

## **DOCTORADO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA**

---

Evaluado y acreditado por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).  
*Resolución N° 1178/11. Calificación "B".*

---

*Título:*

**EVALUACIÓN DE AGROECOSISTEMAS FRUTÍCOLAS DE HOJA CADUCA**

---

Trabajo de tesis para optar por el título de Doctor en Ciencia y Tecnología de la Universidad  
Nacional de General Sarmiento

Autor: **MARIA CLAUDIA DUSSI**

Director: **WALTER PENGUE**

Fecha: 16 DE JULIO, 2024

## DOCTORADO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

Evaluado y acreditado por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).  
*Resolución N° 1178/11. Calificación "B".*

### *Título*

## EVALUACIÓN DE AGROECOSISTEMAS FRUTÍCOLAS DE HOJA CADUCA

### *Publicaciones:*

- Dussi, M.C. 2024. Chapter 36: Transformation of the agrifood system as an urgent need in the face of climate change. *Advances in organic farming*. L.P. Awasthi (Editor). CABI. aprobado para su publicación 2024.
- Dussi, M.C, Flores, L.B., Gómez, E., Dussi, S., Barrionuevo, M. and Zon, K. 2023. Reconversión agroecológica en una finca. Patagonia, Argentina. IX Congreso Latinoamericano de Agroecología: diversidad biocultural para la salud de las comunidades y los ecosistemas, 2022 Costa Rica, memoria ISBN 978-9968-572-34-7. 242-247.
- Dussi MC, Lauri PÉ. 2023. Agroecology and its role within ISHS. *Chronica Horticulturae* 63 (4), 12-14.
- Dussi, M.C.; Flores L.B.; Barrionuevo, M.E.; Zon, K.; Gómez E.; Dussi, S. Tejiendo tramas comunitarias agroecológicas: La experiencia de ampliar la producción de biopreparados con alianzas estratégicas. III Congreso Argentino de Agroecología. 29, 30 nov. y 1 dic 2023. El Bolsón, Río Negro.
- Dussi, M.C. 2022. Is it possible to construct a sustainable agrifood system as a resilience strategy to climate change? Research for Organic Agriculture to tackle future challenges. ISOFAR international scientific workshops. Proceedings. Goesan, South Korea International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR). 234-240. doi:10.1007/s13165-016-0171
- Dussi, M.C. and Simon, S. 2022. Agroecology and system approach for sustainable and resilient horticultural production. *ActaHortic.*1355,1-4 DOI:10.17660/ActaHortic.2022.1355.1 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1355.1>
- Dussi M.C.; Barrionuevo M.B.; Gómez M.E.; Flores L. B.; Zon K. 2022. Educación y difusión de prácticas agroecológicas: compostaje. 978-950-766-203-4 II Congreso Argentino de Agroecología, Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE), Chaco- región NEA, del 13 al 15 de octubre de 2021. <https://rid.unam.edu.ar/handle/20.500.12219/3883> 497-500
- Dussi, M.C.; C. Fernández, Y. Machuca and L. Flores. 2021. Energy efficiency in a pear agroecosystem. *Acta Hortic.* 1303:419-426. ISHS 2021. DOI 10.17660/ActaHortic.2021.1303.58.
- Dussi, M.C.; Barrionuevo, M.; Gómez, E.; Flores, L. y Zon, K. 2021. El Hacer Grupal Como Práctica Agroecológica. VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Memorias. 1002-1007. ISBN *Obra Completa*: 978-9974-0-1871-6. <http://www.fagro.edu.uy/index.php/publica-sistemas-ambientales>.
- Dussi, MC; C. Fernández and L.B. Flores. 2020. Energy flux analysis in fruit agroecosystems. *Acta Hortic.* 1286. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1286.24 XXX IHC – Proc. II Int. Symp. on Organic Hort. for Wellbeing of the Environ. and Population. 171-178
- Dussi MC; LB Flores, M Barrionuevo, L. Navarrete y C Ambort. 2020. Encuentro entre la agroecología y la agricultura biodinámica: ¿alternativa a la agricultura industrial?. *Agroecología*. 14 (1):35-40
- Dussi, M.C., C. Ambort, A. Heinze, C. Speranza, C. Fernández, L. B. Flores. 2020. Experiencia educativa para la construcción de otras corrientes agrícolas. Congreso Argentino de Agroecología. Primer Congreso Argentino de Agroecología. 1a. ed. adaptada. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado. 1423 p.; DirecciónURL <https://bdigital.uncu.edu.ar/14315>. Fecha de consulta del libro: 2020-06-02. 1260-1355
- Dussi, M. C.; Flores, L.B. 2020. Agroecología, educación y agricultura familiar: resiliencia socioecológica al cambio climático. Quinto congreso del foro de universidades nacionales para la agricultura familiar. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, 15 y 16 de Mayo de 2019.

## DOCTORADO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

Evaluado y acreditado por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).  
*Resolución N° 1178/11. Calificación "B".*

- EDUCO - Universidad Nacional del Comahue. EDUCO - Editorial Universitaria del Comahue, 2020. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-604-540-7
- Dussi, M. C.; Flores, L.B., Barrionuevo M., Ambort C., González V. Navarrete L. 2020. Otra agricultura es posible. Quinto congreso del foro de universidades nacionales para la agricultura familiar. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, 15 y 16 de Mayo de 2019. EDUCO - Universidad Nacional del Comahue. EDUCO - Editorial Universitaria del Comahue, 2020. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-604-540-
- Dussi, M.C., Flores, L.B., Barrionuevo, M.E. and Dussi, S.E. 2019. Agroecology in higher education: a multidimensional vision as a resilience strategy to climate change. *Acta Hort.* 1258, 79-86 DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1258.11 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1258.11>
- Dussi, M.C., L. B. Flores. 2019. Participación de la educación superior en la construcción de un modelo agroalimentario sustentable. Presentación oral. I Congreso Chileno de Agroecología. 17 al 18 de Octubre de 2019. Campus Pucón – Universidad de La Frontera, Pucón, Chile.
- Dussi, M.C. Producir y consumir en la agroecología. Dossier Bioeconomía 2019. Herramientas para el desarrollo comarcal. 85-88.
- Dussi, MC. 2019. Agroecology and education: socio-ecological resilience to climate change. *Chronica Horticulturae*. Vol 59 (1): 20-22
- Dussi, M. C.; L. B. Flores y M. E. Barrionuevo. 2019. Taller: “Agroecología y sustentabilidad: Resiliencia socioecológica al cambio climático” (Eje: Producción agropecuaria, promoción de la economía social y ecológica). En: Foro Ecovalle 2017 XI JBZAS Jornadas de Biodiversidad de las Zonas Áridas y Semiáridas del Comahue: las respuestas urbanas al cambio climático en la Patagonia: ¿Estamos preparados?. Pag. 81-87. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Universidad de Flores. Libro digital. ISBN 978-987-710-102-7. 87pag.
- Dussi, M.C. 2018. Organic Agriculture in Argentina. Country reports. ISOFAR, International Society of Organic Agriculture Research. <http://www.isofar.org/Country-reports/Argentina/>
- Dussi, M. C.; Fernández, C. y Flores, L. 2018. Hacia el uso sustentable de la energía en los agroecosistemas. *Cadernos de Agroecología – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1: 7-14.*
- Flores, L. B.; Dussi, M.C., Giménez, G. y Barrionuevo, M. 2018. Aportes a la comprensión de la sustentabilidad en fruticultura. *Cadernos de Agroecología – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1:8-16.*
- Dussi, M. C.; Fernández, C.; Flores, L. 2018. Huella de carbono en agroecosistemas de hoja caduca. *Cadernos de Agroecología – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1: 8-15.*
- Dussi, M.C. y L.B. Flores. 2018. Visión multidimensional de la agroecología como estrategia ante el cambio climático. *INTERdisciplina. REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*. 6, n° 14: 129-153. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich. ISSN p 2395-969X>.

## DOCTORADO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

Evaluado y acreditado por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).  
*Resolución N° 1178/11. Calificación "B".*

### Aportes Originales:

*(Especificar cuales son los aportes originales o innovadores conseguidos en la realización de esta tesis. Indicar donde se encuentran. Máximo una carilla)*

*Los agroecosistemas frutícolas evaluados en la NorPatagonia Argentina presentan valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta que indican una relación favorable entre la energía ingresada al sistema como subsidio y la energía egresada del sistema en forma de producto comercial. No obstante, la debilidad de estos sistemas radica en la proporción de energía renovable y no renovable utilizada, donde el uso de combustible fósil en determinadas labores culturales es el principal factor que incrementa el porcentaje de energía de origen no renovable. Se calcularon los primeros valores de Huellas de Carbono y emisiones totales de GEI obtenidos en base a datos reales del territorio y no de fuentes o bases de datos externas al sitio de estudio. Los resultados se encuentran en el Capítulo II.*

*Se logró determinar la composición florística, Riqueza, índices de diversidad y abundancia de nematodos de los interfilares (espacio entre filas de frutales) en sistemas de producción frutícola de hoja caduca en climas templado-fríos de zonas áridas con manejo orgánico y convencional, afectados por distintas prácticas agrícolas y proponer alternativas que garanticen una mejora en la sustentabilidad. Los resultados se presentan en el Capítulo III.*

*Las chacras orgánicas del Alto Valle de Río Negro y Neuquén tienen el potencial de iniciar una transformación del territorio hacia la agroecología. Las metodologías empleadas en esta tesis para identificar potenciales faros agroecológicos cumplieron con el objetivo propuesto y pueden ser replicadas en esta y otras regiones frutícolas, escalando el presente trabajo. Los resultados se pueden observar en el Capítulo V.*

*La sección de "consideraciones finales" describe una exhaustiva integración de toda la tesis.*

**Evaluación de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca**

---

**Tesis para optar al grado de  
Doctor**

**Doctorado en Ciencia y Tecnología  
Universidad Nacional de General Sarmiento  
2024**

**Nombre de la doctoranda: MSc. MARIA CLAUDIA DUSSI  
Nombre del director de tesis: Dr. WALTER PENGUE  
Nombre de la consejera de estudio: Dra. RAQUEL BIELSA  
Área de trabajo: AGROECOLOGIA**

---

*Aportes originales:*

*Los agroecosistemas frutícolas de manzanos y perales evaluados en la NorPatagonia Argentina presentan valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta que indican una relación favorable entre la energía ingresada al sistema como subsidio y la energía egresada del sistema en forma de producto comercial. No obstante, la debilidad de estos sistemas radica en la proporción de energía renovable y no renovable utilizada, donde el uso de combustible fósil en determinadas labores culturales es el principal factor que incrementa el porcentaje de energía de origen no renovable. Se calcularon los primeros valores de Huellas de Carbono y emisiones totales de GEI obtenidos en base a datos reales del territorio y no de fuentes o bases de datos externas al sitio de estudio.*

*Se logró determinar la composición florística, Riqueza, índices de diversidad y abundancia de nematodos de los interfilares (espacio entre filas de frutales) en sistemas de producción frutícola de hoja caduca en climas templado-fríos de zonas áridas con manejo orgánico y convencional, afectados por distintas prácticas agrícolas y proponer alternativas que garanticen una mejora en la sustentabilidad.*

*Las chacras orgánicas del Alto Valle de Río Negro y Neuquén tienen el potencial de iniciar una transformación del territorio hacia la agroecología. Las metodologías empleadas en esta tesis para identificar potenciales faros agroecológicos cumplieron con el objetivo propuesto y pueden ser replicadas en esta y otras regiones frutícolas, escalando el presente trabajo.*

## Resumen

En la NorPatagonia, Argentina coexisten diferentes modelos de producción con una tendencia cada vez más pronunciada hacia la producción sustentable. Es imprescindible formular estrategias agroecológicas en respuesta al cambio climático y la crisis del sector agrícola regional, basándose en el conocimiento de los impactos derivados de la fruticultura y sus puntos más críticos. El desarrollo de sistemas productivos en la fruticultura que, siendo rentables, conserven los recursos naturales y protejan el ambiente es una necesidad del sector productivo y de la sociedad, íntimamente asociada al objetivo de un desarrollo sustentable y equitativo.

El objetivo general de la presente tesis fue evaluar agroecosistemas frutícolas de hoja caduca en el norte de la Patagonia Argentina con diferentes manejos de producción y proponer alternativas que garanticen una mejora en la sustentabilidad. Los objetivos específicos planteados fueron: -1: Analizar el flujo energético y determinar cómo inciden las diferentes fuentes de energía en dos sistemas frutícolas de producción orgánica y dos convencionales teniendo en cuenta los ingresos y egresos de energía y sus indicadores de eficiencias; -2: Determinar las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero generados por cada práctica agrícola para cada sistema analizado; -3: Comparar la composición florística en interfilares de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca orgánicos vs. convencionales y la relación entre dos estrategias de manejo de la fertilización del suelo con la composición florística y tipo y abundancia de nematodos y -4. Evaluar establecimientos frutícolas en la región del Alto Valle, Patagonia como potenciales faros agroecológicos territoriales y plantear estrategias para mejorar la sustentabilidad de dichos agroecosistemas.

Los agroecosistemas analizados presentaron los siguientes valores en ingresos energéticos totales, eficiencias energéticas, energía específica, energía neta y huella de carbono: - Producción de manzanas Red Delicious con manejo orgánico certificado y manejo biodinámico certificado: 70752,40 MJ/ha, 1,34, 2,01 MJ/ha, 23347,76MJ/ha y 0,032 Kg.CO<sub>2</sub> eq./kg de manzana respectivamente; - Producción de manzanas Red Delicious con manejo convencional, 85319,72 MJ/ha, 1,55, 1,73MJ/kg, 46413,93 MJ/ha y 0,026 Kg.CO<sub>2</sub> eq./kg de manzana respectivamente; - Producción de peras Williams con manejo orgánico certificado, 47726,58 MJ/ha, 1,84, 1,59 MJ/kg, 40173,42 MJ/ha y 0,045 Kg.CO<sub>2</sub> eq./kg de peras respectivamente; - Producción de peras Williams con manejo convencional, 83810,21 MJ/ha, 1,29, 2,27MJ/kg, 24357,54 MJ/ha y 0,037 Kg.CO<sub>2</sub> eq./kg de peras respectivamente.

Las fuentes de energía fósil representadas por el uso de gas oil fue en todos los casos la principal causa del gasto energético y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Las labores culturales que implicaron un mayor ingreso de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa y emisiones de GEI, en general, para todos los agroecosistemas analizados fueron el control de heladas primaverales tardías, las labores de cosecha y el manejo de plagas. Estas tres tareas son decisivas en el ingreso de subsidios energéticos y determinan los puntos críticos a trabajar en el futuro.

Los valores medios de emisión para los sistemas convencionales fueron de 1333,77 Kg.CO<sub>2</sub> eq./ha y para los sistemas orgánicos de 1243,00 Kg.CO<sub>2</sub> eq./ha.

El análisis energético llevado a cabo en los agroecosistemas examinados permitió identificar las labores culturales de alto consumo energético, calcular las eficiencias energéticas, así como las huellas de carbono y la emisión total de CO<sub>2</sub>eq/ha en cada unidad productiva, obtenidos en base a datos reales del territorio y no de fuentes o bases de datos externas al sitio de estudio, y establecer los fundamentos para evaluar alternativas de mejora en cuanto a eficiencia energética y reducción de emisión de GEI durante la etapa productiva de manzanas y peras de la zona productora del Alto Valle de Río Negro.

Este estudio aporta la experticia necesaria en términos de análisis de flujos energéticos a la región productora del Alto Valle, posibilitando, por ejemplo, cumplir con las exigencias requeridas por “GLOBAL G.A.P.” (Good Agricultural Practices), para aquellas unidades productivas (UP) que así lo requieran, y lo más relevante mejorar la sustentabilidad de los sistemas productivos reduciendo las emisiones de GEI, la utilización de energía fósil, aumentando las eficiencias y mejorando la salud del territorio en su conjunto.

La composición florística de los interfilares de los establecimientos frutícolas analizados estuvo integrada por 48 especies, el 60,42% Adventicias, el 18,75% Introducidas, el 14,58% Nativas, el 4,17% Naturalizadas y el 2,08% Endémicas. Las especies inventariadas se distribuyeron en 14 familias, de las cuales las dominantes fueron Poaceae con un 27,08%, Asteraceae 18,75% y Brassicaceae y Fabaceae con un 12,50% cada una.

En las unidades productivas con manejo orgánico y convencional, la mayor cantidad de especies se categorizó como clase I y en segundo lugar la clase II. Sólo el manejo convencional presentó especies con presencia de clase IV. No se registraron especies con el más alto valor de presencia, Clase V en ninguno de los establecimientos productivos relevados. Las clases con mayor presencia en la producción orgánica (I y II) permiten deducir la falta de dominio de una especie sobre otra y describir un ambiente más complejo y de mayor riqueza, lo cual es altamente positivo en las funciones de un agroecosistema.

Las variables Riqueza de la comunidad vegetal, Cantidad de familias botánicas, Equitatividad, índice de Shannon, índice de Simpson e índice de Margaleff fueron significativamente mayores en los interfilares de los agroecosistemas frutícolas con manejo orgánico. Se espera que chacras con mayor diversidad, riqueza y cantidad de familias botánicas, aumenten las relaciones entre las distintas especies y sus sinergias.

La fertilización de los interfilares con estiércol de cabra indujo un aumento en la producción microbiana respaldado por una mayor abundancia de nematodos Bacteriófagos (Ba). Este grupo trófico contribuye a la mineralización del nitrógeno que queda disponible posteriormente para las plantas. Entre los Herbívoros obligados (FO), el endoparásito *Pratylenchus sp.* dominó en interfilares fertilizados orgánicamente, mientras que el ectoparásito *Helicotylenchus sp.* predominó en los que no tuvieron fertilización. *Pratylenchus sp.* disminuyó en otoño en el tratamiento con fertilización orgánica.

La estructura de la comunidad de nematodos del suelo estuvo dominada por Ba (45%) en los interfilares fertilizados orgánicamente. En el tratamiento no fertilizado, predominaron los herbívoros facultativos (FF) (33%) y los FO (30%) en primavera y los FO (52%) en otoño. Los bacteriófagos fueron aproximadamente 4,3 veces más abundantes en los interfilares fertilizados orgánicamente que en los no fertilizados.

La estructura del grupo trófico de los nematodos fue diferente entre las dos estrategias de manejo del suelo. Aunque los pastos dominaron en los interfilares de ambos huertos, la riqueza de plantas fue mayor en el tratamiento con fertilización orgánica que en el tratamiento sin fertilización. Cuando domina *Cynodon dactylon*

en el espacio entre hileras de perales, se observa la presencia de *Pratylenchus* en una proporción de 62% del total de la población de nematodos fitófagos obligados.

Se recomienda que tanto en chacras orgánicas como convencionales del Alto Valle del Río Negro y Neuquén mantener la cobertura vegetal en los interfilares con vegetación espontánea y planificar la siembra de verdeos, esto redundaría en el aumento de la diversidad vegetal en los agroecosistemas y sus consiguientes mejoras en la estructura del suelo, contenido de materia orgánica, beneficio de la fauna del suelo y refugio de enemigos naturales, entre otros aspectos. Al momento de la elección de la cubierta vegetal es importante tener en cuenta aquella que aporte mayor contenido de materia orgánica al suelo y evitar que sea reservorio de nematodos fitófagos que puedan dañar a la plantación de frutales.

A través de esta tesis se logró determinar el potencial de unidades productivas como faros agroecológicos regionales. Ante el avance de la agricultura industrial en los territorios, es imperativo que las políticas locales y nacionales favorezcan la ampliación de la agroecología, el desarrollo de redes de agricultores, formadores agroecológicos, financiamiento, créditos para nuevos y pequeños productores y mayor presupuesto para investigación en agroecología.

Las chacras orgánicas en la región del Alto Valle del río Negro pueden marcar el comienzo de una futura transformación del territorio hacia la agroecología. Este cambio implica pasar de una agricultura basada en la sustitución de insumos a una agricultura centrada en los procesos y en la construcción de una diversidad productiva robusta, tanto de plantas como de animales, con una perspectiva socio ecológica.

Se propone una metodología orientada a la co-construcción del conocimiento, la cual es cada vez más reconocida, utilizada y considerada esencial. Esta aproximación, que promueve el diálogo entre agricultores y académicos, también puede contribuir a entender por qué algunos agricultores no participan en la transición agroecológica. Esta metodología es valiosa tanto para los agricultores como para la investigación, ya que facilita el análisis de los sistemas de producción en un terreno común y reúne a personas con perspectivas diferentes para entablar un diálogo transformador.

En la presente tesis, la integración de la evaluación del flujo energético, el análisis de la composición florística de los interfilares y la evaluación de establecimientos frutícolas como potenciales faros agroecológicos territoriales con la participación de actores no académicos en un enfoque orientado a la co-construcción del conocimiento, proporcionó una visión holística y multifacética del manejo de los agroecosistemas frutícolas. Este enfoque posiciona a este trabajo como un puente entre la ciencia y la práctica, facilitando la transición hacia sistemas de producción más sustentables y resilientes, y promoviendo la agroecología como un modelo viable para el desarrollo rural en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

**Palabras claves:** Composición florística - Eficiencia energética - Emisión de GEI - Faros agroecológicos – Huella de carbono - Indices de diversidad Shannon, Simpson - *Malus domestica* – Producción orgánica - *Pyrus communis*

## Abstract

In Northern Patagonia, Argentina, different production models coexist with an increasingly pronounced trend towards sustainable production. It is essential to formulate agroecological strategies in response to climate change and the crisis of the regional agricultural sector, based on knowledge of the impacts derived from fruit production and its most critical points. The development of fruit productive systems that, while being profitable, conserve natural resources and protect the environment is a need for the productive sector and society, strongly associated with the objective of sustainable and equitable development.

The general objective of this thesis was to evaluate deciduous fruit agroecosystems in northern Patagonia, Argentina with different production management and propose alternatives that guarantee an improvement in sustainability. The Specific Objectives set were: -1: Analyze the energy flow and determine how the different energy sources affect two organic and two conventional fruit production systems, considering energy inputs and outputs and their efficiency indicators; -2: Determine the main sources of greenhouse gas emissions generated by each agricultural practice for each system analyzed; -3: Compare the alleyways floristic composition of organic vs. conventional deciduous fruit and the relationship between two soil fertilization management strategies with the floristic composition and type and abundance of nematodes and -4. Evaluate fruit agroecosystems in the Alto Valle region, Patagonia as potential territorial agroecological lighthouses and propose strategies to improve their sustainability.

The agroecosystems analyzed presented the following values of total energy inputs, energy efficiencies, specific energy, net energy and carbon footprint: - Production of Red Delicious apples with certified organic management and certified biodynamic management: 70752.40 MJ/ha, 1.34 , 2.01 MJ/ha, 23347.76MJ/ha and 0.032 Kg.CO2 eq./kg of apple respectively; - Production of Red Delicious apples with conventional management, 85319.72 MJ/ha, 1.55, 1.73MJ/kg, 46413.93 MJ/ha and 0.026 Kg.CO2 eq./kg of apple respectively; - Production of Williams pears with certified organic management, 47726.58 MJ/ha, 1.84, 1.59 MJ/kg, 40173.42 MJ/ha and 0.045 Kg.CO2 eq./kg of pears respectively; - Production of Williams pears with conventional management, 83810.21 MJ/ha, 1.29, 2.27MJ/kg, 24357.54 MJ/ha and 0.037 Kg.CO2 eq./kg of pears respectively.

Diesel oil use was in all cases the main cause of energy expenditure and greenhouse gas (GHG) emissions. The cultural practices that implied a greater input of cultural biological energy and direct industrial cultural energy and GHG emissions, in general, for all the agroecosystems analyzed were the control of late spring frosts, harvest and pest management. These three practices are decisive in the entry of energy subsidies and determine the critical points to work on in the future.

The average emission values for conventional systems were 1333.77 Kg.CO2 eq./ha and for organic systems 1243.00 Kg.CO2 eq./ha.

The energy analysis carried out in the agroecosystems examined made it possible to identify cultural practices with high energy consumption, calculate energy efficiencies, as well as carbon footprints and the total emission of CO2eq/ha in each productive unit, obtained based on real data of the territory and not from sources or databases external to the study site, and establish the foundations to evaluate alternatives for energy efficiency

improvement and reduction of GHG emissions during the productive stage of apples and pears in the producing area of Río Negro Upper Valley.

This study provides the necessary expertise in terms of energy flow analysis to comply with “GLOBAL Good Agricultural Practices” requirements for those productive units that require it, and most importantly, improve the sustainability of fruit production systems by reducing GHG emissions, the use of fossil energy, increasing efficiencies and improving the health of the territory.

Alleyways floristic composition of the fruit agroecosystems analyzed was made up of 48 species, 60.42% Adventitious, 18.75% Introduced, 14.58% Native, 4.17% Naturalized and 2.08% Endemic. The inventoried species were distributed in 14 families, of which the dominant ones were Poaceae with 27.08%, Asteraceae 18.75% and Brassicaceae and Fabaceae with 12.50% each.

Organic and conventional productive units had the largest number of species categorized as class I and secondly class II. Only conventional management presented species with class IV presence. No species with the highest presence value, Class V, were recorded in any of the productive agroecosystem surveyed. The classes with the greatest presence in organic orchards (I and II) allow us to deduce the lack of dominance of one species over another and describe a more complex and richer environment, which is highly positive in the functions of an agroecosystem.

The variables plant community Richness, Number of botanical families, Equitability, Shannon index, Simpson index and Margaleff index were significantly higher in the alleyways of organic fruit management. It is expected that farms with greater diversity, richness and number of botanical families will increase the relationships between the different species and their synergies.

Fertilization of the alleyways with goat manure induced an increase in microbial production supported by a higher abundance of Bacterivores (Ba) nematodes. This trophic group contributes to the mineralization of nitrogen that is subsequently available for plants. Among Obligate plant feeders (FO), the endoparasite *Pratylenchus sp.* dominated in organically fertilized alleyways, while the ectoparasite *Helicotylenchus sp.* predominated in those who did not have fertilization. *Pratylenchus sp.* decreased in autumn in the treatment with organic fertilization.

The soil nematode community structure was dominated by Ba (45%) in the organically fertilized alleyways. In the unfertilized treatment, Facultative plant feeders (FF) (33%) and FO (30%) predominated in spring and FO (52%) in autumn. Bacterivores were approximately 4.3 times more abundant in organically fertilized alleyways than in unfertilized ones.

The structure of the nematode trophic group was different between the two soil management strategies. Although grasses dominated in the interrows of both orchards, plant richness was greater in the treatment with organic fertilization than in the treatment without fertilization. When *Cynodon dactylon* dominates in the space between rows of pear trees, the presence of *Pratylenchus* is observed in a proportion of 62% of the total population of obligate plant feeders' nematodes.

It is recommended that in the alleyways of both organic and conventional orchards, maintain the vegetation cover with spontaneous vegetation and plan the planting of cover crops, this results in the increase of plant diversity in the agroecosystems and their consequent improvements of soil structure, organic matter content,

benefit of soil fauna and natural enemies' refuge, among other aspects. When choosing the cover crop, it is important to consider the one that provides the highest content of organic matter to the soil and prevent it from being a reservoir for phytophagous nematodes that could damage the fruit plantation. Behavior patterns of nematodes associated with the alleyway vegetation and soil management should be considered to attain fruit agroecosystems sustainability.

Through this thesis it was possible to determine the potential of productive units as regional agroecological lighthouses. Given the advance of industrial agriculture in the territories, it is imperative that local and national policies favor the expansion of agroecology, the development of networks of farmers, agroecological trainers, financing, credits for new and small producers and a greater budget for research in agroecology.

The organic farms in the Upper Valley of Río Negro can mark the beginning of a future transformation of the territory towards agroecology. This change implies moving from an agriculture based on the substitution of inputs to an agriculture focused on processes and the construction of a robust productive diversity, both of plants and animals, with a socio-ecological perspective.

A methodology oriented to the co-construction of knowledge is proposed, which is increasingly recognized, used, and considered essential. This approach, which promotes dialogue between orchardists and academics, can also contribute to understanding why some orchardists do not participate in the agroecological transition. This methodology is valuable for both farmers and research, as it facilitates the analysis of production systems on common ground and brings together people with different perspectives to engage in transformative dialogue.

In this thesis, the integration of the energy flow evaluation, the analysis of the alleyway's floristic composition and the participatory evaluations with orchardists, provided a holistic and multifaceted vision of the fruit agroecosystems management. This approach positions this work as a bridge between science and practice, facilitating the transition towards more sustainable and resilient production systems, and promoting agroecology as a viable model for rural development in the Alto Valle region of Río Negro and Neuquén.

**Keywords:** Agroecological lighthouses - Carbon footprint - Diversity indices Shannon, Simpson - Energy efficiency - Floristic composition - GHG emission - *Malus domestica* - Organic production - *Pyrus communis*

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi director de tesis, Dr. Walter Pengue por el apoyo para el desarrollo de esta tesis, su palabra clara y precisa y sobre todo su paciencia.

A las docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Comahue, Ing. Liliana Flores y Cristina Fernández que han estado en todo momento presentes ante mis requerimientos.

A la comunidad de productores que integran la gran familia frutícola del Alto Valle del Río Negro y Neuquén en nuestra querida Patagonia, lugar que me vió nacer. Chacareros y chacareras que forjaron este territorio con el trabajo diario pensando en un futuro mejor. Me gustaría mencionar especialmente a Ronald Morris, Gustavo Giardina, Kelly Laino, Marcelo Sánchez y Familia Dalla Pría.

Agradezco a esta tierra infinita, bendecida por el agua y el sol que nos abraza día a día, a la cual juré defender el día que me recibí de Ingeniera Agrónoma, que me permitió desarrollar mi profesión, viajar por todo el mundo compartiendo mis conocimientos, desarrollar mi carrera académica, mi familia. Transformada actualmente en un bien en disputa por la codicia humana.

Agradezco a mi familia más cercana, Ricardo Daniel Jones, Brahian Ezequiel Jones-Dussi y Luzmila C.S. Jones-Dussi, por estar siempre a mi lado y comprender mis ritmos y tiempos.

Dedico esta tesis a Ricardo Daniel Jones, “Dicky”, mi compañero de vida.

*“Aprende no para acumular conocimiento, como un tesoro personal, sino para emplear lo aprendido al servicio del mundo”. R. Steiner*

## Índice de contenidos

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
Estado actual del conocimiento sobre el tema, fundamentación y marco teórico.....	1
La energía en los agroecosistemas .....	7
La diversidad en los agroecosistemas .....	15
Integración participativa del conocimiento sobre indicadores para el análisis de unidades productivas frutícolas.....	24
Transformación a una agricultura sustentable .....	26
Producción orgánica.....	38
Sitio de estudio y contexto .....	40
Producción frutícola.....	43
Estructura productiva primaria y manejo del cultivo en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén	48
Hipótesis .....	52
Objetivo .....	52
Objetivos Específicos .....	53
CAPITULO II: Análisis del flujo energético en agroecosistemas frutícolas de hoja caduca .....	54
Introducción.....	54
Objetivos:.....	65
Materiales y métodos .....	66
Resultados .....	75
Discusión.....	123
Conclusiones.....	137
CAPITULO III: Análisis y comparación de la composición florística en interfilares de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca.....	140
Introducción.....	140
Objetivos.....	152
Descripción y comparación de la composición florística de la vegetación en los interfilares de agroecosistemas frutícolas convencionales y orgánicos.....	153
Materiales y métodos .....	153
Resultados y Discusión .....	155
Relación entre dos estrategias de manejo de la fertilización del suelo en los interfilares, la composición florística y tipo y abundancia de nematodos.....	165
Materiales y métodos .....	165
Resultados y discusión.....	166
Conclusiones.....	174
CAPITULO IV: Análisis participativo de unidades productivas frutícolas en la región del Alto Valle .....	177
Introducción.....	177
Objetivo .....	187
Análisis de una unidad productiva frutícola convencional (UPC) y una orgánica (UPO) .....	187
Materiales y Métodos .....	187
Resultados y discusión.....	193

Análisis de dos unidades productivas frutícolas orgánicas como potenciales faros agroecológicos territoriales. ....	204
Materiales y Métodos .....	204
Resultados y discusión.....	208
Conclusiones.....	215
CONSIDERACIONES FINALES .....	217
LITERATURA CITADA .....	223
Publicaciones realizadas .....	248
ANEXO .....	252

## Índice de Tablas

Tabla 1.1. Trece principios agroecológicos, escala de aplicación y correspondencia con los elementos de agroecología de la FAO.....	31
Tabla 2.1: Requerimientos energéticos (MJ/ha) para obtener y aplicar 4 toneladas de compost por hectárea en manzanos Red Delicious cv. Top Red. ....	76
Tabla 2.2: Aplicación de fertilizantes foliares para una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red <sup>2</sup> ...	77
Tabla 2.3. Requerimientos energéticos (MJ/ha) de los tratamientos foliares por hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.....	77
2.4. Aplicación de fitosanitarios para una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red .....	78
Tabla 2.5: Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el manejo de plagas por hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.....	78
Tabla 2.6. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para regar una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red. ....	79
Tabla 2.7. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la poda y el raleo por hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.....	79
Tabla 2.8. Planilla de registro de control de heladas .....	80
Tabla 2.9. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar el control de heladas primaverales para una hectárea manzanos Red Delicious cv. Top Red .....	80
Tabla 2.10. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el mantenimiento de los interfilares de una hectárea de manzanos con manejo orgánico.....	80
Tabla 2.11. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la cosecha de manzanos Red Delicious cv. Top Red por hectárea. ....	81
Tabla 2.12: Clasificación de mano de obra en MJ/jornal, aplicada a la producción frutícola, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada. ....	82
Tabla 2.13. Valor de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) aportada por el tractor y la pulverizadora a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 2.14. Valor total de energía cultural industrial indirecta (EI) (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico.....	83
Tabla 2.15. Valor de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada en la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red .....	84
Tabla 2.16. Valor de energía total (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.....	84

Tabla 2.17. Valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción obtenida a partir de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico .....	84
Tabla 2.18. Discriminación por labor cultural del uso de combustible fósil para llevar a cabo la producción de manzanos Red Delicious cv. Top Red por hectárea en el establecimiento La Antigua.....	86
Tabla 2.19. Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico. ....	87
Tabla 2.20. Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico.....	88
Tabla 2.21. Valor de la huella de carbono por kilo de manzanas Red Delicious cv. Top Red producida en un establecimiento orgánico .....	89
Tabla 2.22. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para la fertilización al suelo por hectárea en manzanos Red Delicious Chañar 28. ....	90
Tabla 2.23. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para la fertilización foliar de una hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28 con manejo convencional. ....	90
Tabla 2.24. Aplicación de fitosanitarios para el manejo de plagas en manzanos Red Delicious Chañar 28 con manejo convencional. ....	91
Tabla 2.25. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el manejo de plagas por hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28 con manejo convencional. ....	91
Tabla 2.26. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para regar una hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28. ....	92
Tabla 2.27. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la poda y el raleo por hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28.....	93
Tabla 2.28: Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar el control de heladas primaverales para una hectárea manzanos Red Delicious Chañar 28. ....	93
Tabla 2.29. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el mantenimiento de los interfilares y filas de plantación de una hectárea de manzanos con manejo convencional .....	94
Tabla 2.30. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la cosecha de manzanos Red Delicious Chañar 28 .....	94
Tabla 2.31. Clasificación de mano de obra en MJ/jornal, aplicada a la producción frutícola, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada. ....	95
Tabla 2.32. Valor de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) del tractor y la pulverizadora aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28. ....	95
Tabla 2.33. Valor total de energía cultural industrial indirecta EI (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 .....	96
Tabla 2.34. Valor de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada en la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 .....	96

Tabla 2.35: Valor de energía total (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28.....	97
Tabla 2.36. Valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción obtenida a partir de una hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28.....	97
Tabla 2.37. Discriminación por labor cultural del uso de combustible fósil para llevar a cabo una hectárea de producción de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional.....	98
Tabla 2.38. Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional.....	100
Tabla 2.39. Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola para una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional.....	100
Tabla 2.40. Valor de la huella de carbono por kilo de manzana Red Delicious cv. Chañar 28 producida en un establecimiento convencional.....	101
Tabla 2.41. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para aplicar 1 tonelada de fertilizante orgánico por hectárea en cultivo de perales cv Williams con manejo orgánico.....	102
Tabla 2.42. Requerimientos energéticos (MJ/ha) de los tratamientos foliares en cultivos de perales cv Williams con manejo orgánico.....	102
Tabla 2.43. Requerimientos energéticos (MJ/ha) del manejo integrado de plagas en un cultivo orgánico de perales cv Williams.....	103
Tabla 2.44. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para regar una hectárea de perales cvs Williams con manejo orgánico.....	103
Tabla 2.45. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la poda por hectárea en cultivo de perales cv. Williams con manejo orgánico.....	104
Tabla 2.46. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar el control de heladas primaverales para una hectárea de cultivo de perales cv. Williams con manejo orgánico.....	104
Tabla 2.47. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el mantenimiento de los interfilares de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.....	104
Tabla 2.48. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la cosecha de peras cv. Williams con manejo orgánico.....	105
Tabla 2.49. Clasificación de mano de obra en MJ/jornal, aplicada a la producción de perales cv Williams con manejo orgánico, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en el establecimiento analizado.....	106
Tabla 2.50. Valor de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) aportada por el tractor y la pulverizadora a la producción de perales cv Williams con manejo orgánico.....	106
Tabla 2.51. Valor total de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.....	107
Tabla 2.52. Valor de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada en la producción de una hectárea de perales cv Williams con manejo orgánico.....	107

Tabla 2.53. Valor de energía total (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico. ....	107
Tabla 2.54. Valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción obtenida a partir de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico. ....	108
Tabla 2.55. Discriminación por labor cultural del uso de combustible fósil para llevar a cabo la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico .....	109
Tabla 2.56. Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico. ....	110
Tabla 2.57. Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola para una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico. ....	110
Tabla 2.58. Valor de la huella de carbono por kilo de peras cv Williams producida en un establecimiento orgánico .....	111
Tabla 2.58. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para la fertilización al suelo por hectárea en perales cv. Williams.....	112
Tabla 2.59. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para la fertilización foliar de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.....	112
Tabla 2.60. Aplicación de fitosanitarios para el manejo de plagas en perales cv. Williams con manejo convencional.....	113
Tabla 2.61. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el manejo de plagas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.....	113
Tabla 2.62. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para regar una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.....	114
Tabla 2.63. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la poda y el raleo por hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.....	114
Tabla 2.64. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar el control de heladas primaverales para una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.....	115
Tabla 2.65. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el mantenimiento de los interfilares y filas de plantación de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.....	115
Tabla 2.66. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la cosecha de perales cv. Williams con manejo convencional.....	116
Tabla 2.67. Clasificación de mano de obra en MJ/jornal, aplicada a la producción frutícola, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada. ....	116
Tabla 2.68. Valor de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) del tractor y la pulverizadora aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	117
Tabla 2.69. Valor total de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	117

Tabla 2.70. Valor de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada en la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.....	118
Tabla 2.71. Valor de energía total (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	118
Tabla 2.72. Valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción obtenida a partir de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.....	118
Tabla 2.73. Discriminación por labor cultural del uso de combustible fósil para llevar a cabo la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional durante un año.....	120
Tabla 2.74. Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	121
Tabla 2.75. Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	121
Tabla 2.76. Valor de la huella de carbono por kilo de peras cv Williams producida en un establecimiento con manejo convencional.....	122
Tabla 2.77. Compilación de los valores de energía y eficiencia en agroecosistemas con manejo orgánico y convencional característicos de la región de estudio. ....	126
Tabla 2.78. Compilación de los rendimientos, huella de carbono por kilo de manzanas y peras y emisión total por hectárea en agroecosistemas con manejo orgánico y convencional característicos de la región de estudio. ....	128
Tabla 2.79. Emisiones de gases de efecto invernadero generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de manzanos y perales con manejo orgánico y convencional característicos de la región de estudio. ....	130
Tabla 3.1: Composición florística total de los interfilares de los agroecosistemas frutícolas de hoja caduca analizados en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Patagonia, Argentina.....	157
Tabla 3.2. Riqueza, Cantidad de familias botánicas, Equitatividad, Índice de Shannon (H), Índice de Simpson, Índice de Margaleff en los interfilares de las unidades productivas con manejo orgánico y con manejo convencional <sup>zy</sup> .....	161
Tabla 3.4. Ocurrencia de especies y familias de plantas en interfilares fertilizados orgánicamente y sin fertilizar.....	167
Tabla 3.5. Abundancia de taxones de nematodos y grupos tróficos por 100 g de suelo seco para cada interfilar: con fertilización orgánica y sin fertilización.....	168
Tabla 4.1. Escala e Indicadores de la dimensión sociocultural para una unidad productiva convencional (UPC) y una unidad productiva orgánica (UPO). ....	194
Tabla 4.2. Escala e indicadores de la dimensión ecológica para una unidad productiva convencional (UPC) y una unidad productiva orgánica (UPO). ....	195
Tabla 4.3. Escala e indicadores de la dimensión económica para una unidad productiva convencional (UPC) y una unidad productiva orgánica (UPO). ....	196

Tabla 4.4. Indicadores socioculturales, ecológicos y económicos de la UPC y UPO. Mediana y rango intercuartílico. ....	197
Tabla 4.5. Puntos críticos observados en las UPO y UPC.. ....	201
Tabla 4.6. Diez indicadores utilizados en este estudio y su criterio de puntuación. ....	207
Tabla 4.7. Indicadores analizados en la UPa y UPb .....	210
Tabla 4.8. Prácticas agrícolas agroecológicas realizadas por los agricultores en ambas unidades productivas alineadas a los principios agroecológicos. ....	211

## Índice de figuras

Figura 1.2. Características de los agroecosistemas del futuro: productividad, diversidad, integración y eficiencia. ....	7
Figura 1.3. Emisiones de combustibles fósiles (CO <sub>2</sub> ) per cápita en los últimos 50 años. ....	8
Figura 1.4. Esquema general del flujo de energía en una chacra orgánica-biodinámica. ....	11
Figura 1.5. Espiral que muestra un ciclo de transformación transdisciplinario de co-creación en cinco pasos. ....	26
Figura 1.6. Significados de la agroecología. ....	28
Figura 1.7. Ejemplo de transformación agroecológica a nivel finca o unidad productiva. ....	32
Figura 1.8. Proceso de transformación desde una forma convencional de agricultura hacia sistemas alimentarios agroecológicos. ....	34
Figura 1.9. Relación entre prácticas agrícolas, estructuras físicas y biológicas, funciones, servicios y beneficios según el “modelo en cascada” en un agroecosistema. ....	36
Figura 1.10. Distribución de superficie cultivada en el mundo con los principales frutales de clima templado, con manejo orgánico (Willer, 2021; Santagni et al., 2022). ....	39
Figura 1.11. Países con mayor superficie cultivada (ha) con frutales de clima templado, con manejo orgánico ....	39
Figura 1.12. Principales productos orgánicos exportados en Argentina. ....	40
Figura 1.13. Localización del Alto Valle. ....	41
Figura 1.14. Traza del canal principal de riego Alto Valle. ....	42
Figura 1.15. Canal principal visto desde Contralmirante Cordero hacia Cinco Saltos. ....	42
Figura 1.16. Sistema de aspersión como control de heladas ....	43
Figura 1.17. Superficie cultivada (ha) con frutales en Argentina. ....	44
Figura 1.18. Superficie (ha) utilizada por las principales provincias productoras de peras y manzanas 2019-2020. ....	44
Figura 1.19. Producción (Tn) de peras y manzanas, Argentina 2000-2018. ....	45
Figura 1.20. Posicionamiento de Argentina y nivel de producción de manzanas, en Tn. ....	45
Figura 1.21. Posicionamiento de Argentina y nivel de producción de peras, en Tn. ....	46
Figura 1.22. Superficie (ha) plantada con manzanos y perales para el período 2011-2020. ....	46

Figura 1.23. Generación de empleos cada 1.000 ha por actividad.....	49
Fig.2.1. El Sistema del huerto frutal y el ambiente natural. ....	56
Figura 2.2. Equipo integrado por tractor y pulverizadora típico de las chacras frutícolas de la NorPatagonia. ....	67
Figura 2.3: Ciclo de Vida esquemático de la producción y comercialización de manzanas Red Delicious y peras Williams en la Norpatagonia.....	69
Figura 2.4. Esquema de las operaciones “clave” que se realizan en un huerto de manzanos Red Delicious o perales Williams en la Norpatagonia. ....	69
Figura 2.5. Esquema general del flujo energético en chacras frutícolas de la NorPatagonia. ....	75
Figura 2.6: Energía cultural industrial y biológica cultural (%), aportada a las distintas actividades realizadas en una hectárea de Red Delicious cv. Top Red.....	85
Figura 2.7. Distribución de los subsidios energéticos directos (%) aportados a las distintas actividades realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.....	86
Figura 2.8. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas por cada labor agrícola en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico.....	88
Figura 2.9. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico.....	89
Figura 2.10: Energía cultural industrial y biológica cultural (%), aportada a las distintas actividades realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional. ....	98
Figura 2.11. Distribución de los subsidios energéticos (%) aportado a las distintas actividades realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional ....	99
Figura 2.12. Emisión de gases de efecto invernadero (%) generados por cada labor agrícola realizada en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional ....	101
Figura 2.13. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo orgánico ....	101
Figura 2.14. Energía cultural industrial y biológica cultural (%), aportada a las distintas actividades realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico. ....	108
Figura 2.15. Valores energéticos (%) aportados por las diferentes actividades realizadas en la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico. ....	109
Figura 2.16. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas por cada labor agrícola para una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico. ....	111
Figura 2.17. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de perales cv Williams con manejo orgánico ....	111
Figura 2.18. Energía cultural industrial y biológica cultural (%), aportada a las distintas actividades realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	119

Figura 2.19. Distribución de los subsidios energéticos (%) aportado a las distintas actividades realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	120
Figura 2.20. Emisión de gases de efecto invernadero (%) generados por cada labor agrícola en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	122
Figura 2.21. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional. ....	122
Figura. 2.22 Evolución de la tasa fotosintética a lo largo de la temporada (A) ligada a los principales períodos de emisiones de GEI (B) generadas por las prácticas culturales realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious con manejo orgánico y convencional.....	132
Figura. 2.23. Evolución de la tasa fotosintética a lo largo de la temporada (A) ligada a los principales períodos de emisiones de GEI (B) generadas por las prácticas culturales realizadas en una hectárea de peras cv. Williams con manejo orgánico y convencional. ....	133
Figura 3.1: Unidades productivas estudiadas y ubicación en el territorio del Alto Valle de Río Negro y Neuquén. ....	153
Figura 3.2: demarcación de la transecta en los interfilares de frutales .....	154
Figura 3.3. Mosaic plot, familias botánicas más frecuentes observadas en los interfilares de las unidades productivas orgánicas y convencionales en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén.....	158
Figura 3.4. Box plot del Índice de Shannon (H) en los interfilares de unidades productivas convencionales (C) y orgánicas (O) en chacras frutícolas del Alto Valle del Río Negro y Neuquén .....	159
Figura 3.5. Box plot de Riqueza (a) y Cantidad de Familias (b) en los interfilares de unidades productivas convencionales (C) y orgánicas (O) en chacras frutícolas del Alto Valle del Río Negro y Neuquén.....	160
Figura 3.6. Índice de Shannon (H) en los interfilares de unidades productivas convencionales (C) y orgánicas (O) para ambas temporadas productivas. ....	160
Figura 3.7. Gráfico bi-plot de análisis de componentes principales .....	170
Figura.3.8. Abundancia media de Rhabditidae (A) y Pratylenchus sp. (B) por 100 g de suelo seco en interfilares sin fertilizar (NF) y con fertilización orgánica (OF). ....	171
Figura 3.9. Abundancia media de Helicotylenchus sp. por 100 g de suelo seco en A: interfilares sin fertilizar (NF) y fertilizados orgánicamente (OF) y B: primavera y otoño.....	172
Figura 4.1. Talleres participativos para la construcción de indicadores con agricultores, operarios, técnicos, de cada unidad productiva frutícola analizada. Visitas a los establecimientos productivos y recopilación de datos. ....	188
Figura 4.2. Distribución de frecuencias relativas para la variable número de indicadores de una unidad productiva convencional (UPC) y una unidad productiva orgánica (UPO) . ....	197
Figura 4.3. Diseño “star plot” de los indicadores de sustentabilidad en una unidad productiva frutícola convencional (UPC) y una unidad productiva frutícola orgánica (UPO) del Alto Valle de Río Negro, Patagonia Argentina. ....	198

Figura 4.4. Gráfico de “ameba” de los indicadores de sustentabilidad en una unidad productiva frutícola convencional (UPC) y una unidad productiva frutícola orgánica (UPO) del Alto Valle de Río Negro, Patagonia Argentina. .... 200

Figura 4.5. Indicadores analizados en la UPa y UPb..... 209

## Índice de acrónimos:

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

CH<sub>4</sub>: Metano

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

cv.: cultivar

EI: Energía indirecta

EE: Energía extraída

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

gr.: Gramos

GEI: Gases de Efecto Invernadero

ha.: Hectáreas

HC: Huella de Carbono

HP: caballos de fuerza

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO: International Organization for Standardization

Kcal: kilocalorías

Kg. CO<sub>2</sub>eq: Kilogramos de dióxido de carbono equivalente

Kg.: Kilogramos

Kw/h: Kilowatts por hora

MIP: Manejo integrado de plagas

MJ: Megajoules

N<sub>2</sub>O: Óxido Nitroso

PAS: Publicly Available Specification

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria

Tn: Toneladas

h: hora

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## Estado actual del conocimiento sobre el tema, fundamentación y marco teórico

Los patrones de uso de la tierra en general revelan la importancia de la agricultura como uno de los principales sistemas de gestión de la tierra que transforma y aprovecha los ecosistemas naturales en forma significativa. Más de la mitad de la superficie terrestre del planeta se utiliza intensivamente con fines agrícolas, como cultivos, pastoreo, plantaciones forestales y acuicultura; y desde 1950 un tercio del suelo ha sido profundamente alterado de su estado de ecosistema natural debido a la degradación del suelo de moderada a severa (IAASTD, 2009). Entre 2000 y 2010, la agricultura provocó el 80% de la deforestación en todo el mundo. La agricultura utiliza el 86% del nitrógeno antropogénico y la mitad del nitrógeno aplicado a los suelos no es absorbido por las plantas.

La agricultura contribuye significativamente al cambio climático debido a la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas dentro de la granja y en las tierras agrícolas. Las emisiones globales procedentes de la agricultura y el uso asociado de la tierra representan actualmente alrededor de una quinta parte del total de todas las actividades económicas. Sin embargo, el impacto de todo el sistema alimentario sobre el cambio climático es mucho mayor después de incorporar actividades previas y posteriores a la producción a lo largo de las fases de la cadena de suministro, la venta minorista, el consumo y la eliminación de residuos. Después de contabilizar todas las actividades del sistema alimentario, las emisiones de este pueden alcanzar entre el 25% y el 30% del total de las emisiones antropogénicas (10% a 12% de las actividades agrícolas y ganaderas en las granjas, 8% a 10% del uso y cambio de uso de la tierra, y entre un 5% y un 10% de la cadena de suministro) (Comisión EAT-Lancet, 2019; Tubiello et al., 2021).

Los efectos adversos del cambio climático son cada vez más visibles y peligrosos en todo el mundo. Los expertos señalan que en las próximas décadas el cambio climático aumentará en todas las regiones y que un calentamiento global de 1,5°C entre 2030 y 2052 estará relacionado con un aumento de las olas de calor, temporadas cálidas más largas y estaciones frías más cortas (IPCC, 2022). Sin embargo, los resultados publicados indican que los impactos del cambio climático son significativos, con una amplia gama proyectada (entre 5 millones y 170 millones de personas adicionales en riesgo de padecer hambre para 2080) al alterar la producción y distribución, el acceso y la estabilidad del suministro de alimentos. (Schmidhuber y Tubiello, 2007).

Zhao et al (2017), al compilar extensos resultados publicados de cuatro métodos analíticos, encontraron que cada aumento de grado Celsius en la temperatura media global reduciría, en promedio, los rendimientos globales de trigo en un 6,0%, arroz en un 3,2%, maíz en un 7,4% y la soja un 3,1%, cuatro cultivos que aportan dos tercios del aporte calórico humano.

Con lo cual estos fenómenos climáticos extremos como consecuencia del calentamiento global tienen un impacto negativo en la agricultura, seguridad alimentaria, suministro de agua, salud, calidad de vida, ecosistemas y biodiversidad. El Panel Intergubernamental para el cambio climático (IPCC) (IPCC, 2013)

coincidió y reafirmó que el ser humano a través de su actividad socioeconómica productiva es responsable del cambio climático que provoca este calentamiento. La extracción altísima de nutrientes que algunos suelos tienen es un pasivo ambiental no incluido en las cuentas de transacción global de las materias agrícolas mundiales y esto deja un costo en degradación, contaminación y disminución de la calidad de los suelos. En general, los sistemas de monoproducción agrícola sufren una extracción selectiva de nutrientes (Pengue y Feinstein 2013).

Argentina se caracteriza por tener una estructura productiva heterogénea y diversa, destacándose la inserción de los sectores exportadores en las cadenas de valor regionales y globales, particularmente en el sector agroalimentario. Sin embargo, se presenta como un país altamente vulnerable que necesita adaptarse, dado que cuenta con una gran diversidad de zonas susceptibles a los efectos del cambio climático (SGAyDS, 2019).

Los sistemas agroalimentarios locales, nacionales y globales tienen y tendrán en el futuro procesos cada vez más complejos, desafíos como adaptarse al cambio climático y mitigarlo, conservar los recursos naturales, reducir pérdidas de alimentos, proporcionar suficientes alimentos nutritivos para una población mundial en continuo crecimiento, aumentar las dietas saludables y poner fin a la injusticia social y la erosión cultural.

