividad aporta el 20% del Producto Bruto Geográfico de la provincia y ocupa, en forma directa e indirecta, al 35% de la población económicamente activa. El presente estudio se llevó a cabo en un agroecosistema frutícola orgánico certificado de 20 ha, con frutales de pepita, ubicado en la región descripta. El cálculo se realizó para la producción obtenida (22800 kilos netos) de una hectárea de manzana Red Delicious cv. Top Red (30 años de edad) plantada sobre pie franco. Las plantas conducidas en espaldera tienen un



marco de plantación de 4m entre filas y 3m entre plantas, con verdeos en el interfilar (distanciamiento entre filas de plantas frutales). Para estimar los kg de CO<sub>2</sub>eq emitidos se tomó como base los valores de energías (MJ) obtenidos del análisis del flujo energético del establecimiento, expresando las emisiones de GEI en kg CO<sub>2</sub>eq por unidad de energía (MJ) (Fernández, et al., 2017). Para el combustible tipo gas oíl se utilizó el valor de 0,074 Kg.CO<sub>2</sub>eq/MJ y para la energía eléctrica 0,128 Kg.CO<sub>2</sub>eq/MJ (Frank et al., 2014). La Metodología empleada fue la PAS 2050; y se utilizó el alcance empresa a empresa (Business-to-business) denominado por la sigla B2B, donde el consumidor final es otra empresa que utiliza el producto como materia prima. Las emisiones directas consideradas fueron las provenientes del combustible y la electricidad empleadas durante la etapa de producción. La unidad funcional fue 1 kilogramo de manzanas Red Delicious cv. Top Red de calidad "Superior", según lo establecido por el Decreto Ley N° 9244/63 y su Resolución de Actualización N° 554/83 de la Argentina, para consumo en fresco. No se incluyó en la contabilidad a los GEI producidos en la etapa de plantación y formación del cultivo, ni tampoco la industrialización y distribución hacia los principales puntos de comercialización. Las labores culturales se clasificaron en función de la época del año en que fueron realizadas: invernales, primaverales y estivales, a fin de identificar la etapa de producción de manzanas más influyente en términos de emisiones de GEI (Tabla 1) y también se discriminó en aquellas labores que implicaron intervenciones en más de una época.

## Resultados y discusión

Las emisiones directas de GEI fueron de 1647,41 kg.CO<sub>2</sub>eq/ha (Tabla 2), de las cuales el 77% corresponde a las labores culturales realizadas durante la época primavera-verano y el 23% restante durante el invierno. Este punto es importante porque refleja que, cuando se producen las mayores emisiones de GEI aumenta la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico para ser utilizado durante el proceso fotosintético de los árboles frutales. De esta manera el agroecosistema frutícola actúa como sumidero al transferir CO<sub>2</sub> atmosférico a reserva; lo cual es una estrategia de mitigación económica y beneficiosa (Dussi et al., 2015; Ibrahim et al., 2013). En las labores invernales la actividad que mayor emisión provocó (309,65 Kg.CO<sub>2</sub>eq) fue la fertilización al suelo, a raíz del uso de una bomba eléctrica con la que se realizó el riego del compost aplicado como enmienda. En las labores del periodo primavera-verano, el 36% de las emisiones corresponden al control activo de heladas primaverales, el 29% al MAP, el 26% cosecha y el 9% restante fertilización foliar y aplicación de caolín. Estas labores tienen como factor común el uso combustible, que es el responsable del 77% de las emisiones directas de GEI genera-



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecosistemas  
e Agricultura Orgânica