Los desafíos relacionados con la erradicación del hambre variarán en los diferentes países en 2030, la disponibilidad global promedio de alimentos por persona crecerá un 4% alcanzando un poco más de 3.025 kcal/día (OCDE/FAO, 2021). Aunque este promedio mundial será muy inequitativo, los consumidores de los países de ingresos medios aumentarán significativamente su ingesta de alimentos, mientras que la dieta en los países de bajos ingresos seguirá siendo más o menos la misma. En el África subsahariana, donde 224,3 millones de personas estaban desnutridas en 2017-2019, se prevé que la disponibilidad calórica diaria per cápita aumente solo un 2,5% durante la próxima década, hasta 2.500 kcal en 2030 (OCDE/FAO, 2021). Durante la próxima década, se prevé que la producción agrícola mundial aumentará un 1,4% anual, y la cantidad adicional procederá principalmente de las economías emergentes y los países de bajos ingresos.

El potencial para ampliar la huella agrícola actual es limitado (alrededor del 15%) y una mayor expansión tendría consecuencias indeseables para la biodiversidad y nuestro clima global. Hoy en día, se producen suficientes alimentos a escala global para alimentar a todas las personas en la Tierra. Estimaciones del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (<https://www.fao.org/cfs/en/>) de la FAO indican que los agricultores producen aproximadamente 2800 kilocalorías por persona por día, mientras que el requerimiento promedio mundial es de 2100 kilocalorías por persona por día (teniendo en cuenta la amplia diversidad de hábitos alimentarios y necesidades fisiológicas en las diferentes regiones del mundo). Actualmente producimos suficientes alimentos para alimentar a 10 mil millones de personas, a pesar de que la población mundial actual es de 7 mil millones. Sin embargo, en 2021, 828 millones de personas sufrieron desnutrición crónica, particularmente en los países y regiones que se espera experimenten el crecimiento demográfico más rápido hasta 2050. El desglose de las personas desnutridas en 2021 muestra que 425 millones están en Asia, 278 millones en África y 56,5 millones en América Latina y el Caribe, que representan en estas regiones, el 9,1%, 20,2% y 8,6% de la población respectivamente (FAO, 2022). Los países y regiones de estos continentes que no pueden satisfacer sus necesidades alimenticias también tienen altos niveles de pobreza extrema, amplias desigualdades y conflictos armados, así como infraestructura deficiente, inestabilidad política y desastres naturales, entre otros

factores importantes. Por tanto, la inseguridad alimentaria tiene múltiples causas. Las Naciones Unidas estimaron que 2.300 millones de personas padecían inseguridad alimentaria, mientras que casi 3.100 millones no podían permitirse una dieta saludable.

Las dietas humanas actuales están desequilibradas en la mayor parte del mundo. Por primera vez en la historia, el número de personas obesas en todo el mundo supera el número de personas desnutridas. Aproximadamente el 65% de la población mundial vive en países donde las muertes relacionadas con la obesidad superan a las causadas por el hambre.

Murray en el año 2014 comparó las necesidades de la humanidad en términos de principales alimentos para conformar una dieta equilibrada con la producción actual de estos productos a escala global. Según sus resultados, el mundo producía un 54% más de cereales de los necesarios para una dieta equilibrada, un 11% menos de verduras, un 50% menos de leche y entre un 35 y un 55% menos de frutas, frutos secos y semillas. También se observaba un 48% más de pescado del necesario para una dieta equilibrada y hasta un 568% más de carne roja de lo necesario. Hoy en día, todavía producimos mucha más carne de la necesaria para una dieta equilibrada (sin embargo, un gran número de personas en todo el mundo no pueden permitirse el lujo de comer carne) y esto sin duda contribuye a los trastornos relacionados con la dieta. Otro dato importante del estudio de Murray es que se debería aumentar (prácticamente duplicar) la producción de frutas, nueces y semillas para satisfacer las necesidades globales. Muchas de estas especies son arbustos y árboles perennes. Esto implica una gran oportunidad para la agrosilvicultura o el silvopastoralismo y, en general, para aumentar la proporción de árboles en nuestros paisajes de producción, contribuyendo tanto a la creación de hábitats para la biodiversidad y al secuestro de carbono, entre otros beneficios.

En 2019 se publicó un nuevo informe integrando las ideas del anterior, calculando una dieta global equilibrada para minimizar los riesgos de muerte, pero añadiendo también un cálculo de una dieta que minimice los impactos ambientales globales utilizando los indicadores de la evaluación de los límites planetarios (EAT - Lancet: Willett et al.2019). Los resultados indican que una dieta global equilibrada que minimice tanto los riesgos para la salud humana como el impacto ambiental debería consistir en aproximadamente un 50% en volumen de frutas y verduras frescas, y alrededor de un 20% de cereales integrales y un 15% de proteínas de origen vegetal (legumbres y frutos secos), minimizando la ingesta de cultivos con almidón como la papa o la yuca, lácteos y carne. Cuando se expresan estos valores sobre la base de la ingesta diaria de calorías o nutrientes, sus proporciones relativas cambian. Las verduras, las frutas, los lácteos y las legumbres aportan la mayoría de los nutrientes en una dieta tan equilibrada, mientras que la mayoría de las calorías provienen de las legumbres, los frutos secos, los aceites insaturados y los productos lácteos. Estos cálculos se basaron en una ingesta calórica per cápita supuesta de 2500 Kcal día<sup>-1</sup>.

En términos globales, según el informe de Lancet-EAT (2019) las dietas actuales superan los límites "saludables" recomendados para la carne roja en un 288%, para los tubérculos y cultivos feculentos en un 293% y para los huevos en un 153%, mientras que todavía hay mucho menos verduras, frutas, nueces, semillas comestibles y legumbres.

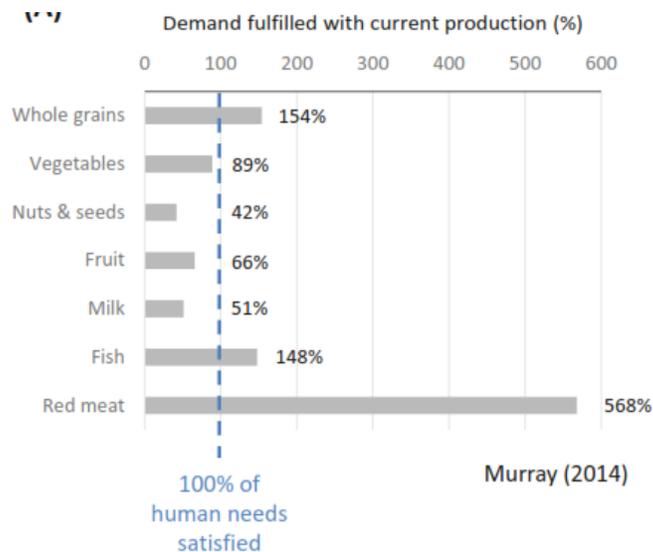


Figura 1.1. Proporción producida de los principales alimentos de una dieta equilibrada (barras grises) en relación con sus necesidades a nivel mundial (línea vertical discontinua), según el informe de Murray (2014)

Del análisis anterior y los números que se representan se puede observar la importancia de estudiar la producción de árboles frutales y las regiones que se dedican a esa producción, como es el caso de la presente tesis.

Las ineficiencias del sistema alimentario son muy grandes y variadas, por ejemplo, alrededor del 14% de los alimentos mundiales se pierde entre la cosecha y el mercado minorista (FAO 2022), y el 17% se desperdicia a nivel minorista y de consumo (PNUMA, 2021). La pérdida y el desperdicio de alimentos, que en conjunto ascienden a 1.300 millones de toneladas por año, son el resultado de múltiples procesos, pero uno importante es la distancia que los alimentos deben recorrer desde la producción hasta el consumo. En las zonas más “productivas” del mundo, como Estados Unidos, Europa occidental, China oriental y partes de América del Sur, apenas entre el 20% y el 30% de la energía captada por la radiación solar ingresa al sistema alimentario en forma de calorías alimentarias. Nuestro sistema alimentario actual es intrínsecamente ineficiente.

La producción agrícola industrial actual depende en gran medida de insumos energéticos externos y es responsable de una gran parte de la deforestación, la pobreza, la contaminación, la pérdida de biodiversidad y las emisiones de gases de efecto invernadero. Alrededor del 70% de la energía contenida en un grano de cereal producido bajo agricultura intensiva proviene de combustibles fósiles, que por definición no son renovables. Los costos de producción asociados a este modelo de agricultura intensiva aumentan cada año. El mercado internacional de insumos y productos para la agricultura es un oligopolio. Unas pocas empresas multinacionales controlan la diversidad genética de nuestros principales cultivos, producen los insumos agroquímicos que se utilizan en ellos y comercializan sus cosechas en todo el mundo. En lugares donde se intensificó la agricultura y los rendimientos son actualmente altos, los resultados fueron en detrimento de la biodiversidad y el medio ambiente.

El informe OCDE/FAO (2021) pronostica que las emisiones globales de GEI procedentes de la agricultura aumentarán un 4% en los próximos 10 años, y la ganadería representará más del 80% de este aumento. Por

lo tanto, será necesario que el sector agrícola adopte medidas políticas adicionales para contribuir eficazmente a la reducción global de las emisiones de GEI.

Las emisiones totales de GEI del sistema alimentario fueron de aproximadamente 16 CO<sub>2</sub>eq año<sup>-1</sup> en 2018, o un tercio del total antropogénico mundial. Tres cuartas partes de estas emisiones, 13 Gt CO<sub>2</sub>eq año<sup>-1</sup>, se generaron dentro de la granja o en actividades previas y posteriores a la producción, como la fabricación, el transporte, el procesamiento y la eliminación de residuos. El resto se generó a través del cambio de uso de la tierra en los límites de conversión de ecosistemas naturales a tierras agrícolas (Tubiello et al., 2021).

Cambios de uso de suelo, destrucción de la capa fértil, agotamiento de los recursos naturales, contaminación de cursos de agua, pérdida de agrobiodiversidad, pérdida de biodiversidad, contaminación por agroquímicos, son algunos de los efectos que genera directamente la agricultura industrial (IPBES, 2018).

Las cadenas de suministro de alimentos (que abarcan la producción, el comercio, la distribución, el consumo y la producción de residuos), están cada vez más asociadas con los impactos ambientales y socioeconómicos. Una población mundial cada vez mayor y cambios en los modelos de consumo plantean serios desafíos para la sustentabilidad general de la producción y el consumo de alimentos (Sala et al., 2017). En este sentido, varios autores mencionan que, con más de siete mil millones de personas en el mundo, la producción de alimentos conlleva un enorme costo ambiental (Tilman et al., 2001; Garnett, 2011). Es por ello que los sistemas alimentarios están contemplados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (UN, 2015); un compromiso global para erradicar la pobreza y el hambre al tiempo que se garantiza la reducción de los impactos ambientales y socioeconómicos. Entre ellos se destaca el objetivo 2: “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible” y el objetivo 12 “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”.

Para las Naciones Unidas, garantizar el desarrollo humano sostenible significa poder alimentar a un planeta con una población creciente, desacoplar el desarrollo socioeconómico del impacto ambiental y abordar la evolución de la demanda de alimentos y energía.

Steiner et al. (2020) establecieron cuatro áreas de acción clave necesarias para la reconfiguración del sistema alimentario: (1) Redirigir la agricultura y los medios de vida rurales hacia nuevas trayectorias que conserven los ecosistemas, reduzcan la desigualdad social y proporcionen seguridad alimentaria y nutricional para todos. (2) Eliminar riesgos en los medios de vida, las explotaciones agrícolas y las cadenas de valor, permitiendo a los actores del sistema alimentario anticipar, responder y recuperarse de fenómenos meteorológicos cada vez más frecuentes y extremos. (3) Reducir las emisiones de las dietas y las cadenas de valor, centrándose en las consecuencias sobre el clima y de salud. Producir, procesar, distribuir y consumir alimentos de manera que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y reduzcan la pérdida y el desperdicio de alimentos. (4) Realignar las políticas, las finanzas, el apoyo a los movimientos sociales y los sistemas de innovación, para facilitar la acción en las áreas mencionadas anteriormente. Esta área de acción es transversal a las otras tres, ya que las políticas, las finanzas, la innovación y el cambio social son partes integrales de esas áreas de acción. Loboguerreo et al. (2020) destacan decisiones para los sistemas alimentarios que, junto con las actividades en estas cuatro áreas de acción, pueden transformar los sistemas alimentarios hacia un futuro más sostenible, incluso, saludable y resiliente al clima.

Dentro de estas cuatro áreas de acción hay 11 acciones transformadoras que se identificaron mediante consultas con más de 100 socios, individuos y organizaciones y mediante una serie de artículos científicos de antecedentes. Thornton et al., (2023) estimaron que el costo anual de implementar estas once acciones expuestas por Steiner et al. (2020) será de  $1,3 \pm 0,1$  billones de dólares. La mitad de este monto es necesario para detener la conversión de bosques y turberas para la agricultura, y el resto se utilizaría para reducir el riesgo de los productores, reducir las emisiones y fortalecer las políticas, las finanzas y la innovación que facilitan el cambio. Los autores afirmaron que este costo equivale a menos del 7 por ciento de las externalidades negativas generadas anualmente por los sistemas alimentarios actuales y que los costos de la inacción superarán con creces los beneficios.

Los sistemas productivos agrícolas han estado agotando los recursos de la Tierra y contribuyendo significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), a la pérdida de fertilidad del suelo y la biodiversidad, a la escasez de agua y a la liberación de grandes cantidades de nutrientes y otros contaminantes que afectan la calidad del ecosistema (McMichael et al., 2007). Notarnicola et al. (2017) mencionan que si no cambia en la forma en que producimos y consumimos alimentos, y en vista de la necesidad de aumentar la producción de alimentos en más del 60% para 2050 (FAO et al., 2015), los impactos ambientales asociados con los sistemas de producción de alimentos se volverán aún más severos y superarán cada vez más los límites planetarios.

Este panorama se complejiza por una tendencia actual del mercado mundial que considera a los alimentos solo como mercancías (van der Ploeg, 2019), caracterizado por la inestabilidad de precios y el carácter fuertemente oligopólico de las grandes empresas, que controlan partes importantes y en expansión de los procesos de producción, procesamiento, distribución y consumo de alimentos. van der Ploeg (2019) los denomina "Imperios Alimentarios", al ser redes operadas a nivel global responsables de controlar los flujos de commodities para apropiarse del valor producido en otros lugares u obtenidas mediante la explotación de la naturaleza y que, por sí mismas, no añaden valor. Estas redes controlan los flujos de alimentos, inclusive el transporte y el procesamiento de los productos agrícolas, utilizando múltiples estrategias para definir qué y cómo se produce y qué se va a consumir. En ellas se generan constricciones que obligan al agricultor a adoptar estrategias productivas para no quedar marginado del mercado, provocando desperdicios en la producción y desperdicios de recursos productivos (Llistosella y Sánchez Cuxart, 2019). Contribuyendo a agravar la crisis ecológica; que se manifiesta tanto en la degradación ambiental en términos de cambio climático como también en los problemas de aprovisionamiento de bienes naturales (Sabbatella, 2010).

Esta problemática y las crisis económicas, sociales y políticas de nuestro tiempo no se pueden entender aisladamente ya que tienen características sistémicas. Por lo tanto, el enfoque holístico es fundamental no sólo para abordarla sino para buscarle soluciones efectivas.

Las características de la agricultura del futuro tendrán en cuenta: Agricultura independiente del petróleo, modelos de agroecosistemas de bajo impacto ambiental y resilientes al cambio climático, agricultura multifuncional (servicios económicos, sociales y ambientales) y sistemas alimentarios locales, entre otros aspectos (Altieri et al., 2012, Figura 1.2)

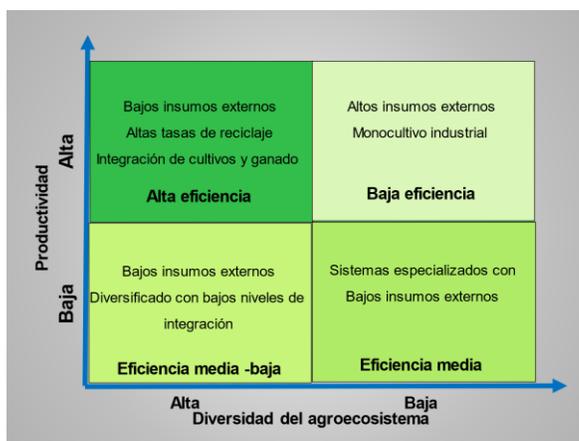


Figura 1.2. Características de los agroecosistemas del futuro: productividad, diversidad, integración y eficiencia. Modificado de Altieri et al., 2012.

El grupo ETC (2017) calcula que los pequeños agricultores del mundo (red alimentaria campesina), que representan el 80% del número total de explotaciones agrícolas, producen utilizando métodos agroecológicos el 70% de los alimentos disponible para el consumo humano (medido en calorías y peso) y utiliza menos del 25% de las tierras agrícolas del mundo. A su vez, utilizan aproximadamente el 10% de la energía fósil y no más del 20% del agua que toda producción agrícola demanda. En contraste, la cadena de agronegocios utiliza más del 75% de la tierra agrícola del mundo, proporciona alimentos a sólo el 30% de la población mundial, y es responsable del consumo de casi el 90% de los combustibles fósiles utilizados en la agricultura (y, en consecuencia, de las correspondientes emisiones de gases de efecto invernadero), así como de al menos el 80% del agua dulce (ETC, 2017). Este tipo de agricultura industrial produce monocultivos vulnerables, genéticamente homogéneos y ecológicamente estrechos, que dependen de grandes cantidades de insumos agroquímicos que, en última instancia, se inyectan en la biosfera anualmente.

### La energía en los agroecosistemas

Todas las actividades humanas tienen un impacto sobre el ambiente y producen GEI durante su producción, transporte, almacenamiento, uso y disposición final.

A menudo se afirma que la agricultura intensiva en regiones como Europa occidental o Estados Unidos es muy eficiente. Sin embargo, un sistema no puede considerarse eficiente si requiere subsidios para seguir siendo rentable. Los altos rendimientos de producción frecuentemente se consideran un indicador de eficiencia, sin embargo, lograr rendimientos como 13 toneladas de trigo por hectárea, 12.000 kg de leche por vaca por año o 100 kg de tomates por metro cuadrado de invernadero sólo es posible dependiendo de insumos externos de energía, nutrientes, recursos financieros y mano de obra. Además, no se pueden pasar por alto las consecuencias ambientales y de salud de estos sistemas, que normalmente no se tienen en cuenta al evaluar la eficiencia. Por ejemplo, en Europa, los costos asociados con el uso de pesticidas en términos de impacto ambiental y salud humana se estimaron en alrededor de 2.300 millones de euros, mientras que las ganancias generadas por la industria de los pesticidas ascendieron a aproximadamente 900 millones de euros (Basic

2020). Esto significa que cada euro de beneficio que obtiene la industria de los plaguicidas supone un coste social de 2,55 euros en términos de impacto medioambiental y sanitario.

Como se observa en la figura 1.3 hay una gran disparidad en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> entre distintas regiones del mundo.

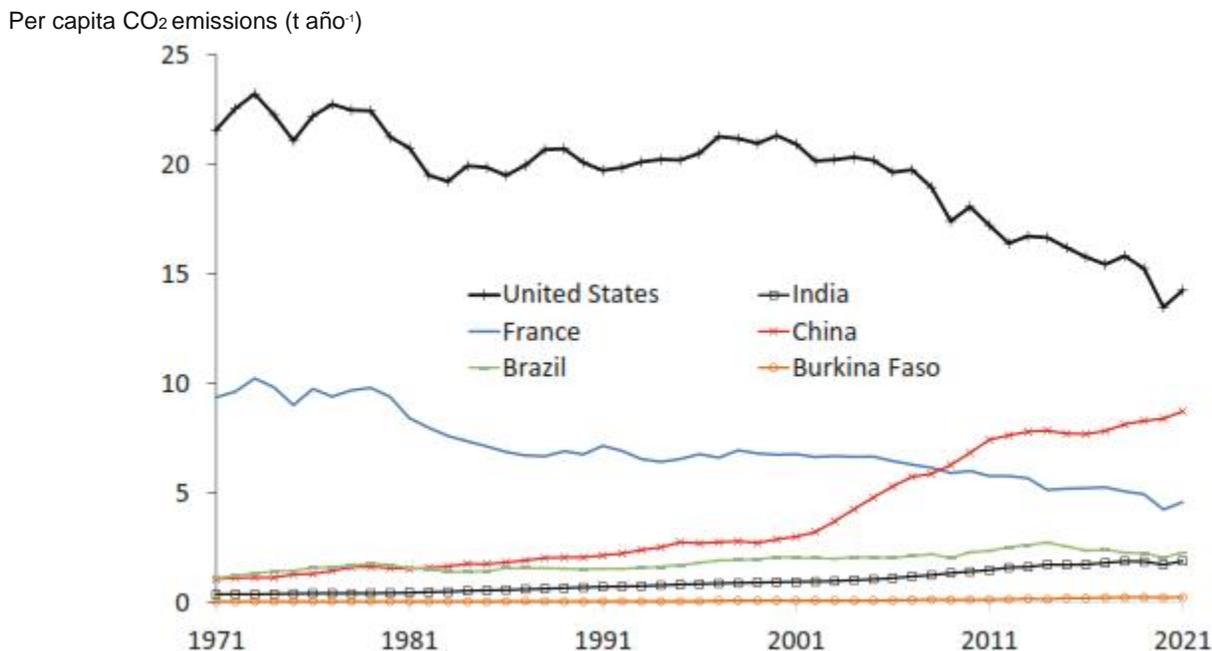


Figura 1.3. Emisiones de combustibles fósiles (CO<sub>2</sub>) per cápita en los últimos 50 años (EDGAR: Emissions Database for Global Atmospheric Research, European Commission, 2022).

Los indicadores ambientales basados en el cálculo de huellas, como la huella de carbono, constituyen importantes herramientas que nos permiten evaluar el desempeño de una actividad productiva desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental. La Huella de Carbono (HC) ha surgido como una medida de la cuantificación del efecto de estos GEI y se expresa en cantidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) emitidos a la atmósfera (ISO, 2006a y 2006b). Seis GEI principales se regulan en el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC) (IPCC, 2006).

La HC es el indicador que mide el impacto que un producto, servicio u organización tiene sobre el ambiente a partir de los GEI producidos, en el periodo de un año (ISO, 2006). En la actualidad se utiliza como un indicador capaz de sintetizar en forma más o menos fidedigna los impactos provocados por las actividades del hombre en el entorno (Wittneben y Kiyar, 2009). Los indicadores son los instrumentos que permiten evaluar la sustentabilidad (Venegas, 1998) y la HC podría utilizarse como un indicador Agroecológico.

También, varios investigadores recalcan el uso de la HC como herramienta multipropósito ya que puede ser utilizada en la gestión de carbono para lograr reducción de GEI a partir de una reducción en el consumo energético y como estrategia de diferenciación de mercado donde los consumidores pueden inclinarse por la elección de alimentos producidos de manera respetuosa con el ambiente (Ewing et al., 2012; Zervas y Tsiplakou, 2012).

Al aplicar la HC a la producción de alimentos, se consideran todas las emisiones que generan las actividades involucradas en el ciclo de vida del producto (Papendieck, 2010). En este sentido, el marco para determinar la HC es proporcionado por el análisis de ciclo de vida (ACV).

McLaren et al. (2010) estudiaron la gestión del carbono en el sector agrícola primario de Nueva Zelanda en especies frutales como la manzana y el kiwi y observaron que la variabilidad entre diferentes chacras, variabilidad de rendimiento entre años, variabilidad de datos, almacenamiento de carbono en los suelos y asignación entre diferentes grados de calidad en la fruta son algunos de los aspectos que más incertidumbre acarrearán cuando se realizan estudios de análisis de ciclo de vida (ACV).

La industria hortofrutícola consume una cantidad importante de energía para la operación de maquinaria agrícola, riego, uso de productos químicos, transporte y almacenamiento en frío. Este consumo de energía contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Gunady et al., 2012). El uso de subsidios energéticos acelera el flujo de energía y la circulación de materia en los agroecosistemas lo que conduce a un aumento de la entropía reflejada en contaminación y pérdida de diversidad biológico-cultural, entre otros aspectos. En este sentido, Cellura et al. (2012) afirman que el sector agroalimentario es uno de los que más contribuyen a la degradación ambiental debido a que la mala gestión energética en los establecimientos agrícolas resulta en el agotamiento de los recursos, la degradación de la tierra, el aumento de las emisiones de GEI y/o la disminución de capacidad del sistema como sumidero (Carmona et al., 2005; Meul et al., 2007) y generación de residuos.

El desafío que en la actualidad enfrenta el sector frutícola es la necesidad de cuantificar las emisiones de GEI en todo el ciclo de vida del producto, es decir, abarcando las fases de producción, procesamiento, transporte y comercialización. La región del Comahue de la Patagonia argentina no puede quedar aislada ya que la fruta se exporta a países de distantes partes del mundo; pero también hay una creciente conciencia local por el cuidado del ambiente que está interesada en conocer cuáles son los impactos de la actividad.

Existe una relación directa entre el uso de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), ya que una reducción en el consumo de energía implica una reducción de GEI en la actividad agrícola (Nabavi-Pelesaraei et al., 2014). Así, incrementar la eficiencia energética en la agricultura no solo ayuda a mejorar la competitividad a través de la reducción de costos, sino también a reducir las emisiones de GEI y los impactos ambientales que éstas implican (Alluvione et al., 2011).

Smith et al., (2008) afirmaron que utilizar el método de análisis de entradas y salidas de energía era una herramienta fundamental para entender el origen de las emisiones de GEI y por ende los patrones de cambio en la huella de carbono (HC) y las posibles soluciones de mitigación.

Las prácticas agrícolas basadas en principios agroecológicos facilitan el restablecimiento de interacciones, el reciclaje de materiales, la conservación de recursos promueve y mejora la biodiversidad, los ciclos biogeoquímicos, la actividad biológica del suelo (Coto y Moreno, 2007) y al utilizar menos insumos energéticos de origen no renovable contribuyen al ahorro de energía.

Los GEI se pueden reducir a través de dos procesos: reduciendo las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> o mejorando el secuestro de carbono en la biosfera por parte de los agroecosistemas. En este sentido, los

sistemas agroforestales son una estrategia importante para la mitigación del calentamiento global: a través de la conservación, secuestro y almacenamiento de carbono (Ibrahim et al., 2013).

Un agroecosistema es un ecosistema donde su estructura se ha modificado por lo general, simplificado, para que cumpla con la función de provisión de alimentos o fibra (Pimentel, 1984). Los sistemas agrícolas son sistemas abiertos y disipativos, es decir que consumen energía para desarrollarse y mantenerse, al establecer un flujo de energía con su entorno (Odum, 1969, 1972, 1984).

El análisis del flujo de energía en los sistemas agrícolas demanda el entendimiento de los principios de la termodinámica. El primer principio indica que La energía no se crea ni se destruye independientemente de las transferencias o transformaciones que se produzcan, La energía cambia de una forma a otra a medida que se mueve de un lugar a otro o se utiliza para realizar un trabajo, y puede ser contabilizada. El segundo principio de la termodinámica o principio del aumento de entropía establece que cuando la energía se transfiere o transforma, parte de la energía se convierte a una forma que no puede transmitirse más y no está disponible para realizar trabajo, esta forma degradada de energía es el calor, que es simplemente el movimiento desorganizado de moléculas. Entonces siempre hay una tendencia hacia un mayor desorden o entropía (Luffiego y Rabadán 2000; Gliessman, 2007). En los procesos globales, la energía de alta calidad (baja en entropía) se transforma en energía de baja calidad (elevada entropía); por ejemplo, la energía disponible para realizar trabajo en energía no disponible para lo mismo y energía dispersa. Los sistemas biológicos dependen de una entrada continua de energía que balancee la tendencia natural al desorden y permita reducir su entropía.

El sistema económico productivo actual, utiliza subsidios que aceleran el flujo energético y la circulación de materia en los agroecosistemas, lo que lleva a un aumento de la entropía reflejada en la contaminación y pérdida de diversidad biológica-cultural entre otros aspectos. El primer ingreso energético al agroecosistema proviene del sol, cualquier energía secundaria o auxiliar que lo complementa, provenga del exterior del sistema y permita que las plantas almacenen y transfieran más fotosintatos se denomina subsidio energético (Odum y Barret, 2006).

Según Gliessman (2007, 2015, 2018), los diferentes tipos de ingresos de energía en los agroecosistemas se pueden clasificar en la energía proveniente de la radiación solar, llamada energía ecológica y la energía cultural, proveniente de fuentes antropogénicas. A su vez, la energía cultural puede subdividirse en biológica e industrial. La energía cultural biológica, es cualquier insumo de energía que tiene una base biológica bajo el control o manejo humano. Esto incluye el trabajo humano, el trabajo animal manejado por humanos y los subproductos de los animales como el estiércol y compost entre otros. La energía biológica cultural es renovable y eficiente al facilitar la producción de biomasa cosechable. La energía industrial es aquella que deriva del petróleo, de fisión radioactiva y de fuentes geotérmicas e hidrológicas, entre otras (Figura 1.4).

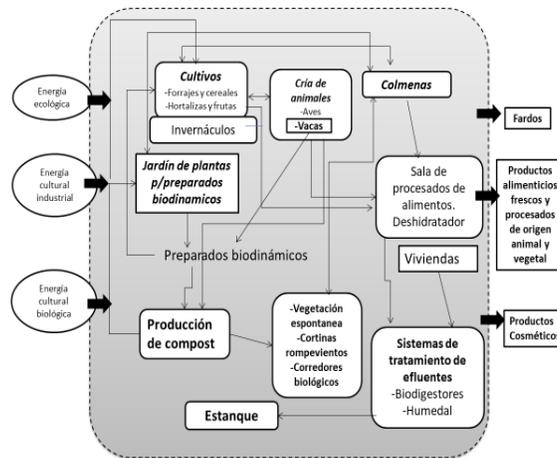


Figura 1.4. Esquema general del flujo de energía en una chacra orgánica-biodinámica. Dussi et.al. (2020).

Gran parte de la energía que se emplea en muchos de los sistemas agroalimentarios, provienen de fuentes no renovables, especialmente del petróleo. Al continuar con estas prácticas agrícolas, los problemas de naturaleza ecológica, económica y social aumentan. Por lo que una de las estrategias utilizadas en la agricultura sustentable es reducir el uso de la energía industrial, proveniente de fuentes no renovables. Es decir, regular el flujo de energía para que el aumento inevitable de entropía sea compatible con el mantenimiento de las sociedades. En la aplicación de un subsidio se debe tener en cuenta la relación de costos entre una unidad de la forma de energía a aplicar (gas oíl, insecticida, mano de obra, etc.), una unidad de energía del producto a cosechar y el impacto del subsidio sobre el flujo o componente de interés (Gliessman, 2018).

Según Pimentel et al. (1990), estudiando el sistema productivo del maíz, desde el año 1700 a 1900 se registró un incremento energético 17 veces mayor, mientras que, en el mismo período, los rendimientos del maíz aumentaron sólo 3 veces. Dazhong y Pimentel (1990) citan que desde 1950 en China, la energía utilizada en la agricultura aumentó unas 100 veces para incrementar los rendimientos sólo 3 veces. Una baja eficiencia energética resulta en graves impactos ambientales debido a un mal aprovechamiento de los recursos del sistema que incrementan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y/o disminuyen la capacidad del sistema como sumidero.

La necesidad de fomentar sistemas de manejo de cultivos que sean resilientes al cambio climático debe generar enfoques integrales que contemplen aspectos sociales, económicos y ambientales (Altieri y Nicholls, 2008). En este contexto, la evaluación energética de dichos sistemas podría generar información valiosa relacionada con el balance de energía empleada y extraída en el proceso de producción.

El uso eficiente de la energía en la agricultura es una de las condiciones para una producción agrícola sustentable. La eficiencia energética es un indicador robusto en el análisis del uso de energía en agroecosistemas (Sellepiane y Sarandon, 2008; Díaz-Ambrona y Gregorio, 2013) que se mide relacionando los flujos de entrada y salida de energía (Ferraro, 2011; Tieri et al., 2014). Se expresa como la relación entre la cantidad de energía aportada al sistema por unidad de producto (MJ/kg) y la cantidad de energía obtenida por el sistema por unidad de producto (MJ/ kg).

El valor de la eficiencia energética representa el coste energético de productos agrícolas (Corre et al., 2003) y está relacionado con la intensidad con que los recursos se utilizan y qué tipo de producción se lleva a cabo

(Redondo y Pérez, 2006). De esta manera, la eficiencia energética actúa como una herramienta de diagnóstico con el fin de identificar potenciales ahorros energéticos y consecuentemente mejorar el proceso productivo en busca de un menor impacto ambiental (Demircan et al., 2006).

La arboricultura hoy está atestada de demandas contradictorias. Por un lado, existe una exigencia apremiante en cuanto a la calidad de los productos. Los estándares de calidad de las frutas, la mayoría de las cuales se venden en el mercado fresco, son muy altos. Al mismo tiempo, a escala mundial, el sector frutícola es muy competitivo y el rendimiento es una gran preocupación para los productores de fruta. Esto ha llevado a la intensificación de las técnicas de producción, especialmente del uso de pesticidas en los huertos de todo el mundo. Por otro lado, la sociedad ha expresado preocupación por este uso excesivo de insumos agrícolas debido a su dramático impacto sobre los recursos naturales y el funcionamiento de los ecosistemas, incluida la contaminación de las aguas subterráneas, el subsuelo y la atmósfera, así como la disminución de la biodiversidad (Geiger et al. 2011; Mottes et al., 2014).

La intensificación ecológica tiene como objetivo conciliar objetivos de alto rendimiento con impactos negativos mínimos sobre el ambiente. Esto se puede lograr integrando la gestión de los servicios ecosistémicos en los sistemas de producción de cultivos.

En huertos frutales comerciales se pueden observar distintos servicios ecosistémicos, como por ejemplo servicios de aprovisionamiento que incluye la producción de fruta en términos de cantidad y calidad y allí hay que considerar diversos aspectos, por ejemplo, el rendimiento de los frutos que es el resultado del número de frutos y de su peso al momento de cosecha. El peso del fruto y su calidad es el resultado del proceso de crecimiento y desarrollo que es impulsado principalmente por el carbono relacionado a la cantidad de frutos en la planta, hojas, interceptación y distribución lumínica (Dussi, 2007; Dussi et al., 1992; Dussi and Huysamer, 1995), asimilación y asignación de carbono entre otros. Además, se deben tener en cuenta los efectos del agua y el nitrógeno ya que el estrés hídrico y de nitrógeno puede afectar el rendimiento y la calidad de la fruta. La temperatura determina la fenología de los árboles frutales y también afecta la carga de cosecha y el color de la fruta (Saure 1990; Dussi et al, 1995 y 1997).

La productividad de los cultivos de frutales de clima templado depende de la combinación de características del árbol frutal, condiciones del ambiente y de los aspectos agronómicos relativos a la implantación y manejo de los montes frutales (Dussi, 2007). El potencial productivo está influenciado por el diseño de la plantación y formación o conducción de los árboles y las tareas culturales ejecutadas durante cada ciclo anual de crecimiento, tales como poda, raleo de frutos, fertilización y riego (Aruani et al, 2001; Dussi et al; 2004; Dussi et al, 2006).

También hay que considerar servicios de regulación y mantenimiento como la regulación climática mitigando las emisiones de gases de efecto invernadero, disponibilidad de nitrógeno en el suelo; regulación del agua: ciclo hidrológico y mantenimiento del flujo de agua; control de plagas y enfermedades, mantenimiento del ciclo de vida: polinización, entre otros (Demestihis et al., 2017).

Los huertos frutales presentan características y servicios ecosistémicos particulares a nivel de parcela; por ejemplo, el carácter perenne de los árboles, el hábitat de múltiples estratos y la diversidad de plantas dentro de los límites de los huertos pueden contribuir a un alto nivel de biodiversidad (Simon et al., 2010). El potencial de

secuestro de carbono por parte de los suelos podría valorarse e incrementarse para contribuir a la mitigación de los gases de efecto invernadero (Rodríguez-Entrena et al., 2012).

Cabe señalar que las prácticas agrícolas pueden impactar positivamente los servicios ecosistémicos, pero también pueden impactar negativamente. Algunos autores denominan este impacto negativo “disservice” (Power 2010, Zhang et al. 2007). Normalmente, en un huerto frutal, el uso de pesticidas tiene consecuencias negativas sobre la calidad del agua (Loewy et al. 2003) o sobre la biodiversidad (Floch et al. 2009). Los pesticidas pueden perturbar las redes alimentarias, ya que no solo son letales para las plagas de los cultivos sino también para los insectos beneficiarios y los polinizadores (Biddinger et al. 2013; Geiger et al., 2011). Los herbicidas también pueden alterar la descomposición natural de los nutrientes al matar las lombrices, hongos y bacterias del suelo (Andersen et al. 2013).

La opinión predominante es que la contribución de los huertos frutales al secuestro de carbono es insignificante (Demestihias, et al., 2017). Esta opinión se refiere en gran parte a la pequeña superficie que representan los huertos frutales en relación con los bosques y a la baja altura de los árboles en los huertos: de 3 a 5 m en promedio, en comparación con los 15 m de los bosques caducifolios en las regiones templadas (Luyssaert et al. 2007). Sin embargo, es importante estimar el aporte de los huertos frutales, especialmente en regiones donde están altamente concentrados o la vegetación circundante propia de la región es baja en altura como en la estepa árida de la Patagonia.

Diversos estudios han demostrado que los huertos frutales donde se cultivan kiwis, manzanas, duraznos, naranjas y olivos podrían secuestrar de 2,4 a 12,5 t C/ha/año (Sofo et al., 2005; Page et al., 2011; Montanaro et al., 2017). Los huertos pueden secuestrar cantidades de carbono similares a las de los bosques durante sus primeros años de vida, ya que la actividad de la fotosíntesis es mayor en los árboles jóvenes que en los más viejos (Wu et al. 2012). Además, la poda, que se utiliza de forma intensiva en los frutales, ayuda a aumentar las tasas de fotosíntesis. También se ha descubierto que los árboles frutales tienen tasas de respiración relativamente bajas en comparación con muchas otras plantas debido a los bajos costos de crecimiento de los frutos (en el caso de los manzanos: Lakso et al., 1999; Zanutelli et al., 2013). Esto puede conducir a una menor pérdida de carbono a través de la respiración en el sistema general del ciclo del carbono.

Zanutelli et al. (2013) compararon la productividad primaria neta de un ecosistema leñoso natural de biomas templado-húmedos con la de un huerto de manzanos. Demostraron que los flujos de carbono (producción primaria bruta, productividad neta de los ecosistemas y respiración de los ecosistemas) eran cuantitativamente similares en ambos casos. El carbono orgánico producido anualmente en todo el árbol puede alcanzar hasta 8,54 t C/ha en el momento de la cosecha. Se asigna a los diferentes órganos del manzano de la siguiente manera: 50% a los frutos, 13% a las hojas (frente al 30% de los bosques caducifolios), 23% a la madera aérea, 2% a la madera subterránea y 12% a las raíces finas (Zanutelli et al., 2013; y 2015). La densidad de frutales, el diseño de plantación, el sistema de formación, la elección de portainjertos, el estrés hídrico y la fertilización nitrogenada pueden tener un gran impacto en esta asignación.

En un enfoque de equilibrio de carbono, es importante considerar las pérdidas de carbono. Tareas culturales de desmalezado mecánico o químico además del riego, podrían aumentar la mineralización de carbono en los

suelos de los huertos frutales, generando una pérdida de carbono por la respiración heterótrofa de los microorganismos (Demestihás, et al., 2017).

El carbono de los árboles frutales sólo se secuestra temporalmente, ya que en algunos países la vida útil de un huerto oscila entre 15 y 30 años y los árboles suelen quemarse sin ninguna valorización al final de su vida (Demestihás, et al., 2017), esto no es así en la región del Alto Valle donde la vida útil de los frutales supera ampliamente los 30 años y además luego de la erradicación de los frutales, la madera se comercializa como leña.

Los análisis del ciclo de vida muestran que las emisiones de carbono también pueden provenir de otras fuentes como de las emisiones del combustible fósil utilizado en el deshierbe y la fertilización, tareas culturales que pueden representar hasta el 23% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en huertos intensivos de manzanos (Page et al., 2011).

Los huertos de manzanos tienen un potencial de secuestro de carbono debido a: (i) el área foliar alcanzada desde la primavera, cuando ocurre la brotación, hasta el otoño, cuando ocurre la senescencia; (ii) un aumento en la tasa de asimilación de carbono cuando los árboles están en el período de fructificación (Reyes et al., 2006); (iii) una estructura relativamente restringida debido a los portainjertos enanizantes ampliamente utilizados, lo que limita la respiración autótrofa (Zanotelli et al., 2015); y (iv) presencia de vegetación en los interfilares (Merwin, 2003), lo que permite incrementar el carbono orgánico del suelo (García et al., 2013).

Vergara-Sánchez et al. (2004) destacaron que los árboles de un huerto frutal trabajan en un proceso dinámico, generando un balance de masa que incluía una entrada, un movimiento (crecimiento) y una salida (mortalidad y cosecha).

La captura neta de carbono de los huertos de manzanos en China entre 1990 y 2010 fue equivalente al 4% del sumidero neto total de carbono de los ecosistemas terrestres de ese país (Wu et al., 2012). La acumulación de carbono depende de la edad del cultivo (Albrecht y Kandji, 2003), su estructura y función (Albrecht y Kandji, 2003), el manejo (Albrecht y Kandji, 2003; Scott et al., 2010) y las condiciones edáficas (Guenet et al., 2021).

Demestihás et al. (2017), plantearon la necesidad de obtener indicadores del impacto directo de las prácticas agrícolas en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>. Para tal fin, es de utilidad medir las cantidades acumuladas de CO<sub>2</sub> emitidas por productos fitosanitarios o motores con combustible fósil que funcionan en el huerto frutal durante la temporada de crecimiento (Page et al., 2011; Alaphilippe et al., 2013 y 2016).

Las mediciones en huertos frutales son bastante escasas o dispersas, en particular para el almacenamiento de carbono en los órganos de los árboles y en el suelo, la pérdida de carbono en la atmósfera a través de la frecuencia respiratoria y las emisiones de CO<sub>2</sub> de los motores y los productos fitosanitarios (Demestihás et al., 2017). Demestihás et al. (2019) analizaron los patrones de relaciones entre múltiples servicios ecosistémicos en huertos de manzanos y encontraron sinergias entre el rendimiento, la masa de fruta y el carbono secuestrado. La contribución de la asignación de carbono a la fruta en el carbono secuestrado a escala anual fue considerable, y esto es claramente una especificidad de estos agroecosistemas en comparación con otros.

Los huertos frutales son agroecosistemas perennes complejos formados por estratos de pastos y árboles destinados a la producción de frutas frescas que requieren un diseño y manejo específicos en el espacio y el

tiempo. En este contexto, la evaluación energética de los agroecosistemas frutícolas podría generar valiosa información relacionada con el balance energético en el proceso productivo.

Los agroecosistemas, más allá del servicio de producción de alimentos, pueden proporcionar múltiples servicios no comercializados, como la estructura del suelo y la fertilidad, cantidad y calidad del agua, control biológico de plagas, polinización y regulación del clima mediante el secuestro de carbono y gases de efecto invernadero (GEI) (Heal y Small, 2002; Swinton et al., 2007; Zhang et al., 2007; Power, 2010). Las relaciones entre los servicios agroecosistémicos se ven fuertemente afectados por las prácticas agrícolas, así como por las condiciones pedoclimáticas, como informa Power (2010). Esto se debe, en primer lugar, a que cada servicio depende de muchas funciones ecosistémicas, posiblemente de manera opuesta, y, en segundo lugar, las prácticas y condiciones pedoclimáticas tienen una fuerte influencia en estas funciones, también posiblemente de manera opuesta, como se informó en el caso de los huertos frutales (Demestihis et al., 2017).

### **La diversidad en los agroecosistemas**

El aumento de la población humana mundial ha resultado en aproximadamente el 40% de los bosques de la Tierra y otros hábitats naturales libres de hielo transformados en tierras de cultivo y zonas de pastoreo (Gallardo, 2024). De hecho, el principal factor de pérdida de biodiversidad se atribuye ampliamente a la expansión e intensificación de la agricultura (Barros-Rodríguez et al., 2021).

El impacto de la agricultura sobre la biodiversidad está asociado directamente con las alteraciones en la composición del suelo, cambio de uso del suelo, uso de pesticidas, etc., e indirectamente con los impactos evolutivos en las especies domesticadas (Turcotte et al., 2017). Los cambios en la biodiversidad están asociados a factores claves entre los que se incluyen cambios en el uso de la tierra, cambio climático, deposición de nitrógeno, intercambio biótico y concentraciones elevadas de dióxido de carbono. Todos estos factores tienen un impacto importante en los ecosistemas terrestres.

Labrar y arar son las prácticas agrícolas estándar utilizadas para mejorar la aireación del suelo y facilitar la mezcla de fertilizantes. Sin embargo, estas prácticas tienen impactos significativos tanto en el ámbito biológico como en las propiedades químicas del suelo (Barros-Rodríguez et al., 2021). Ellos pueden provocar cambios en los aspectos biológicos del suelo, incluidos cambios en las poblaciones de organismos como las lombrices de tierra y alteraciones en la biodiversidad microbiana. Estas prácticas promueven la disminución de especies de plantas, como leguminosas y plantas no vasculares, en el ecosistema (Barros-Rodríguez et al., 2021).

El creciente uso de la tierra para la agricultura, la acuicultura, la silvicultura, la minería, el transporte, la industria, el comercio y la vivienda implican reducciones de ecosistemas naturales, lo que lleva a una pérdida de hábitats para las especies silvestres (Gallardo, 2024). La conversión de hábitats naturales en tierras de cultivo y producción de pasturas ha provocado una disminución del 20 al 50% de la población de vertebrados, invertebrados y especies de plantas; otros efectos de la agricultura sobre la biodiversidad son el colapso de los polinizadores debido al uso de pesticidas y la pérdida de hábitat inducida por la agricultura (Turcotte et al., 2017).

La evaluación global de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, 2019) advirtió que la biodiversidad está disminuyendo más rápido que

en cualquier otro momento de la historia de la humanidad. En la evaluación de IPBES se estimó el número de especies vegetales y animales. Hay 8,1 millones de especies, de las cuales el 75% son insectos. En dicha evaluación se asumió una tasa de extinción del 10% para los insectos y del 25% para los no insectos, con lo cual sumaron 1.175.000 especies amenazadas de extinción. La pérdida de biodiversidad es el resultado de cinco factores globales importantes: el cambio climático, el cambio en el uso de la tierra, incluida la deforestación, la sobreexplotación (especialmente a través de la pesca), las especies exóticas invasoras y la contaminación de hábitats y recursos. La agricultura y la producción de alimentos en general, tienen un gran impacto acelerador sobre estos factores. Además de considerar el valor intrínseco de todas las especies vivas, la pérdida de biodiversidad implica una pérdida de servicios ecosistémicos, con consecuencias directas para la humanidad.

De manera similar a estos recientes informes sobre biodiversidad, la evaluación de los límites planetarios (Steffen et al., 2015) también señaló tres importantes impulsores ambientales que han alcanzado valores críticos a nivel de los sistemas terrestres: la pérdida de diversidad genética y la alteración de los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y fósforo. Una vez más, la agricultura y la producción de alimentos tienen una gran responsabilidad, además de ser responsables de una cuarta parte de todas las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta cifra incluye también toda la deforestación que se produce anualmente para crear nuevas tierras agrícolas. Alrededor del 70% de la deforestación actual se debe a grandes operaciones agrícolas comerciales para producir soja, palma aceitera, ganadería, entre otros cultivos y el 30% restante a pequeños agricultores familiares.

Los sistemas alimentarios son responsables de alrededor del 60% de la pérdida global de biodiversidad terrestre. Al mismo tiempo, alrededor de un tercio de todos los alimentos se desperdicia entre los puntos de producción y consumo, mientras que cerca del 11% de la población mundial está desnutrida y el 39% tiene sobrepeso o es obesa (FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS, 2019). Existe un estrecho vínculo entre la salud humana, la salud vegetal, del suelo, animal y ecológica.

La diversidad tiene una variedad de dimensiones. Comienza con el número de especies en un sistema, pero pronto se expande para incluir dimensiones genéticas, espaciales, estructurales, funcionales y temporales. Todas ellas se integran en el tiempo y el espacio, por no mencionar evolutivamente, para crear y mantener los diversos conjuntos de ecosistemas que ocupan nuestro planeta. Estas dimensiones interactúan, con relaciones complejas, dependencias, circuitos de retroalimentación y procesos ecológicos que proporcionan una base para la estructura y función de los ecosistemas que conduce a la estabilidad y la resiliencia a través del tiempo (Gliessman, 2022).

Los conceptos desarrollados por la Ecología para la descripción y análisis de los ecosistemas naturales son fundamentales también para la comprensión y manejo de la estructura y funcionamiento de los agroecosistemas. Dichos conceptos se basan en principios ecológicos que favorecen procesos naturales e interacciones biológicas que permiten optimizar sinergias, de modo tal que la agrobiodiversidad sea capaz de subsidiar por sí misma procesos importantes por ejemplo el reciclaje de materia (Gliessman, 2006; Gliessman, 2018). Cuando estos aspectos se pierden por la simplificación biológica, los costos económicos y medioambientales pueden ser significativos.

La diversidad es valiosa en los agroecosistemas por distintas razones. Con una mayor diversidad en sistemas de cultivos múltiples, hay una mayor diferenciación de microhábitats, lo que permite que las especies ocupen su hábitat ideal. A medida que aumenta la diversidad, también aumentan las oportunidades de coexistencia e interacciones beneficiosas entre especies. Los hábitats abiertos en un agroecosistema pueden estar ocupados por muchas especies útiles diferentes, en lugar de especies de malezas. Las diferentes poblaciones de especies presentes en el sistema pueden permitir relaciones superpuestas depredador/presa para promover el control biológico. Puede lograrse una mayor eficiencia de los recursos cuando múltiples especies con diferentes necesidades ocupan un sistema de cultivo con diversidad de hábitats. La diversidad por debajo de la superficie del suelo presta una variedad de servicios ecosistémicos que tienen impactos tanto dentro como fuera de la granja, como el ciclo de nutrientes, la regulación de los procesos hidrológicos locales y el secuestro de carbono.

La diversidad en el paisaje agrícola también puede contribuir a la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas naturales circundantes. Reduce el riesgo de pérdida de cultivos debido a factores climáticos como sequías o heladas, así como a la imprevisibilidad de los mercados. La diversidad social, económica y cultural va de la mano de la naturaleza, ya que la diversificación promueve y permite la soberanía alimentaria y la justicia social en los sistemas alimentarios (Gliessman, 2022).

La seguridad alimentaria mundial y el cambio climático están indisolublemente ligadas pero el problema es que el 80% de la tierra cultivable del mundo está siendo plantada cada vez más con muy pocos productos agrícolas (maíz, soja, trigo, arroz y otros), reduciendo así peligrosamente la diversidad genética presente en los sistemas agrícolas globales (Altieri et al., 2015). La mayoría de estos cultivos constituyen un sistema de monocultivo que, debido a su homogeneidad ecológica, son particularmente vulnerables al cambio climático, así como al estrés biótico, una condición que constituye una gran amenaza para la seguridad alimentaria.

Una mayor diversidad en el agroecosistema aumenta la complejidad y por lo tanto la resiliencia del sistema aumentando así su sustentabilidad (Racskó et al, 2008; Nichols et al., 2016; Gliessman, 2018; Nichols y Altieri, 2018).

A través de la agroecología, la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia se logran aumentando la diversidad y complejidad de los sistemas agrícolas en los que las interacciones ecológicas y los sinergismos entre sus componentes biofísicos reemplazan los insumos externos para proporcionar los mecanismos necesarios que aumentan la fertilidad, la productividad y la protección de los cultivos (Nicholls et al., 2016).

Una dieta nutricionalmente diversa requiere un paisaje agrícola nutricionalmente diverso. Por lo tanto, además del equilibrio entre lo que se produce y comercializa a escala global en términos de los principales productos alimenticios y las necesidades humanas globales, evaluar la calidad nutricional de las dietas también requiere examinar la calidad nutricional de diferentes productos agrícolas, y la diversidad nutricional del agroecosistema. El contenido nutricional, más el contenido de agua, fibra y otros metabolitos importantes en los tejidos vegetales, animales y fúngicos utilizados para la nutrición humana, están muy afectados por el sistema de producción del que se originan. Estos rasgos están influidos por características genéticas, por el entorno en el que crecen o viven y por factores de gestión asociados con los sistemas de producción, procesamiento, transformación y comercialización (Wezel et al., 2020)

Así, las características del agroecosistema, en términos de calidad del suelo e integridad estructural y funcional ecológica general, interactúan con las características de los recursos genéticos cultivados y criados en él para determinar el valor nutricional y diversidad de los alimentos que se producen. Además, los paisajes biodiversos sustentan una diversidad de funciones ecosistémicas, algunas de las cuales son esenciales para su propio funcionamiento, mientras que otras representan servicios ecosistémicos de importancia local y global. La regulación biológica de plagas, la captura y almacenamiento de agua, la formación/protección del suelo y el ciclo, liberación y disponibilidad de nutrientes son servicios ecosistémicos clave mediados por la biodiversidad necesarios para sostener la producción de alimentos en la agricultura. Mantener la biodiversidad del paisaje también es esencial para brindar servicios ecosistémicos culturales, como un sentido de pertenencia, alimentos tradicionales, espacio para funciones espirituales y recreativas, sistemas y prácticas de conocimientos tradicionales, etc. (Tittonell, 2014).

La mezcla de variedades es una estrategia conocida para reducir la incidencia de enfermedades mediante los efectos amortiguadores de la diversidad genética. Los cultivos intercalados son una práctica de gestión comúnmente aplicada para mejorar la biodiversidad funcional, contribuyendo a todos los principios de la agroecología con múltiples beneficios.

Los cultivos de cobertura también son una práctica que refleja el principio de reciclaje y la acumulación de materia orgánica y promueve procesos como el ciclo de nutrientes, la activación biológica del suelo, la supresión de malezas y la conservación del agua, que son clave para la productividad de los cultivos y la salud del suelo. Por ejemplo, en huertos de frutales y viñedos, los cultivos de cobertura funcionan como un sistema multifuncional al actuar simultáneamente sobre procesos y componentes claves: incrementan la entomofauna benéfica, activan la biología del suelo, mejoran el nivel de materia orgánica y con eso la fertilidad y la capacidad de retención de humedad del suelo, más allá de reducir la susceptibilidad a la erosión (Altieri, 1995).

En los sistemas agrícolas, el nivel de biodiversidad existente puede marcar la diferencia entre un sistema en desequilibrio o resiliente al enfrentar una perturbación biótica o abiótica. En todos los agroecosistemas se requiere una diversidad de organismos para el funcionamiento de los ecosistemas y la prestación de servicios ambientales. La biodiversidad mejora la función de los ecosistemas porque diferentes especies o genotipos realizan funciones ligeramente diferentes y, por lo tanto, tienen nichos diferentes (Vandermeer et al. 1998). En general, hay muchas más especies que funciones y, por lo tanto, la redundancia está incorporada al agroecosistema. Por lo tanto, la biodiversidad mejora la función del ecosistema porque aquellos componentes que parecen redundantes en un momento dado se vuelven importantes cuando ocurre algún cambio ambiental. La clave aquí es que cuando ocurre un cambio ambiental, las redundancias del sistema permiten el funcionamiento continuo del ecosistema y el suministro de servicios ecosistémicos. Por otro lado, una diversidad de especies actúa como un amortiguador debido a las fluctuaciones ambientales, al mejorar la capacidad de compensación del agroecosistema, si una especie falla, otras pueden desempeñar su papel, lo que conduce a respuestas comunitarias agregadas más predecibles o propiedades del ecosistema (Tittonell, 2023).

Medir la biodiversidad es una tarea extremadamente compleja, especialmente cuando se define con el concepto amplio descrito por el Convenio sobre la Diversidad Biológica y agendas globales como la Plataforma

Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (Díaz et al. 2015). Incluso cuando se limita la definición a cambios en la abundancia y distribución de las especies y sus atributos en el tiempo o el espacio (sin incluir la diversidad genética y de los ecosistemas).

La biodiversidad es la variabilidad entre organismos vivos de todas las fuentes, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Esto incluye variaciones en atributos genéticos, fenotípicos, filogenéticos y funcionales, así como cambios en la abundancia y distribución en el tiempo y el espacio dentro y entre especies, comunidades biológicas y ecosistemas (Díaz et al. 2015).

Debido a que la biodiversidad es esencial para la provisión de la mayoría de los servicios ecosistémicos de los paisajes agrícolas, comprender su naturaleza, magnitud y distribución espacio-temporal es clave para el diseño y gestión de agroecosistemas sostenibles. La mayoría de los métodos utilizados para evaluar la biodiversidad en el paisaje se centran en parámetros descriptivos, como riqueza, abundancia, uniformidad, etc., y su distribución en el espacio, como parches, conectividad, fractalidad, etc. En la agroecología son importantes las funciones que proporciona la biodiversidad, es por eso que pone énfasis en la biodiversidad funcional, que se centra en los procesos que los organismos provocan en las comunidades y ecosistemas, con énfasis en aquellos que son funcionales para los humanos (Altieri y Nicholls, 2004).

En ecología, la biodiversidad funcional se define clásicamente como el número, tipo y distribución de funciones realizadas por organismos en un ecosistema (Díaz et al., 2018). Para la diversidad funcional es relevante lo que hacen los organismos en un ecosistema, que especies de organismos están realmente allí, por qué o en qué proporción. Las especies de plantas, animales y microorganismos tienen ciertos rasgos asociados con su fenotipo que influyen en el funcionamiento del ecosistema y, por lo tanto, el estudio de la biodiversidad funcional consiste en gran medida en estudiar dichos rasgos funcionales. Los rasgos funcionales son, por tanto, componentes del fenotipo de un organismo que influyen en los procesos a nivel del ecosistema (Petchey y Gaston 2006).

Hay varios indicadores utilizados en ecología para estudiar la biodiversidad funcional en un ecosistema. Estos incluyen riqueza, uniformidad o la "distancia" entre fenotipos que realizan una función similar. La práctica que juega un papel importante en la existencia y preservación de la diversidad biológica en los agroecosistemas es la diversificación de especies de plantas y animales en el espacio y el tiempo a través de diversas técnicas como los policultivos, la rotación de cultivos, la agrosilvicultura, los cultivos intercalados y las interacciones entre cultivos y ganado.

La diversidad biótica en el agroecosistema a menudo se denomina agrobiodiversidad. Las definiciones de este término difieren entre aquellas que se refieren únicamente a la diversidad genética de plantas y animales domesticados, y aquellas que incluyen todas las formas vivas en un agroecosistema. Estos incluyen, según FAO: "(i) variedades de cultivos cosechados, razas de ganado, especies de peces y recursos (silvestres) no domesticados dentro de campos, bosques, pastizales, incluidos los productos de árboles, animales salvajes cazados para alimento y en ecosistemas acuáticos (por ejemplo, peces salvajes); (ii) especies no cosechadas en ecosistemas de producción que sustentan el suministro de alimentos, incluida la microbiota del suelo, polinizadores y otros insectos como abejas, mariposas, lombrices de tierra, moscas verdes; y (iii) especies no

cosechadas en el entorno más amplio que sustentan los ecosistemas de producción de alimentos (ecosistemas agrícolas, pastoriles, forestales y acuáticos)". El término "Biodiversidad para la alimentación y la agricultura" ha sido introducido más recientemente por la FAO y abarca el concepto de agrobiodiversidad, que incluye recursos genéticos de plantas, animales y organismos acuáticos, junto con la biodiversidad y los alimentos silvestres asociados. La biodiversidad asociada se refiere a la biodiversidad que coexiste dentro de los agroecosistemas y, por tanto, corresponde a las categorías ii y iii de la definición de agrobiodiversidad de la FAO.

El concepto de agrobiodiversidad se amplía para incluir no sólo los recursos genéticos que se encuentran en la biodiversidad de animales, plantas y microorganismos sino también los conocimientos y prácticas agroecológicas asociados con ellos, así como la diversidad de flujos de energía, biomasa y nutrientes que generan o transportan (Tittonell, 2023; Sarandón, 2020).

Díaz et al., (2018) distinguen tres componentes de la diversidad funcional: los atributos de las especies más abundantes en el ecosistema, la distribución y rango de atributos presentados por todas las especies en el ecosistema y la presencia de ciertos atributos o especies con particular importancia ecológica o simbólica.

La agroecología se interesa en comprender/diseñar estructuras y funciones, influir en patrones y procesos, por lo tanto, los servicios ecosistémicos dependen de la biodiversidad y, por tanto, de la integridad funcional y estructural de los paisajes que pueden diseñarse y gestionarse siguiendo los principios de la agroecología.

Se demostró que la diversificación agrícola aumenta la producción de cultivos (Burchfield et al., 2019). Los agroecosistemas más diversos son más productivos y estables que los menos diversos (Kuchma et al., 2013). La agricultura basada en la biodiversidad puede aumentar su eficiencia al ampliar los servicios ecosistémicos (Duru et al., 2015; Dudley & Alexander, 2017). Estudios de diferentes sistemas agrícolas han demostrado que la diversificación de la vegetación en el campo puede mejorar los rendimientos y proporcionar servicios ecosistémicos (Duarte et al., 2018, Garbach et al., 2017). Utilizando el índice de Shannon, se demostró que, en los paisajes agrícolas, la riqueza de especies aumentaba con el aumento de la heterogeneidad de los paisajes (Lee & Martin, 2017). También Dušek & Popelková (2017) evaluaron la diversidad del paisaje mediante el índice de diversidad de Shannon y Simpson, encontrando que los dos índices de diversidad del paisaje estaban correlacionados de manera muy significativa entre sí. Se recomendó el índice de Shannon para la gestión del paisaje dentro de un marco ecológico y el índice de Simpson se puede utilizar para situaciones específicas donde el tipo de cobertura dominante es de interés (Nagendra, 2002).

La diversidad en una comunidad vegetal se puede definir como un conjunto de especies, donde cada una se encuentra representada por cierta cantidad de individuos, es decir, cada especie tiene un valor de abundancia que la caracteriza (Begon et al., 1995). Cuando un agroecosistema tiene baja biodiversidad, característica distintiva de los sistemas modernos, las interacciones y procesos están debilitados y, en consecuencia, es necesario utilizar más cantidad de insumos externos al sistema (Swift et al., 2004), como plaguicidas y fertilizantes, para compensar esa función que se encuentra debilitada. Contrariamente, en agroecosistemas diversos, el aprovechamiento de las interacciones y procesos ecológicos propios del lugar permite disminuir el uso de insumos externos, minimizando además las salidas indeseadas (Altieri y Nicholls, 2010). Así, la agrobiodiversidad, en todas sus escalas, se convierte en un instrumento indispensable para diseñar agroecosistemas sustentables (Paleologos et al., 2017). La principal oportunidad para mantener los servicios

ecosistémicos y la biodiversidad fuera de las áreas de conservación radica en promover la diversidad del uso de la tierra a nivel de paisaje y granja en lugar de a escala de campo y esto además requiere un clima económico y político que favorezca la diversificación de los usos de la tierra y la diversidad entre sus usuarios (Swift et al., 2004),

Una mayor agrobiodiversidad vegetal cultivada y espontánea, fragmentada en parcelas pequeñas o sembrada como policultivos, aumenta la diversidad en todas sus dimensiones. Esta mayor diversidad vegetal genera una desconcentración del recurso alimenticio para las plagas, disminuyendo la posibilidad de una explosión poblacional ("bottom-up"). A su vez, la presencia de ambientes que funcionan como reservorio de predadores y parasitoides favorece el control de la plaga a través de sus enemigos naturales ("Top-down") (Altieri y Nicholls, 2010).

Se puede analizar en un agroecosistema la diversidad planificada y la diversidad asociada (Vandermeer and Perfecto, 1995), la primera es la incorporada al sistema por el agricultor (por ejemplo, la decisión de qué cultivos plantar) y varía de acuerdo con las estrategias de manejo; la segunda incluye todos los organismos que colonizan el agroecosistema dependiendo de su manejo y estructura y está relacionada con la diversidad del medio ambiente circundante. Las especies espontáneas son parte de la diversidad asociada y las que primero producen alimento y refugio a los organismos de niveles tróficos superiores.

La consecuencia de la especialización del agroecosistema es una simplificación resultante de un menor número de especies cultivadas y espontáneas reduciendo la heterogeneidad de los hábitats cultivados y la estabilidad de estos (Gliessman, 2002). Con lo cual es clave incorporar prácticas de manejo para una agricultura sustentable.

Los resultados publicados por Gabriel et al (2006, 2010) muestran que, al comparar granjas orgánicas con convencionales, las granjas orgánicas estudiadas tuvieron un aumento general del 12% en biodiversidad, más diversidad de plantas, mayor diversidad floral, más lombrices de tierra, más insectos, más mariposas, mayor número de algunos tipos de aves y además los beneficios de la biodiversidad en áreas con una alta proporción de agricultura orgánica fueron mayores que en aquellas con una proporción baja y asimismo las granjas convencionales en paisajes con un alto nivel de agricultura orgánica también tenían un mayor nivel de biodiversidad.

La diversidad puede variar en las diferentes escalas espaciales (local, regional, global) (Magurran, 1988). Comúnmente se hace una distinción entre la diversidad Alfa, Beta y Gamma (Magurran, 1988; Whittaker et al., 2001), que toman como medida de referencia la riqueza de especies. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, será mayor cuanto más alto sea el número de especies; la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, describe qué tan diferentes son dichas unidades en término de su composición de especies. Es decir, que la diversidad Beta será mayor cuando más difieran los hábitats en su composición de especies y más baja cuando sean más similares entre sí, y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972).

Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local (Moreno, 2001). Para evaluar la diversidad en el interior de cada comunidad o tipo de hábitat (diversidad alfa), se puede seleccionar entre los métodos que evalúan solamente el número de especies, o los métodos que enfatizan la estructura de la comunidad considerando simultáneamente su número de especies y la importancia relativa de cada una de las especies. Estos métodos basados en la estructura de la comunidad pueden resaltar la dominancia de unas cuantas especies (como en el caso del índice de Simpson) o bien el grado de equidad entre las distintas especies (como el índice de Shannon-Wiener). Por otra parte, para comparar dos o más comunidades en función de los cambios en la composición de las especies que presentan (diversidad beta) se sugieren distintos métodos que consideran sólo la presencia o ausencia de las especies en las comunidades, o bien la importancia relativa de cada especie. Finalmente, se puede analizar la diversidad del conjunto de comunidades que forman un paisaje (diversidad gamma), basados en la contribución de las diversidades alfa y beta (Moreno, 2001).

Medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxa o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente. Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, alerta acerca de procesos empobrecedores (Moreno, 2001). Existen varios índices para el cálculo de la diversidad de especies. Los mismos pueden ser utilizados para comparar dos o más comunidades por ejemplo el índice de Shannon, Margaleff y Simpson entre otros (Margalef 1977, Ricklefs 1998; Begon et al. 1995; McNaughton et al., 1984). La principal ventaja de los índices es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo. Estos índices han sido utilizados en distintos ecosistemas a nivel mundial (Zarco-Espinosa et al., 2010; Zymarioieva et al., 2021; García del Barrio et al., 2006; Moreno, 2001).

Según Moreno (2001) el índice de Shannon es un índice popular para medir la equidad y su relación con la riqueza de especies. Por su parte, el índice de Simpson es de uso común para medir el grado de dominancia de unas cuantas especies en la comunidad, y su inverso representa por lo tanto la equidad.

El análisis de la diversidad de comunidades en un paisaje o región puede medirse, de manera análoga a la diversidad de especies en una comunidad, con el índice de Shannon-Wiener (Moreno, 2001).

Varios trabajos han destacado la relación positiva entre la diversidad vegetal y, por ejemplo, la entomofauna (Gliessman, 2000; Paleologos et al., 2008). Se ha señalado que la diversidad específica, funcional, estructural y fenológica, entre otras, constituye un aspecto fundamental para el cumplimiento de las funciones ecológicas que aseguran la estabilidad y resiliencia del sistema. La regulación biótica es uno de los procesos más sensibles

a la disminución en el número de especies vegetales por debajo de cierto umbral, debido probablemente a que la vegetación diversa genera condiciones que favorecen la presencia de enemigos naturales en el sistema (Gliessman, 2000; Paleologos et al., 2008). Ciertas familias vegetales, como Apiaceae, Asteraceae y Fabaceae, proporcionan alimento, sitios de apareamiento, refugio e hibernación para estos organismos benéficos. Paleologos et al. (2008) determinaron las características de la vegetación y su relación con la artropodofauna en fincas hortícolas analizando la riqueza específica; de familias; de géneros; número de especies pertenecientes a las familias Apiaceae, Fabaceae y Asteraceae y su presencia en cada ambiente.

Hole et al. (2005) revisaron 76 estudios que comparaban grupos taxonómicos únicos o múltiples en granjas orgánicas y convencionales. Sumando las comparaciones para todos los taxones, mostraron un efecto positivo de la agricultura orgánica sobre la abundancia y/o riqueza de especies en 66 casos; 25 tuvieron resultados neutrales o mixtos, y sólo ocho mostraron un efecto negativo. Los autores observaron que la definición de estándares de agricultura orgánica varía entre los países y dentro de ellos; las diferencias en los resultados de la revisión bibliográfica que realizaron pueden deberse a las características del paisaje debido a la falta de un emparejamiento adecuado, más que a un régimen agrícola; existió una variación considerable en la escala espacial en la que se realizaron las comparaciones; diferentes estudios utilizaron diferentes medidas de biodiversidad.

Por otra parte, también Hole et al. (2005) observaron que los agricultores que optan por pasarse a la agricultura orgánica pueden estar predispuestos a prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente, o pueden cultivar tierras que anteriormente se han manejado de manera menos intensiva y, por lo tanto, es más fácil convertirlas exitosamente a la agricultura orgánica; ambas situaciones introducirían un sesgo a favor del sistema orgánico.

Bengtsson et al. (2005) llevaron a cabo un metaanálisis de 66 estudios publicados y encontraron que la riqueza de especies era, en promedio, un 30% mayor en las granjas orgánicas, con efectos más fuertes probablemente en paisajes manejados intensivamente.

La diversidad funcional es aquella que contribuye a la productividad del agroecosistema a través de la optimización de los procesos ecológicos que ocurren en el mismo (Nicholls, 2006). Los estilos de agricultura familiar o de base agroecológica, presentan una alta diversidad planeada y asociada. Sus prácticas de manejo se asocian con el uso de policultivos, el uso reducido de insumos, las rotaciones y el mantenimiento de la diversidad en los márgenes de las áreas cultivadas (Gliessman, 2002; Altieri, 1999). Estas prácticas incrementan la heterogeneidad a diferentes escalas espaciales. Los sistemas orgánicos basados en un menor uso de insumos y con un importante número de hábitats cultivados y no cultivados, albergan una mayor diversidad de especies de plantas espontáneas, aves, e insectos benéficos (Benton et al., 2003; Stupino et al., 2008; Gabriel et al., 2010).

## **Integración participativa del conocimiento sobre indicadores para el análisis de unidades productivas frutícolas**

La utilización de Indicadores es una herramienta de gestión, construida interdisciplinariamente, que permite evaluar y comparar la sustentabilidad en agroecosistemas. Un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón, 2002). Con estos instrumentos se logran detectar los puntos críticos según la escala de análisis, para luego plantear las modificaciones necesarias en el marco de la agricultura sustentable (Sarandón, 2002). Algunas de las características que los indicadores deberían reunir se pueden resumir de la siguiente manera: Estar estrechamente relacionados con alguno de los requisitos de la sustentabilidad; ser adecuados al objetivo perseguido; ser sensibles a un amplio rango de condiciones y a los cambios en el tiempo; presentar poca variabilidad natural durante el período de muestreo; tener habilidad predictiva, ser directos: a mayor valor más sustentables; ser expresados en unidades equivalentes, mediante transformaciones apropiadas; ser de fácil recolección y uso y confiables; no ser sesgados; ser sencillos de interpretar y no ambiguos; brindar la posibilidad de determinar valores umbrales; ser robustos e integradores; de características universales pero adaptados a cada condición en particular.

Esta metodología aporta valor agregado a los productos agrícolas al analizar aspectos como: sistemas participativos de certificación, planificación territorial, comercio justo, soberanía alimentaria, huella ambiental, ecológica, de carbono y de agua. Algunos indicadores también son útiles para evaluar la eficacia con la que las prácticas destinadas a mejorar la diversidad del paisaje y los cultivos, la calidad del suelo, la salud de las plantas, etc., persiguen principios específicos o una combinación de principios que promueven procesos vitales para el desempeño de los agroecosistemas (Vázquez y Martínez, 2015; Nicholls et al., 2020; McGreevy et al, 2021).

La obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos de la sustentabilidad de los agroecosistemas debe ser sencilla y que permita, de manera rápida, fácil y de bajo costo, evaluar aquellos aspectos que comprometen el logro de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Los pasos a seguir según Sarandón (2002) y Sarandón y Flores (2014) comienzan con establecer el marco conceptual, consensuar una definición de agricultura sustentable y requisitos para su logro; definir los objetivos de la evaluación (¿Por qué? ¿Para qué? ¿Para quién?); definir el nivel de análisis: finca, país, región, etc.; establecer los límites del sistema y una escala temporal adecuada; realizar un relevamiento inicial de datos (mapas, censos, informes); definir las dimensiones a evaluar: ecológica, económica, social, cultural (coherente con la definición adoptada); definir las categorías de análisis (ejemplo: suelo) y los indicadores, derivados de los requisitos de sustentabilidad; estandarizar y ponderar los indicadores según la situación a analizar; evaluar la dificultad de su obtención, su confiabilidad y pertinencia; preparar instrumentos adecuados para la recolección de los datos: encuestas, mediciones, experiencia de los agricultores; recoger los datos y calcular los indicadores; analizar los resultados y realizar una representación gráfica adecuada; determinar los puntos críticos a la sustentabilidad y de ser necesario, replantear los indicadores, evaluar su utilidad y proponer las modificaciones.

Es fundamental que los agricultores/as participen en la construcción de los indicadores que ellos utilizarán en sus unidades productivas reflejando sus valores y criterios sobre la importancia que cada uno de ellos tiene

para el logro de sistemas sustentables. Así, es mucho más probable que los agricultores/as se “apropien” de esta metodología, que si se les entrega una metodología hecha exclusivamente desde el punto de vista científico. Distintos autores han construido junto con los agricultores cartillas o grillas sencillas para evaluar la calidad del manejo del suelo y otros factores, donde se tuvieron en cuenta la valoración que los propios agricultores hacían de las principales variables (Roming et al., 1996; McGreevy et al, 2021). En Vietnam, (Lefroy et al., 2000), sometieron los indicadores desarrollados a la opinión de los agricultores, quienes debían votar la importancia relativa de cada uno de ellos, como: muy importante, de mediana o de baja importancia. Lo mismo proponen Dalsgaard y Oficial (1997), para pequeños campesinos productores de arroz en Filipinas, donde la participación conjunta de agricultores e investigadores es considerada esencial. Para estos autores, las categorías indígenas de clasificación de los recursos naturales cumplen un rol importante en el diseño de los muestreos y el monitoreo a campo (Sarandón y Flores, 2014).

La utilización del conocimiento de la investigación para las transformaciones de la sostenibilidad no se puede lograr sin emplear un enfoque transdisciplinario que reúna a actores académicos y no académicos en un escenario que permita discusiones en igualdad de condiciones y el empoderamiento de los actores que a menudo no se escuchan (Jacobi et al., 2022). La participación de actores no académicos y sus conocimientos no es solo beneficioso; es indispensable para transformaciones de sostenibilidad que sean reflexivas y basadas en evidencia. Cuanto antes en el proyecto tenga lugar la participación, y cuanto más diverso los roles de los actores no académicos involucrados son, más coherente la relevancia, credibilidad y legitimidad de la investigación científica para el desarrollo sostenible (Jacobi et al., 2022).

La participación de diferentes agentes en proyectos de transformación de la sostenibilidad agrega consecuencialidad al proceso, que se refiere a la posibilidad de que los participantes influyan en los resultados (Dryzek, 2009; Wamsler, 2017). Más allá de la consulta, la participación también significa participación en la co-creación de conocimiento, así como en la toma de decisiones (Polk, 2015; Rosendahl et al., 2015). “Conocimiento de investigación” puede referirse en términos generales al conocimiento que surge de proyectos de investigación en diferentes formas y expresiones. Lo importante es que su utilización transgreda el ámbito de los equipos académicos de investigación e incluya a los actores sociales (Eschen et al., 2021). Este hallazgo está alineado con investigaciones recientes que destacan la importancia de incluir actores no académicos en las actividades de investigación relacionadas con los ecosistemas para aumentar no solo la utilización, sino también la relevancia y legitimidad de las actividades de investigación para el desarrollo (Moser, 2016; Sterling et al., 2017).

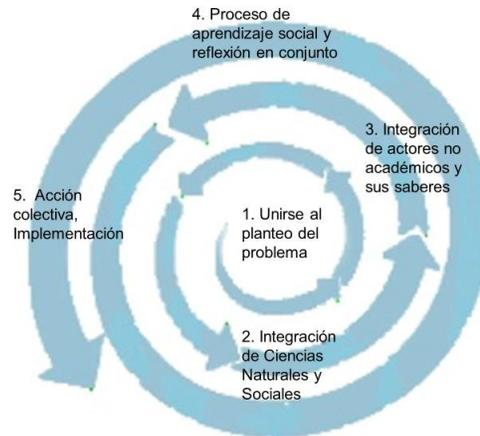


Figura 1.5. Espiral que muestra un ciclo de transformación transdisciplinario de co-creación en cinco pasos (adaptado de Rist y Herweg, 2016).

Rist y Herweg (2016) propusieron una comprensión de un ciclo de co-creación transdisciplinario en proyectos de investigación y desarrollo como un espiral en cinco pasos (Figura 1.5): (1) definición conjunta del problema y contenidos del proyecto o iniciativa; (2) Integración de ciencias naturales y sociales; (3) integración de actores no académicos y sus conocimientos; (4) un proceso de aprendizaje social y reflexión conjunta sobre las metas; y (5) acción colectiva para la implementación.

Tanto los agricultores que han hecho cambios hacia enfoques agroecológicos para el manejo de sus granjas, y los investigadores que las han estudiado, enfatizan la importancia de que “los cambios en los valores, creencias, motivaciones, o actitudes sobre el mundo natural son precursores de cambios en las prácticas”. Estos cambios son descritos de muchas maneras, tales como (Coe y Coe, 2023): - de productonista a multifuncional (Wilson, 2008); - de lo mecánico a lo ecológico (Massy, 2017); - de administrador de finca a administrador de paisaje (Massy, 2017); - de antropocéntrico a ecocéntrico (Foguesatto et al, 2019); y - de un enfoque de ganancias a un triple enfoque en ganancias, tierra, y personas (Perkins, 2020).

Prost et al. (2023) recomienda valorar el conocimiento y la experiencia de los agricultores y aprender a abordar los problemas complejos y situados de las granjas en forma conjunta con investigadores y extensionistas en camino hacia la transición agroecológica.

## Transformación a una agricultura sustentable

En la producción agrícola convencional se observan enfoques a corto plazo con una visión atomizada y reduccionista lo que dificulta poder percibir el impacto de ciertas prácticas agrícolas sobre el ambiente. En algunos casos se considera al ambiente como objeto externo al hombre, inagotable y destinado a su satisfacción. Por esto, es imperiosa la necesidad de una integración interdisciplinaria entre la agronomía y la ecología.

El enfoque agroecológico, por su carácter integrador, es adecuado ya que requiere una visión abarcadora que incluye varios ángulos de aproximación: biológico, físico, químico, ecológico, social, económico, político y

cultural. La agroecología busca nuevos diseños de agriculturas más sustentables, desde un abordaje complejo y transdisciplinar, y debe ser entendida como un enfoque científico destinado a apoyar la transición desde los actuales modelos de desarrollo y agricultura convencionales hacia estilos de desarrollo rural y de agricultura más sustentables (Caporal y Costabeber 2002).

La agroecología, construye una agricultura sobre la base de la conservación de los recursos, de la agricultura tradicional, local y familiar, aunada a los conocimientos de la ecología (Wezel et al., 2009 y 2020). El mecanismo logrado con la generación de redes de aprendizaje aporta a la consolidación de experiencias exitosas e innovadoras en el territorio. En este contexto, la colaboración entre actores múltiples juega un rol clave en el desarrollo rural. Así mismo, los avances en las propuestas agroecológicas promueven rediseños de los sistemas alimentarios hacia formas más equitativas y viables para agricultores y consumidores. Abordar este nuevo paradigma requiere la articulación de los distintos actores a través de redes multidimensionales. La agroecología es una disciplina científica, un movimiento social/político y una práctica agrícola (Wezel et al, 2009; Migliorini y Wezel, 2018; Wezel et al., 2020).

Como concepto, la agroecología se propuso hace más de un siglo como marco para sistemas agrícolas más sostenibles. La agroecología busca reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles (petróleo, gas), reducir la contaminación del medio ambiente y mitigar los efectos del cambio climático. Se basa en principios que en conjunto apuntan a aumentar la autonomía y la resiliencia del agroecosistema: reciclar la biomasa, mejorar la actividad biótica del suelo a través de una mejor gestión de la materia orgánica, minimizar las pérdidas de nutrientes del agroecosistema, aumentar la eficiencia energética, aumentar las especies y dentro de las especies. diversidad y mejorar las interacciones y sinergias beneficiosas dentro de los agroecosistemas (Altieri, 2015).

Aunque inicialmente inspirada en la ciencia de la ecología, la agroecología se compone de al menos tres dimensiones: una ciencia; un conjunto de prácticas; y según principios agroecológicos, un movimiento social que es más o menos significativo dependiendo de la región del mundo donde se desarrolla (Wezel et al., 2020).

La agroecología es una disciplina científica que implica el estudio holístico de los agroecosistemas y los sistemas alimentarios, un conjunto de principios y prácticas que mejoran la resiliencia y la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, preservando al mismo tiempo la integridad social, y un movimiento sociopolítico que promueve la aplicación práctica de la agroecología, persigue nuevas formas de considerar la agricultura, el procesamiento, la distribución y el consumo de alimentos, y sus relaciones con la sociedad y la naturaleza (Wezel et al., 2009; CIDSE, 2018) (Figura 1.6). Es una transformación profunda y continua que nos lleva a repensar completamente nuestra relación con los demás y con la tierra que nos sostiene. Sintetiza y aplica el conocimiento de la agronomía, la ecología, la sociología, la etnobotánica y otras ciencias relacionadas, con un fuerte componente ético y holístico, para generar conocimiento, validar y aplicar estrategias adecuadas con el objeto de diseñar, gestionar y evaluar agroecosistemas y sistemas alimentarios sustentables (Sarandón, 2002) con un profundo diálogo de saberes (Martínez-Torres & Rosset, 2014). Este diálogo no es una abstracción, sino un diálogo entre sujetos, prácticas y realidades. Busca optimizar las interacciones entre plantas, animales, humanos y el ambiente al mismo tiempo que aborda la necesidad de sistemas alimentarios socialmente equitativos dentro de los cuales las personas pueden elegir lo que comen y cómo y dónde se produce.

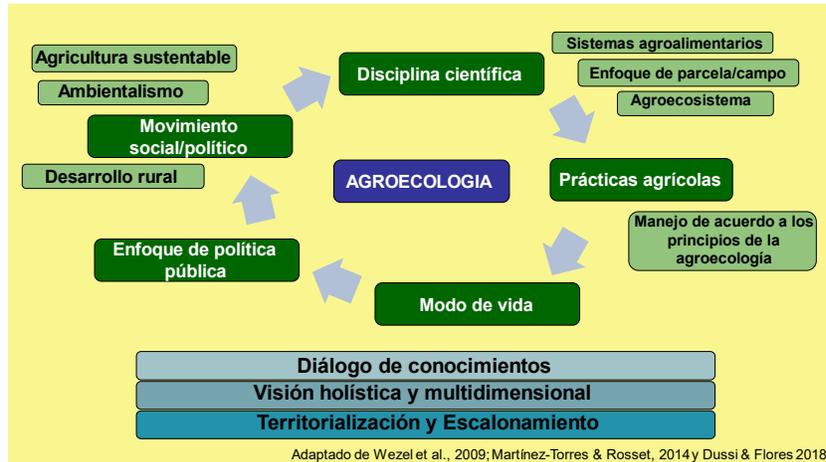


Figura 1.6. Significados de la agroecología. Elaboración propia (Dussi MC), adaptado de Wezel et al., 2009; Martínez-Torres & Rosset, 2014 y Dussi & Flores, 2018

La agroecología se describe cada vez más como un enfoque transdisciplinario, participativo y orientado a la acción (Gliessman 2018) en las ciencias ecológicas, agrícolas, alimentarias, nutricionales y sociales.

Existe una interdependencia entre la agroecología y la soberanía alimentaria. La declaración de soberanía alimentaria realizada en el Foro Internacional de Agroecología en Nyéléni, Mali en 2015, define la agroecología como un movimiento liderado por personas, y una práctica que necesita ser apoyada, en lugar de dirigida, por la ciencia y la política.

La agroecología proporciona sus principios para que las comunidades rurales alcancen la soberanía alimentaria, pero también la soberanía energética y tecnológica, dentro de un contexto de resiliencia. Es una ciencia interdisciplinaria que incluye la dimensión ecológica, sociocultural, tecnológica, económica y política de los sistemas alimentarios desde la producción al consumo. Con los principios agroecológicos se pueden diseñar agroecosistemas resilientes capaces de soportar variaciones en el clima, los mercados, etc., al tiempo que se garantizan las tres soberanías ampliamente distintas pero interrelacionadas.

En resumen, la agroecología es un modelo holístico de cambio global. Sus principios son un conjunto de lineamientos generales que constituyen sus pilares fundamentales, su práctica e implementación al diseño de sistemas agrícolas y alimentarios alternativos. Los principios se aplican de forma progresiva en diversos lugares y llevan a prácticas diferentes al ser utilizados en lugares y contextos diferentes, todos los principios deben interpretarse en el marco de una mejor integración con el mundo natural, la justicia y la dignidad para los seres tanto humanos como no-humanos.

Dentro del modelo existen cuatro dimensiones: una dimensión ambiental, una dimensión social y cultural, una dimensión económica y una dimensión política (CIDSE, 2018).

La primera es la “dimensión ambiental” de la agroecología con los siguientes principios: -La agroecología aumenta una interacción, una sinergia, una integración y una complementariedad positiva entre los elementos de los ecosistemas agrícolas (plantas, animales, árboles, tierra, agua, etc.) y los sistemas alimentarios; -Crea y conserva la vida en el campo al proporcionar condiciones favorables para el crecimiento de las plantas; -

Optimiza y cierra los ciclos de recursos al reciclar los nutrientes y biomásas existentes en los sistemas agrícolas y alimentarios; - Optimiza y mantiene la biodiversidad por encima y por debajo de la tierra a lo largo del tiempo y del espacio (a nivel de parcela, de granja y territorio); - Elimina el uso y la dependencia de insumos sintéticos externos, lo que posibilita que se controlen las plagas, las malas hierbas, y mejoren la fertilidad a través de una gestión ecológica; - Apoya la adaptación y resiliencia climática a la vez que contribuye a mitigar la emisión de gas efecto invernadero (reducción y retención) mediante el menor uso de combustibles fósiles y una mayor retención del carbono en la tierra.

La segunda es la “dimensión social y cultural” de la agroecología son los siguientes principios: -La agroecología está arraigada en la cultura, la identidad, la tradición, la innovación y el conocimiento de las comunidades locales; - Contribuye a dietas saludables, diversificadas, estacional y culturalmente apropiadas; - Es intensiva en conocimiento y promueve contactos horizontales para compartir conocimientos, habilidades e innovaciones, junto con alianzas que otorgan igual peso al agricultor y al investigador; - Crea oportunidades y promueve la solidaridad y el debate entre personas de diversas culturas y entre poblaciones rurales y urbanas; - Respeto la diversidad en términos de género, raza, orientación sexual y religión, crea oportunidades para la gente joven y las mujeres y alienta el liderazgo de la mujer y la igualdad de género; - No requiere necesariamente una certificación externa costosa, ya que a menudo se basa en las relaciones productor-consumidor y las transacciones basadas en la confianza. Promueve alternativas a la certificación (SPG, Sistemas Participativos de Garantía y CSA, Agricultura Apoyada por la Comunidad); - Apoya a las personas y comunidades para mantener su relación espiritual y material con la tierra y con el ambiente.

La tercera es la “dimensión económica de la agroecología” con los siguientes principios: - La agroecología promueve redes de distribución razonables y pequeñas en lugar de cadenas de distribución lineal y construye una red de relaciones transparentes (a menudo invisible en la economía formal) entre productores y consumidores; - Proporciona medios de vida a las familias campesinas y contribuye a crear mercados, economías y empleos locales más sólidos; - Se construye sobre la visión de una economía social y solidaria; - Promueve la diversificación de los ingresos dando a los agricultores una independencia financiera mayor, aumenta la resiliencia al multiplicar los recursos de producción y medios de vida, promoviendo la independencia de insumos externos y reduciendo las pérdidas de cultivos por ser un sistema diversificado; - Habilita a los productores de alimentos para vender su productos a precios justos en mercados locales; - Reduce la dependencia de ayuda y aumenta la autonomía comunitaria al potenciar los medios de vida y la dignidad.

La cuarta es la “dimensión política de la agroecología” con los siguientes principios: - La agroecología jerarquiza las necesidades y los intereses de los pequeños productores de alimentos que suministran la mayoría del alimento mundial y resta importancia a los intereses de los grandes sistemas de industria alimentaria y agricultura; - Pone el control de la semilla, la biodiversidad, la tierra y los territorios, el agua, el conocimiento y los bienes comunes en manos de la gente que forma parte del sistema alimentario y así consigue una gestión más integrada de los recursos; - Puede cambiar las relaciones de poder al fomentar una mayor participación de los productores de alimentos y los consumidores en la toma de decisiones sobre los sistemas alimentarios y ofrece nuevas estructuras de gobierno; - Precisa de un conjunto de políticas públicas complementarias de apoyo, legisladores e instituciones de apoyo, e inversión pública para alcanzar su pleno potencial; - Fomenta

formas de organización social necesarias para una gobernanza descentralizada y una gestión local flexible de los sistemas alimentarios y agrícolas; - Incentiva la auto-organización y gestión colectiva de grupos y redes a diferentes niveles, desde lo local a lo global (organizaciones de agricultores, consumidores, organizaciones de investigación, instituciones académicas, etc.).

Según Barrios et al., (2020) la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha aprobado los 10 Elementos de la Agroecología como marco analítico para apoyar el diseño de caminos diferenciados para la transformación de la agricultura y los sistemas alimentarios. Los 10 Elementos de la Agroecología fueron el resultado de un proceso de discusión de múltiples actores interesados destinado a generar un marco de rediseño de sistemas y procesos para optimizarlos y adaptarlos a los contextos locales. Esto se desarrolló entre 2015 y 2019. La FAO (2018b) describió por primera vez los 10 elementos de la agroecología que son: diversidad, co-creación de conocimiento, sinergias, eficiencia, reciclaje, resiliencia, valores humanos y sociales, cultura y tradiciones alimentarias, gobernanza responsable y economía circular y solidaria

Con el interés de llevar a una confluencia estas múltiples perspectivas sobre los principios de la agroecología, el informe del HLPE (2019) sintetizó la amplia gama de publicaciones diferentes que articulan un número creciente de principios, declaraciones de principios y elementos existentes, y los consolidó en una lista de 13 principios que comprenden declaraciones tanto normativas como causales. Se transcribe aquí una tabla donde se compila un conjunto consolidado de 13 principios agroecológicos, su escala de aplicación y correspondencia con los elementos de agroecología de la FAO publicada por Wezel et al. (2020) (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Trece principios agroecológicos, escala de aplicación y correspondencia con los elementos de agroecología de la FAO. (Wezel et al., 2020).

Principio	Escala de aplicación	Correspondencia a los elementos de la FAO
1. <i>Reciclaje</i> . Utilizar preferentemente los recursos renovables locales y cerrar en la medida de lo posible los ciclos de recursos de nutrientes y biomasa.	FI, FA	Reciclaje
2. <i>Reducción de entrada de insumos</i> . Reducir o eliminar la dependencia de los insumos adquiridos y aumentar la autosuficiencia.	FA, FS	Eficiencia
3. <i>Salud del suelo</i> . Asegurar y mejorar la salud y el funcionamiento del suelo para mejorar el crecimiento de las plantas, particularmente mediante el manejo de la materia orgánica y la mejora de la actividad biológica del suelo.	FI	Reflejado en diversidad, sinergias y resiliencia
4. <i>Salud animal</i> . Garantizar la salud y el bienestar de los animales	FI, FA	Reflejado en resiliencia
5. <i>Biodiversidad</i> . Mantener y mejorar la diversidad de especies, la diversidad funcional y los recursos genéticos y, por lo tanto, mantener la biodiversidad general del agroecosistema en el tiempo y el espacio a escala de campo, finca y paisaje.	FI, FA	Parte de la diversidad
6. <i>Sinergia</i> . Mejorar la interacción ecológica positiva, la sinergia, la integración y la complementariedad entre los elementos de los agroecosistemas (animales, cultivos, árboles, suelo y agua).	FI, FA	Sinergias
7. <i>Diversificación económica</i> . Diversificar los ingresos agrícolas asegurando que los pequeños agricultores tengan una mayor independencia financiera y oportunidades de agregar valor, al tiempo que les permite responder a la demanda de los consumidores.	FA, FS	Partes de la diversidad, así como de la economía circular y solidaria
8. <i>Co-creación de conocimiento</i> . Mejorar la creación conjunta y el intercambio horizontal de conocimientos, incluida la innovación local y científica, especialmente a través del intercambio de agricultor a agricultor.	FA, FS	Co-creación e intercambio de conocimientos
9. <i>Valores sociales y dietas</i> . Construir sistemas alimentarios basados en la cultura, la identidad, la tradición, la equidad social y de género de las comunidades locales que proporcionen dietas saludables, diversificadas, apropiadas para la temporada y la cultura.	FA, FS	Valores humanos y sociales Tradiciones culinarias y gastronómicas
10. <i>Justicia</i> . Apoyar medios de vida dignos y sólidos para todos los actores involucrados en los sistemas alimentarios, especialmente los productores de alimentos a pequeña escala, basados en el comercio justo, el empleo justo y el trato justo de los derechos de propiedad intelectual.	FA, FS	Parte de los valores humanos y sociales
11. <i>Conectividad</i> . Garantizar la proximidad y la confianza entre productores y consumidores mediante la promoción de redes de distribución justas y cortas y reintegrando los sistemas alimentarios en las economías locales.	FA	Parte de la economía circular y solidaria
12. <i>Gobernanza de la tierra y los recursos naturales</i> . Fortalecer los arreglos institucionales para mejorar, incluyendo el reconocimiento y apoyo de los agricultores familiares, pequeños agricultores y productores campesinos de alimentos como gestores sostenibles de los recursos naturales y genéticos.	FA, FS	Gobernanza responsable
13. <i>Participación</i> . Fomentar la organización social y una mayor participación en la toma de decisiones de los productores y consumidores de alimentos para apoyar la gobernanza descentralizada y la gestión adaptativa local de los sistemas agrícolas y alimentarios.	FS	Parte de los valores humanos y sociales

FI, campo; FA, granja, agroecosistema; FS, sistema alimentario

Miles de iniciativas agroecológicas en todo el mundo que revitalizan los sistemas agrícolas tradicionales y campesinos, que han resistido la prueba del tiempo, mejoran la soberanía alimentaria al tiempo que contribuyen a la conservación de la biodiversidad a escala agrícola y paisajística. Estos agricultores optan por sistemas de cultivos intercalados y/o silvopastoriles, prácticas agroforestales y otros enfoques agrícolas diversificados que incorporan diversidad genética en sus cultivos. Esta elección no sólo mejora la biodiversidad de sus tierras, sino que también revitaliza la salud de los suelos y fortalece la resiliencia de sus sistemas agrícolas frente a fenómenos climáticos extremos. Una mayor diversidad de especies de plantas y diversidad genética aumenta

la resiliencia general de los sistemas alimentarios a nuevos cambios ambientales y fluctuaciones climáticas (Dussi y Lauri, 2023).

Se han identificado tres pasos principales (aumento de la ecoeficiencia, sustitución de insumos y rediseño de sistemas) en la transición hacia sistemas agrícolas y alimentarios más sostenibles (Tittone 2014; Pretty et al., 2018).

La transformación agroecológica es un proceso gradual de co-innovación para la integración de insumos biológicos, ajustes y cambios tecnológicos en el diseño y manejo de los agroecosistemas, lo que lleva a dejar atrás el enfoque convencional en la producción agrícola. A escala de finca, esta transformación se puede diagramar como se ve en la Figura 1.7. La espiral en el centro de la figura indica que el proceso aumenta continuamente, lo que conduce a una mayor complejidad de la finca y, por lo tanto, aumenta su estabilidad y resiliencia a los cambios climáticos o económicos. A este tipo de fincas se les llama “Faros Agroecológicos”, son fincas diversificadas que sirven como modelos sobre cómo “diseñar y gestionar fincas basadas en principios agroecológicos” (Nicholls y Altieri, 2018).

La transformación de sistemas de producción convencional hacia sistemas de base agroecológica incluye no sólo aspectos técnicos, productivos y elementos ecológicos, sino también aspectos socioculturales y económicos de los agricultores, sus familias y su comunidad (Caporal y Costabeber 2004), que va mucho más allá de la transformación del sistema de producción convencional a agroecológico: pasa por lograr capacidades internas, recuperar y conservar los recursos naturales, mejorar la calidad del hábitat de las especies productivas y de los trabajadores, y ser eficientes en el orden productivo, económico, ecológico y social (Vázquez y Martínez 2015). También implica cambios en las prácticas de consumo, las políticas, los significados culturales, infraestructuras y modelos de negocio.

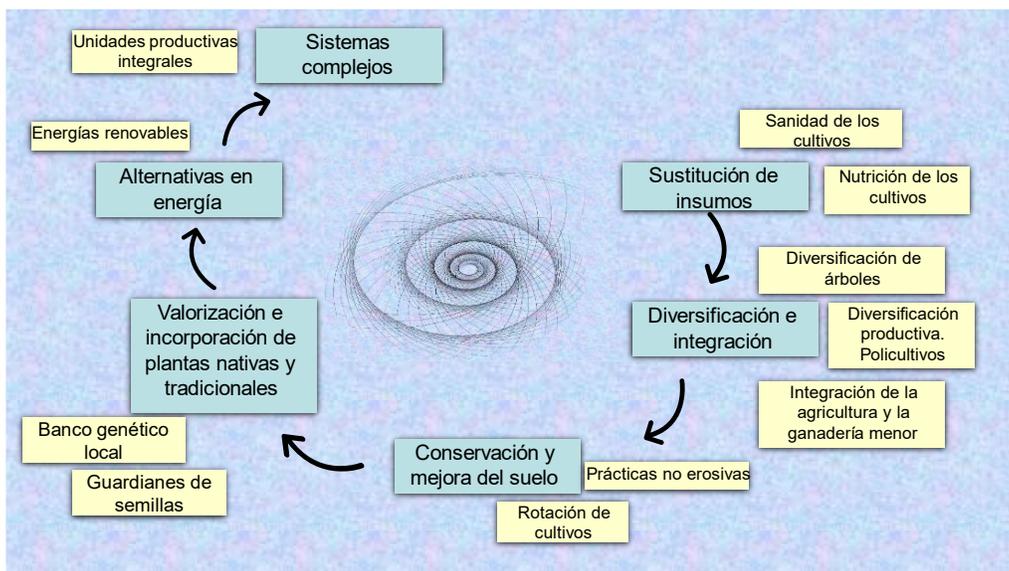


Figura 1.7. Ejemplo de transformación agroecológica a nivel finca o unidad productiva. Elaboración propia (Dussi MC). Adaptado de Vázquez, 2020

Si bien la transformación agroecológica puede iniciarse por diferentes razones, que son particulares de diferentes contextos, la degradación de los recursos naturales y la soberanía alimentaria son factores determinantes. Son los agricultores de las granjas “faro” los que desempeñan un papel clave en la promoción de los principios agroecológicos (Nicholls et al., 2020) en la comunidad circundante y entre los agricultores de otras regiones. Estas granjas faro logran establecer y mantener redes de intercambio de conocimientos y experiencias que provoquen cambios en los territorios. También promueven principios agroecológicos a través de la demostración y difusión de prácticas de producción y gestión a nivel de finca (Mc Greevy et al, 2021).

A través de indicadores es posible evaluar con qué eficacia las prácticas encaminadas a mejorar el paisaje y la diversidad de cultivos, la calidad del suelo, la salud de las plantas, etc., persiguen principios específicos o una combinación de principios, promoviendo así procesos vitales para el desempeño del agroecosistema (Nicholls et al., 2020).

La transformación agroecológica debe contar, desde un inicio, con tecnologías industriales y artesanales para la producción local de bioproductos para la nutrición y sanidad de las plantas, porque la sustitución de insumos contribuye primero a la apropiación de estos nuevos tipos de bioproductos por parte de las personas que cultivan la tierra, y al mismo tiempo ayuda a reducir el uso de agroquímicos. Si bien son necesarios sistemas formales de producción y comercialización de semillas y progenie, se requiere de una profunda transformación para rescatar especies, variedades y razas tradicionales, así como sistemas de co-innovación para su adopción por parte de los propios agricultores, fortaleciendo las capacidades de resiliencia.

La realización de programas de conservación y mejoramiento de suelos, así como la integración de árboles en los agroecosistemas, constituyen herramientas que promueven la transformación agroecológica, asimismo, la paulatina integración de fuentes de energía renovables viabiliza la soberanía energética y la resiliencia de los sistemas productivos (Vázquez, 2020).

El rediseño de los sistemas de cultivo (policultivo, polifrutales) y ganaderos (silvopastoriles), así como de los sistemas de producción, debe ir de la mano con la sustitución de insumos, porque de lo contrario se dificulta la facilitación de interacciones que garanticen la capacidad de autorregulación ecológica de los sistemas. Crear capacidades para el beneficio y procesamiento local de productos agrícolas y ganaderos, además de agregar valor, aumenta la capacidad de resiliencia de los sistemas productivos (Vázquez, 2020).

Prost et al. (2023) conceptualizan las transiciones agrícolas hacia la agroecología como una sucesión abierta de etapas que comienza con una situación inicial insatisfactoria con o sin algunos principios agroecológicos implementados. A esto le sigue una etapa transitoria incierta e impredecible caracterizada por cambios paso a paso que finalmente resultan en un punto determinado en el que los principios agroecológicos se implementan ampliamente. A pesar de reflejar esta implementación, este punto puede reflejar o diferir de los múltiples futuros deseados imaginados al comienzo de las transiciones. Este punto no es un fin en sí mismo; Le siguen procesos adicionales de experimentación, seguimiento, aprendizaje y adaptación hacia la mejora continua del establecimiento agrícola.

Para desencadenar la transformación agroecológica se necesitan políticas públicas que faciliten el proceso a diferentes escalas y que sean consistentes con la sostenibilidad de los sistemas alimentarios. La transformación de los sistemas de producción convencionales hacia sistemas de base agroecológica incluye no sólo elementos

técnicos, productivos y ecológicos, sino también aspectos socioculturales y económicos de los agricultores, sus familias y su comunidad, lo que va mucho más allá de la transformación del sistema de producción de convencional a agroecológico: pasa por alcanzar capacidades internas, recuperar y conservar los recursos naturales, mejorar la calidad del hábitat de las especies productivas y de los trabajadores, y ser eficientes en el orden productivo, económico, ecológico y social (Vázquez y Martínez 2015). También implica cambios en las prácticas de consumo, las políticas, los significados culturales, las infraestructuras y los modelos de negocio. El proceso mediante el cual se inician y promueven prácticas agroecológicas a nivel agrícola, comunitario y regional se llama amplificación. Esto requiere facilitar sinergias que garanticen el éxito del proceso a escala territorial.

Según Gliessman (2016), el proceso de transformación desde sistemas de producción convencionales hacia sistemas de base agroecológica involucra cinco niveles. El Nivel 1 busca aumentar la eficiencia de las prácticas agrícolas industriales y convencionales para reducir el uso y consumo de insumos costosos, escasos y dañinos para el medio ambiente. El nivel 2 requiere que los agricultores sustituyan los insumos y prácticas convencionales por alternativas agroecológicas. El nivel 3 requiere un rediseño del sistema agrícola para que funcione en base a un nuevo conjunto de procesos ecológicos. El Nivel 4 busca reconectar a los productores con los consumidores a través del desarrollo de redes alimentarias alternativas. En última instancia, el nivel 5 busca construir un nuevo sistema alimentario global, basado en la equidad, la participación, la democracia y la justicia. Mientras que los niveles 1 y 2 son incrementales, los niveles 3 a 5 son transformacionales (Figura 1.8).



Figura 1.8. Proceso de transformación desde una forma convencional de agricultura hacia sistemas alimentarios agroecológicos. (Dussi MC. Adaptado de Gliessman, 2016 y Wezel et al., 2020)

Los marcos conceptuales recientes para analizar las cuestiones de una transición agroecológica hacia paisajes sostenibles se han basado en el concepto de sistema socioecológico (Ostrom, 2009). Los socioecosistemas son sistemas complejos compuestos por muchos elementos sociales, económicos, políticos y ecológicos que interactúan, organizados en diferentes niveles anidados (Ostrom, 2009). Los sistemas sociotécnicos son un sub-elemento de un socioecosistema, y esta terminología se refiere a la coevolución de los aspectos sociales y técnicos del socioecosistema.

Los agroecosistemas tienen dimensiones tanto sociales como ecológicas que deben considerarse en la caracterización de su estructura. En todo el mundo, diferentes combinaciones e interacciones entre estas dimensiones sociales y económicas dieron como resultado una amplia diversidad de agroecosistemas, que difieren en estructura y función.

Los agroecosistemas se consideran sistemas abiertos, lo que significa que reciben insumos de energía, materia, capital e información, y producen resultados de la misma naturaleza en forma de productos, servicios y externalidades. Están influenciados por factores externos, que pueden ser biofísicos (como las precipitaciones) o socioeconómicos (como los precios de mercado), y operan dentro de un contexto específico, que puede incluir factores políticos, demográficos y otros factores relevantes. Los agroecosistemas a menudo consisten en subsistemas anidados, como subsistemas agrícolas, ganaderos y/o forestales, que tienen efectos panárquicos de funcionamiento en su conjunto (Tiftonell, 2023).

Los servicios de los ecosistemas son funciones esencialmente ecológicas y, según la teoría de sistemas, las funciones están estrechamente ligadas a las estructuras subyacentes del ecosistema. Las funciones ecológicas se convierten en servicios cuando se ven desde una perspectiva humana, con un enfoque utilitario por ello los servicios ecosistémicos pueden ser parte de la dimensión sociocultural del agroecosistema.