das en el establecimiento. Los Resultados demuestran que los principales puntos de emisión en la producción de manzanas orgánicas se centran en aquellas actividades que insumen combustible fósil y energía eléctrica. Esto coincide con lo planteado por Mouron *et al.*, (2006) quienes señalan que el uso de combustibles, implicó el 33% de las emisiones; Johansson (2015) quién indica que el 21% de las emisiones derivadas de la producción de manzanas orgánicas en Suecia, corresponden al uso de combustible tipo diesel y Liu *et al.*, (2010) quienes indicaron que el uso de energía fósil en el cultivo de pera, fue un importante contribuyente a las emisiones totales de GEI en los sistemas de producción orgánica de Beijing. El valor de HC correspondiente a la producción primaria de manzanas Red Delicious cv. Top Red es de 0,072 Kg.CO<sub>2</sub>eq/Kg. manzana (Tabla 3), el cual es menor que el reportado para la misma instancia productiva y unidad funcional, por González *et al.* (2009) para producciones convencionales de manzanas de Suecia (0,31 Kg. CO<sub>2</sub>eq/kilo); Nueva Zelanda (0,40 Kg. CO<sub>2</sub>eq/kilo) y Francia (0,15 Kg. CO<sub>2</sub>eq/kilo).

I Milà Canals *et al.* (2006) obtuvo una HC de 0,43 Kg. CO<sub>2</sub>eq/kilo para las manzanas producidas en Nueva Zelanda, y Mouron *et al.*, (2006) 0,18 Kg.CO<sub>2</sub>eq/kilo para las manzanas producida en Suiza. Las diferencias con los datos reportados por la bibliografía se pueden atribuir al hecho que las producciones evaluadas por los autores utilizan fertilizantes nitrogenados de síntesis, por tanto poseen un punto de emisión de GEI más que la producción frutícola fundamento de esta investigación. Varios autores abocados a la temática, reconocen el uso de fertilizantes nitrogenados de síntesis como un importante punto de emisión en aquellas producciones donde está permitido su utilización (Proietti *et al.*, 2014). Yáñez Espinoza (2010) señala que la HC de manzanos cv. Royal Gala emitido durante la etapa de producción, es de 0,072 Kg.CO<sub>2</sub>eq/kilo de manzana, este resultado está en concordancia con lo obtenido por el presente estudio. Si bien el autor no identifica los procesos más influyentes en la etapa de producción, indica que aquellos establecimientos que son más eficientes energéticamente poseen menor magnitud de emisiones de GEI. El valor de HC obtenido en ésta investigación es el primero registrado para la zona productora de manzanas del Alto Valle de Río Negro e inferior a los que hasta el momento se han publicado para otras regiones.

## Conclusión

El resultado de este trabajo aporta la base de nuevo conocimiento, dado que por primera vez en la región frutícola de la Norpatagonia se trabajó en la temática de manera concreta y se aplicaron Metodologías a fin de evaluar un agroecosistema a partir de



su Huella de Carbono. Esto permite comparar la región con otras zonas productoras para determinar la competitividad de los productores regionales y el grado de impacto ambiental.

**Tabla 1:** Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Redz.

Labor Cultural	Época invernal	Época primaveral	Época estival
Fertilización al suelo	x		
Fertilización foliar		x	
Manejo integrado de plagas	x	x	x
Poda	x		
Raleo		x	
Control de heladas primaverales		x	
aplicación de caolín			x
Cosecha			x

<sup>z</sup>Datos extraídos del cuaderno de campo.

**Tabla 2:** Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola para una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.

Labores culturales	Sub-total (kg.CO2eq)
Control de heladas primaverales	476,19
Manejo agroecológico de plagas	381,00
Fertilización foliar	60,96
Aplicación de caolín	43,73
Fertilización al suelo	320,45
Poda y raleo	15,87
Cosecha	349,21
<b>TOTAL (Kg.CO2eq)</b>	<b>1647,41</b>

**Tabla 3:** Valor de la huella de carbono por kilo de manzanas Red Delicious cv. Top Red producida en un establecimiento orgánico.

EMISIÓN TOTAL (Kg.CO2 eq.)	KILOS (Kg. manzana)	EMISIÓN/KILO (Kg.CO2 eq./Kg. manzana)
1647,41	22800	0,072