El sistema agrícola también puede considerarse como un subsistema del agroecosistema, que integra los subsistemas doméstico, agrícola y ganadero, y cualquier otra actividad agrícola (por ejemplo, apicultura, acuicultura, silvicultura, prestación de servicios). Según la escala a la que se defina, un agroecosistema (por ejemplo, un paisaje, un territorio, una región) puede comprender varios sistemas agrícolas dentro de sus límites, o solo uno, cuando el agroecosistema se define a escala de granja.

La relación entre estructura y función es un concepto central en el análisis de sistemas y la ecología, las estructuras del paisaje sustentan procesos ecológicos que los humanos interpretamos como funciones. Cuando dichas funciones sirven a nuestros propósitos, las consideramos servicios. Tal es el origen del concepto de servicios ecosistémicos, a los que los humanos podemos atribuir beneficios e incluso un valor monetario. Los servicios ecosistémicos se definieron como la amplia gama de condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas y su biodiversidad confieren beneficios a la humanidad. Esta secuencia de causalidades a menudo se representa como una "cascada", desde estructuras hasta funciones, servicios y beneficios. En el modelo en cascada, Haines-Young y Potschin (2009) sitúan los servicios ecosistémicos en medio de una "cadena de producción", que vincula las entidades que definen los servicios en sentido ascendente: estructuras y funciones biofísicas y, en sentido descendente, los beneficios obtenidos de los servicios, que son su valor real (Figura 1.9).

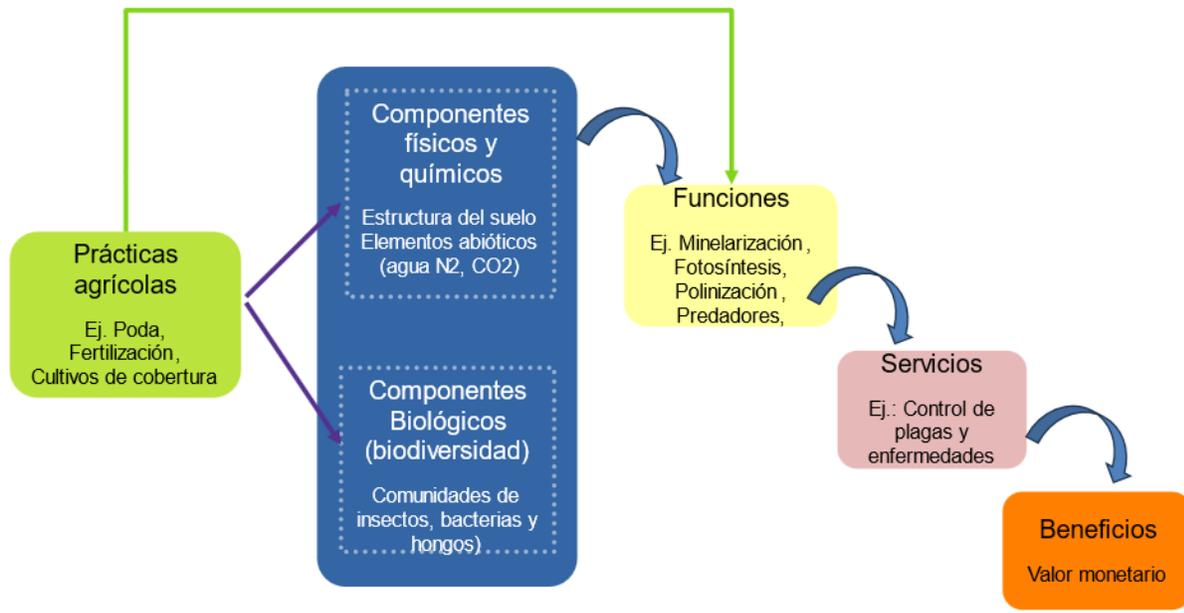


Figura 1.9. Relación entre prácticas agrícolas, estructuras físicas y biológicas, funciones, servicios y beneficios según el “modelo en cascada” en un agroecosistema. (elaboración propia, *adaptado de* Haines-Young y Potschin, 2009).

Este concepto ha sido cuestionado por Díaz et al. (2018), quienes prefieren hablar de “contribuciones de la naturaleza a las personas” en lugar de servicios ecosistémicos.

Las escalas y dimensiones de la investigación agroecológica varían desde la escala de parcela y campo hasta el agroecosistema y escala agrícola hasta expandirse a todas las dimensiones del sistema alimentario. “Masificación”, “escalamiento”, expansión”, “amplificación” o “territorialización” de la agroecología se define como el proceso que conduce a que cada vez más familias practiquen la agroecología en territorios cada vez más grandes, y eso implica más personas en el procesamiento, distribución y consumo de alimentos producidos agroecológicamente. Escalar significa que una mayor fracción de la población, tanto urbana como rural, puede producir y acceder a alimentos saludables, alimentos nutritivos, diversos, ambientalmente compatibles y culturalmente apropiados (Mier et al., 2018).

Un grupo de estudio sobre la masificación de la agroecología, analizando casos emblemáticos de su expansión en todo el mundo, identificaron ocho impulsores clave del proceso de llevar la agroecología a escala: (1) reconocimiento de una crisis que motiva la búsqueda de alternativas, (2) organización social, (3) procesos de aprendizaje constructivista, (4) prácticas agroecológicas efectivas, (5) discursos movilizadores, (6) aliados externos, (7) mercados favorables, y (8) políticas favorables (Mier et al., 2018). Una comprensión más detallada es necesaria sobre cómo estas múltiples dimensiones interactúan, refuerzan y generan retroalimentación positiva entre sí para hacer posible la expansión territorial de la agroecología.

El proceso transformador de todo el sistema alimentario incluye sus perspectivas de equidad, justicia y acceso e implica el rediseño del sistema alimentario y la integración de la diversificación tanto horizontal como vertical de los sistemas de producción dentro de sistemas alimentarios sostenibles (Gliessman 2014).

El nuevo paradigma para alimentar al mundo requiere un enfoque agroecológico basado en el derecho a la alimentación para todas las personas y el reconocimiento de la función social de la tierra. La conversión de sistemas agrícolas especializados a un sistema agroecológico sigue tres principios: diversificación (al incluir diferentes especies de cultivos, árboles y animales); integración (mediante el intercambio dinámico y el reciclaje de energía y nutrientes entre los componentes del sistema); y el logro de la autosuficiencia alimentaria. No se trata sólo de reemplazar insumos industriales con otros con bajo impacto ambiental, se trata de reducir la cantidad de insumos utilizados por producto obtenido.

En su segundo simposio internacional sobre agroecología “Scaling up Agroecology to Achieve the Sustainable Development Goals” (ODS), la FAO (FAO, 2018a) reforzó las oportunidades de la agroecología para mejorar la adaptación de los agricultores familiares al impacto del cambio climático; mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición mediante alimentos saludables y dietas diversificadas; proteger y mejorar la agrobiodiversidad para apoyar los servicios ecosistémicos como la polinización, la salud del suelo y la recuperación de tierras y bosques degradados; mejorar los medios de vida en las zonas rurales; y lograr un cambio transformador en las prácticas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. Estas declaraciones fueron reforzadas por el Panel de Alto Nivel de Expertos (HLPE) sobre seguridad alimentaria y nutrición que elaboró un informe sobre “Enfoques agroecológicos y otras innovaciones para una agricultura y sistemas alimentarios sostenibles que mejoran la seguridad alimentaria y la nutrición” (HPLN, 2019).

El cambio climático está impulsando la transformación de los agroecosistemas hacia sistemas multifuncionales. Esto implica que las formas de estudiar y evaluar los agroecosistemas necesitarán tener otro modo de evaluación que incluya indicadores como huella/biocupación, huella de carbono e hídrica, diversidad y tecnología de los agroecosistemas, eficiencia energética, multifuncionalidad de los agroecosistemas, economía ecológica, valores humanos (compromiso, ética, dignidad y respeto), organización social, costos ambientales, soberanía alimentaria, entre otros, y, en resumen, repensar el sentido del desarrollo.

La agricultura sustentable es aquella que permite mantener en el tiempo las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales o agroecosistemas que la soportan. La misma debe ser suficientemente productiva y económicamente viable, ecológicamente adecuada (conservando los recursos naturales y preservando la integridad del ambiente a nivel local, regional y global) y cultural y socialmente aceptable (Luffiego y Rabadán 2000).

Lo prioritario es pensar en una agricultura que permita compatibilizar niveles adecuados de producción con la conservación de los recursos naturales, teniendo en cuenta las asimetrías o desigualdades sociales, espaciales y temporales en el uso humano de los recursos. Se deberá plantear la distribución ecológica en pos de una construcción sustentable de los sistemas agroalimentarios (Dussi, 2019).

La agroecología no trata de maximizar la eficiencia del uso de insumos, o la productividad o los factores individuales, sino más bien de optimizar la asignación de recursos, aprovechar los procesos ecológicos y el conocimiento para mejorar la sostenibilidad y la productividad.

Deguine et al., (2023) realizan una extensa y analítica propuesta para el manejo holístico del agroecosistema llamada “Protección Agroecológica de Cultivos” (ACP por sus siglas en inglés) que es la aplicación de los

principios de la agroecología a la protección de cultivos con el fin de promover cambios virtuosos y sostenibles en la agricultura y los sistemas alimentarios. ACP combina ecología, agroecología, Manejo Integrado de Plagas (MIP), Agricultura Orgánica (FO) y permacultura. Promueve un sistema de protección de cultivos compatible con sistemas agrícolas y alimentarios saludables, principios agroecológicos y el enfoque de “una sola salud”.

## **Producción orgánica**

La producción de alimentos orgánicos permite a los trabajadores rurales desenvolverse en un ambiente saludable y a los consumidores comer alimentos sin residuos químicos. También se puede observar en la agricultura orgánica que el mantenimiento de los monocultivos depende de insumos biológicos y/o botánicos externos, que sustituyen a los insumos químicos. La "sustitución de insumos" no se basa en principios agroecológicos; esencialmente sigue el mismo paradigma que la agricultura convencional, es decir, superar el factor limitante, pero esta vez con insumos biológicos u orgánicos. Muchos de estos “insumos alternativos” se han mercantilizado, por lo que los agricultores siguen dependiendo de proveedores, cooperativas o empresas (Altieri & Toledo, 2010).

Según FiBL, los pequeños productores orgánicos del mundo se encuentran en países de ingresos bajos y medios, para quienes la certificación orgánica individual sería inasequible y administrativamente demasiado compleja para gestionar (Willer et al., 2020). Por tanto, en la agricultura orgánica el proceso queda a medio camino al no promover con el mismo compromiso el desarrollo de un comercio más justo, la masividad de la producción para llegar a más personas y mercados, especialmente a los más pobres, y una demanda permanente de los agricultores del mundo sobre el acceso a los recursos naturales como el suelo o el agua.

En resumen, la agricultura orgánica y la agroecológica se diferencian no sólo por su proceso de producción y sistema de certificación, sino también porque la primera es una agricultura de sustitución de insumos, mientras que la agroecológica responde fuertemente a la agricultura de proceso y a la construcción de una fuerte diversidad productiva tanto de plantas como de animales, con un enfoque socioecológico (Pengue, 2021).

La demanda de productos orgánicos por parte de los consumidores está aumentando en el mundo. Cada vez más agricultores cultivan orgánicamente, más tierras tienen certificación orgánica y 186 países informan sobre actividades de agricultura orgánica. A nivel mundial, el 1,5% de las tierras agrícolas son orgánicas. Los países con más tierras agrícolas orgánicas son Australia (35,7 millones hectáreas), Argentina (3,6 millones de hectáreas) y China (3,1 millones de hectáreas) (Willer et al., 2020). Los diez países con mayor superficie de agricultura orgánica representan el 74% de la tierra agrícola orgánica del mundo (Dussi, 2018). El mercado mundial de alimentos orgánicos alcanzó más de 95 mil millones de euros en 2018. Estados Unidos es el mercado líder con 40.600 millones de euros, seguido de Alemania (10.900 millones de euros) y Francia (9.100 millones de euros) (Willer et al., 2020).

La tendencia mundial hacia la producción orgánica se ha observado también en la fruticultura de climas templados. Según datos del Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) - Organics International (INFOAM), en 2019 más de 308.000 ha -es decir el 2,6 % de la superficie global cultivada con frutales de clima templado-

estaba bajo manejo orgánico. En La figura 1.10 se representan las principales especies de este grupo, donde las manzanas destacan con el 37 % y, en menor medida, las peras con 6 %.

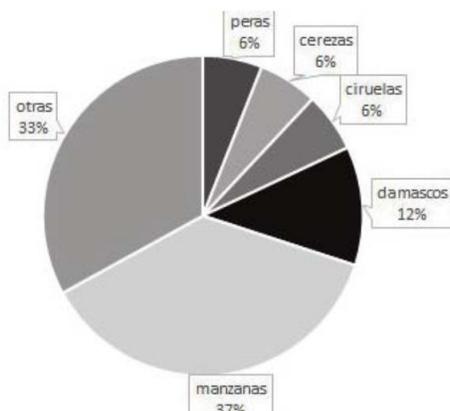


Figura 1.10. Distribución de superficie cultivada en el mundo con los principales frutales de clima templado, con manejo orgánico (Willer, 2021; Santagni et al., 2022).

Cuando observamos los principales países con producción de frutas de clima templado, donde se destacan las frutas de pepita (Figura 1.11), Argentina ocupa el puesto 13 en términos de superficie cultivada, con cerca de 5.000 ha, siendo a la vez el más importante de Latinoamérica. China lidera dicho ranking Con 118.000 ha, seguido por Italia y Francia con 25.000 y 23.000 ha, respectivamente.

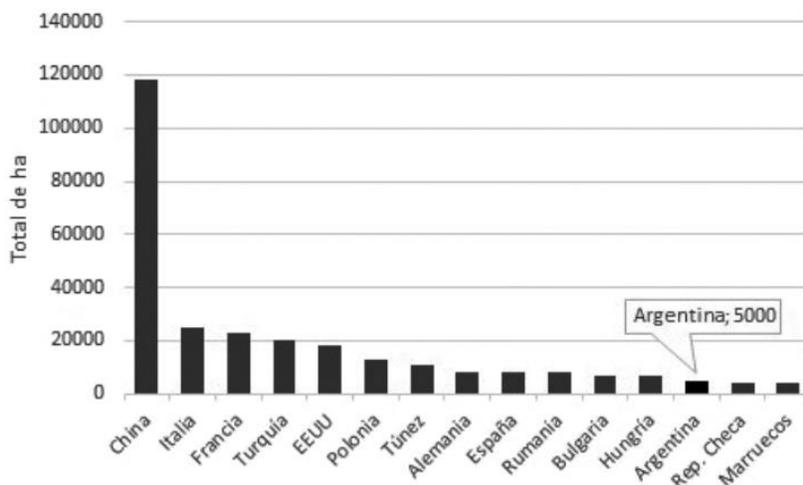


Figura 1.11. Países con mayor superficie cultivada (ha) con frutales de clima templado, con manejo orgánico (Willer, 2021; Santagni et al., 2022)

Un indicador de la importancia económica a nivel nacional de la producción orgánica lo constituyen las exportaciones. Sobre un total estimado de 113 millones de dólares en el año 2020, las frutas ocupan el lugar más destacado entre las distintas cadenas productivas, con más de 4.000 Tn comercializadas por un valor de u\$s 65.000.000 (Talamoni, 2020).

Por su parte, la exportación de peras y manzanas orgánicas constituye un punto especial de interés (Figura 1.12), dado que en la región existen aproximadamente 8.000 ha certificadas que representan el 17 % de la

totalidad de las hectáreas cultivadas con pepita (que producen y exportan 45 a 50.000 toneladas de un total de 106.379 Tn de distintos productos). Ambas especies suman cerca del 40 % de los productos orgánicos exportables del país, siendo Argentina uno de los principales proveedores de estas frutas de contraestación. De las manzanas que se exportan a Estados Unidos y Canadá la mayor parte corresponde a orgánicas (80-90 %) y en el caso de Europa alcanza a más de la mitad (SENASA, 2020).

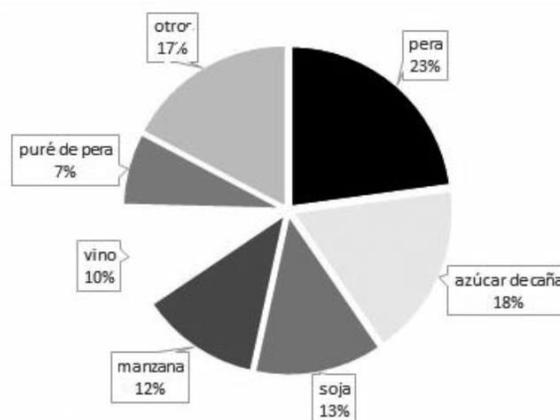


Figura 1.12. Principales productos orgánicos exportados en Argentina. (SENASA, 2020; Santagni et al., 2022)

En 2021 de las 10.895 ha cosechadas de frutales orgánicos, los cultivos más importantes fueron la pera (24%) y la manzana (20%), en las provincias de Río Negro y Neuquén, y el limón (18%) y el arándano (12%) en Tucumán.

Es importante señalar que en Argentina y la norpatagonia coexisten diferentes modelos de producción con una tendencia hacia la producción sustentable.

### Sitio de estudio y contexto

El Alto Valle de Río Negro y Neuquén está ubicado en la confluencia de los ríos Limay y Neuquén inferior y Negro superior, Norpatagonia, Argentina. Se localiza entre los 38°40' y 39°20' de Latitud Sur y entre los 66°60' a 68°20' de Longitud Oeste. Con respecto a la altitud, está comprendido entre los 400 a 200 msnm (Figura 1.13).

La temperatura media anual de 14,6°C con heladas en invierno, una amplitud térmica media anual de 15,7°C. Los valores extremos de temperatura se registran en el mes de enero y diciembre con un máximo de 40,9°C y en los meses de mayo, junio, julio y agosto con un mínimo de -12°C, Heladas tardías primaverales, cielos despejados y alta heliofanía. Los vientos predominantes son del cuadrante oeste sudoeste y su frecuencia e intensidad aumentan en primavera durante el período de octubre– diciembre (Rodríguez y Muñoz, 2022).

La región se encuentra dentro de la categoría de clima templado del tipo mediterráneo ya que la mayor cantidad de lluvias se acumula en las estaciones de otoño e invierno, siendo el verano la época de menores precipitaciones. Según los índices de Thornthwaite, clasifican a la zona como meso termal y semidesértica y cuenta con un clima seco desértico – fresco.

El valor medio anual de lluvia acumulada para el Alto Valle es de 227 mm con una frecuencia de 51 días con lluvia. Las lluvias son deficientes todo el año y por ello es una de las regiones productivas más importantes bajo

riego en el país. Por las características climáticas del Alto Valle, el uso de agua de riego fue fundamental en el proceso de transformación del territorio.

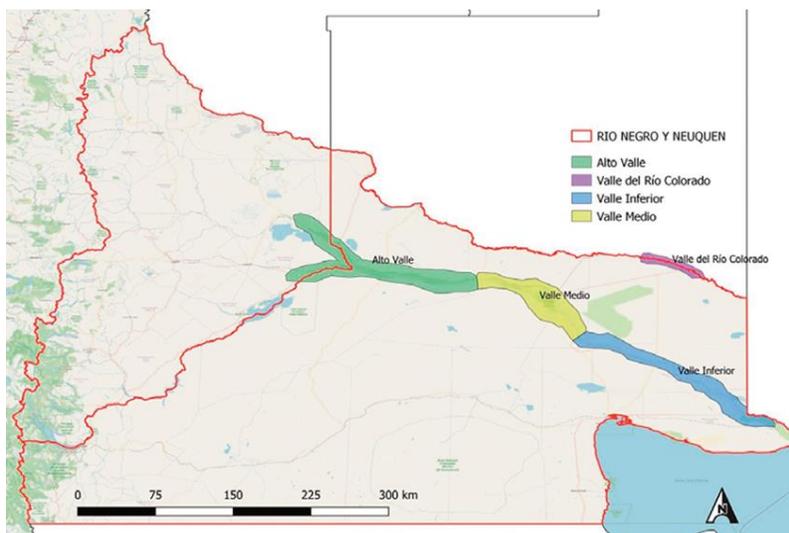


Figura 1.13. Localización del Alto Valle.

A inicios del siglo XX comenzaron a construirse obras públicas de ingeniería hidráulica, El dique Ing. Ballester (una obra emblema de la ingeniería y un ícono histórico para la producción agropecuaria en la zona) y la red de canales, acequias y drenajes constituyeron el sistema integral de riego de unas 65.000 hectáreas de los ríos Negro y la confluencia del Limay y el Neuquén, y permitieron la gestión del agua de deshielo de los ríos atenuando inundaciones y posibilitando el riego planificado por canales en la zona. Junto con la bocatoma del canal de alimentación y el canal de desviación del agua hacia la cuenca Vidal, conforman el “Sistema Integral de Riego del Alto Valle de Río Negro y Neuquén” (Provincia de Neuquén y Provincia de Río Negro, 2018).

A partir de la construcción de esta obra hidráulica (Figura 1.14) se formó un oasis en el medio del desierto, es un sistema telescópico, el canal principal comienza en el dique Ballester y termina en la zona de Chichinales, tiene 130 km de longitud, fue proyectado para conducir 45 m<sup>3</sup>/s y actualmente transporta hasta 72 m<sup>3</sup>/s (Figura 1.15). En todo el tramo hay siete consorcios de riego que conforman un consorcio de segundo grado que es el que maneja el canal principal. Cada uno de ellos tiene una pequeña porción del sistema de riego y el sistema tiene actualmente 7800 usuarios aproximadamente (Lesa Brown, 2024).

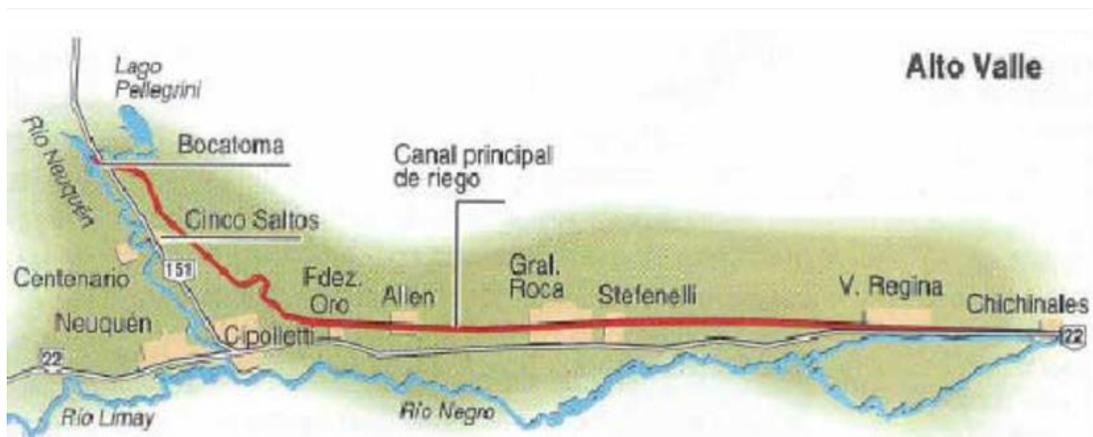


Figura 1.14. Trazo del canal principal de riego Alto Valle. Fuente: Municipalidad de Cinco Saltos

El tipo de riego más ampliamente utilizado en la zona es el de tipo gravitacional con turnos de riego rotativos para cada establecimiento agropecuario. Así fue como de los primeros cultivos que se trabajaban (alfalfa, maíz, trigo y cebada) se fueron incorporando actividades como la fruticultura, horticultura y vitivinicultura, entre otros cultivos de importancia menor.



Figura 1.15. Canal principal visto desde Contralmirante Cordero hacia Cinco Saltos. Fuente: Municipalidad de Cinco Saltos

En cuanto a las adversidades climáticas, la región se caracteriza por presentar un periodo libre de heladas medio de 190 días. Vale destacar que una helada es una contingencia agrícola que ocurre cuando la temperatura del aire desciende a temperaturas tan bajas que provocan la muerte del tejido vegetal (temperaturas iguales o inferiores a 0°C registrada en el abrigo meteorológico a 1,5m del suelo). Otro factor relevante es la duración de esas condiciones de temperatura, cuyo valor medio es de 4hs, pero en casos extremos puede superar las 7hs. Los umbrales de daño por bajas temperaturas difieren de una especie a otra y su grado de tolerancia está determinado por el momento fenológico en el que se encuentre el cultivo cuando sucede este tipo de evento. En la región la fecha media de la primera helada es el 14 de abril mientras que el

de la última es el 6 de octubre, con años en que se han presentado heladas en noviembre. Son las heladas tardías las que producen un mayor daño en los cultivos ya que los mismos se encuentran reanudando su actividad metabólica y desarrollo fenológico por lo que aumenta su susceptibilidad a las temperaturas iguales o inferiores a los 0°C. Dada la mayor susceptibilidad de los tejidos en primavera, estas heladas tardías afectan flores y frutos recién cuajados a pequeños, los brotes y las yemas. Estos daños a nivel vegetal se traducen en daños económicos pudiendo disminuir el rendimiento de la producción.

Algunas de las prácticas realizadas para controlar heladas son: riego por manto, calentamiento atmosférico a través de calefactores y finalmente la utilización del sistema de riego por aspersión. Este último método se basa en el principio de fusión de calor: a medida que las temperaturas del aire bajan por debajo de 0°C, el agua asperjada que cae sobre los órganos de la planta se cristaliza emitiendo calorías de calor por cada gramo que solidifica. Este calor emitido es el que protege los tejidos vegetales impidiendo que la temperatura descienda (Figura 1.16).



Figura 1.16. Sistema de aspersión como control de heladas

## Producción frutícola

En Argentina, la superficie cultivada con frutales en las diferentes provincias se estima en 490.771 ha, siendo Mendoza con el 38,9% la provincia con mayor superficie plantada, le siguen Tucumán (10,8%) y San Juan (10,3%). La provincia de Río Negro ocupa el 5° lugar con más de 36 mil ha mientras que la provincia del Neuquén el 10° lugar con más de 7 mil ha (INDEC, 2021).

Según información del Programa Nacional Frutales del INTA (2021), en términos de superficie cultivada, la vid ocupa el primer lugar (215.300 ha), seguida por cítricos (132.669 ha) y olivos (81.269 ha), apareciendo en cuarto puesto los frutales de pepita con casi 47.000 ha. Considerando la producción de frutas de consumo en fresco, la pera y la manzana se ubican luego de los cítricos (Figura 1.17).

Cabe mencionar que en la Región Norpatagónica, los frutales de carozo también forman parte de la estructura productiva de muchos establecimientos, teniendo en los últimos años la cereza una expansión importante, enfocada principalmente al mercado externo. Similar desarrollo verificaron los frutos secos, en particular el

cultivo de nogales, y en menor medida los almendros, hasta ahora más orientados a satisfacer la demanda del mercado interno.

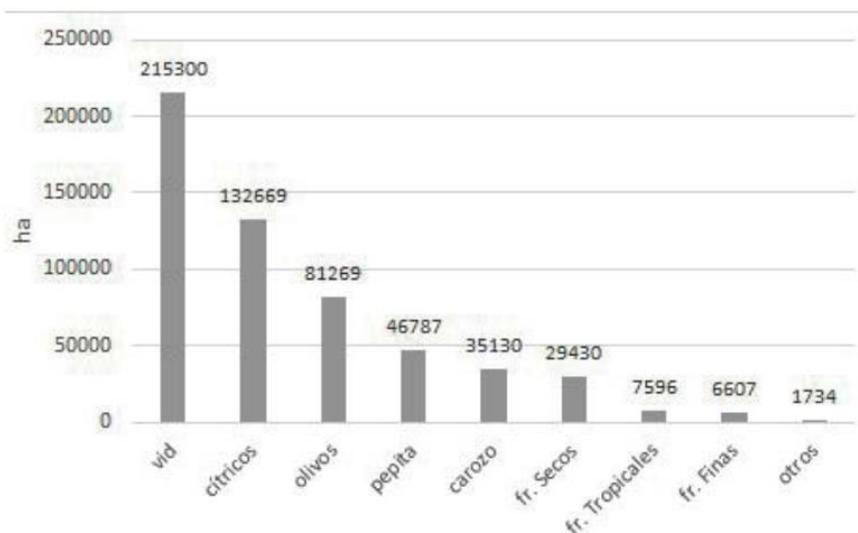


Figura 1.17. Superficie cultivada (ha) con frutales en Argentina (Santagni et al., 2022)

Como puede observarse en la figura 1.18, el Alto Valle concentra a nivel nacional el 90 % de la superficie en la producción de peras y manzanas del país, siendo relativamente poco significativa el área implantada con estas especies en Mendoza y el resto de las provincias.

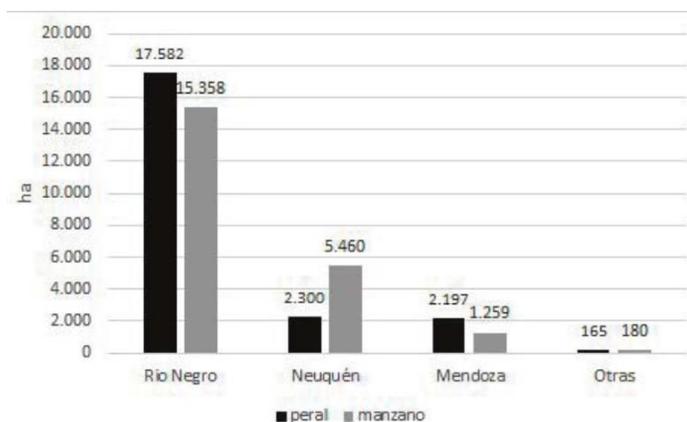


Figura 1.18. Superficie (ha) utilizada por las principales provincias productoras de peras y manzanas 2019-2020. (Santagni et al., 2022)

A lo largo de los años, el nivel de producción de fruta de pepita (Figura 1.19) de la región del Alto Valle ha sufrido notables fluctuaciones. Puede observarse la tendencia a la baja de la manzana en casi todo el período y un alza parsimoniosa de la pera, con una abrupta caída para ambas especies en 2015, para reactivar luego un lento crecimiento en el 2015-2018 con volúmenes aún menores que en los lapsos de decrecimiento como el 2000 o el 2010.

La principal región productora de frutales de pepita se ubica mayoritariamente en la provincia de Río Negro y en la franja centro este de la provincia de Neuquén (Alto Valle de Río Negro y Neuquén). Otras zonas de

producción son el Valle Medio en la Provincia de Río Negro; 25 de Mayo, en la Pampa; Valle de Uco y zona sur de la provincia de Mendoza; y Valle del Tulum en San Juan (Sánchez, 2020).

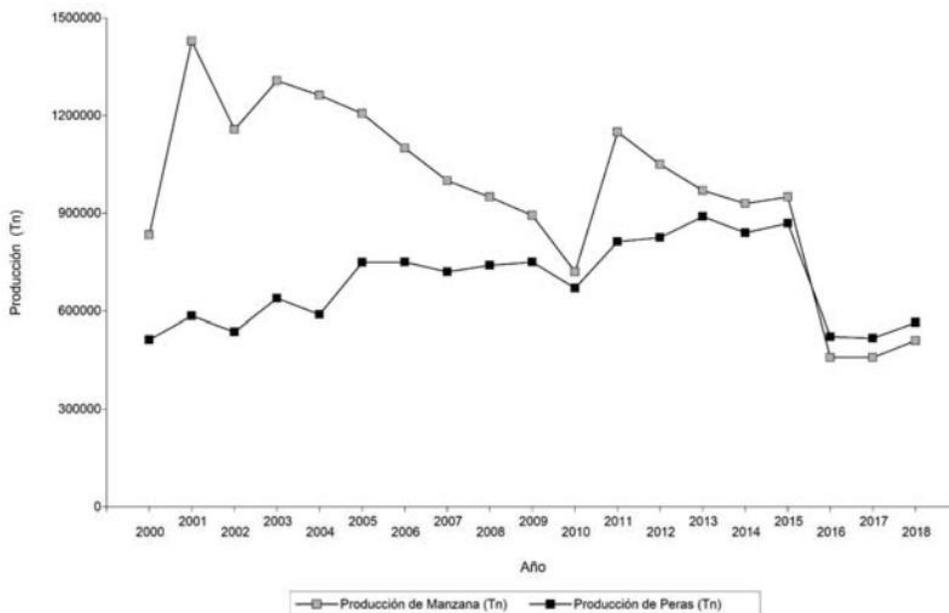


Figura 1.19. Producción (Tn) de peras y manzanas, Argentina 2000-2018. (FAO, 2020; Santagni et al., 2022)

Según datos del SENASA, en el 2020 en la región se registraron 35.699 ha de frutales de pepita y 2.983 ha de frutales de carozo, lo que suman 36.832 ha cultivadas. De esa superficie total, cerca del 85,8 % se encuentra en la provincia de Río Negro y el 14,2 % restante en la provincia de Neuquén. Entre los frutales de pepita, la manzana representa poco más de 17.000 ha y la pera 18.411 ha. Por su parte, entre los frutales de carozo, destacan duraznos y pelones con cerca de 1.500 ha, seguidos de cerezas con 800 ha y ciruelas con más de 600 ha (SENASA, 2020).

A nivel global, según datos de la FAO del año 2020, nuestro país se ubica en el puesto 15º como productor de manzanas (Figura 1.20), y en el puesto 3º como productor de peras (Figura 1.21).

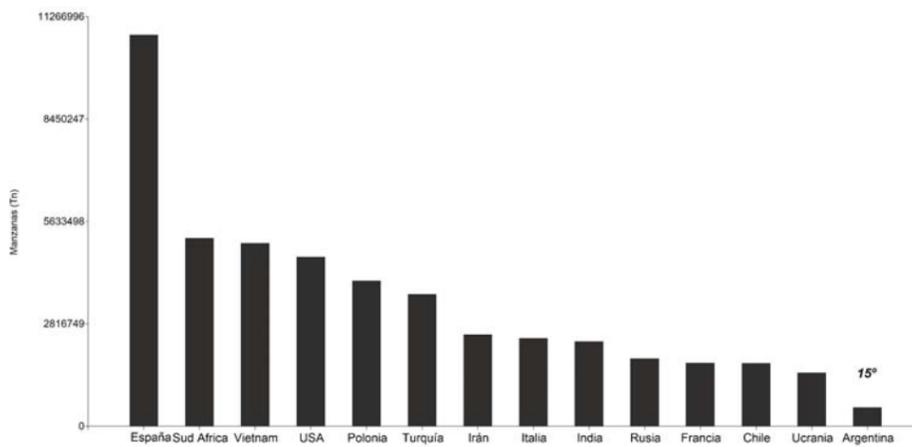


Figura 1.20. Posicionamiento de Argentina y nivel de producción de manzanas, en Tn (no se incluye China) (FAO, 2020)

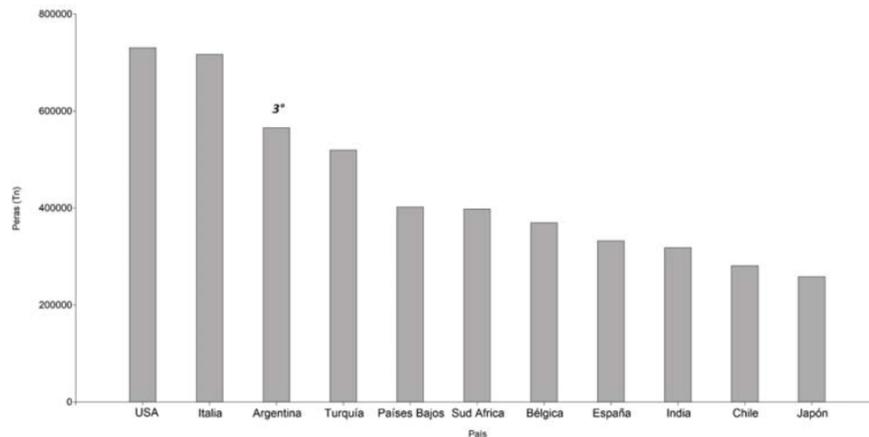


Figura 1.21. Posicionamiento de Argentina y nivel de producción de peras, en Tn (no se incluye China) (FAO, 2020)

La fruticultura es la principal actividad económica regional en los valles irrigados de Río Negro y Neuquén, de donde proviene más del 80% de la oferta de fruta de pepita y el 90% del volumen de fruta fresca exportado por el país (Villareal et al., 2011). En este marco, tanto las empresas frutícolas como los pequeños y medianos productores no deben estar exentos de la búsqueda de la sustentabilidad, más aún si se tiene en cuenta que sus actividades tienen un efecto directo en el ambiente. Por esta razón es importante tomar conciencia de la responsabilidad ambiental de cada actividad y desarrollar herramientas para cuantificar, analizar y mejorar las producciones agropecuarias.

La superficie plantada con manzanos y perales en la región registra una progresiva disminución en los últimos diez años, reduciéndose un 26 % al pasar de 23.000 ha en 2011 a 17.000 ha en 2020. A su vez, la superficie con peras se retrajo un 28 % al pasar de aproximadamente 25.000 ha en el 2011 a 18.000 ha en 2020 (Figura 1.22).

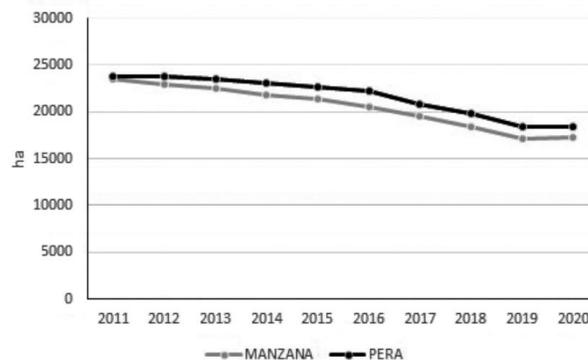


Figura 1.22. Superficie (ha) plantada con manzanos y perales para el período 2011-2020. (Santagni et al., 2022).

La composición varietal que caracteriza al sector frutícola regional tiene preponderancia de variedades tradicionales. En manzanas Red Delicious y Granny Smith en 2020 sumaron 11.194 ha y 2.167 ha respectivamente, seguidas por Gala con 2.097 ha, conformando entre las tres variedades el 90 % de la superficie total cultivada con esta especie. A su vez, los principales clones bajo cultivo de la variedad Red Delicious están representados por Chañar 28 con 3.088 ha, Chañar 90 con 2.552 ha y Chañar 34 con 1.436

ha; en tanto que las dardíferas como Red Chief y las semidardíferas como Chañar 34 y 28 suman más de la mitad del total de dicha variedad. Las principales variedades de peras plantadas son Williams con 7.419 ha, Packhams 5.375 ha y D'Anjou 2.711 ha. (SENASA, 2020).

Red Delicious continúa siendo la variedad de manzana más importante del Alto Valle, con cerca del 60 % del total de la superficie plantada (del total de variedades de manzanas), con una preferencia marcada hacia sus clones mejorados como Red Chief o Súper Chief, Chañar 34 y Chañar 28, debido a los buenos precios logrados, fenómeno que también se verifica en mercados de países vecinos como Brasil, Bolivia, Paraguay, Perú, Ecuador y Colombia (Ernst, 2021).

Contrastando con el retroceso de la superficie plantada con manzanas, las hectáreas totales plantadas con peras siguen la misma tendencia decreciente, aunque, en términos relativos, sufrieron menor variación.

El Alto Valle es una de las primeras regiones productoras y exportadoras del hemisferio sur de peras. En el mercado actual la pera no se adapta bien a las exigencias del comercio moderno por factores tales como su delicada piel, y el tiempo de espera que requieren para su maduración en góndola, ya que los consumidores prefieren una fruta lista para comer a cosecha (Ernst, 2021). En este sentido, cabe aclarar que las peras luego de la cosecha alcanzan la calidad organoléptica óptima cuando se ablandan lo suficiente hasta adquirir una textura mantecosa y jugosa con cambios de color, sabor y aroma.

Argentina produce aproximadamente 1,2 millones de toneladas anuales de manzanas y peras, distribuidas casi por partes iguales. El rendimiento regional promedio estimado por hectárea de frutas de pepita en plantaciones adultas (mayores de 10 años) es de 34 Tn/ha, cifra que contrasta con los promedios de los principales competidores del hemisferio sur, ubicados entre 45 y 49 Tn/ha en pera, y entre 57 y 59 Tn/ha en manzana. Estos bajos niveles de rendimiento incrementan el costo unitario de producción, situación que se agrava cuando se analiza el volumen destinado a la comercialización en fresco frente a destino industria (Santagni et al., 2022).

El principal destino de la producción regional de manzanas es el mercado interno con el 32 % del total, mientras que la exportación representa el 25 % y la industria el 43 %. Por su parte, la pera se orienta principalmente a exportación (60 %), mientras que el mercado interno constituye el 13 % y la industria el 27 %.

Según el INDEC (2021), el complejo peras y manzanas representó sólo el 0,7 % de las exportaciones totales del país en 2020, las que alcanzaron 359 millones de dólares, igual valor al registrado en el mismo período del año anterior. El 70,9 % de lo exportado por dicho complejo correspondió a peras frescas, el 20,1 % a manzanas frescas, mientras que el resto se distribuyó entre manzanas y peras desecadas, jugos y preparaciones. Los principales destinos fueron Mercosur (102 millones de dólares, con una participación de Brasil de 91,2 %), USMCA (84 millones de dólares, con una participación de Estados Unidos de 82,1 %), CEI (65 millones de dólares) y Unión Europea (59 millones de dólares). (INDEC, 2021).

El porcentaje de la producción regional de manzanas que no se comercializan para consumo en fresco se denomina descarte y se industrializa, según los años, llega al 40 % y 45 % o más, valores demasiado elevados. Con lo cual, el negocio depende en gran medida del precio que logre la fruta de industria (Toranzo, 2016). Este porcentaje de descarte, consecuencia de factores relacionados con el manejo a campo, tipo de variedades, adversidades climáticas, tecnologías de empaque o en muchos casos requerimientos del propio mercado, se

estima que debería disminuir a niveles inferiores al 30 % (Toranzo 2016), umbral por debajo del cual se ubican países como Chile, Sudáfrica o Brasil.

El principal destino de la industrialización de frutas de pepita es el jugo concentrado, produciéndose en 2020 aproximadamente 17.000 Tn de jugo de manzana y 20.000 Tn de jugos de pera, esta cifra varía en cada temporada de acuerdo con el precio internacional, y de la disponibilidad de fruta para molienda (se requieren en promedio 6,7 kg de manzana para obtener un kg de jugo concentrado, y en el caso de la pera la relación es de 7,4kg a 1 kg). El 95 % de la producción argentina de jugo concentrado de pera y de manzana se exporta, fundamentalmente a los Estados Unidos, abasteciendo algo más del 30 % de ese mercado, que demanda jugo concentrado clarificado (Bruzzone, 2006). Como subproducto de la industria juguera se obtienen los aromas que representan entre 0,5 % y 1 % de la producción de jugo concentrado y son utilizados principalmente por las industrias elaboradoras de bebidas y perfumes.

Otro producto de la industrialización de peras y manzanas es el deshidratado y la sidra y en mucha menor medida subproductos como como pulpas, frutas desecadas, polvos, puré, fruta molida congelada, que en su conjunto para ambas especies suman entre un 10 y un 20 % del total.

### **Estructura productiva primaria y manejo del cultivo en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén**

Cuando se analiza la estructura poblacional de productores de la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, al año 2019 existían 1.671 productores de frutas de pepita y carozo en 3.224 establecimientos aproximadamente, valor que, contrastado con los 2.599 fruticultores en actividad en el año 2011, marca una disminución de 866 productores, lo que implica una merma del 33 % en un período de 10 años (SENASA, 2020). Es necesario destacar que el complejo presenta altos grados de concentración, casi un 3 % de los productores primarios con más de 100 hectáreas concentran el 35 % de la superficie cultivada neta, mientras que, en el otro extremo, un 47 % de los productores posee menos de 10 hectáreas, ocupando 11 % de la superficie total (Senasa, 2019; MAGyP, 2020).

Al observar la superficie de las explotaciones al 2020 el 87 % de los fruticultores de la región se ubica en el estrato de hasta 30 has, lo que representa un perfil pyme al sector. La salida de fruticultores del sistema es una consecuencia de un proceso de transformación estructural de la configuración tradicional del sector. La evolución de dicho proceso, su velocidad, intensidad y combinación de factores intervinientes, que afectan la rentabilidad de los pequeños y medianos productores, en su gran mayoría con una débil integración, influyó en las dificultades de muchos para adaptarse al cambio de contexto de la fruticultura (Santagni et al., 2022).

Un factor de análisis es el envejecimiento de la estructura poblacional de los productores y la falta de recambio generacional que con el tiempo se agudiza siendo un factor limitante para el sector. En la actualidad, sólo el 10 % de los productores son menores de 40 años, el 37 % tiene entre 40 y 60 años, mientras que el 53 % supera los 60 años.

Dado el carácter heterogéneo de la estructura productiva primaria, coexisten en la región empresas integradas con productores independientes. Sin embargo, la concentración en el empaque, la industria y la

comercialización es alta, siendo alrededor de 5 o 6 exportadoras las que concentran el 68 % de las ventas externas de fruta de pepita (Ministerio de Hacienda, 2017).

La actividad frutícola (tanto en su etapa primaria como en el empaque), es una gran generadora de empleo por ser demandante de mano de obra intensiva. Moviliza entre 50.000 y 60.000 puestos de trabajo directos y 10.000 a 15.000 indirectos, lo que impacta fuertemente en la estructura socioeconómica de la región. En términos relativos, la intensidad laboral (nivel de ocupación en el sector con relación al valor agregado), es la cuarta actividad agrícola con mayor concentración de mano de obra, luego del algodón, cítricos y caña de azúcar (Lódola, et al., 2018). La intensidad de la demanda del sector frutícola depende del nivel tecnológico y modelo productivo de las explotaciones. El empleo tiene una marcada estacionalidad en los momentos de poda, raleo y particularmente cosecha.

La fruticultura es la actividad agrícola que más personas emplea por superficie. Se estima que aproximadamente 1.000 ha de frutales generan trabajo para casi 1.000 personas, frente a 7 empleos para 1.000 ha de cereales y oleaginosas, y un empleo para 1.000 ha de ganadería extensiva (Santagni et al., 2022). Del total de jornales directos, el 80 % corresponde a trabajadores permanentes, el 13 % a trabajadores temporarios extrarregionales y el 7 % a trabajadores temporarios de la propia región (Figura 1.23).

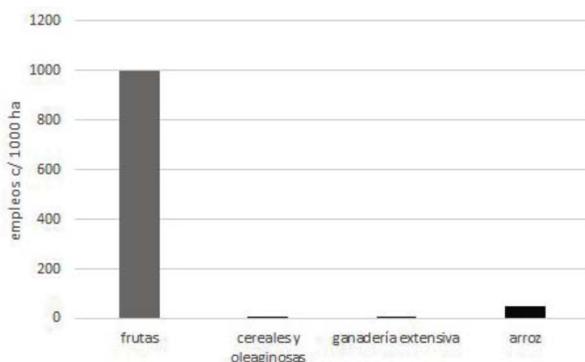


Figura 1.23. Generación de empleos cada 1.000 ha por actividad (Santagni et al., 2022).

26 % de los productores concentran cerca del 72 % de la superficie neta implantada (27.848 ha) con unidades productivas mayores a 20 hectáreas. Hay una creciente integración vertical de la Producción (incluye manejo de la Terminal de Servicios Portuarios Patagonia Norte) (SENASA, 2020).

En la NorPatagonia coexisten diferentes modelos de producción con una tendencia cada vez más pronunciada hacia la producción sustentable. Hay una necesidad de formular estrategias agroecológicas ante el cambio climático y la crisis del sector agropecuario regional, a partir de conocer los impactos derivados de la fruticultura y sus puntos más críticos. Los sistemas de producción se pueden clasificar en dos grandes grupos, convencionales y orgánicos. Ambos sistemas presentan, por ejemplo, un manejo diferencial del suelo entre otros aspectos. En el sistema convencional se utilizan como herramientas de labranza la rastra de discos y el cincel, lo que genera dos inconvenientes, el desnivel y la compactación o formación de capas densificadas por debajo de la profundidad de trabajo por el peso de la maquinaria, y la pérdida por oxidación de materia orgánica

(Sánchez, 1999; Holzmann, 2010). En cambio, en el manejo orgánico la labranza del suelo es mínima, solo si es necesario, se utiliza la labranza vertical con uso de cincel para descompactar, ya que se prioriza la existencia de cobertura permanente. Una distinción importante que surge de esta forma de labrar el suelo es la ausencia de raíces en los primeros 10 cm en el manejo convencional, a diferencia del manejo de conservación en el que se encuentra una mayor distribución de raíces en la capa superficial del suelo y verdeos en el interfilas (Aruani y Sánchez, 2002). En los interfilares (espacio entre líneas de frutales) de las chacras con manejo orgánico se siembran verdeos, se utilizan cultivos de cobertura o se dejan espontáneas para su desarrollo durante la estación de crecimiento, en general se cortan solo una vez cercano a la cosecha para permitir el tránsito de operarios durante esa labor cultural y se dejan en el lugar como aporte de materia orgánica. En la producción orgánica no se utilizan agroquímicos ni fertilizantes de síntesis química.

Los árboles frutales secuestran carbono, por lo que este tipo de agroecosistemas pueden actuar como “bosques caducifolios frutales” dando a estos sistemas otras funciones en beneficio del ambiente más allá de la producción de frutos. Además de los árboles frutales, parte del entorno de las chacras está conformado por las “cortinas rompeviento” compuestas en general por álamos “*Populus sp.*”.

La producción orgánica ha ido aumentando con ciertas fluctuaciones, y según datos de SENASA (2020), Río Negro es la provincia argentina que presenta el mayor porcentaje de unidades productivas bajo seguimiento orgánico (18,5%). Los productos orgánicos, “ecológicos” o “biológicos” se obtienen de un sistema agrícola cuyo objetivo es producir alimentos sanos y abundantes, cuidando el ambiente y preservando los recursos naturales. Además de la agricultura orgánica, algunas familias agricultoras del territorio estudiado han encontrado en la agroecología y en la agricultura biodinámica (AB) otra alternativa al modelo agrícola actual. La AB considera el conjunto de elementos constitutivos de la finca (incluyendo sus interacciones): suelo, animales domésticos y silvestres, plantas cultivadas y silvestres, y entiende al ser humano como gestor de los procesos vivos (Dussi et al., 2020; Santoni et al., 2022). Actualmente existen 119 explotaciones agropecuarias agroecológicas en la provincia de Río Negro (Soverna, 2021). Muchos proyectos agroecológicos en la zona comienzan motivados por el resguardo de la alimentación y del hábitat de la propia unidad familiar, algunas de estas iniciativas provienen de agricultores tradicionales y otras de nuevas familias llamadas “neo agricultores”.

La agroecología es una alternativa para abordar los problemas asociados a la agricultura industrial. Las fincas diversificadas o faros agroecológicos sirven como modelos en el territorio para diseñar y administrar unidades productivas basadas en los principios agroecológicos (Nicholls y Altieri, 2018). Son las y los agricultores de las fincas faro, quienes juegan un papel clave en la promoción de los principios agroecológicos (Nicholls et al, 2020) en la comunidad aledaña y entre los agricultores de otras regiones. Estas unidades productivas “faro” logran construir y sostener redes de intercambio de conocimientos y experiencias que producen transformaciones en los territorios y promueven los principios agroecológicos siendo espacios de aprendizaje a través de la demostración y difusión de prácticas de producción y manejo a nivel de finca (Mc Greevy et al, 2021). Este proceso se puede ir amplificando a nivel comunitario y regional abarcando distintos territorios.

La fruticultura regional convencional enfrenta problemas de larga data basados principalmente en políticas de corto plazo que, como lo indican Svampa y Viale (2014), acentúan la crisis del sistema productivo actual (Elosegui et al., 2020; Dussi y Flores, 2018). Este modelo ha tenido un fuerte impacto negativo sobre la

biodiversidad; en consecuencia, se deben entender sus problemas para buscar lograr la sostenibilidad de los agroecosistemas.

En los últimos años y en concordancia con la disminución de superficie productiva, se han observado dos fenómenos: el avance urbano por sobre el rural y la producción de hidrocarburos. El primero, potenciado por la localización de la capital de Neuquén con un fuerte crecimiento en las últimas décadas por la explotación hidrocarburífera y el desarrollo comercial e industrial asociado a esta actividad. El cambio en el uso del suelo puede tener tres destinos: i) Diversificación productiva: se pasa a cultivos que proveen una mejor rentabilidad o cuyos costos de producción sean menores, tales como forrajeros, hortícolas, cereales, forestales o actividades pecuarias, ii) Alquiler de la tierra a terceros (particulares o empresas) para actividades productivas o no productivas. El arrendatario puede continuar con la producción de ese suelo (actividades productivas) o bien crear espacios recreativos como canchas, quinchos o piscinas (no productivas) y iii) Venta de la tierra: puede ser con fines productivos para ser anexadas a explotaciones más grandes (productores o empresas que buscan aumentar su capitalización) o para el uso no productivo. En este último caso puede ser la urbanización o la explotación de hidrocarburos. El avance urbano o de la explotación petrolera cambia el valor de la renta de la tierra.

La expansión del capital vinculado al desarrollo inmobiliario presiona sobre el espacio rural con o sin planificación del Estado. Al no estar planificado, el crecimiento urbano puede darse de manera fragmentada, intercalando áreas urbanizadas con espacios rurales. El avance urbano rompe con la actividad agrícola e impide la práctica productiva. Algunas situaciones frecuentes son el aumento de las densidades de plagas producto de un manejo integrado de plagas poco eficiente, polinización deficiente, contaminación de napas freáticas, acumulación de desechos en los canales de riego, entre otras.

Por otra parte, la extracción de hidrocarburos en suelo productivo no solo lo inutiliza, sino que el territorio cambia visual y ambientalmente. En términos de fertilidad, también hay una pérdida inconmensurable ya que se pierde suelo que costó muchas décadas a través de recursos y trabajo generar. Son actividades expoliadoras vinculadas a la extracción de riquezas naturales y la apropiación de una renta extraordinaria (Álvarez et al, 2019).

Con estas propuestas de desarrollo y crecimiento se degradan los territorios y la calidad de vida. Son modelos insustentables que plantean interrogantes acerca de los daños ambientales que ocasionan y que ocasionarán a corto, medio y largo plazo. En este contexto emerge una reconfiguración del espacio privado y público marcado por la contaminación y paradójicamente existe una demanda social creciente por el consumo de alimentos más sanos (Aguilar et al, 2019.) y por ello han surgido varios establecimientos agroecológicos que se han planteado si es posible producir de manera sustentable ante las condiciones actuales.

El desarrollo de sistemas productivos en la fruticultura regional que, siendo rentables, conserven los recursos naturales y protejan el ambiente es una necesidad del sector productivo y de la sociedad, íntimamente asociada al objetivo de un desarrollo sustentable y equitativo. Por tal motivo, es necesario garantizar la sostenibilidad del sistema, esto implica, la preservación integral de los recursos naturales dentro de los cuales los componentes suelo, aire y agua son de vital importancia.

En este contexto, la evaluación del flujo energético de los agroecosistemas frutícolas podría generar valiosa información relacionada con las emisiones de gases de efecto invernadero y optimizar la eficiencia del proceso productivo. Este análisis es crucial para entender el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas. Simultáneamente, el análisis de los interfilares en sistemas de producción de frutales de hoja caduca en climas templado-fríos, dada la alta presión antrópica que reciben, requiere estudios detallados de su composición florística afectada por diversas prácticas agrícolas. Para completar este análisis, es fundamental abordar indicadores socioculturales, ecológicos y económicos específicos, analizados participativamente con la presencia de actores no académicos. La inclusión de estos participantes en el proceso de investigación no solo enriquece el trabajo, sino que también asegura que las prácticas recomendadas sean relevantes y legítimas para la comunidad local. Tomando como base la evaluación de chacras frutícolas orgánicas de la región del Alto Valle del río Negro como posibles faros agroecológicos, se puede marcar el comienzo de una futura transformación del territorio hacia la agroecología. Estas chacras no solo servirán como modelos, sino que también actuarán como centros de aprendizaje y demostración, promoviendo el conocimiento y la adopción de prácticas agroecológicas en la región.

Así, la integración de la evaluación del flujo energético, el análisis de la composición florística de los interfilares y las evaluaciones de potenciales faros agroecológicos territoriales en forma participativa con la comunidad local, productores y productoras, proporcionará una visión holística y multifacética para el manejo sustentable de los agroecosistemas frutícolas posicionando a un trabajo de esta naturaleza como un puente entre la ciencia y la práctica, que puede facilitar la transición hacia sistemas de producción más sostenibles y resilientes, promoviendo la agroecología como un modelo viable para el desarrollo rural en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

## **Hipótesis**

H<sub>0</sub>): El manejo sostenible de los agroecosistemas frutícolas de hoja caduca de la Patagonia Norte, Argentina no puede evaluarse a través de la conjunción de nuevos indicadores de sustentabilidad (Eficiencia energética, Huella de Carbono; agrobiodiversidad y faros agroecológicos) hasta ahora no aplicados para tales producciones, en tanto reflejan sólo un conjunto de aspectos parciales de tales producciones, pero no su conjunto.

H<sub>1</sub>): El manejo sostenible de los agroecosistemas frutícolas de hoja caduca de la Patagonia Norte, Argentina puede evaluarse a través de la conjunción de nuevos indicadores de sustentabilidad (Eficiencia energética, Huella de Carbono; agrobiodiversidad y faros agroecológicos) hasta ahora no aplicados para tales producciones.

## **Objetivo**

El objetivo de la presente tesis es evaluar agroecosistemas frutícolas de hoja caduca en el norte de la Patagonia Argentina con diferentes manejos de producción

## **Objetivos Específicos**

1. Analizar el flujo energético y determinar cómo inciden las diferentes fuentes de energía en dos sistemas frutícolas de producción orgánica y dos convencionales teniendo en cuenta los ingresos y egresos de energía y sus indicadores de eficiencias.

2. Determinar las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero generados por cada práctica agrícola para cada sistema analizado.

3. Comparar la composición florística en interfilares de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca orgánicos vs. convencionales y la relación entre dos estrategias de manejo de la fertilización del suelo con la composición florística y tipo y abundancia de nematodos.

4. Evaluar establecimientos frutícolas en la región del Alto Valle, Patagonia como potenciales faros agroecológicos territoriales. Plantear estrategias para mejorar la sustentabilidad de dichos agroecosistemas.

## **CAPITULO II: Análisis del flujo energético en agroecosistemas frutícolas de hoja caduca**

### **Desarrollo de los objetivos específicos 1 y 2**

#### **Introducción**

Los patrones de uso de la tierra en general revelan la importancia de la agricultura como un importante sistema de gestión de la tierra que transforma y aprovecha los ecosistemas naturales. Más de la mitad de la superficie terrestre del planeta se utiliza intensivamente con fines agrícolas, como cultivos, pastoreo, plantaciones forestales y acuicultura; y desde 1950 un tercio del suelo ha sido profundamente alterado de su estado de ecosistema natural debido a la degradación del suelo de moderada a severa (IAASTD, 2009).

Los sistemas agroalimentarios locales, nacionales y globales tienen y tendrán en el futuro procesos cada vez más complejos, desafíos como adaptarse al cambio climático y mitigarlo, conservar los recursos naturales, reducir pérdidas de alimentos, proporcionar suficientes alimentos nutritivos para una población mundial en continuo crecimiento, aumentar las dietas saludables y poner fin a la injusticia social y la erosión cultural.

El informe OCDE/FAO (2021) pronostica que las emisiones globales de GEI procedentes de la agricultura aumentarán un 4% en los próximos 10 años, y la ganadería representará más del 80% de este aumento. Por lo tanto, será necesario que el sector agrícola adopte medidas políticas adicionales para contribuir eficazmente a la reducción global de las emisiones de GEI. Las emisiones totales de GEI del sistema alimentario fueron de aproximadamente 16 CO<sub>2</sub>eq año<sup>-1</sup> en 2018, o un tercio del total antropogénico mundial. Tres cuartas partes de estas emisiones, 13 Gt CO<sub>2</sub>eq año<sup>-1</sup>, se generaron dentro de la granja o en actividades previas y posteriores a la producción, como la fabricación, el transporte, el procesamiento y la eliminación de residuos. El resto se generó a través del cambio de uso de la tierra en los límites de conversión de ecosistemas naturales a tierras agrícolas (Tubiello et al., 2021).

Las cadenas de suministro de alimentos (que abarcan la producción, el comercio, la distribución, el consumo y la producción de residuos), están cada vez más asociadas con los impactos ambientales y socioeconómicos. Una población mundial cada vez mayor y cambios en los modelos de consumo plantean serios desafíos para la sustentabilidad general de la producción y el consumo de alimentos (Sala et al., 2017). En este sentido, varios autores mencionan que, con más de siete mil millones de personas en el mundo, la producción de alimentos conlleva un enorme costo ambiental (Tilman et al., 2001; Garnett, 2011). Es por ello que los sistemas alimentarios están contemplados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (UN, 2015); un compromiso global para erradicar la pobreza y el hambre al tiempo que se garantiza la reducción de los impactos ambientales y socioeconómicos. Entre ellos se destaca el objetivo 2: "Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible" y el objetivo 12 "Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles".

Tanto los países desarrollados como los países en desarrollo, incluidos todos los interesados en la cadena agroalimentaria, los consumidores, los responsables políticos, el mundo académico y la sociedad en su totalidad, deben colaborar para integrar un ambiente sano, con viabilidad económica, equidad social y económica y capacidad de adaptación al cambio climático (Gallardo, 2024).

Los sistemas productivos agrícolas han estado agotando los recursos de la Tierra y contribuyendo significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), a la pérdida de fertilidad del suelo y la biodiversidad, a la escasez de agua y a la liberación de grandes cantidades de nutrientes y otros contaminantes que afectan la calidad del ecosistema (McMichael et al., 2007). El sector agropecuario posee una alta demanda energética y como consecuencia emite 17 a 32% de las emisiones de GEI mundiales. Notarnicola et al. (2016) mencionan que, si no cambia la forma en que producimos y consumimos alimentos, y en vista de la necesidad de aumentar la producción de alimentos en más del 60% para 2050 (FAO et al., 2019), los impactos ambientales asociados con los sistemas de producción de alimentos se volverán aún más severos y superarán cada vez más los límites planetarios.

La agroecología, construye una agricultura sobre la base de la conservación de los recursos, de la agricultura tradicional, local y familiar, aunada a los conocimientos de la ecología (Migliorini y Wezel, 2017; Wezel et al., 2020). Los avances en las propuestas agroecológicas promueven rediseños de los sistemas alimentarios hacia formas más equitativas y viables para agricultores y consumidores. Abordar este nuevo paradigma requiere la articulación de los distintos actores a través de redes multidimensionales.

La agroecología busca reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles (petróleo, gas), reducir la contaminación del ambiente y mitigar los efectos del cambio climático. Se basa en principios que en conjunto apuntan a aumentar la autonomía y la resiliencia del agroecosistema: reciclar la biomasa, mejorar la actividad biótica del suelo a través de una mejor gestión de la materia orgánica, minimizar las pérdidas de nutrientes del agroecosistema, aumentar la eficiencia energética, aumentar las especies y dentro de las especies. diversidad y mejorar las interacciones y sinergias beneficiosas dentro de los agroecosistemas (Altieri, 2015).

La conversión de sistemas agrícolas especializados a sistemas agroecológicos sigue tres principios: diversificación (al incluir diferentes especies de cultivos, árboles y animales); integración (mediante el intercambio dinámico y el reciclaje de energía y nutrientes entre los componentes del sistema); y el logro de la autosuficiencia alimentaria. No se trata sólo de reemplazar insumos industriales con otros con bajo impacto ambiental, se trata de reducir la cantidad de insumos utilizados por producto obtenido (Altieri, 2015, Gliessman, 2017).

El cambio climático está impulsando la transformación de los agroecosistemas hacia sistemas multifuncionales. Esto implica que las formas de estudiar y valorar los agroecosistemas necesitarán tener otro modo de evaluación que incluya indicadores como por ejemplo huella de carbono y eficiencia energética entre otros (Dussi, 2019; Dussi y Simon, 2022).

Un agroecosistema es un ecosistema donde su estructura se ha modificado por lo general, simplificado, para que cumpla con la función de provisión de alimentos o fibra (Pimentel, 1984). Los sistemas agrícolas son sistemas abiertos y disipativos, es decir que consumen energía para desarrollarse y mantenerse, al establecer un flujo de energía con su entorno (Odum, 1984).

Daly (1991) y Goodland y Daly (1996) piensan que, aunque las consideraciones económicas y sociales son importantes, la sostenibilidad tiene esencialmente un resultado ambiental. Este concepto se refleja en la "sostenibilidad fuerte". En una sostenibilidad fuerte, se concede la máxima prioridad al mantenimiento de condiciones ambientales saludables (Neumayer 2004). La sostenibilidad ambiental se considera no negociable

porque la sostenibilidad de cualquier sistema económico humano está, en última instancia, limitada por la capacidad finita del ambiente para proporcionar recursos y actuar como sumidero de desechos (Adams 2006; Daly 1991; Douglass 1984; Goodland y Daly 1996). Además, el ambiente también proporciona un sistema básico de soporte vital en la Tierra que no puede ser reemplazado por el esfuerzo humano (Ekins et al. 2003).

El sistema del huerto frutal interactúa con el entorno natural en el que está alojado, a través de flujos de energía y materiales. Las decisiones de gestión son importantes para decidir la magnitud y el tipo de flujos de energía y materiales en el huerto, que pueden tener diversos grados de impacto en el ambiente (Ruth 1993). Los flujos de energía, especialmente los derivados de recursos no renovables tienen vínculos con los flujos de materiales y están asociados con impactos ambientales negativos, como la liberación de gases de efecto invernadero (Svensson et al. 2006). Los flujos de materiales también afectan a los flujos de energía, ya que el uso de insumos como fertilizantes o maquinarias o cualquier otro insumo de producción tiene energía incorporada. Por lo tanto, la magnitud de la energía utilizada por el sistema cambia a medida que se introduce nueva materia en el sistema, con los consiguientes impactos en el ambiente (Page, 2011).

La evaluación de la sostenibilidad se lleva a cabo mediante el análisis de los flujos clave de energía y materiales dentro del huerto y entre el sistema del huerto y el ambiente (Figura 2.1). El sistema del huerto frutal está formado por los árboles frutales, el sistema del suelo y la atmósfera. Los árboles frutales transforman los aportes de energía y materia en producción de energía de frutos. Cuando se utilizan insumos de energía, se producen flujos simultáneos de emisiones de CO<sub>2</sub> eq. a la atmósfera. Insumos como los fertilizantes afectan la calidad del suelo y la calidad del agua. Una parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. se compensa en la biomasa vegetal mediante la fotosíntesis. Una parte de la materia orgánica que entra en el suelo del huerto se queda allí, mientras que el resto se emite a la atmósfera en forma de emisiones de CO<sub>2</sub> eq. Todas estas interacciones deben considerarse al evaluar la sostenibilidad utilizando el análisis del ciclo de vida.

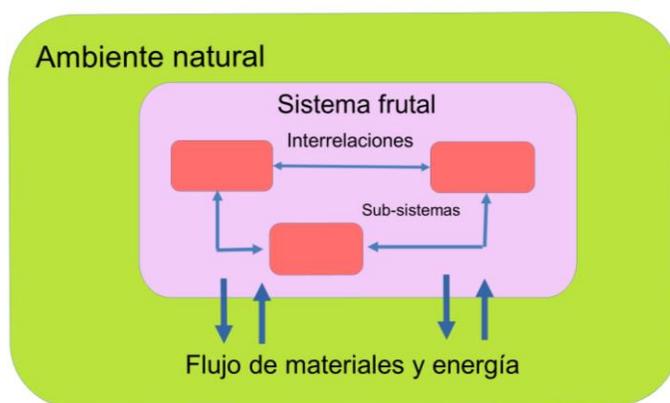


Fig.2.1. El Sistema del huerto frutal y el ambiente natural. Elaboración propia (mcdussi).

Como el ambiente tiene una capacidad limitada para proporcionar recursos y asimilar impactos, las prácticas de manejo del huerto frutal deben basarse en la reducción de los flujos de materiales y energía antropogénicos, especialmente los derivados de fuentes no renovables, para lograr la sostenibilidad (Neumayer 2004). Los sistemas económicos humanos dependen en gran medida de los recursos primarios, los seres humanos son parte de la naturaleza y, por lo tanto, interactúan con ella a través de flujos de energía y materiales (Raman

2006; Turner et al. 1994). Así, en el sistema del huerto frutal dos criterios son básicos: uso eficiente de la energía y no degradación del ambiente (Page 2009).

La relación egreso/ingreso de energía debe ser uno o más para que el sistema de producción del huerto frutal sea energéticamente eficiente (Fakhrul Islam et al. 2003; Reganold et al. 2001; Schlosser et al. 2003; Aydin et al., 2018).

La relación de carbono considera los impactos sobre la atmósfera en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Es la relación entre el carbono secuestrado y el carbono emitido, expresado en unidades de CO<sub>2</sub> eq. En el sistema de un huerto frutal, el carbono se secuestra en las ramas, corteza de los árboles mediante el proceso de fotosíntesis y también se almacena temporalmente en el compost (Kroodsma y Field 2006; Shepherd et al. 2003). Las emisiones de carbono ocurren durante la fabricación, distribución y uso de insumos de manejo (energía directa e incorporada), así como por la descomposición de podos, cubiertas de mantillo, hojas, raíces finas, compost y otros materiales orgánicos ya presentes en el suelo (Di y Cameron 2002; Grogan y Matthews 2002; Mournon et al. 2006). El óxido nitroso del suelo del huerto (expresado en CO<sub>2</sub> eq.) también aumenta las emisiones de carbono del sistema del huerto frutal. La proporción de carbono tiene que ser uno (el sistema es carbono neutral) o superior a uno (el sistema es un sumidero neto de carbono) para que el ambiente no se degrade y el sistema sea sostenible.

El análisis del flujo de energía en los sistemas agrícolas demanda el entendimiento de los principios de la termodinámica. El primer principio indica que La energía no se crea ni se destruye independientemente de las transferencias o transformaciones que se produzcan, La energía cambia de una forma a otra a medida que se mueve de un lugar a otro o se utiliza para realizar un trabajo, y puede ser contabilizada. El segundo principio de la termodinámica o principio del aumento de entropía establece que cuando la energía se transfiere o transforma, parte de la energía se convierte a una forma que no puede transmitirse más y no está disponible para realizar trabajo, esta forma degradada de energía es el calor, que es simplemente el movimiento desorganizado de moléculas. Entonces siempre hay una tendencia hacia un mayor desorden o entropía (Luffiego y Rabadán 2000; Gliessman, 2007). En los procesos globales, la energía de alta calidad (baja en entropía) se transforma en energía de baja calidad (elevada entropía); por ejemplo, la energía disponible para realizar trabajo en energía no disponible para lo mismo y energía dispersa. Los sistemas biológicos dependen de una entrada continua de energía que balancee la tendencia natural al desorden y permita reducir su entropía.

El sistema económico productivo actual, utiliza subsidios que aceleran el flujo energético y la circulación de materia en los agroecosistemas, lo que lleva a un aumento de la entropía reflejada en la contaminación y pérdida de diversidad biológica-cultural entre otros aspectos. El primer ingreso energético al agroecosistema proviene del sol, cualquier energía secundaria o auxiliar que lo complementa, provenga del exterior del sistema y permita que las plantas almacenen y transfieran más fotosintatos se denomina subsidio energético (Odum y Barret, 2006).

Según Gliessman (2007, 2015, 2018), los diferentes tipos de ingresos de energía en los agroecosistemas se pueden clasificar en la energía proveniente de la radiación solar, llamada energía ecológica y la energía cultural, proveniente de fuentes antropogénicas. A su vez, la energía cultural puede subdividirse en biológica e industrial. La energía biológica cultural, es cualquier insumo de energía que tiene una base biológica bajo el

control o manejo humano, esto incluye el trabajo humano, el trabajo animal manejado por humanos y los subproductos de los animales como el estiércol, compost, semilla producida localmente, etc. La energía biológica cultural es renovable y eficiente al facilitar la producción de biomasa cosechable. La energía industrial es aquella que deriva de fuentes no-biológicas como, por ejemplo, combustibles fósiles, los hidrocarburos, electricidad, fisión radioactiva y de fuentes geotérmicas e hidrológicas, entre otras. Estos aportes han adquirido importancia notable a partir de la mecanización de la agricultura (Gliessman, 2007).

La energía cultural industrial es de mayor calidad (o más concentrada) que la energía solar y la energía biológica cultural y, por lo tanto, tiene mayor capacidad de realizar trabajo (una Kcal. de energía en forma de combustible fósil tiene capacidad de realizar cerca de 2000 veces más trabajo que una Kcal. de radiación solar). Esta energía cultural industrial ha contribuido al aumento de la productividad de los sistemas agrícolas (Gliessman, 2007). La energía cultural industrial es usada directa o indirectamente en la agricultura. El uso directo ocurre cuando la energía cultural industrial es usada por ejemplo para accionar tractores, maquinarias, manejo del agua, riego, labores culturales y cosecha. Es el aporte de energía que es realizado dentro del propio establecimiento. El uso indirecto ocurre cuando la energía cultural industrial es usada fuera del establecimiento agrícola para producir maquinarias agrícolas, insumos químicos (fertilizantes minerales, insecticidas, herbicidas y otros bienes y servicios que luego se emplearán en las operaciones del establecimiento agrícola. Esta energía también se denomina “embodied energy”, “energía virtual”, “energía incrustada”, “energía oculta”, etc. En un establecimiento convencional típico alrededor de 1/3 de la energía que se utiliza es directa y 2/3 es indirecta (Gliessman, 2007).

La producción de fertilizantes, especialmente de Nitrógeno representa la gran mayoría de la energía indirecta en la agricultura, alrededor de 1/3 de toda la energía utilizada en la agricultura industrial es consumida en la producción de fertilizantes nitrogenados. La mayoría de la energía industrial cultural en la agricultura, tanto directa como indirecta, proviene de combustible fósil o depende del combustible fósil para su manufactura.

Cuando los procesos ecológicos son ignorados la degradación ambiental comienza a manifestarse en los agroecosistemas. El uso intenso de insumos es lo que permite que se ignoren o no se visualicen los procesos ecológicos, por ejemplo, la aplicación de fertilizantes inorgánicos, enmascaran el declive de la fertilidad del suelo, el uso de pesticidas contribuye a esconder la disminución de la biodiversidad en la agricultura. Al continuar con estas prácticas agrícolas, los problemas de naturaleza ecológica, económica y social aumentan. Es por ello que una de las estrategias utilizadas en la agricultura sustentable es reducir el uso de la energía industrial, proveniente de fuentes no renovables. Es decir, regular el flujo de energía para que el aumento inevitable de entropía sea compatible con el mantenimiento de las sociedades. En la aplicación de un subsidio se debe tener en cuenta la relación de costos entre una unidad de la forma de energía a aplicar (gas oíl, fertilizantes, insecticidas, mano de obra, etc.), una unidad de energía del producto a cosechar y el impacto del subsidio sobre el flujo o componente de interés (Gliessman, 2018).

Una baja eficiencia energética resulta en graves impactos ambientales debido a un mal aprovechamiento de los recursos del sistema que incrementan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y/o disminuyen la capacidad del sistema como sumidero (Pimentel et al., 1990). Dichos autores citan que desde el año 1700 hasta 1900 el incremento en el uso de la energía (principalmente fósil) aumentó 17 veces, mientras que, en el

mismo período, los rendimientos del maíz aumentaron sólo 3 veces. En China, Dazhong & Pimentel (1990) mencionan que desde 1950 la energía utilizada en la agricultura (con el advenimiento de los fertilizantes sintéticos, pesticidas y maquinaria) aumentó unas 100 veces para incrementar los rendimientos 3 veces. Esto implica que el requerimiento de energía es cada vez mayor para aumentar los rendimientos.

La necesidad de fomentar sistemas de manejo de cultivos que sean resilientes al cambio climático debe generar enfoques integrales que contemplen aspectos sociales, económicos y ambientales (Altieri y Nicholls, 2008). En este contexto, la evaluación energética de dichos sistemas podría generar información valiosa relacionada con el balance de energía empleada y extraída en el proceso de producción.

Todas las actividades humanas tienen un impacto sobre el ambiente y producen GEI durante su producción, transporte, almacenamiento, uso y disposición final. Los indicadores ambientales basados en el cálculo de huellas, como la huella de carbono, constituyen importantes herramientas que nos permiten evaluar el desempeño de una actividad productiva desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental.

La Huella de Carbono (HC) es el indicador que mide el impacto que un producto, servicio u organización tiene sobre el ambiente a partir de los GEI producidos, en el periodo de un año (ISO, 2006). Seis GEI principales se regulan en el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC) (IPCC, 2006, 2007 y 2019). La HC ha surgido como una medida de la cuantificación del efecto de estos GEI y se expresa en cantidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) emitidos a la atmósfera (ISO, 2006a y 2006b). En la actualidad se utiliza como un indicador capaz de sintetizar en forma más o menos fidedigna los impactos provocados por las actividades del hombre en el entorno (Wittneben y Kiyar, 2009) y podría utilizarse como un indicador Agroecológico.

Varios investigadores recalcan el uso de la HC como herramienta multipropósito ya que puede ser utilizada en la gestión de carbono para lograr reducción de GEI a partir de una reducción en el consumo energético y como estrategia de diferenciación de mercado donde los consumidores pueden inclinarse por la elección de alimentos producidos de manera respetuosa con el ambiente (Ewing et al., 2012; Zervas y Tsiplakou, 2012).

Al aplicar la HC a la producción de alimentos, se consideran todas las emisiones que generan las actividades involucradas en el ciclo de vida del producto (Papendieck, 2010). En este sentido, el marco para determinar la HC es proporcionado por el análisis de ciclo de vida (ACV).

McLaren et al., (2010) estudiaron la gestión del carbono en el sector agrícola primario de Nueva Zelanda en especies frutales como la manzana y el kiwi y observaron que la variabilidad entre diferentes chacras, variabilidad de rendimiento entre años, variabilidad de datos, almacenamiento de carbono en los suelos y asignación entre diferentes grados de calidad en la fruta son algunos de los aspectos que más incertidumbre acarrearán cuando se realizan estudios de análisis de ciclo de vida (ACV). Okan Arikan and Aksoy (2020) compararon las emisiones de carbono en la producción de higos orgánicos y convencionales e identificaron las principales prácticas que generan emisiones significativas y como resultado observaron que las emisiones en la gestión convencional fueron de 570 kg de CO<sub>2</sub>-eq por hectárea en comparación con 242 kg CO<sub>2</sub>-eq por hectárea en sistemas orgánicos. Venkat (2012) basado en estándares, modeló y evaluó el ciclo de vida de 12 productos agrícolas cultivados (incluida las manzanas) para comparar las emisiones de gases de efecto

invernadero. Dicho autor demostró que convertir tierras de cultivo adicionales a producción orgánica en las próximas décadas puede ofrecer oportunidades significativas de reducción de GEI mediante el aumento de las reservas de carbono orgánico del suelo durante la transición. Si esos niveles más altos de reservas de carbono pueden mantenerse en el suelo a largo plazo, entonces la conversión a la producción orgánica puede llegar a ser una herramienta importante en la mitigación del cambio climático. Los resultados también sugieren la posibilidad de que algunos sistemas agrícolas no orgánicos puedan ser capaces de mejorar su desempeño ambiental mediante la adopción de prácticas para aumentar las reservas de carbono del suelo sin cambiar por completo a métodos orgánicos. Macrae et al. (2010) concluyó que los sistemas orgánicos consistentemente demostraron una mayor eficiencia energética por unidad de superficie y unidad de producción en comparación con los sistemas convencionales. Estos resultados positivos son generalmente atribuibles a la ausencia de fertilizantes sintéticos, particularmente nitrógeno, y pesticidas sintéticos. Sin embargo, en algunos productos analizados las comparaciones son algo menos positivas a favor de lo orgánico cuando contrastan la eficiencia energética respecto a la cantidad de producto obtenido, en gran parte debido a las diferencias en el rendimiento entre algunos sistemas orgánicos y convencionales en Europa. Tales resultados sugieren que la eficiencia de los sistemas orgánicos puede mejorar optimizando la relación rendimientos/insumos.

La industria hortofrutícola consume una cantidad importante de energía para la operación de maquinaria agrícola, riego, uso de productos químicos, transporte y almacenamiento en frío. Este consumo de energía contribuye a las emisiones de GEI (Gunady et al., 2012). El uso de subsidios energéticos acelera el flujo de energía y la circulación de materia en los agroecosistemas lo que conduce a un aumento de la entropía reflejada en contaminación y pérdida de diversidad biológico-cultural, entre otros aspectos. En este sentido, Cellura et al. (2012) afirman que el sector agroalimentario es uno de los que más contribuyen a la degradación ambiental debido a que la mala gestión energética en los establecimientos agrícolas resulta en el agotamiento de los recursos, la degradación de la tierra, el aumento de las emisiones de GEI y/o la disminución de capacidad del sistema como sumidero y generación de residuos (Carmona et al., 2005; Meul et al., 2007).

De acuerdo con los resultados de Gokdogan et al. (2017), la producción de manzanas es una producción rentable en términos de eficiencia en el uso de energía. La proporción de energía no renovable es mayor que la proporción de energía renovable y la proporción de energía indirecta es mayor que la proporción de energía directa. Los fertilizantes orgánicos producidos dentro de las chacras se pueden utilizar en la producción de manzanas en lugar de fertilizantes químicos, que constituyen una parte importante de los insumos. Para aumentar el valor de la eficiencia energética, es necesario aumentar la productividad o reducir los insumos. En particular necesitan reducirse los combustibles, fertilizantes químicos, pesticidas agrícolas, insumos para las maquinarias y tractores, que ocupan una gran parte del insumo total de energía (Ekinci et al., 2005). Celen et al. (2017) realizó un balance de energía en la producción de manzanas en Turquía y determinó que, entre los insumos energéticos generales en el cultivo, los elementos que consumen mayor energía fueron los fertilizantes, energía de fueloil, productos químicos, maquinaria, trabajo humano y energía de riego.

Se necesita un manejo preciso de la fertilización, cantidad adecuada y frecuencia de fertilización (especialmente nitrógeno) y la selección adecuada del tractor y el manejo de la maquinaria para reducir el uso directo de combustible diésel y así ahorrar fuentes de energía no renovables sin perjudicar el rendimiento o

rentabilidad, con el fin de mejorar la eficiencia del uso de energía (Demircan et al., 2006; Gokdogan et al., 2017). Reducir el consumo de combustible diésel y el uso de fertilizantes, principalmente nitrógeno, son importantes para la gestión energética. Es posible reducir el consumo de combustible mejorando la labranza y el rendimiento del arado. También la gestión del marketing o ventas directas y locales mejora la rentabilidad para los productores, al tiempo que se reduce la cantidad de energía utilizada para transportar los productos (Mohammadi y Omid 2010).

El desafío que en la actualidad enfrenta el sector frutícola es la necesidad de cuantificar las emisiones de GEI en todo el ciclo de vida del producto, es decir, abarcando las fases de producción, procesamiento, transporte y comercialización. La región del Comahue de la Patagonia Argentina no puede quedar aislada ya que la fruta se exporta a países de distantes partes del mundo; pero también hay una creciente conciencia local por el cuidado del ambiente que está interesada en conocer cuáles son los impactos de la actividad.

Existe una relación directa entre el uso de energía y las emisiones de GEI, ya que una reducción en el consumo de energía implica una reducción de GEI en la actividad agrícola (Nabavi-Pelesarai et al., 2014). Así, incrementar la eficiencia energética en la agricultura no solo ayuda a mejorar la competitividad a través de la reducción de costos, sino también a reducir las emisiones de GEI y los impactos ambientales que éstas implican (Alluvione et al., 2011). Las prácticas agrícolas basadas en principios agroecológicos facilitan el restablecimiento de interacciones, el reciclaje de materiales, la conservación de recursos promueve y mejora la biodiversidad, los ciclos biogeoquímicos, la actividad biológica del suelo (Coto y Moreno, 2007) y al utilizar menos insumos energéticos de origen no renovable contribuyen al ahorro de energía.

Smith et al., (2008) afirmaron que utilizar el método de análisis de entradas y salidas de energía era una herramienta fundamental para entender el origen de las emisiones de GEI y por ende los patrones de cambio en la huella de carbono (HC) y las posibles soluciones de mitigación.

Los GEI se pueden reducir a través de dos procesos: reduciendo las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> o mejorando el secuestro de carbono en la biosfera por parte de los agroecosistemas. En este sentido, los sistemas agroforestales son una estrategia importante para la mitigación del calentamiento global: a través de la conservación, secuestro y almacenamiento de carbono (Ibrahim et al., 2013) lo mismo se aplicaría para árboles frutales. Los huertos de manzanos y perales tienen un potencial de secuestro de carbono debido a: (i) el área foliar alcanzada desde la primavera, cuando ocurre la brotación, hasta el otoño, cuando ocurre la senescencia; (ii) un aumento en la tasa de asimilación de carbono cuando los árboles están en el período de fructificación (Reyes et al., 2006); (iii) una estructura relativamente restringida debido a los portainjertos enanizantes ampliamente utilizados, lo que limita la respiración autótrofa (Zanotelli et al., 2015); y (iv) presencia de vegetación en los interfilares (Merwin, 2003), lo que permite incrementar el carbono orgánico del suelo (García et al., 2013). Vergara-Sánchez et al., (2004) destacaron que los árboles de un huerto frutal trabajan en un proceso dinámico, generando un balance de masa que incluye una entrada, un movimiento (crecimiento) y una salida (mortalidad y cosecha).

Wu et al., (2012) analizaron la capacidad de secuestro de carbono de los huertos de manzanos en China entre 1990 y 2010; en ese período, la captura neta de carbono fue equivalente al 4% del sumidero neto total de carbono de los ecosistemas terrestres de China. La acumulación de carbono depende de la edad del cultivo

(Albrecht y Kandji, 2003), su estructura y función (Albrecht y Kandji, 2003), el manejo (Albrecht y Kandji, 2003; Scott et al., 2010) y las condiciones edáficas (Guenet et al., 2021).

Argentina se caracteriza por tener una estructura productiva heterogénea y diversa, destacándose la inserción de los sectores exportadores en las cadenas de valor regionales y globales, particularmente en el sector agroalimentario. Sin embargo, se presenta como un país altamente vulnerable que necesita adaptarse, dado que cuenta con una gran diversidad de zonas vulnerables a los efectos del cambio climático (SGAyDS, 2019). En el norte de la Patagonia coexisten diferentes modelos de producción y existe una necesidad de aplicar estrategias agroecológicas ante el cambio climático y la crisis del sector agropecuario regional, a partir de conocer los impactos derivados de la fruticultura y sus puntos más críticos. Los sistemas de producción se pueden clasificar en dos grandes grupos, convencionales y orgánicos. Ambos sistemas presentan, por ejemplo, un manejo diferencial del suelo entre otros aspectos. En el sistema convencional se utilizan herbicidas para controlar las malezas y como herramientas de labranza la rastra de discos y el cincel, lo que genera dos inconvenientes, el desnivel y la compactación o formación de capas densificadas por debajo de la profundidad de trabajo por el peso de la maquinaria, y la pérdida por oxidación de materia orgánica (Sánchez, 1999; Holzmann, 2010). En cambio, en el manejo orgánico no se aplican herbicidas, sólo se cortan las herbáceas de los interfilares y se dejan en el lugar como aporte de materia orgánica y solo se utiliza la labranza vertical con uso de cincel para descompactar, ya que se prioriza la existencia de cobertura permanente. Una distinción importante que surge de estas formas de labrar el suelo es la ausencia de raíces en los primeros 10 cm en el manejo convencional, a diferencia del manejo de conservación en el que se encuentra una mayor distribución de raíces en la capa superficial del suelo y verdeos en el interfilar (Aruani y Sánchez, 2002).

La producción orgánica ha ido aumentando con ciertas fluctuaciones, y según datos de SENASA (2017), Río Negro es la provincia argentina que presenta el mayor porcentaje de unidades productivas bajo seguimiento orgánico (18,5%). En 2021 de las 10.895 ha cosechadas de frutales orgánicos, los cultivos más importantes fueron la pera (24%) y la manzana (20%), en las provincias de Río Negro y Neuquén, y el limón (18%) y el arándano (12%) en Tucumán.

Según la ley argentina de producción orgánica los productos orgánicos, “ecológicos” o “biológicos” se obtienen de un sistema agrícola cuyo objetivo es producir alimentos sanos y abundantes, cuidando el ambiente y preservando los recursos naturales. La demanda de productos orgánicos por parte de los consumidores está aumentando en el mundo, cada vez más agricultores cultivan orgánicamente, más tierras tienen certificación orgánica y 186 países informan sobre actividades de agricultura orgánica. A nivel mundial, el 1,5% de las tierras agrícolas son orgánicas.

Un indicador de la importancia económica a nivel nacional de la producción orgánica lo constituyen las exportaciones. Sobre un total estimado de 113 millones de dólares en el año 2020, las frutas ocupan el lugar más destacado entre las distintas cadenas productivas, con más de 4.000 Tn comercializadas por un valor de u\$s 65.000.000 (Talamoni, 2020).

Por su parte, la exportación de peras y manzanas orgánicas constituye un punto especial de interés, dado que en la región existen aproximadamente 8.000 ha certificadas que representan el 17 % de la totalidad de las hectáreas cultivadas con pepita (que producen y exportan 45 a 50.000 toneladas de un total de 106.379 Tn de

distintos productos). Ambas especies suman cerca del 50 % de los productos orgánicos exportables del país, siendo Argentina uno de los principales proveedores de estas frutas de contraestación. De las manzanas que se exportan a Estados Unidos y Canadá la mayor parte corresponde a orgánicas (80-90 %) y en el caso de Europa alcanza a más de la mitad (SENASA, 2020).

Según FiBL, los pequeños productores orgánicos del mundo se encuentran en países de ingresos bajos y medios, para quienes la certificación orgánica individual sería inasequible y administrativamente demasiado compleja para gestionar (Willer et al., 2020).

La producción de fruta orgánica representa una mejora en la fruticultura ya que permite que los trabajadores rurales se desempeñen en un ambiente saludable y que los consumidores estén seguros del producto que compran. También se observa que la agricultura orgánica certificada que mantiene monocultivos depende de insumos biológicos externos, y no se basa en principios agroecológicos. La "sustitución de insumos" sigue esencialmente el mismo paradigma que la agricultura convencional, es decir, superar el factor limitante, pero esta vez con insumos biológicos u orgánicos. Muchos de estos "insumos alternativos" se han mercantilizado, por lo que los agricultores siguen dependiendo de proveedores, cooperativas o empresas (Altieri & Toledo, 2010).

Además de la agricultura orgánica certificada, familias agricultoras de la NorPatagonia han encontrado en la agroecología y en la agricultura biodinámica (AB) otras opciones al modelo agrícola actual. La AB fue presentada como una forma alternativa de agricultura por Rudolf Steiner en 1924 (Steiner, 2009) y se basa en un sistema de producción cerrado que pretende reproducir un modelo agroecológico centrado en la reducción del consumo energético y capaz de alcanzar altos niveles de eficiencia ambiental. El método ha sido institucionalizado por la certificación internacional Demeter (Santoni et al., 2022). La AB considera el conjunto de elementos constitutivos de la finca (incluyendo sus interacciones): suelo, animales domésticos y silvestres, plantas cultivadas y silvestres, y entiende al ser humano como gestor de los procesos vivos (Dussi et al., 2020; Santoni et al., 2022).

En la región del Alto Valle, existen productores orgánicos certificados y biodinámicos que se consideran agroecológicos ya que aplican los principios de la agroecología. En general estos agricultores comienzan la transición de sus unidades productivas (chacras) sustituyendo insumos convencionales por orgánicos y en muchos casos certificando sus establecimientos para luego en ese proceso aplicar los principios de la agroecología y auto denominarse productores agroecológicos. Esto es un proceso muy positivo a nivel regional ya que ha nucleado a productores, consumidores e instituciones formando el nodo agroecológico Patagónico Comahue.

Hay casos de lo que se conoce como "productores orgánicos convencionales", donde los sistemas de producción priorizan los insumos orgánicos, no teniendo en cuenta otros principios de la agroecología y la dimensión social, siguiendo esencialmente un enfoque agrícola convencional. Estos casos representan sólo una minoría entre los agricultores orgánicos de la región y en muchos casos la agricultura orgánica y las cadenas de valor han sido impulsores importantes de una transición agroecológica.

En general, en la región del Comahue se observan productores frutícolas convencionales que han transformado sus chacras en unidades productivas orgánicas y luego en agroecológicas y también

“neoagricultores” que han tenido contacto con la tierra por sus ancestros y que han vuelto a dedicarse a la agricultura eligiendo a la agroecología como camino productivo y familiar.

La demanda de los consumidores de alimentos saludables y las regulaciones gubernamentales, como las directivas agroambientales, así como las certificaciones de agricultura orgánica, que funcionan como una forma de regulación, pueden servir como catalizadores para iniciar la transición hacia la agroecología. Sin embargo, es importante reconocer que es poco probable que estos factores por sí solos logren un rediseño integral de los agroecosistemas actuales. En el mejor de los casos, pueden dar lugar a una situación de sustitución de insumos, que se refiere al proceso de sustituir los insumos agroquímicos comúnmente utilizados en la agricultura convencional por Insumos orgánicos o minerales permitidos en la agricultura ecológica. Cabe resaltar que la sustitución de insumos puede ocurrir sin alterar necesariamente la configuración general y funcionamiento de todo el sistema agrícola, particularmente en el caso de explotaciones de agricultura orgánica a gran escala.

La optimización de tecnologías que permitan a los agricultores producir más con menos recursos es un paso esencial, pero por sí solo no es suficiente para lograr una transición completa o un rediseño del sistema agrícola actual hacia enfoques agroecológicos.

Las etapas iniciales de la transición, caracterizadas por ganancias de ecoeficiencia y sustitución de insumos, corresponden a la primera y segunda etapas de la tipología de transición de Gliessman (2016). Sin embargo, los agricultores que dependen de la sustitución de insumos pueden considerarse una población vulnerable, particularmente si el agroecosistema no ha experimentado transformaciones significativas para brindar servicios de regulación sólidos, como el control natural de plagas y enfermedades. Para lograr una mayor transformación de los agroecosistemas mediante el rediseño, se necesitan impulsores adicionales para impulsar las innovaciones técnicas e institucionales. Estos impulsores incluyen diversas formas de organización social, como asociaciones de consumidores y/o agricultores, grupos de interés y movimientos sociopolíticos. Además, el apoyo gubernamental a través de programas de desarrollo territorial juega un papel crucial para facilitar los cambios deseados (Gliessman, 2022).

El desarrollo de sistemas productivos en la fruticultura regional que, siendo rentables, conserven los recursos naturales y protejan el ambiente es una necesidad del sector productivo y de la sociedad, íntimamente asociada al objetivo de un desarrollo sustentable y equitativo. Por tal motivo, es necesario garantizar la sostenibilidad del sistema, esto implica, la preservación integral de los recursos naturales dentro de los cuales los componentes suelo, aire y agua son de vital importancia. En este contexto, la evaluación del flujo energético de los agroecosistemas frutícolas podría generar valiosa información relacionada con el balance energético utilizado y extraído en el proceso productivo. El uso eficiente de la energía en la agricultura es una de las condiciones para una producción agrícola sustentable.

La eficiencia energética es un indicador robusto en el análisis del uso de energía en agroecosistemas (Sellepiane y Sarandon, 2008; Díaz-Ambrona y Gregorio, 2013) y es medida relacionando los flujos de entrada y salida de energía (Ferraro, 2011; Tieri et al., 2014). Se expresa como la relación entre la cantidad de energía aportada al sistema por unidad de producto (MJ/kg) y la cantidad de energía obtenida por el sistema por unidad de producto (MJ/ kg). El valor de la eficiencia energética representa el coste energético de productos agrícolas

(Corre et al., 2003) y está relacionado con la intensidad con que los recursos se utilizan y qué tipo de producción se lleva a cabo (Redondo y Pérez, 2006). Otros indicadores son: energía específica (MJ/Kg) = energía ingresada (MJ/ha) / rendimientos (Kg/ha) y la energía neta (MJ/ha) = energía extraída (MJ/ha) – energía ingresada (MJ/ha) (Mohammadi et al., 2008; Mohammadi et al., 2010; Celen et al., 2017; Page 2009 y 2011; Gokdogan y Baran, 2017; Koctürk y Engindeniz, 2009; Baran et al., 2016 y 2017; Aydin et al., 2018).

De esta manera, la eficiencia energética actúa como una herramienta de diagnóstico con el fin de identificar potenciales ahorros energéticos y consecuentemente mejorar el proceso productivo en busca de un menor impacto ambiental (Demircan et al., 2006). En este contexto, la evaluación energética de los agroecosistemas frutícolas podría generar valiosa información relacionada con el balance energético utilizado y extraído en el proceso productivo.

Kehagias et al., (2015) señalaron que analizar los flujos de energía en los huertos de manzanos podría ayudar a determinar las mejores estrategias de gestión de GEI. Los autores citaron que la gestión convencional tiene mayores aportes de energía en comparación con la gestión orgánica y que los mayores contribuyentes a las emisiones de GEI provienen de los combustibles fósiles (46,4 %) y los fertilizantes nitrogenados (20,9 %).

La eficiencia energética ha sido analizada en varios sistemas de producción de frutas como damascos (Gezer et al., 2003; Esengun et al., 2007), kiwis (Mohammadi et al., 2010; Page, 2011), cítricos (Ozkan et al., 2004), perales (Liu et al., 2010a y b), viñedos (Abbona et al., 2007), uvas (Koctürk y Engindeniz, 2009), nueces (Baran et al., 2016), manzanas (Reganold et al., 2001; Strapatsa et al., 2006; Page, 2009 y 2011; Gokdogan y Baran, 2017; Celen et al., 2017); ciruelos (Baran et al., 2017) entre otros, donde demostró ser una herramienta clave para la identificación de labores culturales con alta dependencia energética y, por tanto, con mayores emisiones de gases de efecto invernadero.

## **Objetivos:**

1. Analizar el flujo energético y determinar cómo inciden las diferentes fuentes de energía en dos sistemas frutícolas de producción orgánica y dos convencionales teniendo en cuenta los ingresos y egresos de energía y sus indicadores de eficiencias.

2. Determinar las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero generados por cada práctica agrícola para cada sistema analizado.

## Materiales y métodos

Para el presente estudio se analizaron los siguientes agroecosistemas frutícolas situados en el Alto Valle del Río Negro, Norpatagonia, Argentina:

- Producción de manzanas cv. Red Delicious con manejo orgánico certificado y manejo biodinámico certificado, unidad productiva denominada “La Antigua” ubicada en la localidad de Enrique Godoy.
- Producción de manzanas cv. Red Delicious con manejo convencional, unidad productiva denominada “Pecini”, ubicada en la localidad de Cervantes.
- Producción de peras cv. Williams con manejo orgánico certificado, unidad productiva denominada “Chacra 168” ubicada en la localidad de General Roca.
- Producción de peras cv. Williams con manejo convencional, unidad productiva denominada “Pasaron”, ubicada en la localidad de Cervantes.

La información se recopiló entrevistando al productor, encargado de la chacra, operarios e ingeniero a cargo de la producción de cada establecimiento sobre las prácticas clave de manejo de huertos frutales (uso de maquinarias, equipos, fertilizantes, compost, tipo de riego, tareas culturales, requerimiento de mano de obra, manejo de plagas, etc.). Esto representa el flujo de ingreso al establecimiento. Se realizaron varias visitas a las chacras durante la estación productiva y durante tareas invernales como la poda o primaverales como el raleo de frutos (Dussi et al., 2006). Se revisaron todos los cuadernos de campo, documentación y registros que se encontraban en las oficinas de los establecimientos agrícolas. Estas visitas se completaron con entrevistas personales, llamadas telefónicas y encuentros virtuales. El flujo de egreso está constituido por la energía contenida en el producto cosechado con calidad comercial. Se recolectó toda la información productiva de cada establecimiento afectada a la obtención de un kilo de manzanas o de un kilo de peras.

Se utilizó la metodología desarrollada por Fluck y Baird (1980), la cual implica un balance energético agrario para valorar las entradas y salidas energéticas expresadas en MJ/ha y MJ/kg, permitiendo calcular la cantidad total de energía necesaria para obtener el producto. Este tipo de análisis cuantificando los ingresos representados en insumos y las salidas representadas en productos ha sido aplicado por autores como Fernández (1981), Demircan et al., (2006), Tabatabaeefar et al. (2009), Khan et al. (2009), Mohammadi et al. (2010); Liu et al. (2010a); Pishgar-Komleh et al. (2012); Page (2009 y 2011); Gokdogan y Baran (2017); Celen et al. (2017); Baran et al. (2017) para calcular la eficiencia energética en diferentes predios agrícolas. Los indicadores energéticos calculados fueron la eficiencia energética, energía específica y la energía neta a partir de la energía total ingresada y extraída del agroecosistema por unidad (MJ/ha, MJ/kg) y rendimiento (kg/ha), utilizando las siguientes ecuaciones (Celen et al., 2017; Gokdogan y Baran, 2017; Page, 2011):

$$\text{Eficiencia energética} = \text{Energía extraída (MJ/kg)} / \text{Energía ingresada (MJ/kg)}$$

$$\text{Energía específica (MJ/Kg)} = \text{Energía ingresada (MJ/ha)} / \text{Rendimiento (Kg/ha)}$$

$$\text{Energía neta (MJ/ha)} = \text{Energía extraída (MJ/ha)} - \text{Energía ingresada (MJ/ha)}$$

Las entradas se discriminaron según su origen y tiempo de formación en función de I Culla (1982), en energías renovables y no renovables; además el análisis discriminó entre energía biológica cultural y cultural industrial según lo establecido por Gliessman (2002) asociando a la primera las energías renovables y a las segundas las no renovables; este criterio fue compartido por Uhlin (1998) y Risoud (1999). La energía biológica cultural

consideró los aportes energéticos provenientes de la mano de obra utilizada en el establecimiento para las distintas labores culturales y del estiércol agregado en la elaboración del compost durante el período establecido. Por su parte la energía industrial se separó entre directa e indirecta, donde la primera se calculó a través del consumo de combustibles y energía eléctrica; y la segunda a partir de los requerimientos energéticos de fabricación del equipo de aplicación (Ozkan et al., 2004).

En el análisis de gestión energética no se incluyó la energía aportada por el sol ya que se considera como una subvención libre en el análisis energético de los sistemas agrícolas (Slesser, 1973), ni la infraestructura agrícola del huerto frutal y su mantenimiento, y se extendió hasta el momento en que el producto cosechado transpuso los límites físicos del establecimiento, excluyendo del análisis los procedimientos de empaque, almacenaje y transporte hasta los consumidores.

Para el consumo energético del combustible tipo gas oíl se utilizó el valor de 42,9 MJ/litro y para el consumo energético de la bomba neumática eléctrica se utilizó el valor de 3,6 MJ/KWh (Frank et al., 2014). El suministro de energía eléctrica en la región proviene de fuentes hidráulicas.

El cálculo del aporte energético del trabajo humano depende de la duración e intensidad de las labores que realice el operario. Se ha estimado según Campos y Naredo (1980) que la mano de obra con alta duración e intensidad denominada “fuerte” equivale a 96,28 kcal/hora y la “débil” 64,28 Kcal/hora. Lo que expresado en MJ es 3,22 MJ/Jornal y 2,50 MJ/Jornal respectivamente. La jornada laboral representa 8 horas de trabajo diario

Para establecer la energía indirecta se utilizó la ecuación (Bridges y Smith, 1979; Doering, 1980 y Fluck, 1992): Energía indirecta = Peso del equipo \* Energía por unidad de masa / vida útil del equipo. Donde la energía indirecta se mide en MJ/hectárea; peso del equipo en Kg; energía por unidad de masa en MJ/Kg y vida útil del equipo en horas. Al costo en MJ/hora se suma la energía contenida en los materiales de construcción incluyendo manufactura y transporte, combustible, lubricantes/filtros, reparaciones/mantenimiento. Se tomaron datos de la fabricación del tractor y de la pulverizadora de cada establecimiento ya que son las maquinarias más representativas y de mayor uso en las chacras de la región (Figura 2.2).



Figura 2.2. Equipo integrado por tractor y pulverizadora típico de las chacras frutícolas de la NorPatagonia.

Foto: *mcdussi*

Los valores para el peso del equipo (kg) se obtuvieron de los manuales de la maquinaria; para la energía por unidad de masa (MJ/Kg) se consultó a Fluck (1992); y para la vida útil de los equipos (horas), se consultó a Solari y Quintana (1979). Una vez calculado el valor de la energía indirecta del tractor y la pulverizadora expresado en cantidad de MJ consumidos por hora, se multiplicó por las horas de uso en la hectárea analizada

y se obtuvo el valor de la energía indirecta. A estos valores se le sumaron los costos energéticos indirectos derivados de la producción de los distintos principios activos utilizados en la unidad productiva (fertilizantes, productos fitosanitarios y herbicidas) tomando como base los costos por unidad publicados por Hernánz et al. (1995) y Pimentel et al. (1990) y multiplicándolos por la unidad utilizada en cada unidad productiva. En los establecimientos productivos con manejo orgánico no se utilizan herbicidas, en estos casos sólo se calcularon el peso del equipo y los productos fitosanitarios utilizados como aceites y polisulfuro, no se consideró a *Cydia Pomonella Granulovirus* (CpGV) en el cálculo de la energía indirecta por su bajo impacto ambiental y especificidad. El virus de la granulosis no es tóxico para las abejas, aves y peces, tiene un impacto ambiental generalmente bajo, ya que es específico para la plaga y no afecta a otros organismos no objetivo ni contamina el suelo o el agua. Es rápidamente inactivado por la exposición a los rayos U.V. de la luz solar, y los residuos generados durante su producción suelen ser biodegradables o se pueden manejar de manera más sostenible que los residuos químicos generados por la producción de insecticidas.

La energía contenida en el producto conforma la energía extraída del sistema y para calcularla se tomó como referencia la tabla de contenidos calóricos publicada por la Universidad Nacional de Luján (2010) donde expresan que por cada 100 gramos de manzana cruda se obtienen 64 kcal, o sea que por kilo de manzana producido se extraen 2,68 MJ. El análisis energético fue expresado en MJ/ha y MJ/kilo de manzana de calidad superior para consumo en fresco, 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. En el caso de la pera los valores indican que, por cada 100 gramos de pera cruda, se obtienen 70 kcal, de modo que por kilo de pera producido se extraen 2,93 MJ/kilo. El análisis energético se expresó en MJ/ha y MJ/kilo de pera de calidad superior para consumo en fresco.

En base al análisis energético realizado, se procedió a determinar el origen de las emisiones de GEI y calcular las Huellas de Carbono (HC), en coincidencia con lo señalado por Smith *et al.*, (2008) y Weber y Matthews (2008), expresando las emisiones de GEI en kg. CO<sub>2</sub> eq por unidad de energía (MJ), de igual manera que lo plantean Tzilivakis *et al.*, (2005); Page (2009) y Page et al. (2011). La metodología empleada para el cálculo de la HC fue la PAS 2050:2011, por ser considerada la más apropiada para el caso de productos (Armijo, 2012; Fantozzi y Bartocci, 2016).

Se utilizó el alcance B2B considerando las emisiones directas provenientes del combustible y la electricidad empleadas durante la etapa de producción. Para efectuar el cálculo de las HC expresado en Kg CO<sub>2</sub> eq/ kg de fruta se recurrió al total neto (Kg) de producto cosechado a partir de la hectárea observada en cada unidad productiva. La unidad funcional fue 1 kilogramo de manzanas o de peras, de acuerdo al caso, 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. La confección del ciclo de vida (Figura 2.3) responde al objetivo del análisis: conocer las fuentes de emisión de GEI en la fase productiva de manzanas (con manejo convencional y orgánico) y peras (con manejo convencional y orgánico) en función del relevamiento de las labores culturales detalladas de acuerdo a las operaciones "clave" que se realizan en un huerto de manzanos o perales en cada mes del año calendario (Figura 2.4).

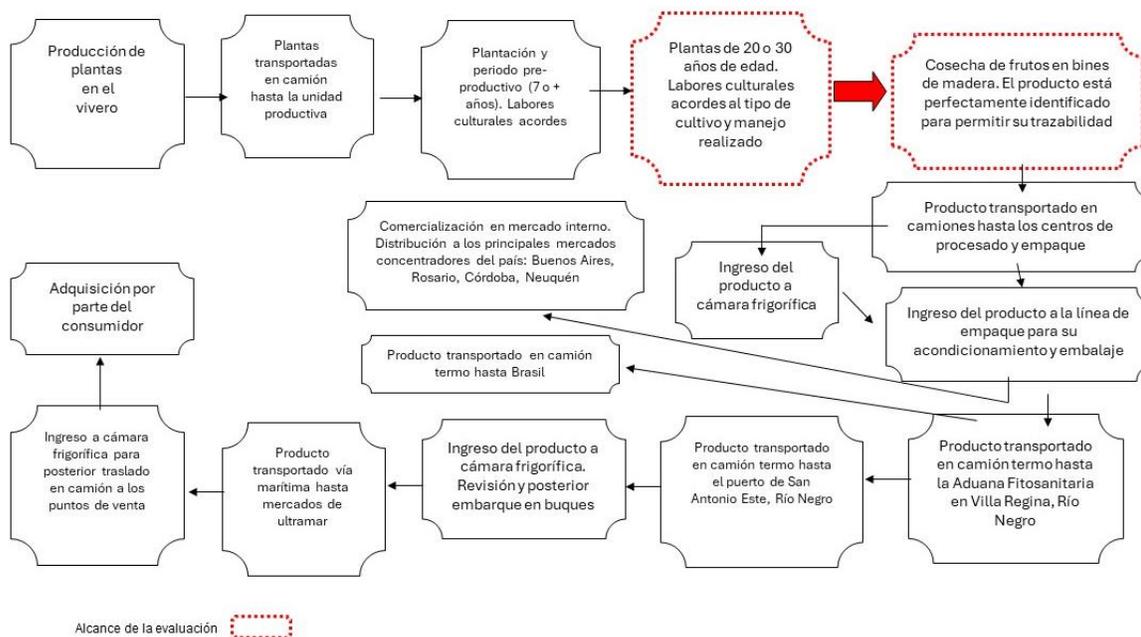


Figura 2.3: Ciclo de Vida esquemático de la producción y comercialización de manzanas Red Delicious y peras Williams en la Norpatagonia. Elaboración propia, *mcdussi*.

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. Tampoco se incluyeron los gases invernadero producidos a partir de los cambios de uso del suelo, dado que no se realizaron cambios de cultivos, ni movimientos por labranzas; ni los derivados de los fertilizantes químicos.

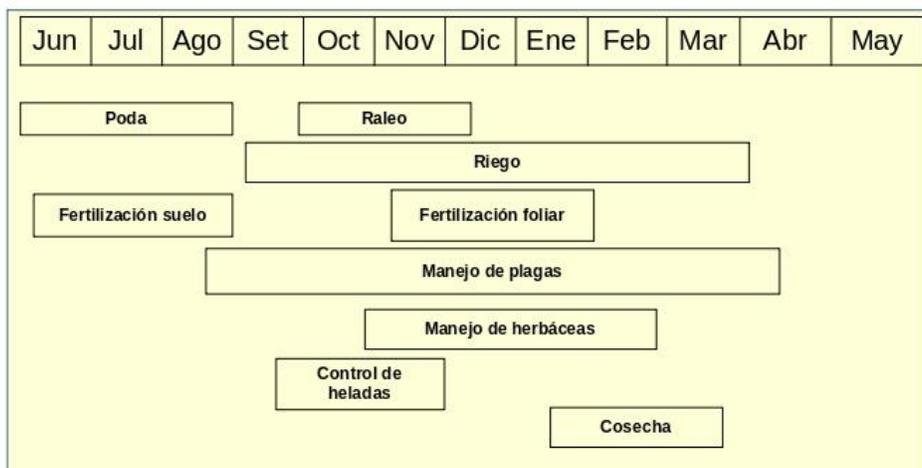


Figura 2.4. Esquema de las operaciones “clave” que se realizan en un huerto de manzanos Red Delicious o perales Williams en la Norpatagonia. Elaboración propia, *mcdussi*.

Los productos como abonos y caldos de origen vegetal que se utilizaron en una de las unidades productivas fueron elaborados por personal dentro del predio y no se incluyen en la contabilidad de emisiones de GEI por considerarlas despreciables (I Mila Canals *et al.*, 2006). Estos autores indicaron que la producción y uso de

activadores biológicos, como los caldos biodinámicos<sup>1</sup> debido a su naturaleza y cantidad utilizada no deben ser considerados en la cuantificación. Las labores culturales fueron clasificadas en función de la época del año realizadas, a fin de identificar la etapa de producción de manzanas más influyente en términos de emisiones de GEI. La clasificación de las labores culturales incluyó tres momentos del año: labores otoño-invernales, primaverales y estivales. En cada una de ellas se analizó la participación de las emisiones de GEI. En el caso del manejo de plagas es una labor que implicó intervenciones en más de una época del año. Las emisiones directas consideradas fueron:

i) GEI provenientes del combustible fósil tipo gas oíl: utilizado en la mayoría de las tareas culturales (movimiento del tractor) incluido el motor de las bombas para el funcionamiento del riego o control de heladas en algunas unidades productivas. La oxidación completa de los combustibles de este tipo genera CO<sub>2</sub> como principal GEI, y en menor medida gases como N<sub>2</sub>O y CO.

ii) GEI provenientes del uso de energía eléctrica: la energía eléctrica fue empleada en dos de las unidades productivas analizadas para realizar el riego durante la elaboración del compost y en otro caso para regar el monte frutal utilizando microaspersores.

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. Para el combustible tipo gas oíl se utilizó el valor de emisión unitaria 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).

Se describe a continuación las especificidades de cada unidad productiva analizada:

### **Unidad productiva “La Antigua”**

Para el presente estudio se analizó el agroecosistema frutícola “La Antigua” de 20 ha localizado en Enrique Godoy, Río Negro, Patagonia Argentina con manejo orgánico certificado realizado por la empresa certificadora EcoCert y certificación de producción biodinámica realizado por la empresa certificadora Demeter. El análisis energético se realizó para la producción obtenida de una hectárea de manzana Red Delicious cv. Top Red (30 años de edad) sobre pie franco, con un marco de plantación de 3 metros entre filas y 4 metros entre plantas, orientación de las filas E-O, un largo de filas de 70 metros, sobre suelo franco y con verdeos en el interfilas. “Top Red” es un clon semi vigoroso de Red Delicious.

El establecimiento cuenta con un equipo de aplicación integrado por un tractor Massey Ferguson 1475 S modelo 1997 de 85 HP con un consumo de combustible de 6 litros/hs y una pulverizadora Jacto Arbus 2000 de 2000 litros.

En cuanto al manejo del suelo, en esta unidad productiva, no se realizaron movimientos de suelo ni eliminación de herbáceas en los interfilas. Se efectuó un corte de estas y se dejó en el lugar. El riego se realiza de forma gravitacional por surco (canalillos paralelos a la fila de plantación) en cada momento de turno según lo establecido por el Consorcio de Riego y Drenaje Villa Regina-Godoy-Chichinales<sup>2</sup>. En años anteriores a este

---

<sup>1</sup> Los caldos biodinámicos se elaboran en el propio establecimiento utilizando materiales herbáceos presentes en el mismo. Se aplican vía foliar.

<sup>2</sup> Los consorcios de riego son una figura legal que constituyen entes públicos no estatales y funcionan bajo la supervisión del Departamento Provincial de Aguas de la provincia de Río Negro. Están integrados por los mismos productores y usuarios del agua pública, cuya función

estudio se realizó una siembra con leguminosas y gramíneas principalmente compuestas por *Trifolium repens*, *Vicia sativa*, *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata*, como es habitual en la región productiva del Alto Valle de Río Negro.

Entre las tareas relevantes de este establecimiento se encuentra la elaboración de compost con restos de la poda, material herbáceo, estiércol y preparados biodinámicos. Esta tarea lleva un proceso de tres meses durante el verano o más tiempo en el invierno que incluye riego, volteo y tamizado y que insume una intensa labor por parte de los operarios.

Para el control de plagas y enfermedades se utilizan distintas estrategias. La plaga clave de los frutales de pepita y que en la región tiene una presencia importante es la carpocapsa (*Cydia pomonella*), en este caso se utiliza la técnica de confusión sexual a través del uso de dispensers (difusores de feromonas de confusión sexual) colocados a principio de temporada y el virus de la granulosis (carpovirus, insecticida biológico desarrollado sobre la base del virus de la granulosis de *C. pomonella*). Además, se emplean otros productos permitidos en la agricultura orgánica certificada para plagas secundarias.

En esta chacra también se elaboran caldos y preparados biodinámicos, los caldos se realizan con las herbáceas que se recolectan en el lugar y que tienen la función de mejorar el estado general de las plantas, y/o repeler algunas plagas, entre los preparados biodinámicos se encuentra el 500 (boñiga de vaca), 501 (sílice), 502 (milenrama), 503 (manzanilla), 504 (ortiga), 505 (roble), 506 (diente de león), 507 (valeriana) y 508 (cola de caballo), además del fladen (Wistinghausen et al., 2011).

Se dispone de un operario que realiza los monitoreos de plagas y predadores como así también la lectura de las trampas de carpocapsa durante toda la temporada productiva.

Todas las acciones realizadas se registran en un cuaderno de campo, incluido el monitoreo de plagas y predadores, lectura de las trampas, calibración de la pulverizadora, aplicación de productos, riegos, control de heladas, etc. Los cuadernos de campo son auditados por las empresas certificadoras y deben estar disponibles en la chacra.

### **Unidad productiva “Pecini”**

La unidad productiva “Pecini” es un agroecosistema frutícola de 28 has de la localidad de Cervantes de la Norpatagonia (Río Negro, Patagonia Argentina) con manejo convencional estándar de las chacras del Alto Valle.

El análisis energético se realizó para la producción obtenida de una hectárea de manzanos cv. Red Delicious “Chañar 28” (“Angious”) plantados en el año 2000 sobre pie MM111, con un marco de plantación de 3 metros entre fila y 4 metros entre plantas sobre suelo franco-arenoso. “Chañar 28” o “Angious” es un clon semi vigoroso de Red Delicious. Se determinó la unidad funcional considerando que la producción respondía a la 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.

---

consiste en el manejo y mantenimiento de los canales secundarios, terciarios y cuaternarios y los drenes parcelarios, subcolectores y colectores. Esta operación incluye el suministro de agua a los usuarios de acuerdo con los turnos correspondientes.

En cuanto al manejo del suelo, en el interfilar se cortan las herbáceas espontáneas con el uso de una desbrozadora traccionada por el tractor y la utilización de herbicidas en las filas de plantación de frutales. Se realiza una fertilización anual al suelo con un producto comercial.

El riego se realiza de forma gravitacional por manto en cada momento del turno según lo establecido por el Consorcio de Riego y Drenaje de Cervantes. En enero, en días en que las temperaturas superan los 40C se enciende una tracto bomba para realizar riegos adicionales que gasta 5l/h de gas oíl, esta bomba está dimensionada para abarcar 4.79has. Para el control de heladas primaverales tardías se utiliza la misma bomba.

El establecimiento cuenta con un equipo de aplicación integrado por un tractor John Deere modelo 5603 con un consumo de combustible de 6 l/h y una pulverizadora Jacto Arbus de 2000 litros.

Entre las tareas culturales invernales se destaca la poda que es manual, donde cada operario trabaja con escaleras para llegar a la totalidad del árbol, tijeras de poda y anteojos protectores. Se realiza un raleo químico de frutos y también un repaso manual donde cada operario retira los frutos más pequeños, deformes o dañados por plagas o enfermedades que no se hayan caído en el raleo químico.

Para el control de plagas y enfermedades se utilizan distintos productos. La plaga clave de los frutales de pepita y que en la región tiene una presencia importante es la carpocapsa (*Cydia pomonella*), con lo cual el programa fitosanitario de este establecimiento está orientado principalmente al control de la plaga clave. Además de los productos de síntesis química se utiliza la técnica de confusión sexual a través del uso de dispensers (difusores de feromonas de confusión sexual) colocados a principio de la temporada productiva antes del nacimiento de la primera generación de la plaga, esta técnica va acompañada de la colocación de trampas para el monitoreo de la plaga realizado por una operaria. Para las plagas secundarias y enfermedades se utilizan productos de síntesis química.

La cosecha es manual, cada operario provisto de un recolector y escalera cosecha los frutos y los dispone en un cajón bins que luego un tractor lo transporta al lugar de acopio. Al terminar cada jornada de cosecha un camión retira los bins que se llevar al empaque de frutas fuera del establecimiento productivo.

Se recolectó toda la información productiva del establecimiento afectada a la obtención de 1 kilo de manzanas Red Delicious cv. Chañar 28. Los cuadernos de campo con todos los registros de las labores realizadas se disponen en la oficina del establecimiento a cargo del encargado/capataz de la chacra.

### **Unidad productiva “Chacra 168”**

La unidad productiva “Chacra 168” es un agroecosistema frutícola de 20 ha, con manejo orgánico certificado por la empresa certificadora EcoCert ubicado en la localidad de General Roca, Patagonia Argentina (39°1'60"LS 67°34'60" LO). El cálculo de energía se realizó para la producción de peras cv. Williams obtenida de una hectárea, en plantas de 40 años, 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.

La unidad productiva cuenta con un tractor de 75 HP modelo 1985 con un consumo de combustible de 5 litros/hs y una pulverizadora Jacto Arbus de 2000 litros. Además, el agroecosistema cuenta con una plataforma agrícola autopropulsada utilizada en la poda.

En esta unidad productiva se trata de mantener la cubierta vegetal de los interfilares para incrementar la diversidad y el refugio de enemigos naturales, con lo cual se realiza sólo un corte de herbáceas durante la estación de crecimiento (primavera – verano) con desbrozadora y se deja este corte en el lugar. Se aplica un fertilizante orgánico al suelo.

El riego se realiza con microaspersores accionados por una bomba centrífuga con un consumo de 8 Kwh. Para el control de heladas tardías, en el caso que se presenten días con temperaturas que causen daños a las flores o los frutos se acciona un sistema de aspersores que funcionan con una bomba a gas oíl con un consumo de 5l./h.

En cuanto al manejo de los frutales se destaca la poda manual y mecánica realizada durante el invierno. No se realiza raleo de frutos.

La plaga clave de los frutales de pepita y que en la región tiene una presencia importante es la carpocapsa (*Cydia pomonella*), para su control se utiliza la técnica de confusión sexual a través del uso de dispensers (difusores de feromonas de confusión sexual) colocados a principio de la temporada productiva antes del nacimiento de la primera generación de la plaga, esta técnica va acompañada de la colocación de trampas con el fin de monitorear la plaga, tarea realizada por una persona entrenada a tal fin. Para el control de plagas secundarias se utilizan productos permitidos en la agricultura orgánica como por ejemplo aceites.

Todas las acciones realizadas se registran en un cuaderno de campo, incluido el monitoreo de plagas y predadores, lectura de las trampas, calibración de la pulverizadora, aplicación de productos, riegos, control de heladas, etc. Los cuadernos de campo son auditados por las empresas certificadoras y deben estar disponibles en la chacra al cuidado del productor o encargado del establecimiento.

### **Unidad productiva “Pasaron”**

La unidad productiva “Pasaron” es un agroecosistema frutícola de 17 has de la localidad de Cervantes de la Norpatagonia (Río Negro, Patagonia Argentina) con manejo convencional estándar de las chacras del Alto Valle.

El análisis energético se realizó para la producción obtenida de una hectárea de perales cv. Williams plantados en el año 2000 sobre pie franco, con un marco de plantación de 3 metros entre fila y 4 metros entre plantas. Se determinó la unidad funcional considerando que la producción respondía a la calidad “Superior”, para consumo en fresco.

En cuanto al manejo del suelo, en el interfilas se cortan las herbáceas espontáneas con el uso de una desbrozadora traccionada por el tractor y la utilización de herbicidas en las filas de plantación de frutales. Se realiza una fertilización anual al suelo con un producto comercial y se coloca un fertilizante. El riego se realiza de forma gravitacional por manto en cada momento del turno según lo establecido por el Consorcio de Riego y Drenaje de Cervantes. Para el control de heladas primaverales tardías se dispone de una bomba con motor V8 con un gasto de 14l/hora que acciona los aspersores. Durante días de temperaturas que superen los 40C se acciona la bomba para suplementar el riego gravitacional.

El establecimiento cuenta con un equipo de aplicación integrado por un tractor Valmet modelo 786 con un consumo de combustible de 6 litros/hs y una pulverizadora Jacto Arbus de 2000 litros.

Entre las tareas culturales invernales se destaca la poda que es manual, donde cada operario trabaja con escaleras para llegar a la totalidad del árbol, tijeras de poda y anteojos protectores. Se realiza un raleo manual de frutos donde cada operario retira los frutos más pequeños, deformes o dañados por plagas o enfermedades.

Para el control de plagas y enfermedades se utilizan distintos productos. La plaga clave de los frutales de pepita y que en la región tiene una presencia importante es la carpocapsa (*Cydia pomonella*), con lo cual el programa fitosanitario de este establecimiento está orientado principalmente al control de la plaga clave. Además de los productos de síntesis química se utiliza la técnica de confusión sexual a través del uso de dispensers (difusores de feromonas de confusión sexual) colocados a principio de la temporada productiva antes del nacimiento de la primera generación de la plaga, esta técnica va acompañada de la colocación de trampas para el monitoreo de la plaga realizado por una operaria. Para las plagas secundarias y enfermedades se utilizan productos de síntesis química.

La cosecha es manual, cada operario provisto de un recolector y escalera cosecha los frutos y los dispone en un cajón bins que luego un tractor lo transporta al lugar de acopio. Al terminar cada jornada de cosecha un camión retira los bins que se llevar al empaque de frutas fuera del establecimiento productivo.

Se recolectó toda la información productiva del establecimiento afectada a la obtención de 1 kilo de peras cv. Williams. Los cuadernos de campo con todos los registros de las labores realizadas se disponen en una oficina del establecimiento a cargo del encargado/capataz de la chacra, además hay un empleado administrativo que registra las actividades en soporte informático.

## Resultados

En la figura 2.5 se presenta un esquema general del flujo energético que puede observarse en una chacra de producción frutícola de manzanos y/o perales en la NorPatagonia.

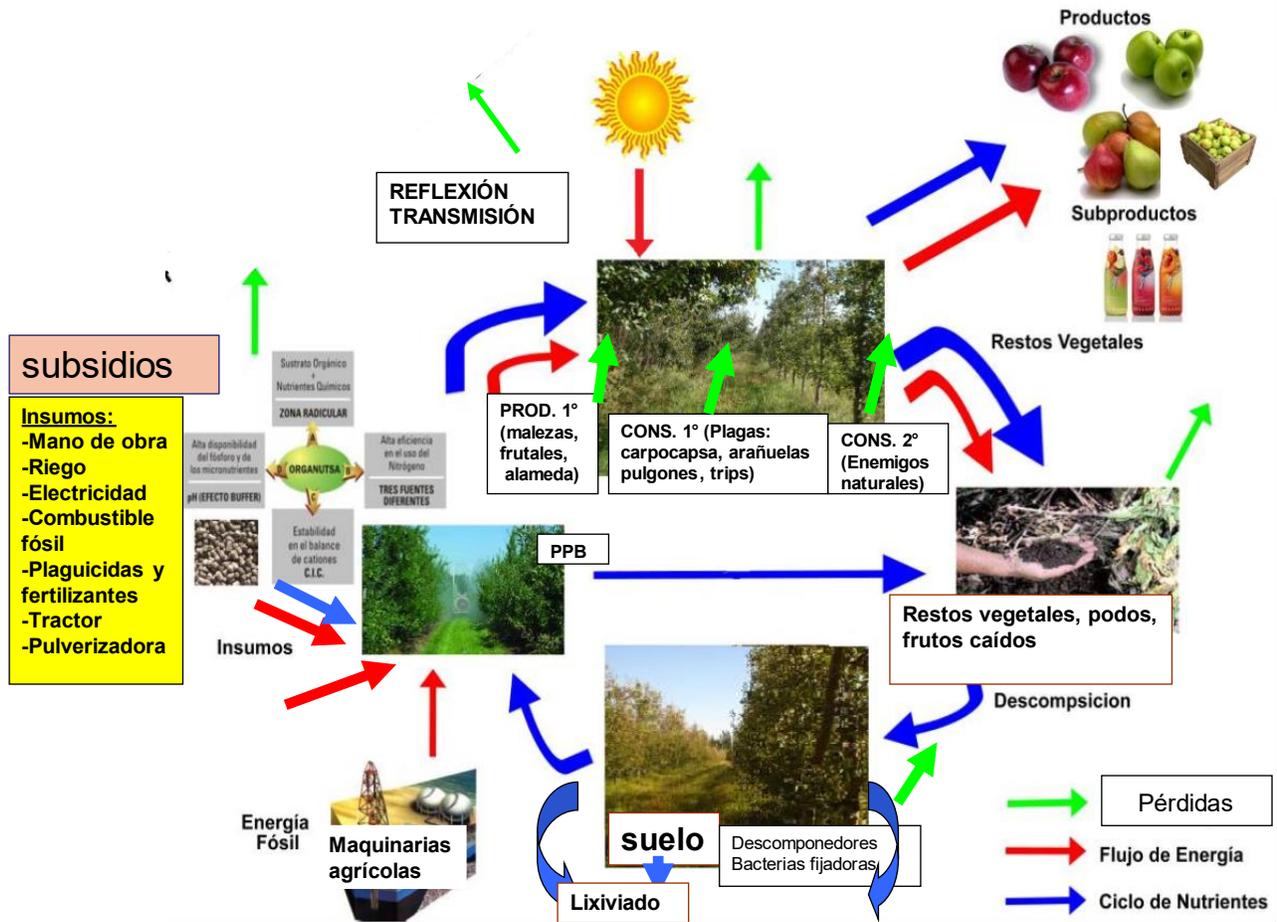


Figura 2.5. Esquema general del flujo energético en chacras frutícolas de la NorPatagonia. Elaboración propia mcdussi.

### Unidad productiva “La Antigua”

A continuación, se detallan las labores culturales llevadas a cabo en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico del establecimiento frutícola “La Antigua” durante las temporadas en estudio registradas en el cuaderno de campo<sup>3</sup> y los correspondientes requerimientos energéticos calculados para cada una:

**Fertilización al suelo:** Se realizó mediante el agregado de compost al suelo sobre la línea de plantación, en forma manual durante el invierno, a razón de 4 toneladas por hectárea. Para esta labor cultural se insumieron

<sup>3</sup> El cuaderno de campo es un registro manual de las operaciones culturales realizadas en el establecimiento durante un ciclo productivo. Es una herramienta que le permite al productor contar con toda la información de manera ordenada y sistematizada (Menedin y La Torraca, 2004).

0.25 jornales<sup>4</sup> y 8 litros de gas oíl. El compost fue confeccionado con materiales obtenidos dentro del sistema, el cual tuvo un tiempo de elaboración de aproximadamente tres meses en época estival; durante este periodo de elaboración se realizaron labores de volteo, de tamizado y riego utilizando una electrobomba CZERWENY ZETA V. 2,5 HP cuyo consumo eléctrico es de 5 kwh. En la Tabla 2.1 se observan los requerimientos energéticos para elaborar y aplicar 4 toneladas de compost.

Tabla 2.1: Requerimientos energéticos (MJ/ha) para obtener y aplicar 4 toneladas de compost por hectárea en manzanos Red Delicious cv. Top Red.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra recolección y selección del material herbáceo	Jornal	0,40	2,50 <sup>y</sup>	1,00
Mano de obra de acondicionado, traslado y acopiado de restos de raleo y poda para compostar	Jornal	0,20	3,22 <sup>y</sup>	0,64
Mano de obra para volteo de compost	Jornal	9,60	3,22 <sup>y</sup>	30,91
Mano de obra para regar el compost	Jornal	8,50	3,22 <sup>y</sup>	27,37
Mano de obra para tamizar el compost	Jornal	0,60	3,22 <sup>y</sup>	1,93
Mano de obra de aplicación de compost	Jornales	0,25	2,50 <sup>y</sup>	0,62
Estiércol utilizado en la elaboración del compost	Tn	0,40	62,70 <sup>y</sup>	25,08
Energía eléctrica para regar el compost	kWh	335	3,60 <sup>x</sup>	1206,00
Combustible para la aplicación de compost	Litros	8,00	42,90 <sup>x</sup>	343,20
Combustible de traslado de material a compostar	Litros	2,00	42,90 <sup>x</sup>	85,80
<b>Total Energético (MJ)</b>				1721,93

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Fertilización foliar: Se elaboraron caldos biodinámicos en forma manual en la casilla biodinámica del establecimiento, esta tarea insumió un total de 5 jornales. Fueron aplicados en dos oportunidades durante la primavera con una máquina pulverizadora en combinación de fertilizantes foliares comerciales aprobados para la producción orgánica (Tabla 2.2). Se utilizaron 2,5 pulverizadoras para la fertilización foliar lo que implicó un consumo de 14,4 litros de gas oíl por hectárea. En la Tabla 2.3 se observan los requerimientos energéticos para la aplicación de fertilizante foliar en una hectárea.

<sup>4</sup>De acuerdo a lo dispuesto por el Decreto-Ley N° 14.785, y su Decreto reglamentario N° 647/978 de 21 de noviembre de 1978 y la Ley 18.441 de 22 de diciembre de 2008 de la Argentina, una jornada laboral o un jornal agrario equivaldrá a 8 horas reloj.

Tabla 2.2: Aplicación de fertilizantes foliares para una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red<sup>z</sup>

Nombre Comercial	Principio Activo	Dosis	Motivo	Litros/hectárea
STARTER	Sulfato de Zinc. Sulfato de Magnesio	2 l/2000l	Fertilización foliar	4000
No posee	caldo biodinámico	10 l/2000l	Foliar	4000
EPSO TOP	Sulfato de Magnesio	10 kg/2000l	Foliar	4000
No posee	caldo biodinámico	10 l/2000l	Foliar	4000

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

Tabla 2.3. Requerimientos energéticos (MJ/ha) de los tratamientos foliares por hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de preparación de preparados biodinámicos	jornal	5,00	2,50 <sup>y</sup>	12,50
Mano de obra de aplicación de fertilizantes foliares	Jornal	0,30	2,50 <sup>y</sup>	0,75
Combustible utilizado en la aplicación de fertilizantes foliares	Litros	14,40	42,90 <sup>x</sup>	617,76
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>631,01</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.* (2014).

Manejo de plagas: se monitorearon plagas y organismos benéficos. En el caso de la plaga clave *Cydia pomonella* (carpocapsa) se utiliza la técnica de confusión sexual a través del uso de dispensers (difusores de feromonas de confusión sexual) colocados a principio de temporada y el virus de la granulosis (carpovirus, insecticida biológico desarrollado sobre la base del virus de la granulosis de *C. pomonella*).

El monitoreo fue realizado según calendario fitosanitario y las trampas para monitorear carpocapsa se colocaron a los 70 carpogrados<sup>5</sup> a razón de dos por hectárea, revisadas cada siete días y cambiadas cada tres veces durante la temporada. Para las plagas secundarias utilizaron caldos elaborados en el establecimiento con material herbáceo. Se realizaron 10 aplicaciones para el control de carpocapsa y tres aplicaciones para plagas secundarias (Tabla 2.4). En total se realizaron 13 aplicaciones con un consumo de 78l de combustible. En la Tabla 2.5 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo el manejo de plagas.

<sup>5</sup> Los carpogrados resultan ser la suma de las acumulaciones diarias de las temperaturas que estén dentro de los umbrales de desarrollo de Carpocapsa (10 a 32°C). Esto permite conocer con anticipación el momento oportuno de control y definir las acciones a aplicar. La información de carpogrados que indica la oportunidad de colocación de trampas para monitoreo de la plaga y aplicación de agroquímicos es emitida por una red agrometeorológica establecida en cada región.

#### 2.4. Aplicación de fitosanitarios para una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red

Nombre Comercial	Principio Activo	Dosis en 2000l	Plaga a controlar
Argenfrut SUPREME GREEN	Aceite mineral	50 l	Piojo de San José
BROSUL F	Polisulfuro	50 l	Acaros y oidios
KUMULUS	azufre micronizado	5 kgr	oidio
Carpovirus <sup>y</sup>	virus de la granulosis	1 l	carocapsa
carpovirus <sup>y</sup>	virus de la granulosis	1 l	carocapsa
Madex <sup>y</sup>	virus de la granulosis	0,1 l	carocapsa
Madex <sup>y</sup>	virus de la granulosis	0,1 l	carocapsa
Madex <sup>y</sup>	virus de la granulosis	0,1 l	carocapsa
Madex <sup>y</sup>	virus de la granulosis	0,1 l	carocapsa
Madex <sup>y</sup>	virus de la granulosis	0,1 l	carocapsa
Madex <sup>y</sup>	virus de la granulosis	0,1 l	carocapsa
Madex + carpovirus <sup>y</sup>	virus de la granulosis	1,1 l	carocapsa
Carpovirus <sup>y</sup>	virus de la granulosis	1 l	carocapsa

<sup>z</sup>Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Durante estos tratamientos se aplicaron caldos biodinámicos

Tabla 2.5: Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el manejo de plagas por hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de colocación de dispensers con feromona	Jornal	0,50	2,50 <sup>y</sup>	1,25
Mano de obra de colocación de trampas para carocapsa	Jornal	0,06	2,50 <sup>y</sup>	0,15
Mano de obra para lectura de trampas para carocapsa	Jornal	0,50	2,50 <sup>y</sup>	1,25
Mano de obra de monitoreo de plagas y benéficos	Jornal	1,70	2,50 <sup>y</sup>	4,25
Mano de obra de aplicación del virus de la granulosis, caldos biodinámicos y aceite de verano	Jornal	1,62	2,50 <sup>y</sup>	4,95
Mano de obra de recolección de material herbáceo	Jornal	4,50	2,50 <sup>y</sup>	11,25
Mano de obra de elaboración de caldos de cultivos	Jornal	6,50	2,50 <sup>y</sup>	16,25
Combustible utilizado en el traslado del material para elaborar caldos biodinámicos	Litros	5,00	42,90 <sup>x</sup>	214,50
Combustible utilizado en la aplicación de productos fitosanitarios	Litros	78	42,90 <sup>x</sup>	3346,20
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>3600,05</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

**Riego:** Se realizó en forma gravitacional por surco, con agua proveniente del sistema de riego regional<sup>6</sup>. De la planilla de registros de riego del cuaderno de campo, para una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red, se realizaron 10 riegos por surco por temporada productiva con un caudal de 20l/seg con un volumen de 576000 y 8 horas cada riego.

Las tareas de riego corresponden a la limpieza y acondicionamiento de los canales internos “acequias” (1 jornal) y el control del ingreso de agua a la parcela frutal. En la Tabla 2.6 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo las tareas de riego para una hectárea.

Tabla 2.6. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para regar una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.

Concepto	Cantidad de jornales <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de aplicación de la lámina de riego	10,00	2,50 <sup>y</sup>	25,00
Mano de obra para limpieza y acondicionamiento de acequias	0,50	3,22 <sup>y</sup>	1,61
<b>Total Energético (MJ)</b>			<b>26,61</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980).

**Poda y Raleo:** La poda es manual, lo que implica que cada operario realiza la tarea con tijeras y escaleras para alcanzar toda la planta. Los podadores están entrenados para la tarea que se realiza en los meses de invierno y tiene una alta intensidad lo que insume 18 jornales por hectárea. El raleo también es manual y se realiza en el mes de noviembre extrayendo los frutos más pequeños, dañados y deformes, es una tarea de alta intensidad que insumió 12 jornales por hectárea. Los restos de poda se acondicionaron, trasladaron y acopiaron en la zona de compostaje, además del traslado de escaleras y herramientas para el raleo y poda. Todo el traslado se realiza utilizando un tractor con acoplado. En la Tabla 2.7 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo las tareas mencionadas.

Tabla 2.7. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la poda y el raleo por hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra para la poda	Jornal	18,00	3,22 <sup>y</sup>	57,96
Mano de obra para el raleo manual	Jornal	12,00	3,22 <sup>y</sup>	38,64
Mano de obra utilizada en el traslado de las herramientas para realizar las labores de poda y raleo y materiales a la zona de compostaje	Jornal	0,20	2,50 <sup>y</sup>	0,50
Combustible utilizado en el traslado de las herramientas para realizar las labores de poda y raleo	Litros	8,00	42,90 <sup>x</sup>	343,20
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>440,30</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

<sup>6</sup> Los turnos de riego gravitacional en la región están organizados cada 8 días.

Control de heladas primaverales: El control de heladas primaverales se realizó mediante un sistema de aspersores que funcionan con una bomba a gas oíl, la cual fue utilizada en 5 oportunidades durante la temporada analizada (Tabla 2.8). La bomba consume 10 litros de combustible por hora y estuvo en marcha 18 horas es decir un consumo de 180 litros de gas oíl para proteger dos hectáreas de manzanos Red Delicious cv. Top Red, lo que equivale a 90 litros de gas oíl por hectárea. En la Tabla 2.9 se observan los requerimientos energéticos utilizados en el control de heladas.

Tabla 2.8. Planilla de registro de control de heladas

Comienzo del control de heladas (horas) <sup>z</sup>	Finalización del control de heladas (horas)	Tiempo de control (horas)
00:30 am	03:30 am	3
02:00 am	06:00 am	4
01:00 am	05:00 am	4
01:00 am	04:00 am	3
00:30 am	04:30 am	4

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

Tabla 2.9. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar el control de heladas primaverales para una hectárea manzanos Red Delicious cv. Top Red

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra empleada en el control de heladas	Jornal	2,25	2,50 <sup>y</sup>	5,62
Combustible utilizado en el control de heladas	Litros	90,00	42,90 <sup>x</sup>	3861,00
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>3866,62</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Manejo de herbáceas:

En esta unidad productiva, no se realizaron movimientos de suelo ni eliminación de herbáceas en los interfilares. Se efectuó un corte de estas y se dejó en el lugar con el objetivo que se vayan incorporando al suelo en el transcurso del tiempo. Para la realización de este corte se utilizó una desbrozadora traccionada por un tractor que gasta 6l/h (Tabla 2.10).

Tabla 2.10. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el mantenimiento de los interfilares de una hectárea de manzanos con manejo orgánico.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra en el uso de la desbrozadora (tractorista)	jornal	0.12	2,50 <sup>y</sup>	0,31
Combustible utilizado en el uso de la desbrozadora	Litros	6,00	42,90 <sup>x</sup>	257,40
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>257,71</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Cosecha: La cosecha es manual, la fruta se coloca en bines y luego se utiliza el tractor para trasladar los mismos al centro de acopio del establecimiento. Se cosecharon 77 bines de 480 kilos por hectárea y el control

de calidad en campo informó un 5% de descarte. Rendimiento bruto: 36960kg/ha, rendimientos netos: 35112kg/ha.

La cuadrilla de cosecha estuvo integrada por 12 operarios, lo que da un tiempo de cosecha de 2 días (dos pasadas), un operario más para realizar el control de calidad en campo y un tractorista. El consumo de combustible durante la cosecha es de 96 litros/ha. En la Tabla 2.11 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo la cosecha.

Tabla 2.11. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la cosecha de manzanos Red Delicious cv. Top Red por hectárea.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/ unidad	<b>Sub-total (MJ/ha)</b>
Mano de obra de cosecha	Jornal	24,00	3,22 <sup>y</sup>	77,28
Mano de obra del tractorista que moviliza el producto cosechado y los materiales de cosecha	Jornal	2,00	2,50 <sup>y</sup>	5,00
Mano de obra del responsable de control de calidad en campo	jornal	2,00	2,50 <sup>y</sup>	5,00
Combustible utilizado en la cosecha	Litros	96,00	42,90 <sup>x</sup>	4118,40
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>4205,68</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

La Tabla 2.12 clasifica la mano de obra relacionándola al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada. La mano de obra con alta duración e intensidad denominada “fuerte” equivale a 96,28 kcal/hora y la “débil” 64,28 Kcal/hora, lo que expresado en MJ es 3,22 MJ/Jornal y 2,50 MJ/Jornal respectivamente (Campos y Naredo, 1980).

Tabla 2.12: Clasificación de mano de obra en MJ/jornal, aplicada a la producción frutícola, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada<sup>2</sup>.

Concepto	Tipo de Mano de Obra	
	Débil (2,50 MJ/jornal)	Fuerte (3,22 MJ/jornal)
Mano de obra para recolección y selección del material herbáceo	X	
Mano de obra para volteo del compost		X
Mano de obra para regar el compost		X
Mano de obra para tamizar el compost		X
Mano de obra de colocación de dispensers con feromona	X	
Mano de obra de colocación de trampas para carpocapsa	X	
Mano de obra para lectura de trampas para carpocapsa	X	
Mano de obra de monitoreo de plagas y predadores	X	
Mano de obra de aplicación de compost	X	
Mano de obra de elaboración de caldos, preparados biodinámicos, recolección de material etc.	X	
Mano de obra de aplicación de la lámina de riego	X	
Mano de obra para limpieza y acondicionamiento de acequias		X
Mano de obra para la poda		X
Mano de obra para el raleo		X
Mano de obra de acondicionamiento, traslado y acopiado del material de poda		X
Mano de obra control de heladas	X	
Mano de obra aplicación de fitosanitarios	X	
Mano de obra uso de la desbrozadora para corte de herbáceas	X	
Mano de obra de cosecha		X
Mano de obra tractorista y control de calidad cosecha	X	

<sup>2</sup> Elaboración propia basada en Campos y Naredo (1980).

El consumo de energía indirecto estuvo representado por la energía incurrida en la fabricación del equipo de aplicación (tractor y pulverizadora) que son los implementos utilizados en forma intensiva durante todo el año en las chacras del Alto Valle y de mayor peso (Tabla 2.13). También se consideraron los costos energéticos derivados de la producción de los distintos principios activos utilizados en la unidad productiva (Tabla 2.14). No se consideró a *Cydia Pomonella Granulovirus* (CpGV) en el cálculo de la energía indirecta por su bajo impacto ambiental y especificidad. *Cydia Pomonella Granulovirus* (CpGV), es un microorganismo de la familia de Baculoviridae que actúa por ingestión. Después de la ingestión por la larva de la carpocapsa, los virus se multiplican en el epitelio intestinal y las larvas mueren por septicemia y se licuan. El virus causante de la granulosis de la carpocapsa fue aislado por primera vez en poblaciones naturales de carpocapsa de México en 1963. No es tóxico para las abejas, aves y peces, tiene un impacto ambiental generalmente bajo, ya que es específico para la plaga y no afecta a otros organismos no objetivo ni contamina el suelo o el agua. Es rápidamente inactivado por la exposición a los rayos U.V. de la luz solar, por lo que se recomienda realizar las aplicaciones al atardecer. Los residuos generados durante la producción del virus de la granulosis suelen ser biodegradables o se pueden manejar de manera más sostenible que los residuos químicos generados por la producción de insecticidas.

Tabla 2.13. Valor de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) aportada por el tractor y la pulverizadora a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.

Maquinaria	Peso (P) (kg)	Energía por unidad de masa (EU) (MJ/kg)	Vida útil del equipo (VU) (h)	Energía indirecta (EI) <sup>w</sup> (MJ/h)	EI MJ/h/ha (MJ/h)/20 ha)	Horas de uso (ha/año)	EI(MJ/ha) (MJ/ha/hora * h de uso)
Tractor	2600 <sup>z</sup>	109,00 <sup>y</sup>	10000 <sup>x</sup>	28,34	1,42	53,10	75,40
Pulverizadora	780 <sup>z</sup>	62,30 <sup>y</sup>	3000 <sup>x</sup>	16,19	0,80	18,24	14,59
<b>TOTAL EI (MJ/ha)</b>							<b>89,99</b>

<sup>z</sup> Manual del tractor y Manual de la pulverizadora. <sup>y</sup> Fluck (1992). <sup>x</sup> Quintana y Solari (1979).

<sup>w</sup> EI= (P x EU)/ VU. Energía indirecta (MJ/hora)= Peso del equipo (Kg) \* Energía por unidad de masa (MJ/Kg) / vida útil del equipo (horas)

Tabla 2.14. Valor total de energía cultural industrial indirecta (EI) (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico.

Concepto	Total EI (MJ/ha) <sup>z</sup>
Fertilizantes (permitidos en la agricultura orgánica y biodinámicas certificadas)	No aplica. El compost se elabora dentro del establecimiento
Manejo de plagas con productos permitidos en la agricultura orgánica y biodinámicas certificadas	55912,5
Herbicidas	No aplica
Tractor y pulverizadora <sup>y</sup>	89,99
<b>TOTAL EI (MJ/ha)</b>	<b>56002,49</b>

<sup>z</sup> Ver tabla en el anexo con los cálculos parciales. Los costos energéticos de fertilizantes y herbicidas por unidad utilizada se calcularon en base a datos de Hernáez et al (1995) y los costos por unidad de Insecticidas utilizados en base a Pimentel et al (1990). <sup>y</sup>Total tabla 2.13. <sup>x</sup> No se consideró a *Cydia Pomonella Granulovirus* (CpGV) en el cálculo por su bajo impacto ambiental y especificidad.

En la tabla 2.15 se pueden observar los valores de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada para la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red en cada tarea cultural con un total de 356,45 y 14393,46 respectivamente. El sistema de producción bajo estudio tuvo un ingreso total de energía directa de 14749,91 MJ/ha, de los cuales el 97,58% correspondió a energías provenientes de recursos no renovables y el 2,42% restante a las derivadas de recursos renovables (Tabla 2.15). Estos resultados reflejan la alta dependencia de consumo energético de origen no renovable que presentó la producción de manzanas, donde los principales puntos de consumo energético en la etapa de producción a campo se concentran en el combustible utilizado para las tareas de cosecha, control de heladas primaverales tardías y manejo de plagas y en la energía eléctrica insumida por la bomba en el riego del compost durante su elaboración.

Los insumos que integran el 2,42% corresponden a la mano de obra empleada para realizar las diferentes labores culturales y el estiércol agregado en la elaboración del compost.

Tabla 2.15. Valor de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada en la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red

Labores Culturales	Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial directa (MJ/ha)	Sub-Total (MJ/ha)
Fertilización al Suelo	86,93	1635,00	1721,93
Fertilización Foliar	13,25	617,76	631,01
Manejo de Plagas	39,35	3560,70	3600,05
Riego	26,61	0,00	26,61
Poda y Raleo	97,10	343,20	440,30
Control de heladas primaverales	5,62	3861,00	3866,62
Manejo de herbáceas	0,31	257,40	257,71
Cosecha	87,28	4118,40	4205,68
<b>TOTAL (MJ/ha)</b>	<b>356,45</b>	<b>14393,46</b>	<b>14749,91</b>
<b>TOTAL (%)</b>	<b>2,42</b>	<b>97,58</b>	<b>100,00</b>

La tabla 2.16 muestra el total de energía ingresada (biológica cultural y cultural industrial, directa e indirecta) en el agroecosistema La Antigua que asciende a 70752,40 MJ/ha.

Tabla 2.16. Valor de energía total (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red

Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial (MJ/ha)		Energía total ingresada al sistema (MJ/ha)
	Energía directa	Energía indirecta	
356,45	14393,46	56002,49	70752,40

En la tabla 2.17 se presentan los valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta obtenidos por el agroecosistema evaluado, los cuales fueron de 1,34 y 2,01 MJ/kg y 23347,76MJ/ha respectivamente.

Tabla 2.17. Valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción obtenida a partir de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico

<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b> 2,68 MJ/Kg (energía extraída) <hr/> 2,01 MJ/Kg (energía ingresada)	<b>ENERGÍA ESPECÍFICA</b> 70752,40 (MJ/ha) <hr/> 35112 (Kg/ha)	<b>ENERGÍA NETA</b> 94100,16(MJ/ha) – 70752,40MJ/ha (MJ/ha)
<b>1,34</b>	<b>2,01 MJ/Kg</b>	<b>23347,76 MJ/ha</b>

El total de energía ingresada en una hectárea de manzanos con manejo orgánico y biodinámico fue de 70752,40MJ/ha para obtener un rendimiento de 35112kg/ha con lo cual la energía ingresada por kilo de fruta es de 2,01MJ/kg, lo que da una eficiencia energética de 1,34 (Tabla 2.17). En cuanto a la energía extraída se obtuvo 94100,16MJ/ha que al restar la ingresada (70752,40MJ/ha) se obtiene de energía neta 23347,76 MJ/ha. La energía específica que relaciona la energía ingresada (70752,40MJ/ha) con el rendimiento obtenido (35112,00kg/ha) fue de 2,01MJ/kg (Tabla 2.17).

La distribución porcentual de energía industrial y cultural biológica aportada a las distintas actividades realizadas en el establecimiento productivo por hectárea de manzana Red Delicious cultivar Top Red se observa en la Figura 2.6. Las actividades que tuvieron en proporción un mayor aporte de energía cultural industrial directa fueron las tareas de cosecha, el control de heladas primaverales tardías, manejo de plagas y herbáceas y fertilización foliar y al suelo. Mientras que el riego insumió solo energía biológica cultural representada por los jornales empleados durante dicha labor. Estos valores muestran que las actividades más exigentes, en cuanto a subsidios energéticos se refiere, son aquellas que insumen energías de fuentes no renovables tal como son los combustibles fósiles (gas oíl) y la electricidad.

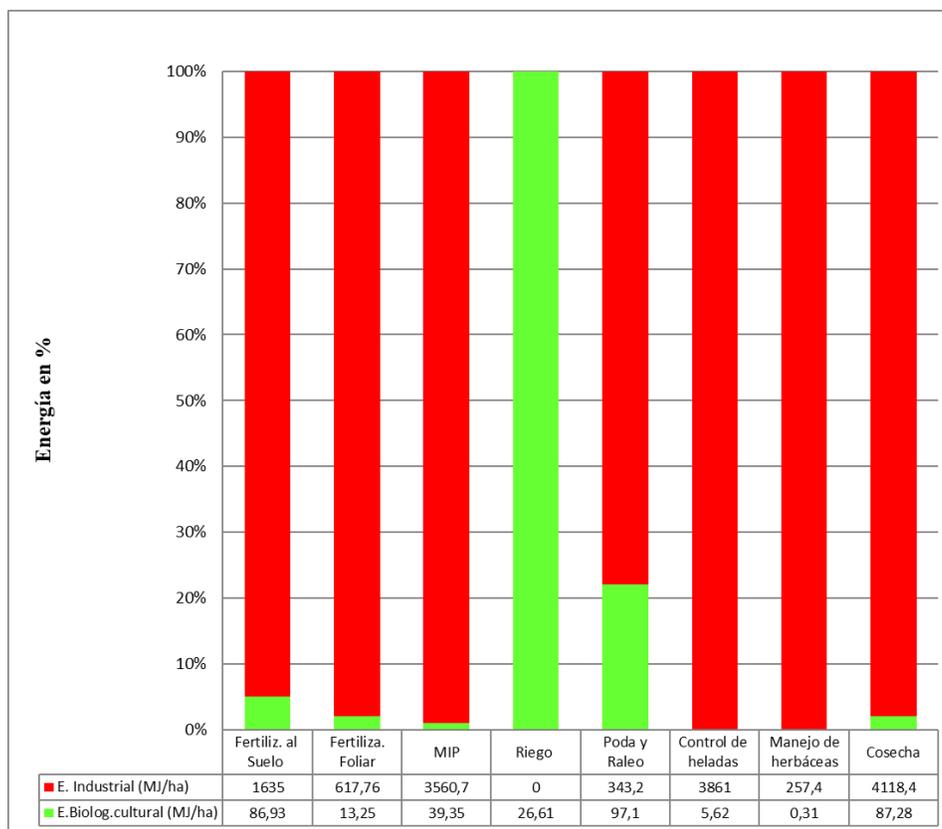


Figura 2.6: Energía cultural industrial y biológica cultural (%), aportada a las distintas actividades realizadas en una hectárea de Red Delicious cv. Top Red.

Cuando se observa el gasto de combustible fósil en litros utilizados en la unidad productiva La Antigua (Tabla 2.18) podemos ver que las tareas más demandantes fueron la cosecha con 96 l/ha, el control de heladas con 90l/ha y la aplicación de productos fitosanitarios con 78l/ha. El combustible total utilizado ascendió a 307,4l/ha/año. El gasto de combustible en el control de heladas se debió a la cantidad de horas que la bomba del equipo tuvo que estar funcionando. El control de heladas se convierte así en un punto crucial en el ingreso de subsidios energéticos y plantea la necesidad de revisar su diseño y funcionalidad.

Tabla 2.18. Discriminación por labor cultural del uso de combustible fósil para llevar a cabo la producción de manzanos Red Delicious cv. Top Red por hectárea en el establecimiento La Antigua.

Labor cultural	Litros/ha/año
Aplicación de compost	8,00
Traslado de material para compostar	2,00
Aplicación de fertilizantes foliares y caldos biodinámicos	14,40
Traslado de materiales para la elaboración de caldos biodinámicos	5,00
Aplicación de productos fitosanitarios	78,00
Traslado de herramientas para realizar la poda y el raleo	8,00
Control de heladas	90,00
Manejo de herbáceas	6,00
Realización de la cosecha	96,00
<b>TOTAL (litros/ha/año)</b>	<b>307,4</b>

En la Figura 2.7 se observan que las labores culturales que implicaron un mayor ingreso de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa son las tareas de cosecha (28,5%), control de heladas primaverales tardías (26,2%) y manejo de plagas (24,4%). Estas tres tareas son decisivas en el ingreso de subsidios energéticos y determinan los puntos críticos a trabajar en el futuro para reducir el insumo de combustible que absorben. El 12,2% corresponde a la elaboración y aplicación de compost en la fertilización del suelo (con dos componentes importantes, la energía eléctrica interviniente en la elaboración y el combustible en la aplicación). La energía directa estuvo compuesta principalmente por la utilización de productos permitidos en la agricultura orgánica y biodinámicas certificadas para el manejo de plagas (Tabla 2.14) que en esta unidad productiva se refieren a una pulverización con polisulfuro y aceite como preventivos de la aparición de plagas secundarias (piojo de san José, arañuelas o cochinillas).

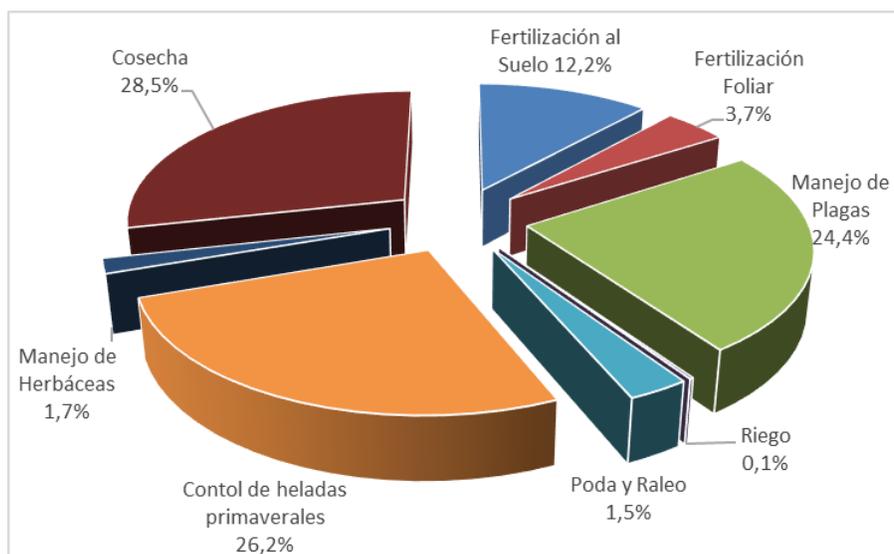


Figura 2.7. Distribución de los subsidios energéticos directos (%) aportados a las distintas actividades realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red.

Las labores culturales no mecanizadas, fueron las que menos gasto energético implicaron, e incluso la mano de obra siempre representó el menor porcentaje de la fracción del total energético que involucró la realización de las actividades mecanizadas. La energía biológica cultural fue mayor en tareas de poda y raleo (97,10MJ/ha), cosecha (97,28 MJ/ha) y fertilización al suelo (86,93MJ/ha) (Tabla 2.15). En esta Unidad Productiva las tareas que involucran elaboración de compost y recolección de material vegetal implican el trabajo de operarios lo que insume horas de mano de obra.

En la Tabla 2.19 se clasifican las labores culturales según la época del año. La mayor cantidad de labores se realizan en la primavera y el verano. Hay labores muy específicas como el raleo manual que debe realizarse durante la primavera y la poda en el invierno. El manejo de plagas comienza con aplicaciones de productos preventivos y monitoreo de las mismas y continua durante toda la estación de crecimiento de los frutales. Estas acciones son de suma importancia ya que en general previenen de infestaciones de grandes poblaciones de artrópodos e incidencia de enfermedades.

Tabla 2.19. Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico <sup>z</sup>.

Labor Cultural	Época otoño-invernal	Época primaveral	Época estival
Fertilización al suelo	x		
Fertilización foliar		x	
Manejo de plagas	x	x	x
Riego		x	x
Poda	x		
Raleo		x	
Control de heladas primaverales		x	
Manejo de herbáceas		x	x
Cosecha			x

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

El valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola se muestra en la tabla 2.20 con un total de 1130,24 kg.CO<sub>2</sub>eq/ha en la unidad productiva La Antigua.

Tabla 2.20. Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico

Labores culturales	Energía cultural industrial directa (MJ/ha)	Factor de Emisión Kg.CO <sub>2</sub> eq. /MJ <sup>z</sup>	Emisión (kg.CO <sub>2</sub> eq/ha)
Fertilización al suelo:			
-combustible gas oil	429,00	0,074	31,74
-electricidad riego compost	1206,00	0,128	154,37
Fertilización foliar	617,76	0,074	45,71
Manejo de plagas	3560,70	0,074	263,49
Riego	0,00	0	0,00
Poda y raleo	343,20	0,074	25,40
Control de heladas primaverales	3861,00	0,074	285,71
Manejo de herbáceas	257,40	0,074	19,05
Cosecha	4118,40	0,074	304,76
TOTAL (Kg.CO <sub>2</sub> eq/ha)	14393,46		1130,24

<sup>z</sup> Frank et al. (2014).

Las labores de cosecha (27,0%), el control de heladas primaverales (25,3%), el manejo de plagas (23,3%) y la fertilización al suelo (16,4) fueron las tareas que mayor emisión de GEI generaron (Figura 2.8). En el caso de la cosecha, a pesar de ser una de las actividades que mayor energía biológica cultural insume (87,28 MJ/ha) (Tabla 2.15), es también la que necesita de mayor apoyo del tractor para el traslado de los bins con frutos y esto determina un gasto elevado de combustible fósil.

En el caso del manejo de plagas por ser una chacra orgánica y biodinámica se aplican sólo productos permitidos. Por ser la carpocapsa la plaga clave de la región de estudio el método que se utiliza para su control es el de confusión sexual con dispensers con feromonas pero igualmente se deben hacer aplicaciones del virus de la granulosis lo que implica un uso intensivo del tractor durante la estación de crecimiento y el consiguiente gasto de combustible fósil. El control de heladas primaverales tardías se realiza utilizando una bomba accionada a gas oil aumentando también esta tarea el uso de combustible fósil y la consiguiente emisión de gases de efecto invernadero.

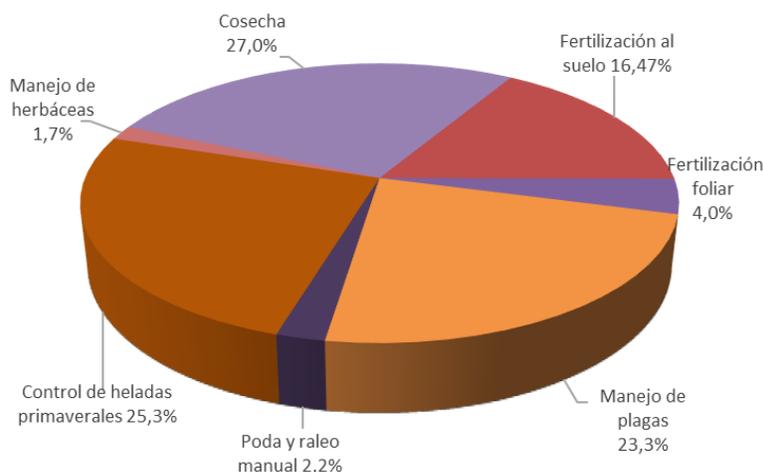


Figura 2.8. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas por cada labor agrícola en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico

Durante la primavera (31%) y el verano (51%) es cuando se registran las mayores emisiones de GEI coincidiendo con la mayor cantidad de labores culturales que hacen uso de combustible fósil (Figura 2.9)

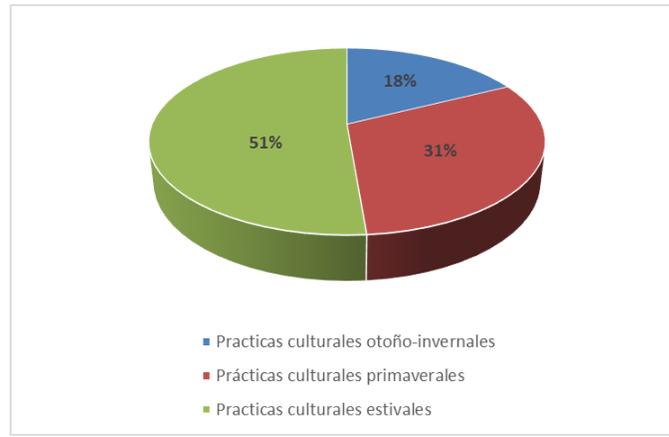


Figura 2.9. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Top Red con manejo orgánico

El valor de la huella de carbono para un kilo de manzanas Red Delicious cv. Top Red producida con un manejo orgánico-biodinámico certificado fue de 0,032 Kg.CO<sub>2</sub> eq./Kg. Manzana (Tabla 2.21).

Tabla 2.21. Valor de la huella de carbono por kilo de manzanas Red Delicious cv. Top Red producida en un establecimiento orgánico

<b>EMISIÓN TOTAL (Kg.CO<sub>2</sub> eq./ha)</b>	<b>Rendimientos (Kg/ha.)</b>	<b>EMISIÓN/KILO de manzanas (Kg.CO<sub>2</sub> eq./Kg. manzana)</b>
1130,21	35112,00	<b>0,032</b>

## Unidad productiva “Pecini”

A continuación, se detallan las labores culturales llevadas a cabo en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional del establecimiento “Pecini” durante las temporadas en estudio registradas en el cuaderno de campo y los correspondientes requerimientos energéticos calculados para cada una:

Fertilización al suelo: La fertilización se realizó a base de Organutsa a razón de 800kg/ha. Organutsa es un fertilizante de suelo, una mezcla física de distintos componentes orgánicos y químicos. Está compuesto por una fracción orgánica con muy baja relación Carbono/Nitrogeno (0,5 a 3/1), guano de aves ponedoras, guano de chivo, guano de aves marinas, y una fracción química compuesta por urea, sulfato de amonio, fosfato diamónico, cloruro de potasio, Calcio, Magnesio y Azufre. Se aplica al suelo en forma mecanizada con ayuda del tractor, un tractorista y dos operarios que ayudan a su distribución (Tabla 2.22).

Tabla 2.22. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para la fertilización al suelo por hectárea en manzanos Red Delicious Chañar 28.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano obra tractorista	Jornal	0,16	2,50 <sup>y</sup>	0,41
Mano obra de operarios que colocan el fertilizante	Jornal	0.49	3,22 <sup>y</sup>	1,59
Combustible para la aplicación	Litros	7,91	42,90 <sup>x</sup>	339,34
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>341,34</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Fertilización foliar: La fertilización foliar se realizó con Amazinc (Compuesto con Zn y Mn), 1l/ha), Zintrac (Zn) 1l/ha y ácido fosfórico 0,3l/ha y Calcio. Para la aplicación se utiliza el tractor y la pulverizadora y se aplica durante la estación de crecimiento (Tabla 2.23).

Tabla 2.23. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para la fertilización foliar de una hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28 con manejo convencional.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra para la aplicación	jornal	0,49	2,50 <sup>y</sup>	1,23
Combustible utilizado en la aplicación	Litros	23,76	42,90 <sup>x</sup>	1019,30
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>1020,53</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.* (2014).

### Manejo de plagas:

En el caso de la plaga clave *Cydia pomonella* (carpocapsa) se utiliza la técnica de confusión sexual a través del uso de dispensers (difusores de feromonas de confusión sexual) colocados a principio de temporada y también se realizan pulverizaciones de productos de síntesis química hasta 7 aplicaciones de “Spinetoram”. Para la colocación de los dispensers se emplean 4 operarios que tardan una hora por hectárea, los dispensers se colocaron con un aplicador telescópico. El monitoreo fue realizado según calendario fitosanitario y las

trampas para monitorear carpocapsa se colocaron a los 70 carpogrados<sup>7</sup> a razón de una por hectárea, revisadas cada siete días. Para revisar cada trampa la operaria tarda 10 minutos realizando 20 lecturas por temporada. No se realizaron monitoreos de predadores. Las plagas secundarias son arañuelas, cochinillas y oídio (Tabla 2.24). Todas las aplicaciones se realizan utilizando la pulverizadora traccionada con el tractor. En total se realizaron 15 aplicaciones por temporada para el control de plagas y enfermedades. Se tarda aproximadamente en realizar una aplicación 1 hora lo que incluye cargar la pulverizadora y pulverizar el producto (Tabla 2.25).

Tabla 2.24. Aplicación de fitosanitarios para el manejo de plagas en manzanos Red Delicious Chañar 28 con manejo convencional.

Nombre Comercial	Principio Activo	Dosis	Motivo
Aceite invierno + Porcel	Aceite Mineral + Pyriproxifen	40l	Arañuelas
Porcel	Pyriproxifen	0,6l	Cochinillas
Polisulfuro	Azufre	50l	Oidio
Abamectina	Abamectina	1l	Arañuelas
Aceite de Verano	Aceite Mineral	5l	Arañuelas
Dakar	Myclobutanil	0,5l	Oidio
Delegate <sup>y</sup>	Spinetoram	0,3l	carpocapsa

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup>9 aplicaciones

Tabla 2.25. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el manejo de plagas por hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28 con manejo convencional.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de colocación de trampas para carpocapsa	Jornal	0,02	2,50 <sup>y</sup>	0,05
Mano de obra de colocación de dispensers con feromona	Jornal	0,5	2,50 <sup>y</sup>	1.25
Mano de obra para lectura de trampas para carpocapsa	Jornal	0,41	2,50 <sup>y</sup>	1,02
Mano de obra aplicación de fitosanitarios	Jornal	1,875	2,50 <sup>y</sup>	4,68
Combustible utilizado en la aplicación de productos fitosanitarios	Litros	90,00	42,90 <sup>x</sup>	3861,00
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>3868,00</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

**Riego:** Se realizó en forma gravitacional por manto (mojando toda la superficie), con agua proveniente del sistema de riego regional del consorcio de regantes. Totalizando 16 riegos por temporada lo que representó 12.66 jornales por hectárea. Las tareas de riego corresponden a la limpieza y acondicionamiento de los canales

<sup>7</sup>Los carpogrados resultan ser la suma de las acumulaciones diarias de las temperaturas que estén dentro de los umbrales de desarrollo de Carpocapsa (10 a 32°C). Esto permite conocer con anticipación el momento oportuno de control y definir las acciones a aplicar. La información de carpogrados que indica la oportunidad de colocación de trampas para monitoreo de la plaga y aplicación de agroquímicos es emitida por una red agrometeorológica establecida en cada región.

internos “acequias” (0.5 jornal) y el control del ingreso de agua a la parcela frutal. En enero, en días en que las temperaturas superan los 40C se enciende una tracto bomba que gasta 5l/h de gas oil cuando no hay disponibilidad de agua en el canal para realizar riegos adicionales durante 4 horas en un total de 5 días por temporada. La bomba está dimensionada para abarcar 4.79has. En la Tabla 2.26 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo las tareas de riego para una hectárea.

Tabla 2.26. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para regar una hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28.

Concepto	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	<b>Sub-total (MJ/ha)</b>
Mano de obra de aplicación de la lámina de riego. (Jornales)	12.66	2,50 <sup>y</sup>	31.65
Mano de obra para limpieza y acondicionamiento de acequias (jornales)	0,50	3,22 <sup>y</sup>	1,61
Mano de obra para el manejo de la bomba (jornales)	0,52	2,50 <sup>y</sup>	1,30
Combustible utilizado en la tracto bomba (l)	21,00	42,90 <sup>x</sup>	900,90
<b>Total Energético (MJ)</b>			<b>935,46</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

#### Poda y Raleo:

La poda se realiza con tijeras y escaleras en forma manual. El tractorista debe llevar las escaleras hasta el cuadro donde se realiza la poda con los cual es una tarea de baja intensidad que se considera “mano de obra débil” y los operarios que hacen el trabajo de poda con alta intensidad y dedicación se considera “mano de obra fuerte”.

En el caso del raleo, primero se realiza un raleo químico con tractor y pulverizadora lo que insume mano de obra de un tractorista, en esta labor se aplica el producto Carbaryl (que es un carbamato también usado como insecticida, comúnmente empleado en la región de estudio). Luego en noviembre se hace un repaso manual del raleo donde los operarios utilizan escaleras extrayendo los frutos pequeños, deformes o afectados por pestes o enfermedades, esta labor se considera de alta intensidad y el tractorista (mano de obra débil) acompaña la tarea trasladando las escaleras. En la Tabla 2.27 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo el trabajo descripto.

Tabla 2.27. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la poda y el raleo por hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra para la poda	Jornal	18,00	3,22 <sup>y</sup>	57,96
Mano de obra para el raleo manual	Jornal	17,15	3,22 <sup>y</sup>	55,22
Mano de obra del tractorista para realizar el raleo químico	jornal	0,20	2,50 <sup>y</sup>	0,50
Mano de obra del tractorista para trasladar escaleras para el raleo manual	Jornales	0,125	2,50 <sup>y</sup>	0,31
Mano de obra del tractorista para trasladar escaleras para la poda	jornal	0,125	2,50 <sup>y</sup>	0,31
Combustible para el traslado de escaleras para la poda	Litros	6,00	42,90 <sup>x</sup>	257,40
Combustible para el traslado de escaleras para el raleo manual	Litros	6,00	42,90 <sup>x</sup>	257,40
Combustible utilizado en el raleo químico	Litros	9,60	42,90 <sup>x</sup>	411,84
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>1040,94</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Control de heladas primaverales: En la Tabla 2.28 se observan los requerimientos energéticos utilizados en el control de heladas. El control de heladas se hace por microaspersión accionado por una bomba que utiliza gas oil con un gasto de 5l/hora. Por temporada se realizaron 4 controles de heladas de 10 horas cada uno, la bomba está dimensionada para abarcar 4.79has. Con lo cual el gasto de combustible asciende a 42l/ha.

Tabla 2.28: Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar el control de heladas primaverales para una hectárea manzanos Red Delicious Chañar 28.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra empleada en el control de heladas	Jornal	1,04	2,50 <sup>y</sup>	2,60
Combustible tracto bomba para control de heladas	Litros	42,00	42,90 <sup>x</sup>	1801,80
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>1804,40</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Manejo de herbáceas: En los interfilares se cortan las herbáceas espontáneas con el uso de una desbrozadora traccionada por un tractor lo que utiliza mano de obra débil del tractorista realizando 3 cortes por temporada y en las líneas de plantación de frutales se aplica como herbicida Glifosato 66%, 4l por hectárea 3 veces por temporada (Tabla 2.29).

Tabla 2.29. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el mantenimiento de los interfilares y filas de plantación de una hectárea de manzanos con manejo convencional

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra empleada en el uso de la desbrozadora tractorista	Jornal	0,525	2,50 <sup>y</sup>	1,31
Mano de obra empleada en la aplicación de herbicidas para el tractorista	jornal	0,75	2,50 <sup>y</sup>	1,87
Mano de obra empleada en la aplicación de herbicidas operarios ayudantes	Jornales	1,20	3,22 <sup>y</sup>	3,86
Combustible para la aplicación de herbicidas	Litros	36,00	42,90 <sup>x</sup>	1544,40
Combustible para la utilización de la desbrozadora	Litros	25,20	42,90 <sup>x</sup>	1081,08
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>2632,52</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

**Cosecha:** La cosecha es manual, la fruta se coloca en bines y luego se utiliza el tractor para trasladar los mismos al centro de acopio del establecimiento. Se cosecharon 49154,35 kg netos por hectárea, con un rendimiento bruto de 51741,42 kg /ha y un descarte del 5%.

La cosecha se realiza en pasadas de acuerdo con la madurez de la fruta (firmeza de pulpa y color). Se tarda un día completo por cada pasada por hectárea realizando 3 pasadas. La cuadrilla de cosecha está constituida por 15 operarios, más un tractorista y un capataz que realiza las tareas de control de calidad. El consumo de combustible para la cosecha es importante por el tiempo que demandó y el movimiento del tractor para el traslado de los bines, materiales, escaleras y operarios. En la Tabla 2.30 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo la cosecha.

Tabla 2.30. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la cosecha de manzanos Red Delicious Chañar 28

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de cosecha	jornal	45,00	3,22 <sup>y</sup>	144,90
Mano de obra de un capataz	jornal	3,00	2,50 <sup>y</sup>	7,50
Mano de obra del tractorista que moviliza el producto cosechado y materiales	jornal	3,00	2,50 <sup>y</sup>	7,50
Combustible utilizado en la cosecha	litros	144,00	42,90 <sup>x</sup>	6177,60
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>6337,50</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al., (2014).

La Tabla 2.31 clasifica la mano de obra relacionándola al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada. La mano de obra con alta duración e intensidad denominada “fuerte” equivale a 96,28 kcal/hora y la “débil” 64,28 Kcal/hora, lo que expresado en MJ es 3,22 MJ/Jornal y 2,50 MJ/Jornal respectivamente (Campos y Naredo, 1980)

Tabla 2.31. Clasificación de mano de obra en MJ/jornal, aplicada a la producción frutícola, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada<sup>z</sup>.

Concepto	Tipo de Mano de Obra	
	Débil (2,50 MJ/jornal)	Fuerte (3,22 MJ/jornal)
Mano de obra de aplicación de dispensers con feromona	X	
Mano de obra de colocación de trampas para carpocapsa	X	
Mano de obra para lectura de trampas para carpocapsa	X	
Mano de obra de aplicación de fertilizantes al suelo y foliares	X	
Mano de obra para el riego	X	
Mano de obra para limpieza y acondicionamiento de acequias		X
Mano de obra para la poda		X
Mano de obra para el raleo manual		X
Mano de obra para el raleo químico	X	
Mano de obra control de heladas	X	
Mano de obra aplicación de fitosanitarios	X	
Mano de obra para la aplicación de herbicidas con mochila		X
Mano de obra uso de la desbrozadora para corte de herbáceas	X	
Mano de obra de cosecha		X
Mano de obra tractorista y control de calidad cosecha	X	

<sup>z</sup> Elaboración propia basada en Campos y Naredo (1980).

El consumo de energía indirecto estuvo representado por la energía incurrida en la fabricación del equipo de aplicación (tractor y pulverizadora) que son los implementos utilizados en forma intensiva durante todo el año en las chacras del alto Valle y de mayor peso (Tabla 2.32). También se consideraron los costos energéticos derivados de la producción de los distintos principios activos utilizados en la unidad productiva (fertilizantes, productos fitosanitarios y herbicidas) (Tabla 2.33).

Tabla 2.32. Valor de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) del tractor y la pulverizadora aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28.

Maquinaria	Peso (P) (kg)	Energía por unidad de masa (EU) (MJ/kg)	Vida útil del equipo (VU) (h)	Energía indirecta (EI) <sup>w</sup> (MJ/h)	EI (MJ/h)/28 has	Horas de uso (ha/año)	EI (MJ/ha)
Tractor	2600 <sup>z</sup>	109,00 <sup>y</sup>	10000 <sup>x</sup>	28,34	1,01	58,00	58,58
Pulverizadora	780 <sup>z</sup>	62,30 <sup>y</sup>	3000 <sup>x</sup>	16,19	0,58	20,52	11,90
<b>TOTAL EI (MJ/ha)</b>							<b>70,48</b>

<sup>z</sup> Manual del tractor y Manual de la pulverizadora. <sup>y</sup> Fluck (1992). <sup>x</sup> Quintana y Solari (1979).

<sup>w</sup> EI= (P x EU)/ VU. Energía indirecta (MJ/hora)= Peso del equipo (Kg) \* Energía por unidad de masa (MJ/Kg) / vida útil del equipo (horas)

El total de energía indirecta para producir una hectárea de manzanos cv Red Delicious con manejo convencional es de 67339,03 (Tabla 2.33) considerando los fertilizantes, insecticidas y herbicidas utilizados y el equipo de aplicación (tractor y pulverizadora. El uso de insecticidas fue el que mayor energía consumió (57350,25 MJ/ha).

Tabla 2.33. Valor total de energía cultural industrial indirecta EI (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28

Concepto	Total EI (MJ/ha) <sup>z</sup>
Fertilizantes	4518,30
Insecticidas	57350,25
Herbicida	5400,00
Tractor y pulverizadora <sup>y</sup>	70,48
<b>TOTAL EI (MJ/ha)</b>	<b>67339,03</b>

<sup>z</sup> Ver tabla en el anexo con los cálculos parciales. Los costos energéticos de fertilizantes y herbicidas por unidad utilizada se calcularon en base a datos de Hernández et al (1995) y los costos por unidad de Insecticidas utilizados en base a Pimentel et al (1990). <sup>y</sup>Tabla 2.32.

En la tabla 2.34 se pueden observar los valores de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada para la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional en cada tarea cultural con un total de 328,63 y 17652,06 MJ/ha respectivamente.

El sistema de producción bajo estudio tuvo un ingreso total de energía directa de 17980,69 MJ/ha, de los cuales el 98,17% correspondió a energías provenientes de recursos no renovables y el 1,83% restante a las derivadas de recursos renovables (Tabla 2.34). Estos resultados reflejan la alta dependencia de consumo energético de origen no renovable que presentó la producción de manzanas con manejo convencional, donde los principales puntos de consumo energético en la etapa de producción a campo se concentran en el combustible utilizado para la realización de la cosecha, el manejo de plagas y de herbáceas.

El 1.83% representa la energía biológica cultural, corresponde principalmente a la mano de obra empleada en la cosecha, poda y raleo de frutos.

Tabla 2.34. Valor de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada en la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28

Labores Culturales	Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial directa (MJ/ha)	Sub-Total (MJ/ha)
Fertilización al Suelo	2,00	339,34	341,34
Fertilización Foliar	1,23	1019,30	1020,53
Manejo de Plagas	7,00	3861,00	3868,00
Riego	34,56	900,90	935,46
Poda y Raleo	114,30	926,64	1040,94
Control de heladas primaverales	2,60	1801,80	1804,40
Manejo de herbáceas	7,04	2625,48	2632,52
Cosecha	159,90	6177,60	6337,50
<b>TOTAL (MJ/ha)</b>	<b>328,63</b>	<b>17652,06</b>	<b>17980,69</b>
<b>TOTAL (%)</b>	<b>1.83</b>	<b>98,17</b>	<b>100,00</b>

El valor total de la energía ingresada al sistema de producción de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 del establecimiento convencional Pecini fue de 85319,72 MJ/ha lo que incluye la energía biológica cultural y energía

cultural industrial directa e indirecta (Tabla 2.35). Del total de energía cultural industrial (84991,04) el 79,21 corresponde a la energía indirecta y el 20,79 a la energía directa.

Tabla 2.35: Valor de energía total (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28.

Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial (MJ/ha)		Energía total ingresada al sistema (MJ/ha)
	Energía directa	Energía indirecta	
328,63	17652,06	67339,03	85319,72

En la tabla 2.36 se presentan los valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta obtenidos por el agroecosistema evaluado, los cuales fueron de 1,55; 1,73 MJ/kg y 46413,93 MJ/ha respectivamente.

Tabla 2.36. Valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción obtenida a partir de una hectárea de manzanos Red Delicious Chañar 28

<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	<b>ENERGÍA ESPECÍFICA</b>	<b>ENERGÍA NETA</b>
2,68 MJ/Kg (energía extraída)	85319,72 (MJ/ha)	131733,65 (MJ/ha) –
1,73 MJ/Kg (energía ingresada)	49154,35 (Kg/ha)	85319,72(MJ/ha)
<b>1.55</b>	<b>1,73 MJ/Kg</b>	<b>46413,93</b>

En la hectárea de análisis ingresaron 85319,72MJ/ha, con un rendimiento de 49154,35 kg netos de manzanas, con lo cual la energía ingresada por kilo de fruta fue de 1.73 MJ/kg (energía específica), lo que da una eficiencia energética de 1,55 (Tabla 2.36).

La energía extraída del sistema asciende a 131733,65MJ/ha (49154,35 kg netos cosechados x 2.68 MJ/ha que es la energía de la pulpa fresca de manzana). Al restar la energía ingresada (85319,72 MJ/ha) se obtuvo un valor de 46413,93 MJ/ha de energía Neta.

La distribución porcentual de energía industrial y cultural biológica aportada a las distintas actividades realizadas en el establecimiento productivo por hectárea de manzana Red Delicious cv. Top Red se observa en la Figura 2.10. Las actividades que tuvieron en proporción un mayor aporte de energía cultural industrial directa fueron la fertilización al suelo y foliar, el manejo de plagas, control de heladas primaverales tardías, control de herbáceas y cosecha. La poda y el raleo fueron las actividades que en proporción insumieron mayor cantidad de energía biológica cultural. Estos valores muestran que las actividades más exigentes, en cuanto a subsidios energéticos se refiere, son aquellas que insumen energías de fuentes no renovables tal como son los combustibles fósiles (gas oíl) y la electricidad.

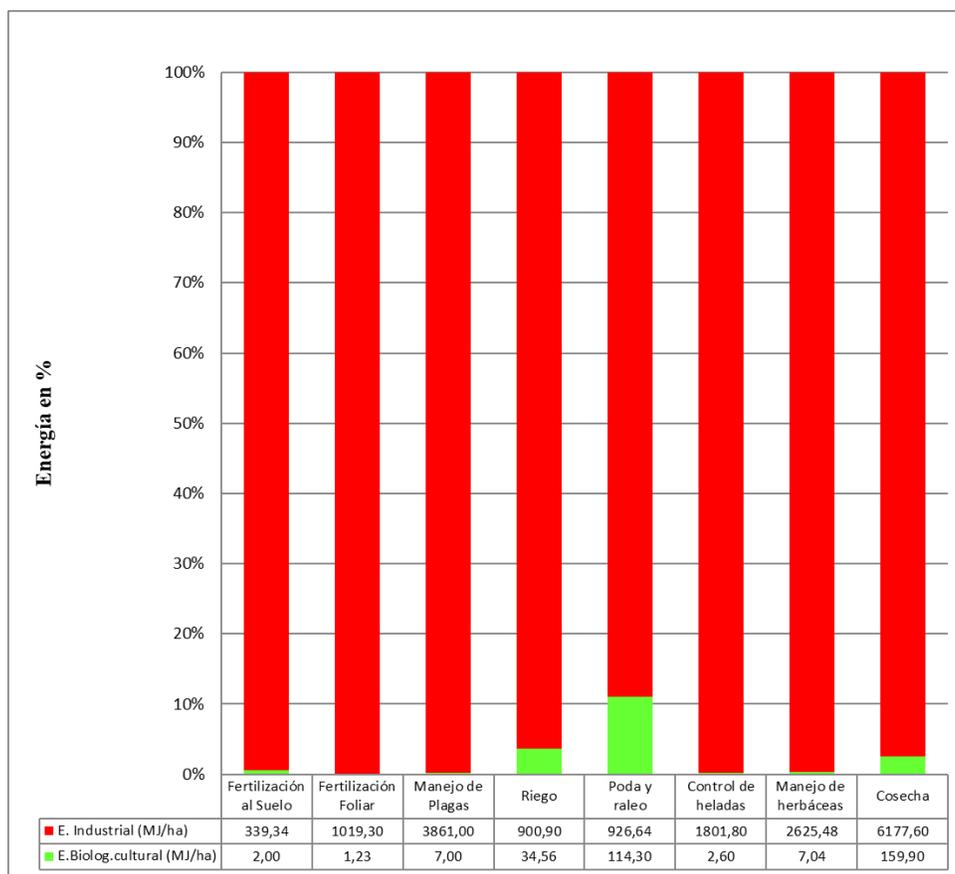


Figura 2.10: Energía cultural industrial y biológica cultural (%), aportada a las distintas actividades realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional.

Las labores que mayor cantidad de combustible fósil insumieron fueron la cosecha con 144l/ha, la aplicación de productos fitosanitarios con 90,00l/ha y el manejo de herbáceas (61,20l/ha) con un total de 411,47l/ha para el manejo convencional de manzanos (Tabla 2.37). En el caso de la cosecha, aunque se realiza manualmente, se debe disponer de un tractor durante toda la tarea que traslade los bins con fruta, lo que insume una importante cantidad de combustible fósil.

Tabla 2.37. Discriminación por labor cultural del uso de combustible fósil para llevar a cabo una hectárea de producción de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional.

Labor cultural	Subtotal (litros)
Fertilización al suelo	7,91
Aplicación de fertilizantes foliares	23,76
Aplicación de productos fitosanitarios	90,00
Traslado de herramientas para realizar la poda y el raleo. Aplicación de raleadores químicos	21,60
Bomba de riego	21,00
Control de heladas	42,00
Manejo de herbáceas	61,20
Realización de la cosecha	144,00
<b>TOTAL (litros)</b>	<b>411,47</b>

En la Figura 2.11 se observan las labores culturales que implicaron un mayor ingreso de energía directa; 35% corresponde a las tareas de cosecha, 21.9% al manejo de plagas, 14,9% manejo de herbáceas y 10,2% control de heladas primaverales. El porcentaje restante corresponde al resto de las tareas.

La cosecha y la aplicación de fitosanitarios implicaron mayores ingresos energéticos directos por el gasto de combustible fósil que significa las horas en que el tractor está en marcha siendo estos dos puntos críticos en el ingreso de subsidios energéticos directos para el manejo convencional de la producción de manzanos Red Delicious. Hay que también considerar que los rendimientos en este caso fueron mayores que en la chacra La Antigua.

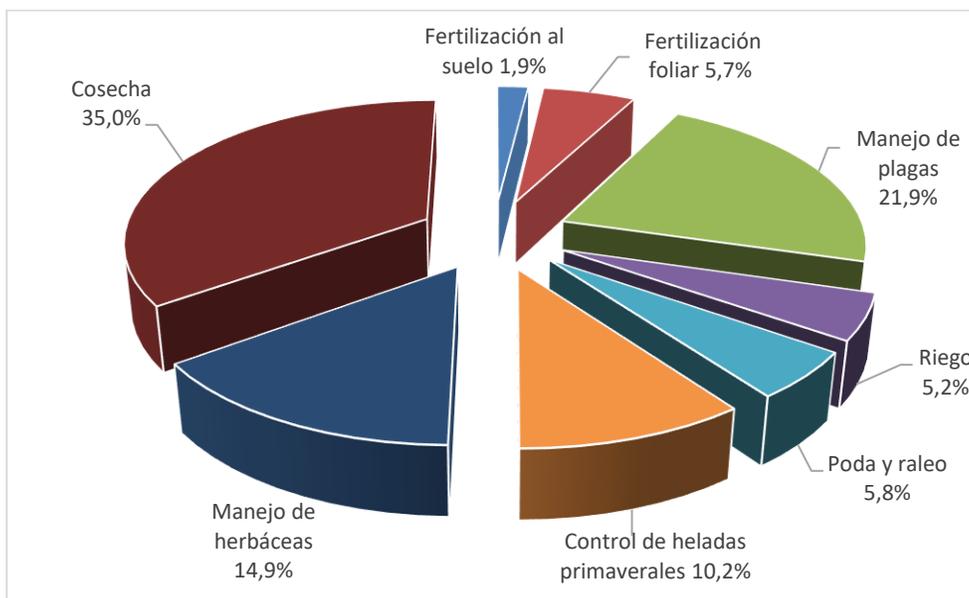


Figura 2.11. Distribución de los subsidios energéticos (%) aportado a las distintas actividades realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional

En la Tabla 2.38 se clasifican las labores culturales según la época del año. La mayor cantidad de labores se realizan en la primavera y el verano. Hay labores muy específicas como el raleo químico y manual que debe realizarse durante la primavera y la poda en el invierno. El manejo de plagas con la aplicación de fitosanitarios comienza durante la época invernal con la aplicación de aceites y polisulfuro y continúa durante toda la estación de crecimiento de los frutales utilizando insecticidas para la plaga clave y plagas secundarias. Las aplicaciones de herbicidas se realizan durante la primavera y el verano.

Tabla 2.38. Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional<sup>z</sup>.

Labor Cultural	Época invernal	Época primaveral	Época estival
Fertilización al suelo	x		
Fertilización foliar		x	
Manejo de plagas	x	x	x
Riego		x	x
Poda	x		
Raleo químico y manual		x	
Control de heladas tardías primaverales		x	
Manejo de herbáceas		x	x
Cosecha			x

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

El valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola se muestra en la tabla 2.39 con un total de 1306,25 kg.CO<sub>2</sub>eq/ha en la unidad productiva Pecini de producción de manzanos con manejo convencional.

Tabla 2.39. Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola para una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional

Labores culturales	Energía cultural industrial directa (MJ/ha)	Factor de Emisión Kg.CO <sub>2</sub> eq. /MJ <sup>z</sup>	Sub-total (kg.CO <sub>2</sub> eq./ha)
Fertilización al suelo	339,34	0,074	25,11
Fertilización foliar	1019,30	0,074	75,43
Manejo de plagas	3861,00	0,074	285,71
Riego <sup>y</sup>	900,90	0,074	66,67
Poda	926,64	0,074	68,57
Control de heladas primaverales <sup>y</sup>	1801,80	0,074	133,33
Manejo de herbáceas	2625,48	0,074	194,29
Cosecha	6177,60	0,074	457,14
<b>TOTAL (Kg.CO<sub>2</sub>eq./ha)</b>	<b>17652,06</b>		<b>1306,25</b>

<sup>z</sup> Frank et al. (2014). <sup>y</sup>La bomba funciona a gas oil

Las labores de cosecha (35,0%), el manejo de plagas (21,9%), manejo de herbáceas (14,9%) y el control de heladas (10,2%) fueron las tareas que mayor emisión de GEI generaron (Figura 2.12). En el caso de la cosecha, a pesar de ser una de las actividades que mayor energía biológica cultural insume (159,90 MJ/ha) (Tabla 2.34), es también la que necesita de mayor apoyo del tractor para el traslado de los bins con frutos debido a los rendimientos obtenidos y esto determina un gasto elevado de combustible fósil. La aplicación de insecticidas es una actividad que se realiza durante toda la temporada lo que también implica emisión de GEIs debido a la utilización del tractor y la pulverizadora.

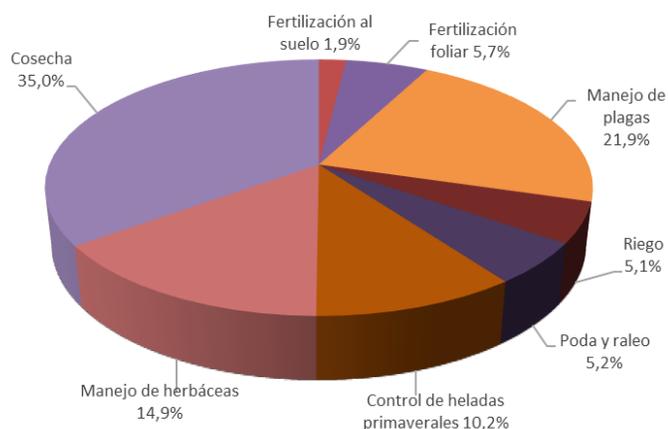


Figura 2.12. Emisión de gases de efecto invernadero (%) generados por cada labor agrícola realizada en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo convencional

Durante la primavera (26%) y el verano (70%) es cuando se registran las mayores emisiones de GEI coincidiendo con la mayor cantidad de labores culturales que hacen uso de combustible fósil (Figura 2.13)

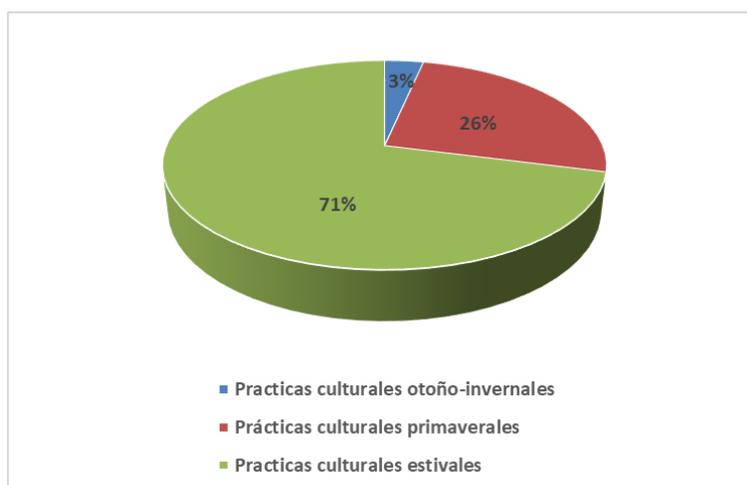


Figura 2.13. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de manzanos Red Delicious cv. Chañar 28 con manejo orgánico

El valor de la huella de carbono para un kilo de manzanas Red Delicious cv. Chañar 28 producida con un manejo convencional fue de 0,026 Kg.CO<sub>2</sub> eq./Kg. Manzana (Tabla 2.40).

Tabla 2.40. Valor de la huella de carbono por kilo de manzana Red Delicious cv. Chañar 28 producida en un establecimiento convencional

EMISIÓN TOTAL (Kg.CO <sub>2</sub> eq./ha)	KILOS (Kg. Manzana)	EMISIÓN/KILO (Kg.CO <sub>2</sub> eq./Kg. Manzana)
1306,25	49154,35 kg	0,026

## Unidad productiva “Chacra 168”

A continuación, se detallan las labores culturales llevadas a cabo en una hectárea de perales cv Williams con manejo orgánico del establecimiento frutícola “Chacra 168” durante las temporadas en estudio registradas en el cuaderno de campo<sup>8</sup> y los correspondientes requerimientos energéticos calculados para cada una:

Fertilización al suelo: una sola vez durante la temporada productiva a razón de 1000kg por hectárea de Bio-Organutsa (Mezcla física de estiércoles tratados con harina de sangre de roca fosfórica y ceniza de cáscara de girasol). Este trabajo se considera de baja intensidad con lo cual el factor de conversión es de 2.50. Se emplea mano de obra del tractorista y dos ayudantes que distribuyen el compuesto (Tabla 2.41).

Tabla 2.41. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para aplicar 1 tonelada de fertilizante orgánico por hectárea en cultivo de perales cv Williams con manejo orgánico.

Concepto	Unidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de aplicación ayudantes (jornales)	0,50	2,50 <sup>y</sup>	1,25
Mano de obra del tractorista (jornales)	0,25	2,50 <sup>y</sup>	0,62
Combustible utilizado en la aplicación (litros)	10,00	42,90 <sup>x</sup>	429,00
<b>Total Energético (MJ)</b>			<b>430,87</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Fertilización foliar: 3 veces durante la temporada productiva, con un consumo total de 15 litros de combustible tipo gas oíl. Se aplican micronutrientes, Aminoquelant-Ca 4l/ha, MYR Boro y Zinc 1 l/ha. Este trabajo se considera de baja intensidad con lo cual el factor de conversión es de 2.50 (Tabla 2.42)

Tabla 2.42. Requerimientos energéticos (MJ/ha) de los tratamientos foliares en cultivos de perales cv Williams con manejo orgánico

Concepto	Cantidad	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de aplicación de fertilizantes foliares (Jornal)	0,30 <sup>z</sup>	2,50 <sup>y</sup>	7,50
Combustible utilizado en la aplicación de fertilizantes foliares (Litros)	15,00 <sup>z</sup>	42,90 <sup>x</sup>	643,50
<b>Total Energético (MJ)</b>			<b>651,00</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Manejo de plagas: Durante el ciclo de producción se utilizaron trampas para monitoreo de plagas y dispensers (difusores de feromonas de confusión sexual) para el control de carpocapsa y grafolita. Se realizaron 11 aplicaciones totales de productos fitosanitarios, con un consumo total de combustible de 55 litros. Este trabajo se considera de baja intensidad con lo cual el factor de conversión es de 2.50. Para la aplicación de los productos fitosanitarios se utiliza una pulverizadora Jacto Arbus accionada por el tractor (Tabla 2.43).

<sup>8</sup> El cuaderno de campo es un registro manual de las operaciones culturales realizadas en el establecimiento durante un ciclo productivo. Es una herramienta que le permite al productor contar con toda la información de manera ordenada y sistematizada (Menedin y La Torraca, 2004).

Tabla 2.43. Requerimientos energéticos (MJ/ha) del manejo integrado de plagas en un cultivo orgánico de perales cv Williams

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de aplicación de dispensers con feromona para carpocapsa	Jornal	0,50	2,50 <sup>y</sup>	1,25
Mano de obra de colocación de trampas para carpocapsa	Jornal	0,05	2,50 <sup>y</sup>	0,12
Mano de obra para lectura de trampas para carpocapsa	Jornal	0,50	2,50 <sup>y</sup>	1,25
Mano de obra de aplicación del virus de la granulosis	Jornal	1,25	2,50 <sup>y</sup>	3,12
Mano de obra aplicación aceite	Jornal	0,12	2,50 <sup>y</sup>	0,30
Combustible utilizado en la aplicación de productos fitosanitarios	Litros	55,00	42,90 <sup>x</sup>	2359,50
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>2365,54</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Riego: mecanizado, con microaspersores accionados por una bomba centrífuga con un consumo de 8 Kwh. La frecuencia de riego al comienzo de la temporada es de 2 horas cada 4 días y luego, cerca de la cosecha, es de 2 horas cada 2 días. El total de horas de riego es de 60 horas por temporada. Este trabajo se considera de baja intensidad con lo cual el factor de conversión es de 2.50 (Tabla 2.44).

Tabla 2.44. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para regar una hectárea de perales cvs Williams con manejo orgánico

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra empleada en el riego y mantenimiento del equipo de riego	Jornal	7,50	2,50 <sup>y</sup>	18,75
Energía eléctrica utilizada en el riego mecanizado	KWh	480,00	3,60 <sup>x</sup>	1728,00
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>1746,75</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980) <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Poda manual y mecánica: la poda manual tiene un rendimiento de 2 filas por jornal. Cada fila es de 100 metros de largo. Esta labor es complementada con una poda mecánica con un rendimiento de 20 filas por jornal y consumo de combustible de 4 litros por hora con dos operarios que se establecen en distintos niveles de la plataforma. La poda manual es un trabajo de alta intensidad por eso se considera mano de obra “fuerte” con un factor de conversión de 3,22 y la poda mecánica es de baja intensidad con lo cual el factor de conversión es de 2.50 (Tabla 2.45).

Tabla 2.45. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la poda por hectárea en cultivo de perales cv. Williams con manejo orgánico.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra para la poda manual	Jornal	12,00	3,22 <sup>y</sup>	38,64
Mano de obra utilizada en el traslado de las herramientas para realizar las labores de poda	Jornal	0,12	2,50 <sup>y</sup>	0,30
Mano de obra para la poda mecanizada	Jornal	1,20	2,50 <sup>y</sup>	3,00
Combustible utilizado en el traslado de las herramientas para realizar las labores de poda	Litros	4,00	42,90 <sup>x</sup>	171,60
Combustible utilizado en la poda mecanizada	Litros	38,40	42,90 <sup>x</sup>	1647,36
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>1860,90</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Control de heladas primaverales: se realizó mediante un sistema de aspersores que funcionan con una bomba a gas oíl de 5l/h. En términos productivos, dichas heladas son las de mayor importancia en la zona de estudio. Durante la temporada analizada ocurrieron 5 noches de bajas temperaturas que justificaron el uso de los aspersores durante un total de 30 horas. Este trabajo se considera de baja intensidad con lo cual el factor de conversión es de 2.50 (Tabla 2.46).

Tabla 2.46. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar el control de heladas primaverales para una hectárea de cultivo de perales cv. Williams con manejo orgánico.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra empleada en el control de heladas	Jornal	3,75	2,50 <sup>y</sup>	9,38
Combustible utilizado en el control de heladas	Litros	150,00	42,90 <sup>x</sup>	6435,00
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>6444,38</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Manejo de herbáceas: En esta unidad productiva se trata de mantener la cubierta vegetal de los interfilares para incrementar la diversidad y el refugio de enemigos naturales, con lo cual se realiza un corte de herbáceas con desbrozadora y se deja este corte en el lugar, el uso de la desbrozadora se considera de baja intensidad lo que constituye mano de obra débil correspondiente al trabajo del tractorista (Tabla 2.47).

Tabla 2.47. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el mantenimiento de los interfilares de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra empleada en el uso de la desbrozadora	jornal	0,125	2,50 <sup>y</sup>	0,31
Combustible utilizado en el uso de la desbrozadora	Litros	5,00	42,90 <sup>x</sup>	214,50
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>214,81</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Cosecha: se realiza manualmente con operarios que recogen la fruta colcándola en recolectores (debido a la intensidad de la tarea se considera mano de obra “fuerte”), luego el recolector se vacía en bines que se encuentran en los interfilares. En esta tarea se utilizan escaleras para llegar a todos los sectores de la planta, con lo cual el operario debe bajar, subir y trasladar la escalera durante toda la jornada de trabajo. Cuando los bines del interfilare se completan con fruta, el tractor los recoge y los lleva a la playa de estiba donde después son cargados y salen del establecimiento hacia el empaque. La pera se cosecha “en pasadas”, cuando la fruta alcanza el tamaño y la madurez adecuada se realiza una primera pasada dejando los frutos que todavía no tienen el tamaño adecuado y luego se ingresa nuevamente (también teniendo en cuenta el estado de madurez) cosechando lo restante. El rendimiento de la temporada analizada fue de 31500kilos/ha con un 5% de descarte lo que da 30.000 kilos netos por hectárea. La cuadrilla estaba constituida por 9 personas más el tractorista y el capataz que realiza el control de calidad. El total de combustible utilizado en la actividad es de 100 litros de gas oíl. Las tareas del tractorista y encargado de control de calidad se consideran mano de obra “débil” por su baja intensidad (Tabla 2.48).

Tabla 2.48. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la cosecha de peras cv. Williams con manejo orgánico.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/ unidad	<b>Sub-total (MJ/ha)</b>
Mano de obra de cosecha	Jornal	18,00	3,22 <sup>y</sup>	57,96
Mano de obra del tractorista que moviliza el producto cosechado y los materiales de cosecha	Jornal	2,00	2,50 <sup>y</sup>	5,00
Mano de obra del responsable de control de calidad en campo	jornal	2,00	2,50 <sup>y</sup>	5,00
Combustible utilizado en la cosecha	Litros	80,00	42,90 <sup>x</sup>	3432,00
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>3499,96</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

La tabla 2.49 muestra la clasificación de la mano de obra débil y fuerte aplicada a la producción de perales con manejo orgánico, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en el establecimiento analizado.

Tabla 2.49. Clasificación de mano de obra en MJ/jornal, aplicada a la producción de perales cv Williams con manejo orgánico, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en el establecimiento analizado<sup>z</sup>.

Concepto	Tipo de Mano de Obra	
	Débil (2,50 MJ/jornal)	Fuerte (3,22 MJ/jornal)
Mano de obra de colocación de dispensers con feromona	X	
Mano de obra de colocación de trampas para carpocapsa	X	
Mano de obra para lectura de trampas para carpocapsa	X	
Mano de obra de aplicación de fertilizante al suelo	X	
Mano de obra de aplicación de fertilizante foliar	X	
Mano de obra control de heladas	X	
Mano de obra utilizada en el riego	X	
Mano de obra para la poda manual		X
Mano de obra para la poda mecanizada	X	
Mano de obra para el mantenimiento de los interfilares	X	
Mano de obra de aplicación productos para el manejo de plagas	X	
Mano de obra del tractorista y control de calidad en la cosecha	X	
Mano de obra de cosecha		X

<sup>z</sup> Elaboración propia basada en Campos y Naredo (1980).

El consumo de energía indirecto (EI) estuvo representado por la energía incurrida en la fabricación del equipo de aplicación (tractor y pulverizadora) que son los implementos utilizados en forma intensiva durante todo el año en las chacras del Alto Valle y de mayor peso, en la tabla 2.50 se observa que el valor de la EI del equipo de aplicación ascendió a 71,37 MJ/ha. También se consideraron los costos energéticos derivados de la producción de los distintos principios activos utilizados en la unidad productiva (Tabla 2.51).

Tabla 2.50. Valor de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) aportada por el tractor y la pulverizadora a la producción de perales cv Williams con manejo orgánico.

Maquinaria	Peso (P) (kg)	Energía por unidad de masa de masa (EU) (MJ/kg)	Vida útil del equipo (VU) (h)	Energía indirecta <sup>w</sup> (EI) (MJ/h)	EI (MJ/h)/ 20 ha	Horas de uso	Sub-total de EI/ha (MJ/ha)
Tractor	2600 <sup>z</sup>	109,00 <sup>y</sup>	10000 <sup>x</sup>	28,34	1,42	39,36	55,89
Pulverizadora	780 <sup>z</sup>	62,30 <sup>y</sup>	3000 <sup>x</sup>	16,19	0,80	19,36	15,48
<b>TOTAL EI (MJ/ha)</b>							<b>71,37</b>

<sup>z</sup> Manual del tractor y Manual de la pulverizadora. <sup>y</sup> Fluck (1992). <sup>x</sup> Quintana y Solari (1979).

<sup>w</sup> EI= (P x EU)/ VU. Energía indirecta (MJ/hora)= Peso del equipo (Kg) \* Energía por unidad de masa (MJ/Kg) / vida útil del equipo (horas)

La energía indirecta total para la producción de una hectárea de perales Williams con manejo orgánico certificado fue de 30512,37 MJ/ha (Tabla 2.51).

Tabla 2.51. Valor total de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.

Concepto	Total EI (MJ/ha) <sup>z</sup>
Fertilizantes (permitidos por la agricultura orgánica certificada)	3816,00
Manejo de plagas con productos permitidos en la agricultura orgánica y biodinámicas certificadas	26625,00
Herbicidas	No aplica
Tractor y pulverizadora <sup>y</sup>	71,37
<b>TOTAL EI (MJ/ha)</b>	<b>30512,37</b>

<sup>z</sup> Ver tabla en el anexo con los cálculos parciales. Los costos energéticos de fertilizantes y herbicidas por unidad utilizada se calcularon en base a datos de Hernández et al (1995) y los costos por unidad de Insecticidas utilizados en base a Pimentel et al (1990). <sup>y</sup>Tabla 2.50

En el sistema de producción estudiado se utilizaron 153,75 MJ/ha de energía biológica cultural y 17060,46 MJ/ha de energía industrial directa, equivalentes a 0,89 y 99,11% respectivamente, esto dio un total de 17214,21MJ/ha (Tabla 2.52).

Tabla 2.52. Valor de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada en la producción de una hectárea de perales cv Williams con manejo orgánico.

Labores Culturales	Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial directa (MJ/ha)	Energía total de cada labor cultural (MJ/ha)
Fertilización al Suelo	1,87	429,00	430,87
Fertilización Foliar	7,50	643,50	651,00
Manejo de Plagas	6,04	2359,50	2365,54
Riego	18,75	1728,00	1746,75
Poda manual y mecánica	41,94	1818,96	1860,90
Control de heladas primaverales	9,38	6435,00	6444,38
Manejo de herbáceas	0,31	214,50	214,81
Cosecha	67,96	3432,00	3499,96
<b>TOTAL (MJ/ha)</b>	<b>153,75</b>	<b>17060,46</b>	<b>17214,21</b>
<b>TOTAL (%)</b>	<b>0,89</b>	<b>99,11</b>	<b>100,00</b>

El valor total de la energía ingresada al sistema de producción de peras Williams con manejo orgánico del establecimiento Chacra 168 fue de 47726,58 MJ/ha lo que incluye la energía biológica cultural y energía cultural industrial directa e indirecta (Tabla 2.53). Del total de energía cultural industrial (47572,83) el 64,14 corresponde a la energía indirecta y el 35,86 a la energía directa.

Tabla 2.53. Valor de energía total (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.

Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial (MJ/ha)		Energía total ingresada al sistema (MJ/ha)
	Energía directa	Energía indirecta	
153,75	17060,46	30512,37	47726,58

En la tabla 2.54 se muestran los valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta obtenidos en el agroecosistema evaluado, los cuales fueron 1,84 y 1,59 MJ/kg y 40173,42 MJ/ha respectivamente.

Tabla 2.54. Valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción obtenida a partir de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.

<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b> 2,93 MJ/Kg (energía extraída) 1,59 MJ/Kg (energía ingresada)	<b>ENERGÍA ESPECÍFICA</b> 49229,96 (MJ/ha) 30000(Kg/ha)	<b>ENERGÍA NETA</b> 87900 (MJ/ha) – 47726,58 (MJ/ha)
<b>1,84</b>	<b>1,59</b>	<b>40173,42</b>

La energía extraída contenida en un kilo de pera fresca es de 2,93 MJ/Kg, al haberse cosechado 30000 kilos netos/ha, la energía extraída de la hectárea asciende a 87900MJ/ha. De acuerdo a lo calculado, para obtener 30000kilos es necesario ingresar 47726,58 MJ/ha, lo que significa 1,59 MJ/KG de energía específica. Obteniendo entonces una eficiencia energética de 1,84 (Tabla 2.54). En cuanto a la diferencia energía extraída (87900 MJ/ha), energía ingresada (47726,58 MJ/ha), se obtiene un valor de 40173,42 de energía neta.

La distribución porcentual de energía industrial y cultural biológica aportada a las distintas actividades realizadas en el establecimiento productivo por hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico se observa en la figura 2.14. Todas las actividades realizadas tuvieron un gran porcentaje de energía cultural industrial directa aportada. La cosecha y la poda manual fueron las actividades que en proporción insumieron mayor cantidad de energía biológica cultural. Con lo cual la utilización de combustibles fósiles cumple un rol relevante en todas las actividades.