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica



## Referencias bibliográficas

- Armijo, A. C. (2012) Marco general para la Medición de la Huella de Carbono del arándano en la Región de los Ríos, Chile. Estudio de caso. Universidad Austral de Chile, 44.
- Betancourt, E. W. (2012). Impacto de la huella de carbono en la competitividad exportadora regional. *Revista Universitaria Ruta*, (13), 9-29.
- CAR (2005) Censo de Agricultura bajo Riego.- Secretaría de Estado de Fruticultura. Ministerio de Economía. Río Negro. Argentina. 5-18.
- Decreto Ley N° 9244/63 y su Resolución de Actualización N° 554/83 Disponible en [http://magya.cba.gov.ar/upload/Compendio\\_Normas.pdf](http://magya.cba.gov.ar/upload/Compendio_Normas.pdf)
- Dussi, MC; Flores, L.; Fernández, C. (2015). Análisis del flujo energético en agroecosistemas frutícolas. VII Jornadas de la Asociación Argentino-Uruguaya de Economía Ecológica. ASAUEE. [www.academia.aedu](http://www.academia.aedu)
- Ewing, B. R., Hawkins, T. R., Wiedmann, T. O., Galli, A., Ercin, A. E., Weinzettel, J., & Steen-Olsen, K. (2012). Integrating ecological and water footprint accounting in a multi-regional input-output framework. *Ecological Indicators*, 23, 1-8.
- Fernández, C., Dussi, M.C.; Flores, L. 2017. Determinación de la Huella de Carbono en la producción de manzana del Alto Valle del río Negro. Universidad Nacional del Comahue. 230 pag.
- Frank, F. C., Montero, G., Ricard, F., & Sirotiuk, V. (2014). La huella de carbono en la agroindustria. editor: E. F. Viglizzo. 87 pp.
- González, A. D., & Carlsson-Kanyama, A. (2008). Gases de efecto invernadero en la producción y consumo de alimentos de uso corriente. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 01-07.
- González, A. D., Frostell, B., Assefa, G., Kutter, R., & Strogon, L. (2009). Energía y gases de efecto invernadero en la producción de distintos grupos de alimentos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13, 01-63.
- I Milá Canals, L. M., Burnip, G. M., & Cowell, S. J. (2006). Evaluation of the environmental impacts of apple production using life cycle assessment (LCA): case study in New Zealand. *Agriculture, ecosystems & environment*, 114(2), 226-238.
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P. & Rojas, J. (2013). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Americas*, 45, 27-36



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica



Johansson, D. (2015). Life cycle assessment (LCA) of apples: *a comparison between apples produced in Sweden, Italy and Argentina*. Second cycle, A1E. Alnarp: SLU, Department of Biosystems and Technology (from 130101), 43.

Liu, Y., Langer, V., Høgh-Jensen, H., & Egelyng, H. (2010). Life cycle assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. *Journal of Cleaner Production*, 18(14), 1423-1430.

Mouron, P., Nemecek, T., Scholz, R. W., & Weber, O. (2006). Management influence on environmental impacts in an apple production system on Swiss fruit farms: combining life cycle assessment with statistical risk assessment. *Agriculture, ecosystems & environment*, 114(2), 311-322.

Proietti, S., Sdringola, P., Desideri, U., Zepparelli, F., Brunori, A., Ilarioni, L. & Proietti, P. (2014). Carbon footprint of an olive tree grove. *Applied Energy* 127, 115-124.

Salehi, M., Maleki, A., Rostami, S., & Shakeri, H. (2016). Investigation of energy inputs and CO<sub>2</sub> emission for almond production using sensitivity analysis in Iran. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 18(1), 158-166.

Sinden, G. (2009). The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(3), 195-203.

Soltani, A., Rajabi, M. H., Zeinali, E., & Soltani, E. (2013). Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy*, 50, 54-61.

Wittneben, B. B., & Kiyar, D. (2009). Climate change basics for managers. *Management Decision*, 47(7), 1122-1132.

Wright, L. A., Kemp, S., & Williams, I. (2011). 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition. *Carbon management*, 2(1), 61-72.

Yañes Espinoza, P. N., Villalobos Mateluna, P., & Iriarte Garcia, A. (2010). Gestion de la huella de carbono. Caso de estudio en la industria de manzana, 47. Disponible en <http://dspace.usalca.cl/handle/1950/8468>

Zervas, G., & Tsiplakou, E. (2012). An assessment of GHG emissions from small ruminants in comparison with GHG emissions from large ruminants and monogastric livestock. *Atmospheric Environment*, 49, 13-23.



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

**Tema Gerador 9**

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica