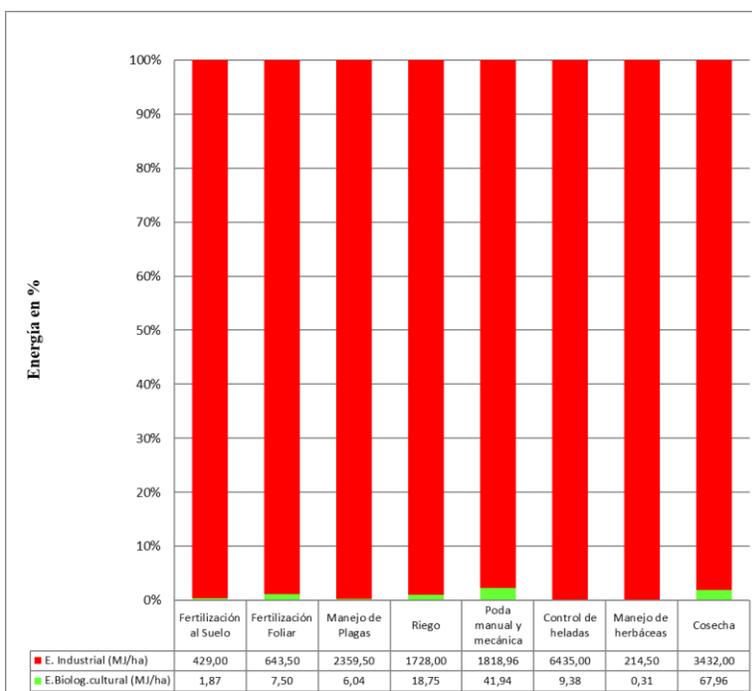


Figura 2.14. Energía cultural industrial y biológica cultural (%), aportada a las distintas actividades realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.

En esta unidad productiva se utilizó un total de 357,4l/ha de combustible fósil. Para el control de heladas primaverales tardías se consumieron 150 l/ha debido al uso de una bomba a gas oil, siendo esta la actividad que más combustible insumió seguida de la cosecha con 80l/ha, la aplicación de fitosanitarios con 55l/ha y la poda mecanizada con un total de 42,4l/ha (Tabla 2.55).

Tabla 2.55. Discriminación por labor cultural del uso de combustible fósil para llevar a cabo la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico

Labor cultural	Subtotal (litros/ha)
Fertilización al suelo	10,00
Aplicación de fertilizantes foliares	15,00
Aplicación de productos fitosanitarios	55,00
Traslado de herramientas para realizar la poda manual y poda mecanizada	42,40
Control de heladas	150,00
Riego	0,00
Manejo de herbáceas	5,00
Realización de la cosecha	80,00
<b>TOTAL (litros/ha)</b>	<b>357,4</b>

Del total de subsidios energéticos directos que ingresan al huerto analizado (Figura 2.15), el 37,4% corresponde al control de heladas primaverales, el 20,3% a las labores de cosecha y el 13,7% al manejo de plagas. El 28,6% restante corresponde al resto de las actividades desarrolladas en la unidad productiva con manejo orgánico.

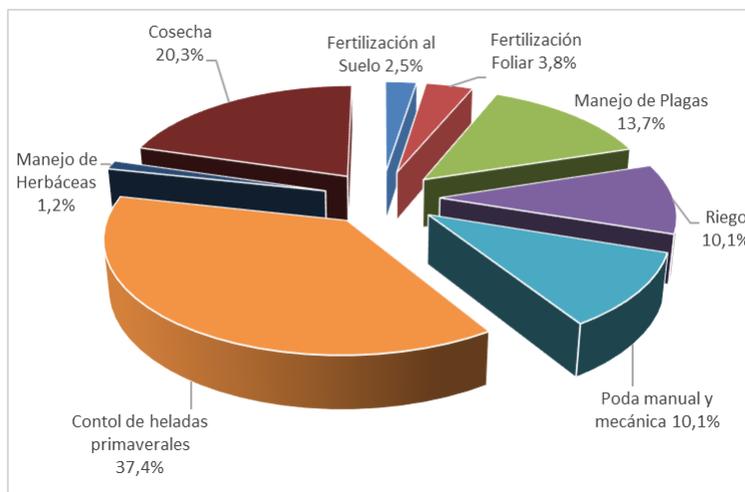


Figura 2.15. Valores energéticos (%) aportados por las diferentes actividades realizadas en la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.

En la Tabla 2.56 se clasifican las labores culturales según la época del año. La mayor cantidad de labores se realizan en la primavera y el verano. Hay labores muy específicas como la poda manual y mecánica y la fertilización al suelo que deben realizarse en el invierno. En esta chacra no se realiza raleo manual. El manejo de plagas comienza con aplicaciones de productos preventivos y monitoreo de las mismas y continua durante

toda la estación de crecimiento de los frutales. Estas acciones son de suma importancia ya que en general previenen de infestaciones de grandes poblaciones de artrópodos e incidencia de enfermedades.

Tabla 2.56. Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico<sup>z</sup>.

Labor Cultural	Época invernal	Época primaveral	Época estival
Fertilización al suelo	x		
Fertilización foliar		x	
Manejo integrado de plagas	x	x	x
Riego		x	x
Poda manual y mecánica	x		
Control de heladas primaverales		x	
Manejo de herbáceas		x	x
Cosecha			x

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

El valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola se muestra en la tabla 2.57 con un total de 1355,79 kg.CO<sub>2</sub>eq/ha en la unidad productiva “chacra 168”.

Tabla 2.57. Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola para una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.

Labores culturales	Energía cultural industrial directa (MJ/ha)	Factor de Emisión Kg.CO <sub>2</sub> eq. /MJ <sup>z</sup>	Emisión (kg.CO <sub>2</sub> eq./ha)
Fertilización al suelo	429,00	0,074	31,75
Fertilización foliar	643,50	0,074	47,62
Manejo de plagas	2359,50	0,074	174,60
Riego	1728,00	0,128	221,18
Poda	1818,96	0,074	134,60
Control de heladas primaverales	6435,00	0,074	476,19
Manejo de herbáceas	214,50	0,074	15,87
Cosecha	3432,00	0,074	253,97
TOTAL (Kg.CO <sub>2</sub> eq./ha)	18561,96		1355,79

<sup>z</sup> Frank et al., 2014

El control de heladas primaverales (35,1%), la cosecha (18,7%), el riego (16,3%) y el manejo de plagas (12,9%) fueron las tareas que mayor emisión de GEI generaron (Figura 2.16). El control de heladas se realizó accionando los aspersores con una bomba a gas oil y el riego con una bomba eléctrica de 8kwh lo que ocasionó este porcentaje en las emisiones de GEI. En el caso de la cosecha, a pesar de ser una de las actividades que mayor energía biológica cultural insume (Tabla 2.52), es también la que necesita de mayor apoyo del tractor para el traslado de los bines con frutos y esto determina un gasto elevado de combustible fósil.

En el caso del manejo de plagas por ser una chacra orgánica certificada se aplican sólo productos permitidos por la ley orgánica argentina. Para la plaga clave (carpocapsa) se realiza el método de confusión sexual con dispensers con feromonas, pero igualmente se deben hacer aplicaciones del virus de la granulosis lo que implica el uso del tractor durante la estación de crecimiento y el consiguiente gasto de combustible fósil. Para las plagas secundarias se utilizan productos preventivos aplicados antes de la brotación de los frutales.

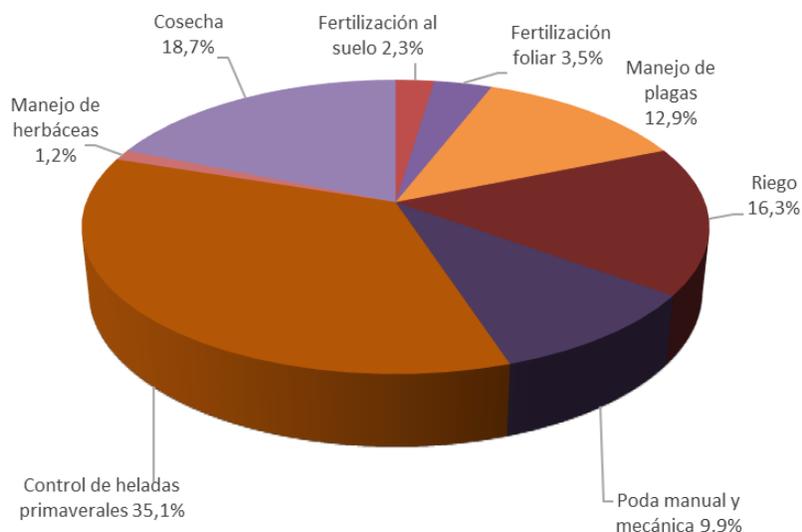


Figura 2.16. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas por cada labor agrícola para una hectárea de perales cv. Williams con manejo orgánico.

Durante la primavera (44%) y el verano (44%) es cuando se registran las mayores emisiones de GEI coincidiendo con la mayor cantidad de labores culturales que hacen uso de combustible fósil (Figura 2.9)



Figura 2.17. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de perales cv Williams con manejo orgánico

El valor de la huella de carbono para un kilo de peras cv. Williams producida con un manejo orgánico certificado fue de 0,045 Kg.CO<sub>2</sub> eq./Kg. (Tabla 2.58).

Tabla 2.58. Valor de la huella de carbono por kilo de peras cv Williams producida en un establecimiento orgánico

EMISIÓN TOTAL (Kg.CO <sub>2</sub> eq./ha)	Rendimientos (Kg/ha)	EMISIÓN/KILO (Kg.CO <sub>2</sub> eq./Kg. pera)
1355,79	30.000	0,045

### Unidad productiva “Pasaron”

A continuación, se detallan las labores culturales llevadas a cabo en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional del establecimiento “Pasaron” durante las temporadas en estudio registradas en el cuaderno de campo y los correspondientes requerimientos energéticos calculados para cada una:

Fertilización al suelo: La fertilización se realizó a base de Organutsa a razón de 800kg/ha. Organutsa es un fertilizante de suelo, una mezcla física de distintos componentes orgánicos y químicos. Está compuesto por una fracción orgánica con muy baja relación Carbono/Nitrogeno (0,5 a 3/1), guano de aves ponedoras, guano de chivo, guano de aves marinas, y una fracción química compuesta por urea, sulfato de amonio, fosfato diamónico, cloruro de potasio, Calcio, Magnesio y Azufre. Se aplica al suelo en forma mecanizada con el tractor, un tractorista y dos operarios que ayudan a su distribución (Tabla 2.58).

Tabla 2.58. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para la fertilización al suelo por hectárea en perales cv. Williams.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano obra tractorista	Jornal	0,14	2,50 <sup>y</sup>	0,35
Mano obra de operarios que colocan el fertilizante	Jornal	0,42	3,22 <sup>y</sup>	1,35
Combustible para la aplicación	Litros	6,82	42,90 <sup>x</sup>	292,58
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>294,30</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Fertilización foliar: La fertilización foliar se realizó con Amazinc (Compuesto con Zn y Mn, 1l/ha ), Zintrac (Zn) 1l/ha y ácido fosfórico 0,3l/ha y Calcio. Para la aplicación se utiliza el tractor y la pulverizadora y se aplicaron 3 tratamientos durante la estación de crecimiento.

Para cada aplicación se tarda 1.22 horas por hectárea, esto incluye la carga de la pulverizadora, aplicación del producto y lavado de la pulverizadora después de terminada la labor (Tabla 2.59).

Tabla 2.59. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para la fertilización foliar de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra para la aplicación	jornal	0,45	2,50 <sup>y</sup>	1,12
Combustible utilizado en la aplicación	Litros	21,99	42,90 <sup>x</sup>	943,37
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>944,49</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.* (2014).

#### Manejo de plagas:

En el caso de la plaga clave *Cydia pomonella* (carpocapsa) se utiliza la técnica de confusión sexual a través del uso de dispensers (difusores de feromonas de confusión sexual) colocados a principio de temporada y también se realizan pulverizaciones de productos de síntesis química hasta 5 aplicaciones de “Spinetoram”. Para la colocación de los dispensers se emplean 4 operarios que tardan una hora por hectárea, los dispensers

se colocaron con un aplicador telescópico en la parte superior de los árboles. El monitoreo fue realizado según calendario fitosanitario y las trampas para monitorear carpocapsa se colocaron a los 70 carpogrados<sup>9</sup> a razón de una por hectárea, revisadas cada siete días por una persona entrenada a tal fin. Para revisar cada trampa la operaria tarda 10 minutos realizando 16 lecturas por temporada.

Las plagas secundarias son arañuelas, cochinillas y oídio (Tabla 2.60). Todas las aplicaciones se realizan utilizando la pulverizadora traccionada con el tractor. En total se realizaron 13 aplicaciones por temporada para el control de plagas y enfermedades (Tabla 2.61).

Tabla 2.60. Aplicación de fitosanitarios para el manejo de plagas en perales cv. Williams con manejo convencional<sup>z</sup>.

Nombre Comercial	Principio Activo	Dosis	Motivo
Aceite invierno + Porcel	Aceite Mineral + Pyriproxifen	40l	Arañuelas
Porcel	Pyriproxifen	0,6l	Cochinillas
Polisulfuro	Azufre	50l	Oidio
Abamectina	Abamectina	1l	Arañuelas
Aceite de Verano	Aceite Mineral	5l	Arañuelas
Dakar	Myclobutanil	0,5l	Oidio
Delegate (7 aplicaciones)	Spinetoram	0,3l	carpocapsa

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

Tabla 2.61. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el manejo de plagas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de colocación de trampas para carpocapsa	Jornal	0,02	2,50 <sup>y</sup>	0,05
Mano de obra de colocación de dispensers con feromona	Jornal	0,5	2,50 <sup>y</sup>	1.25
Mano de obra para lectura de trampas para carpocapsa	Jornal	0.33	2,50 <sup>y</sup>	0.82
Mano de obra aplicación de fitosanitarios	Jornal	1,62	2,50 <sup>y</sup>	4,05
Combustible utilizado en la aplicación de productos fitosanitarios	Litros	78,00	42,90 <sup>x</sup>	3346,20
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>3352,37</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

**Riego:** Se realizó en forma gravitacional por manto (mojando toda la superficie), con agua proveniente del sistema de riego regional del consorcio de regantes. 13 riegos por temporada para lo cual son necesarios 10,34 jornales por hectárea.

Las tareas de riego corresponden a la limpieza y acondicionamiento de los canales internos “acequias” (0.5 jornal) y el control del ingreso de agua a la parcela frutal. A fines de diciembre y principios de enero en días que superan los 40C de temperatura se enciende una bomba con un gasto de 10l/hora, para realizar riegos

<sup>9</sup>Los carpogrados resultan ser la suma de las acumulaciones diarias de las temperaturas que estén dentro de los umbrales de desarrollo de Carpocapsa (10 a 32°C). Esto permite conocer con anticipación el momento oportuno de control y definir las acciones a aplicar. La información de carpogrados que indica la oportunidad de colocación de trampas para monitoreo de la plaga y aplicación de agroquímicos es emitida por una red agrometeorológica establecida en cada región.

adicionales durante 4 horas en un total de 2 días por temporada. La bomba está dimensionada para abarcar 4has. En la Tabla 2.62 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo las tareas de riego para una hectárea.

Tabla 2.62. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para regar una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Concepto	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de aplicación de la lámina de riego	10,34	2,50 <sup>y</sup>	25,85
Mano de obra para limpieza y acondicionamiento de acequias	0,50	3,22 <sup>y</sup>	1,61
Mano de obra para el manejo de la bomba	0,25	2,50 <sup>y</sup>	0,62
Combustible utilizado para accionar la bomba (l)	20,00	42,90 <sup>x</sup>	858,00
<b>Total Energético (MJ)</b>			<b>886,08</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980), <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Poda y Raleo: La poda se realiza en la época invernal con tijeras y escaleras en forma manual. El tractorista debe llevar las escaleras hasta el cuadro donde se realiza la poda con los cual es una tarea de baja intensidad que se considera “mano de obra débil” y los operarios que hacen el trabajo de poda con alta intensidad y dedicación se considera “mano de obra fuerte”. En noviembre se hace un raleo manual donde los operarios utilizan escaleras extrayendo los frutos pequeños, deformes o afectados por pestes o enfermedades, esta labor se considera de alta intensidad y el tractorista (mano de obra débil) acompaña la tarea trasladando las escaleras. Se tarda en ralear manualmente 8 horas por fila. En la Tabla 2.63 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo el trabajo descripto.

Tabla 2.63. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la poda y el raleo por hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra para el raleo manual	Jornal	21,78	3,22 <sup>y</sup>	70,13
Mano de obra del tractorista para trasladar escaleras para el raleo manual	Jornales	0,125	2,50 <sup>y</sup>	0,31
Mano de obra para la poda	Jornales	27,00	3,22 <sup>y</sup>	86,94
Mano de obra del tractorista para trasladar escaleras para la poda	jornal	0,125	2,50 <sup>y</sup>	0,31
Combustible para el traslado de escaleras para la poda	Litros	6,00	42,90 <sup>x</sup>	257,40
Combustible para el traslado de escaleras para el raleo manual	Litros	6,00	42,90 <sup>x</sup>	257,40
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>672,49</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Control de heladas primaverales: En la tabla 2.64 se observan los requerimientos energéticos utilizados en el control de heladas. El control de heladas se hace por aspersion accionado por una bomba con un gasto de

14l/h. La bomba está dimensionada para abarcar 4has. Por temporada se realizaron 4 controles de heladas de 10 horas cada uno lo que da un total de 560l de combustible que en una hectárea totaliza 140l/ha. Si el equipo estuvo en marcha 40 horas son 5 jornales cada 4hectareas lo que da un total de 1.25 jornales/ha.

Tabla 2.64. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar el control de heladas primaverales para una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra empleada en el control de heladas	Jornal	1,25	2,50 <sup>y</sup>	3,12
Combustible para accionar la bomba	Litros	140,00	42,90 <sup>x</sup>	6006,00
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>6009,12</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

Manejo de herbáceas: En los interfilares se cortan las herbáceas espontáneas con el uso de una desbrozadora traccionada por un tractor lo que utiliza mano de obra débil del tractorista realizando 3 cortes por temporada y en las líneas de plantación de frutales se aplican herbicidas utilizando una mochila, tarea que insume mano de obra fuerte. Se aplica como herbicida Glifosato 66%, 4l por hectárea 3 veces por temporada (Tabla 2.65).

Tabla 2.65. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para el mantenimiento de los interfilares y filas de plantación de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra empleada en el uso de la desbrozadora tractorista	Jornal	0,525	2,50 <sup>y</sup>	1,31
Mano de obra empleada en la aplicación de herbicidas para el tractorista	Jornal	0,60	2,50 <sup>y</sup>	1,50
Mano de obra empleada en la aplicación de herbicidas operarios ayudantes	Jornal	1,20	3,22	3,86
Combustible para la aplicación de herbicidas	Litros	28,80	42,90 <sup>x</sup>	1235,52
Combustible para la utilización de la desbrozadora	Litros	25,20	42,90 <sup>x</sup>	1081,08
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>2323,27</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank et al (2014)

Cosecha: La cosecha es manual, la fruta se coloca en bins y luego se utiliza el tractor para trasladar los mismos al centro de acopio del establecimiento. Se cosecharon 36917.32 kilos netos por hectárea, con un rendimiento bruto de 38860.34 kg /ha y un descarte del 5%.

La cosecha se realiza en pasadas de acuerdo con la madurez de la fruta (firmeza de pulpa y color). Se tarda un día completo por cada pasada por hectárea y se realizaron dos pasadas por temporada. La cuadrilla

de cosecha está constituida por 12 operarios, más un tractorista y un capataz que realiza las tareas de control de calidad.

El consumo de combustible para la cosecha es importante por el tiempo que demandó y el movimiento del tractor para el traslado de los bines, materiales, escaleras y operarios. En la tabla 2.66 se observan los requerimientos energéticos para llevar a cabo la cosecha.

Tabla 2.66. Requerimientos energéticos (MJ/ha) para realizar la cosecha de perales cv. Williams con manejo convencional.

Concepto	Unidad	Cantidad <sup>z</sup>	MJ/unidad	Sub-total (MJ/ha)
Mano de obra de cosecha	Jornal	24,00	3,22 <sup>y</sup>	77,28
Mano de obra de un capataz	jornal	2,00	2,50 <sup>y</sup>	5,00
Mano de obra del tractorista que moviliza el producto cosechado y materiales	Jornal	2,00	2,50 <sup>y</sup>	5,00
Combustible utilizado en la cosecha	Litros	96,00	42,90 <sup>x</sup>	4118,40
<b>Total Energético (MJ)</b>				<b>4205,68</b>

<sup>z</sup> Datos extraídos del cuaderno de campo. <sup>y</sup> Campos y Naredo (1980). <sup>x</sup> Frank *et al.*, (2014).

La tabla 2.67 clasifica la mano de obra relacionándola al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada. La mano de obra con alta duración e intensidad denominada “fuerte” equivale a 96,28 kcal/hora y la “débil” 64,28 Kcal/hora, lo que expresado en MJ es 3,22 MJ/Jornal y 2,50 MJ/Jornal respectivamente (Campos y Naredo, 1980).

Tabla 2.67. Clasificación de mano de obra en MJ/jornal, aplicada a la producción frutícola, relacionada al gasto energético que insumen las distintas labores culturales que se realizan en la unidad productiva analizada<sup>z</sup>.

Concepto	Tipo de Mano de Obra	
	Débil (2,50 MJ/jornal)	Fuerte (3,22 MJ/jornal)
Mano de obra de aplicación de dispensers con feromona	X	
Mano de obra de colocación de trampas para carpocapsa	X	
Mano de obra para lectura de trampas para carpocapsa	X	
Mano de obra de aplicación de fertilizantes al suelo y foliares	X	
Mano de obra para el riego	X	
Mano de obra para limpieza y acondicionamiento de acequias		X
Mano de obra para la poda		X
Mano de obra para el raleo manual		X
Mano de obra control de heladas	X	
Mano de obra aplicación de fitosanitarios	X	
Mano de obra para la aplicación de herbicidas con mochila		X
Mano de obra uso de la desbrozadora para corte de herbáceas	X	
Mano de obra de cosecha		X
Mano de obra tractorista y control de calidad cosecha	X	

<sup>z</sup> Elaboración propia basada en Campos y Naredo (1980).

El consumo de energía indirecto estuvo representado por la energía incurrida en la fabricación del equipo de aplicación (tractor y pulverizadora) que son los implementos utilizados en forma intensiva durante todo el año en las chacras del Alto Valle y de mayor peso (Tabla 2.68). También se consideraron los costos energéticos derivados de la producción de los distintos principios activos utilizados en la unidad productiva (fertilizantes, productos fitosanitarios y herbicidas) (Tabla 2.69).

Tabla 2.68. Valor de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) del tractor y la pulverizadora aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Maquinaria	Peso (P) (kg)	Energía por unidad de masa (EU) (MJ/kg)	Vida útil del equipo (VU) (h)	Energía indirecta (EI) <sup>w</sup> (MJ/h)	EI (MJ/h)/17 has	Horas de uso (ha/año)	EI (MJ/ha)
Tractor	2600 <sup>z</sup>	109,00 <sup>y</sup>	10000 <sup>x</sup>	28,34	1,66	44,72	74,23
Pulverizadora	780 <sup>z</sup>	62,30 <sup>y</sup>	3000 <sup>x</sup>	16,19	0,95	17,00	16,15
<b>TOTAL EI (MJ/ha)</b>							<b>90,38</b>

<sup>z</sup> Manual del tractor y Manual de la pulverizadora. <sup>y</sup> Fluck (1992). <sup>x</sup> Quintana y Solari (1979).

<sup>w</sup> EI= (P x EU)/ VU. Energía indirecta (MJ/hora)= Peso del equipo (Kg) \* Energía por unidad de masa (MJ/Kg) / vida útil del equipo (horas)

El valor total de la energía cultural industrial indirecta (EI) aportada en un año para la producción de una hectárea de perales con manejo convencional en la chacra "Pasaron" fue de 65122,43 MJ/ha. La utilización de insecticidas insumió el valor mayor de energía indirecta ascendiendo a 55113,75 MJ/ha (Tabla 2.69).

Tabla 2.69. Valor total de energía cultural industrial indirecta (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Concepto	Total EI (MJ/ha) <sup>z</sup>
Fertilizantes	4518,30
Insecticidas	55113,75
Herbicida	5400,00
Tractor y pulverizadora <sup>y</sup>	90,38
<b>TOTAL EI (MJ/ha)</b>	<b>65122,43</b>

<sup>z</sup> Ver tabla en el anexo con los cálculos parciales. Los costos energéticos de fertilizantes y herbicidas por unidad utilizada se calcularon en base a datos de Hernánz et al (1995) y los costos por unidad de Insecticidas utilizados en base a Pimentel et al (1990). <sup>y</sup>Tabla 2.68.

En la tabla 2.70 se pueden observar los valores de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada para la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional en cada tarea cultural con un total de 291,83 y 18395,95 respectivamente.

El sistema de producción bajo estudio tuvo un ingreso total de energía de 18687,80 MJ/ha, de los cuales el 98,44% correspondió a energías provenientes de recursos no renovables y el 1,56% restante a las derivadas de recursos renovables (Tabla 2.70). Estos resultados reflejan la alta dependencia de consumo energético de origen no renovable que presentó la producción de peras convencionales, donde los principales puntos de consumo energético en la etapa de producción a campo se concentran en el combustible utilizado para el

control de heladas primaverales, el traslado de bines y escaleras durante la cosecha, el manejo de plagas y el manejo de herbáceas.

El 1,56% que corresponde a la energía biológica cultural está atribuido principalmente a la mano de obra que se utiliza para la poda y el raleo manual (Tabla 2.70).

Tabla 2.70. Valor de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa aportada en la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Labores Culturales	Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial directa (MJ/ha)	Sub-Total (MJ/ha)
Fertilización al Suelo	1,70	292,58	294,30
Fertilización Foliar	1,12	943,37	944,49
Manejo de Plagas	6,17	3346,20	3352,37
Riego	28,08	858,00	886,08
Poda y Raleo manual	157,69	514,80	672,49
Control de heladas primaverales	3,12	6006,00	6009,12
Manejo de herbáceas	6,67	2316,60	2323,27
Cosecha	87,28	4118,40	4205,68
<b>TOTAL (MJ/ha)</b>	<b>291,83</b>	<b>18395,95</b>	<b>18687,8</b>
<b>TOTAL (%)</b>	<b>1,56</b>	<b>98,44</b>	<b>100,00</b>

El valor total de la energía ingresada al sistema asciende a 83810,21MJ/ha, de este total la energía cultural industrial indirecta constituye el 77,70% (Tabla 2.71).

Tabla 2.71. Valor de energía total (MJ/ha) aportada a la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial (MJ/ha)		Energía total ingresada al sistema (MJ/ha)
	Energía directa	Energía indirecta	
291,83	18395,95	65122,43	83810,21

La energía extraída contenida en un kilo de pera fresca es de 2,93 MJ/Kg, al haberse cosechado 36917.32kilos netos/ha, la energía extraída de la hectárea asciende a 108167,74 MJ/ha.

De acuerdo con lo calculado, para obtener 36917.32kilos de peras es necesario ingresar a la hectárea 3810,21MJ/ha, lo que significa 2,27 MJ/Kg de energía ingresada, obteniendo entonces una eficiencia energética de 1,29. La energía neta fue de 24357,54 (Tabla 2.72).

Tabla 2.72. Valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción obtenida a partir de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b> 2,93 MJ/Kg (energía extraída) ----- 2,27 MJ/Kg (energía ingresada)	<b>ENERGÍA ESPECÍFICA</b> 83810,21(MJ/ha) ----- 36917.32kJg/ha)	<b>ENERGÍA NETA</b> 108167,74 (MJ/ha) – 83810,21 (MJ/ha)
1,29	2,27	24357,54

La distribución porcentual de energía industrial y cultural biológica aportada a las distintas actividades realizadas en el establecimiento productivo por hectárea de peras cv. Williams con manejo convencional se observa en la figura 2.18. Las actividades que tuvieron en proporción un mayor aporte de energía cultural industrial directa fueron el control de heladas primaverales tardías, las tareas de cosecha, el manejo de plagas (aplicación de insecticidas) y el manejo de herbáceas (aplicación de herbicidas y uso de la desbrozadora).

El riego insumió solo 28,08MJ/ha de energía biológica cultural y el resto de la energía para esta labor estuvo compuesta por 858,00MJ/ha correspondiente al uso de una bomba a gas oil utilizada para aportes adicionales de agua en días de altas temperaturas durante el verano. La poda y el raleo manual fueron las actividades que insumieron mayor cantidad de energía biológica cultural (157,69MJ/ha).

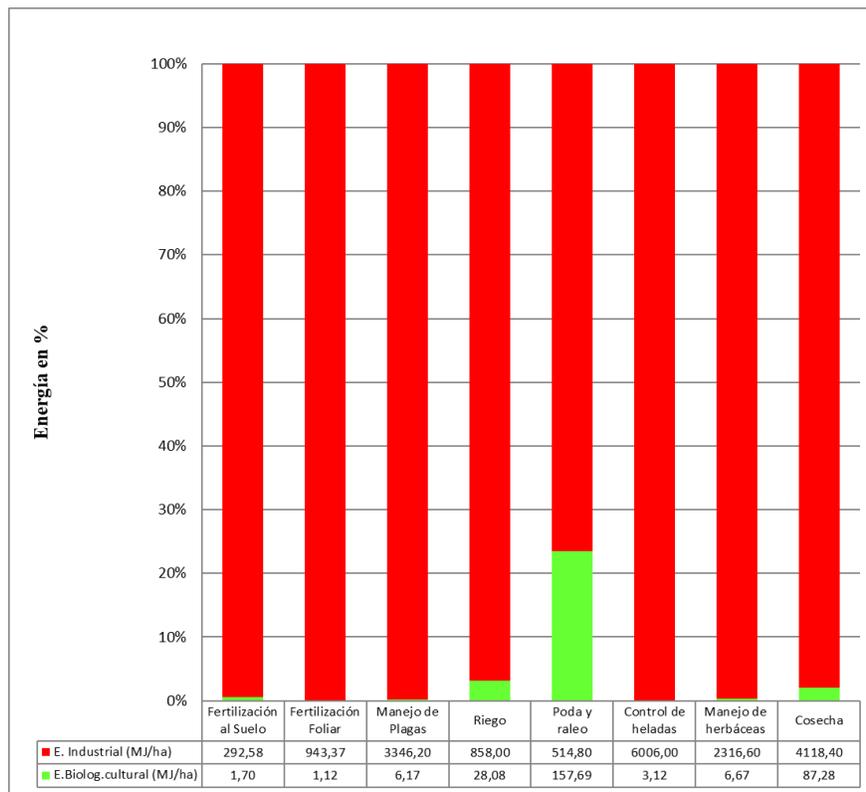


Figura 2.18. Energía cultural industrial y biológica cultural (%), aportada a las distintas actividades realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

La figura 2.18 muestra que todas las actividades realizadas en la unidad productiva Pasaron insumen energía de fuentes no renovables provenientes de combustibles fósiles como el gas oil, con un total consumido de 428,81l/ha, de este total, 140l/ha corresponden a lo gastado para el control de heladas primaverales tardías accionando una bomba que tuvo un gasto de 14l/hora (Tabla 2.73).

Tabla 2.73. Discriminación por labor cultural del uso de combustible fósil para llevar a cabo la producción de una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional durante un año.

Labor cultural	Subtotal (litros/ha)
Fertilización al suelo	6,82
Aplicación de fertilizantes foliares	21,99
Aplicación de productos fitosanitarios	78,00
Traslado de herramientas para realizar la poda y el raleo manual	12,00
Control de heladas	140,00
Riego	20,00
Manejo de herbáceas	54,00
Realización de la cosecha	96,00
<b>TOTAL (litros/ha)</b>	<b>428,81</b>

En la Figura 2.19 se observan las labores culturales que implicaron un mayor ingreso de energía directo; control de heladas primaverales 32,2%, labores de cosecha (22,5%), manejo de plagas (17,9%) y manejo de herbáceas (12,4%). El porcentaje restante (14,8%), corresponde al resto de las actividades realizadas en la chacra y se caracteriza por un menor uso de maquinarias que conlleva un menor uso de combustibles fósiles. La actividad de poda y raleo manual insume una importante cantidad de energía en mano de obra (157,69 MJ/ha) (Tabla 2.70). El control de heladas se convierte así en un punto crucial en el ingreso de subsidios energéticos y plantea la necesidad de revisar su diseño y funcionalidad.

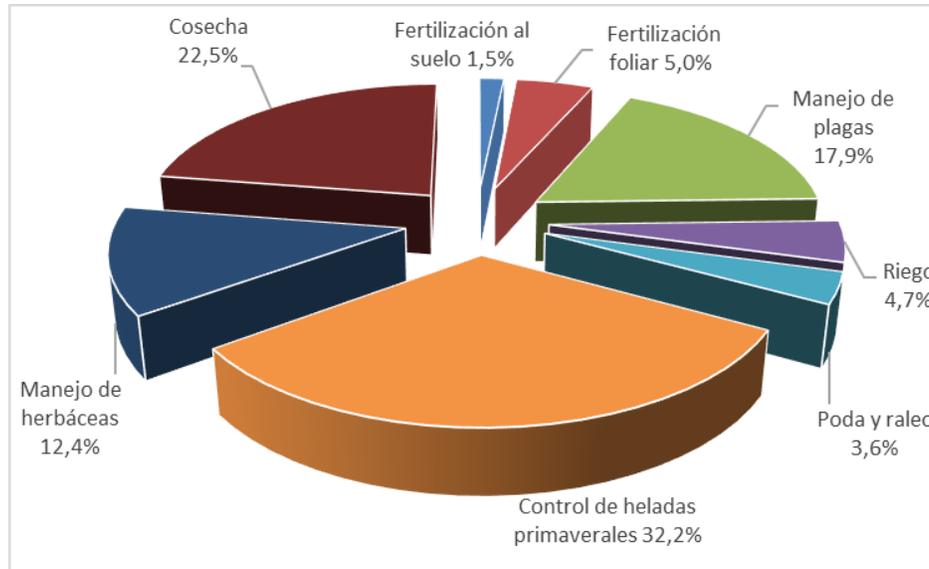


Figura 2.19. Distribución de los subsidios energéticos (%) aportado a las distintas actividades realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

En la Tabla 2.74 se clasifican las labores culturales según la época del año. La mayor cantidad de labores se realizan en la primavera y el verano. Hay labores muy específicas como el raleo manual que debe realizarse durante la primavera y la poda y fertilización al suelo en el invierno. El manejo de plagas comienza con

aplicaciones de productos preventivos antes de la brotación de los frutales y continua durante toda la estación de crecimiento hasta la cosecha.

Tabla 2.74. Clasificación por época del año de las labores culturales realizadas en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional<sup>z</sup>.

Labor Cultural	Época otoño-invernal	Época primaveral	Época estival
Fertilización al suelo	X		
Fertilización foliar		X	
Manejo de plagas	X	X	x
Riego		X	x
Poda	X		
Raleo manual		X	
Control de heladas primaverales		X	
Manejo de herbáceas		X	x
Cosecha			x

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

El valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola se muestra en la tabla 2.75 con un total de 1361,30 kg.CO<sub>2</sub>eq/ha en la unidad productiva “Pasarón”.

Tabla 2.75. Valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Labores culturales	Energía cultural industrial directa (MJ/ha)	Factor de Emisión Kg.CO <sub>2</sub> eq. /MJ <sup>z</sup>	Emisión (kg.CO <sub>2</sub> eq/ha)
Fertilización al suelo	292,58	0,074	21,65
Fertilización foliar	943,37	0,074	69,81
Manejo de plagas	3346,20	0,074	247,62
Riego	858,00	0,074	63,49
Poda y raleo manual	514,80	0,074	38,10
Control de heladas primaverales	6006,00	0,074	444,44
Manejo de herbáceas	2316,60	0,074	171,43
Cosecha	4118,40	0,074	304,76
TOTAL (Kg.CO <sub>2</sub> eq/ha)	18395,95		1361,30

<sup>z</sup> Frank et al., 2014

El control de heladas primaverales (32,6%), las labores de cosecha (22,4%), el manejo de plagas (18,2%) y el manejo de herbáceas (12,6%) fueron las tareas que mayor emisión de GEI generaron (Figura 2.20).

Como se comentó con anterioridad, el control de heladas primaverales tardías se realiza utilizando una bomba accionada a gas oil con un gasto de 14l/h que genera la mayor emisión de todas las actividades realizadas en la chacra.

La cosecha, insume una importante cantidad de energía biológica cultural (87,28 MJ/ha) (Tabla 2.70), pero es también la actividad que necesita un importante uso del tractor para el traslado de los bins con frutos y esto determina un gasto elevado de combustible fósil y emisiones de GEIs.

En el caso del manejo de plagas, se aplican insecticidas durante toda la estación de crecimiento utilizando el tractor y la pulverizadora que conlleva la quema de combustible fósil en base a gas oil. En el caso del manejo

de herbáceas, se aplican herbicidas 4l/ha en tres oportunidades y se cortan los interfilares utilizando la desbrozadora accionada por el tractor. Ambas acciones utilizan gas oil lo que genera emisiones al ambiente.

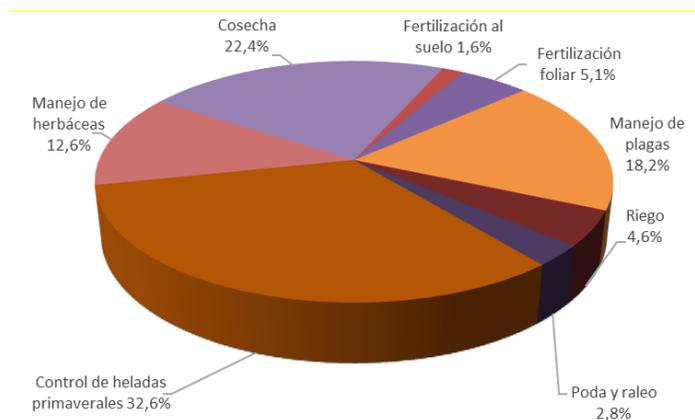


Figura 2.20. Emisión de gases de efecto invernadero (%) generados por cada labor agrícola en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

Durante la primavera (44%) y el verano (53%) es cuando se registran las mayores emisiones de GEI coincidiendo con la mayor cantidad de labores culturales que hacen uso de combustible fósil (Figura 2.21)



Figura 2.21. Emisiones de gases de efecto invernadero (%) generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de perales cv. Williams con manejo convencional.

El valor de la huella de carbono para un kilo de peras cv. Williams con manejo convencional fue de 0,037 Kg.CO2 eq./Kg. (Tabla 2.76).

Tabla 2.76. Valor de la huella de carbono por kilo de peras cv Williams producida en un establecimiento con manejo convencional

<b>EMISIÓN TOTAL (Kg.CO<sub>2</sub> eq./ha)</b>	<b>Rendimiento de peras (Kg./ha)</b>	<b>EMISIÓN/KILO (Kg.CO<sub>2</sub> eq./Kg. peras)</b>
1361,30	36917,32	<b>0,037</b>

## Discusión

Los patrones de uso de energía, la contribución de la energía de entrada y los Índices de energía en la producción agrícola dependen de los sistemas de cultivo, la temporada de crecimiento, y las condiciones de cultivo (Mandal et al., 2002; Hatirli et al., 2006; Ozkan et al., 2011 y Salehi et al., 2014).

Raffie et al. (2010) señalaron un ingreso energético total para la producción de manzanas de 49.857,43 MJ/ha que es sólo similar al ingreso total de energía del agroecosistema orgánico de peras (47726,58 MJ/ha), las unidades productivas de manzanas convencionales y orgánicas y de peras convencionales tuvieron un ingreso energético de casi el doble (85319,72, 70752,40 y 83810,21 MJ/ha respectivamente. También Raffie et al. (2010) expresaron que del total energético ingresado el 51,38 % corresponde a energía directa y el 48,62% a energía indirecta. Aunque los autores también incluyeron bajo el concepto de energías indirectas la energía utilizada en la fabricación de productos fitosanitarios y fertilizantes de síntesis, en el caso de esta tesis todos los agroecosistemas analizados evidenciaron una energía indirecta mayor al 75% (sólo en el caso de la pera bajo cultivo orgánico fue de casi el 64%).

En todos los agroecosistemas estudiados, del total de la energía directa ingresada, corresponden a energía cultural industrial más del 95% y lo restante a energía biológica cultural. Estos resultados reflejan que el mayor porcentaje de energía ingresado al agroecosistema y utilizado en la fase productiva de campo proviene de la energía cultural industrial directa empleada en las labores culturales con el objetivo productivo de obtener manzanas para su comercialización. Por otra parte, el valor de energía aportado por hectárea en el presente estudio es superior a los de Zarini et al. (2005), Los datos publicados por dichos autores son el resultado de la evaluación de 155 establecimientos productivos de cítricos en Irán, donde se señala que en promedio ingresan 17,112.2 MJ/ha, de los cuales el 88% de provienen de fuentes no renovables, tales como combustibles, fertilizantes y plaguicidas químicos y energía eléctrica, y el 12% restante del aporte energético derivado del uso del recurso hídrico durante el riego y la mano de obra empleada en las labores culturales, al igual que en el trabajo de Raffie et al. (2010).

Las labores culturales que implicaron un mayor ingreso de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa en general para todos los agroecosistemas analizados fueron el control de heladas primaverales tardías, las labores de cosecha y el manejo de plagas (Tabla 2.15, 2.34, 2.52 y 2.70). Estas tres tareas son decisivas en el ingreso de subsidios energéticos y determinan los puntos críticos a trabajar en el futuro. El control de herbáceas también se agrega a las tareas antes mencionadas en el caso de los agroecosistemas frutícolas convencionales debido al uso de herbicidas. Celen et al. (2017) realizaron un balance de energía en la producción de manzanas en Turquía y determinó que, entre los insumos energéticos generales en el cultivo, los elementos que consumen mayor energía fueron los fertilizantes, energía de fueloil, productos químicos, maquinaria, trabajo humano y energía de riego.

En el estudio realizado por Raffie et al. (2010) determinaron que las labores culturales mecanizadas, tales como tratamientos fitosanitarios, aplicación de fertilizantes y cosecha, eran exigentes en energía del tipo cultural industrial, representado las mismas el 47% del total de energía invertida en una hectárea para la producción de manzana, con un volumen de combustible diesel utilizado equivalente a 166,39 litros. Este dato es muy inferior

al encontrado en el presente estudio, dado que los resultados demuestran que la cantidad de combustible utilizada para producir una hectárea de manzanos con manejo convencional y orgánico es de 411,47 y 307,40 l/ha (Tablas 2.37 y 2.18) respectivamente y para perales con manejo convencional y orgánico es de 428,81 y 357,40 l/ha (Tablas 2.73 y 2.55) respectivamente. Esta diferencia radica principalmente en que los autores mencionados, solo consideraron el combustible utilizado en la aplicación de fitosanitarias y fertilización, y no consideraron en su análisis el combustible empleado en el traslado de materiales para compostar, traslado de herramientas, escaleras y control de heladas tardías como si se hizo durante esta investigación.

Strapatsa et al. (2006) indicaron que la labor cultural que más energía gastó fue el control de plagas con un 40% del total de insumos energéticos, los autores consideraron en el valor final la energía indirecta utilizada en la elaboración de los productos fitosanitarios de síntesis lo que elevó la cantidad de energía ingresada bajo ese concepto. En los resultados del presente estudio se pudo observar que la energía indirecta insumida para la fabricación de los productos utilizados en el control de plagas fue sustancialmente mayor (sobre el 80%) comparado con la energía utilizada para los productos utilizados en la fertilización, herbicidas (en el caso de las chacras convencionales) y equipo de tractor y pulverizadora (Tablas 2.14, 2.33, 2.51 y 2.69).

Para la producción de manzanas con manejo orgánico y convencional el porcentaje de energía indirecta respecto del total de energía ingresada al sistema fue de 79,15 y 78,92% respectivamente y en el caso de las peras con manejo orgánico y manejo convencional fue de 63,93 y 77,70% respectivamente. En el caso del cultivo de manzanas, casi no ha habido diferencias en cuanto a la utilización de energía indirecta en ambos manejos, pero en el cultivo de peras se observó un 14% más de uso de la energía indirecta en el manejo convencional (Tablas 2.16, 2.35, 2.53 y 2.71).

El control de heladas primaverales en el presente estudio eleva el insumo de energía debido a la cantidad de horas que los equipos de aspersión deben estar en marcha lo cual implicó un gasto de combustible fósil en base a gas oil en manzanas con manejo convencional y orgánico de 42 y 90l/ha (tablas 2.37 y 2.18) y en peras con manejo convencional y orgánico de 140 y 150 l/ha (tablas 2.73 y 2.55). El control de heladas se convierte así en un punto crucial en el ingreso de subsidios energéticos y plantea la necesidad de revisar su diseño y funcionalidad.

En el caso de la cosecha es una tarea que insume gran cantidad de energía biológica cultural ya que se realiza manualmente y es necesaria mano de obra especializada pero también necesita una importante cantidad de energía cultural industrial directa ya que el tractor debe estar en funcionamiento durante todo el proceso de cosecha distribuyendo los bins en la hectárea y trasladando los mismos al lugar de acopio de la fruta dentro de la chacra con lo cual se produjo un gasto de gas oil para esta tarea que ascendió a 144 y 96 l/ha (Tablas 2.37 y 2.18) en las unidades productivas de manzanas con manejo convencional y orgánico y 96 y 80l/ha (Tablas 2.73 y 2.55) en las unidades productivas de peras convencionales y orgánicas respectivamente.

Los productos derivados del petróleo que se utilizan para operar las maquinarias en las plantaciones de manzanos en los Estados Unidos representan un gran porcentaje del insumo total de energía. Los pesticidas contribuyen con casi el 60% del insumo total de energía (Pimentel, 2009). El insumo de mano de obra de 400 horas/ha invertido en la producción de manzanas es alto en comparación con el de la mayoría de otros cultivos alimentarios cultivados en ese país y la mayor parte de la mano de obra es absorbida durante la cosecha. Por

ejemplo, Pimentel (2009) observó que la producción de manzanas en Estados Unidos consume más energía que la producción de naranjas. Desde el punto de vista del contenido de vitamina C, las naranjas tienen unos 50 miligramos (mg) por 100 g. Sin embargo, las manzanas contienen sólo 3 mg por 100 g de vitamina C. Por tanto, la vitamina C se produce más eficientemente con las naranjas en comparación con las manzanas concluye Pimentel (2009).

Se necesita un manejo preciso de la fertilización, cantidad adecuada y frecuencia de fertilización (especialmente nitrógeno) y la selección adecuada del tractor y el manejo de la maquinaria para reducir el uso directo de combustible diésel y así ahorrar fuentes de energía no renovables sin perjudicar el rendimiento o rentabilidad, con el fin de mejorar la eficiencia del uso de energía (Demircan et al., 2006; Gokdogan et al., 2017). Reducir el consumo de combustible diésel y el uso de fertilizantes, principalmente nitrógeno, son importantes para la gestión energética. Es posible reducir el consumo de combustible mejorando la labranza y el rendimiento del arado. También la gestión del marketing o ventas directas y locales mejora la rentabilidad para los productores, al tiempo que se reduce la cantidad de energía utilizada para transportar los productos (Mohammadi y Omid 2010), aunque en el presente estudio no se realizaron análisis del transporte del producto fuera de las unidades productivas. Los agroecosistemas no mecanizados, basados en el aporte de energía a través del trabajo humano o animal, tienen altas eficiencias energéticas: entre 5 y 40 calorías de energía producidas por cada caloría de energía cultural invertida (Gliessman, 2001).

Gokdogan et al. (2017) calcularon una eficiencia energética, energía específica y energía neta para la producción de manzana de 2.74, 0.86 MJ/kg y 60,330.36 MJ/ha, respectivamente. Valores que difieren a los encontrados en este estudio (Tabla 2.77). Dichos autores también mencionan que la proporción de energía no renovable es mayor que la proporción de energía renovable y la proporción de energía indirecta es mayor que la proporción de energía directa, como se ha observado en este estudio (Tablas 2.16, 2.35, 2.53 y 2.71).

En otros trabajos conducidos para determinar la eficiencia energética en la producción de manzanas, los valores obtenidos han sido de 1.63 (Ekinci et al., 2005), 2.33 (Dilay et al., 2010), 1.17 (Sami et al., 2011), 2.69 (Yilmaz et al., 2010), 1.02 y 1.35 (Asakereh et al., 2010). A pesar de las variaciones podemos concluir que siempre han sido mayores que 1, como los encontrados en este estudio (Tabla 2.77). Con lo cual la producción de manzanas es una producción rentable en términos de eficiencia en el uso de energía (Gokdogan et al., 2017). La relación egreso/ingreso de energía debe ser uno o más para que el sistema de producción del huerto frutal sea energéticamente eficiente (Fakhrul Islam et al. 2003; Reganold et al. 2001; Schlosser et al. 2003; Aydin et al., 2018).

El valor de eficiencia energética en manzanos fue superior a los obtenidos por Strapatsa et al. (2006) y similares a los de Rafiee et al. (2010) quienes indicaron valores de 1 y 1,6 respectivamente; e inferiores al obtenido por Neira (1996) para la producción de manzana en Chile quien indicó un valor de eficiencia energética de 2,18. Los ingresos energéticos por hectárea obtenidos en manzanos en la presente tesis son mayores a los presentados por Strapatsa et al. (2006) y Rafiee et al., (2010), los cuales reportaron valores de 50.700 MJ/ha y 49.857,43 MJ/ha respectivamente. Dichos autores también mencionan rendimientos por hectárea menores a los obtenidos en el presente estudio (21501 kg/ha y 20773,93 kg/ha respectivamente), esto hace que la relación energía extraída-energía ingresada sea menor y por lo tanto en el caso del agroecosistema analizado por

Strapatsa et al (2006) menos eficientes que el analizado en este estudio. En el caso de Neira (1996), quien llevó a cabo sus investigaciones en agroecosistemas con manejo convencional, obtuvo eficiencias mayores con la mitad de ingreso energético promedio (46.605 MJ/ha) de la UP “Pecini” y rendimientos similares (43152 kg/ha para el estudio de Neira, 1996 y 49154,35 para la UP “Pecini”). Esto indica la importancia de disminuir los subsidios energéticos por hectárea y sobre todo de fuentes no renovables.

En China, Liu et al. (2010b) trabajando con huertos de perales orgánicos y convencionales observaron que en los huertos convencionales, la eficiencia energética fue de 0,69 y en los orgánicos de 0,46 y 1,24; valores inferiores a los encontrados en este estudio (Tabla 2.77).

Tabla 2.77. Compilación de los valores de energía y eficiencia en agroecosistemas con manejo orgánico y convencional característicos de la región de estudio.

Agroecosistema	Energía biológica cultural (MJ/ha)	Energía cultural industrial (MJ/ha)		Energía total ingresada al sistema (MJ/ha)	Eficiencia energética	Energía específica (MJ/kg)	Energía Neta (MJ/ha)
		Energía directa	Energía indirecta				
<b>Manzanas Orgánicas</b>	356,45	14393,46	56002,49	70752,40	1,34	2,01	23347,76
<b>Manzanas convencionales</b>	328,63	17652,06	67339,03	85319,72	1,55	1,73	46413,93
<b>Peras orgánicas</b>	153,75	17060,46	30512,37	47726,58	1,84	1,59	40173,42
<b>Peras convencionales</b>	291,83	18395,95	65122,43	83810,21	1,29	2,27	24357,54

En el caso del indicador “energía específica”, Strapatsa et al., (2006) y Rafiee et al., (2010) indicaron valores de 2,50 MJ/kg y 2,06 MJ/kg, los cuales se podrían considerar similares a los del presente estudio (Tabla 2.77).

La energía neta de todos los agroecosistemas estudiados en esta tesis fue superior al planteado por Raffie et al. (2010) de 7038.18 MJ/ha e inferior al obtenido por Neira (1996) de 55146 MJ/ha. En el primer caso la energía neta planteada por Raffie et al. (2010) es el resultado de la gran cantidad de energía invertida en la producción y la menor cantidad obtenida como producto cosechado.

En cuanto a la similitud con el estudio llevado a cabo por Neira (1996) se debe a la cantidad de kilos cosechados en ese caso. La utilidad de los indicadores de energía es reconocida como un enfoque apropiado para analizar y evaluar la eficiencia energética en la agricultura, los impactos ambientales relacionados y sus consecuencias sobre la sostenibilidad (Giampietro et al., 1992 y Pervanchon et al., 2002). También es necesario sumar a esta información la relación de energías renovables/no renovables utilizadas dado que cuando la contribución de la energía no renovable es mayor al de la energía renovable en la producción se provocan efectos adversos sobre el ambiente (Demircan et al., 2006; Kizilaslan, 2009; Mohammadi y Omid, 2010), tales como el calentamiento global, la eutrofización, la acidificación y la contaminación del agua y del suelo (Nie et al., 2010).

Macrae et al. (2010) concluyó que los sistemas orgánicos consistentemente demostraron una mayor eficiencia energética por unidad de superficie y unidad de producción en comparación con los sistemas convencionales. Estos resultados positivos son generalmente atribuibles a la ausencia de fertilizantes sintéticos, particularmente

nitrógeno, y pesticidas sintéticos. Sin embargo, en algunos productos analizados las comparaciones son algo menos positivas a favor de lo orgánico cuando contrastan la eficiencia energética respecto a la cantidad de producto obtenido, en gran parte debido a las diferencias en el rendimiento entre algunos sistemas orgánicos y convencionales en Europa, como se observa en el análisis realizado en este estudio (Tabla 2.79). Tales resultados sugieren que la eficiencia de los sistemas orgánicos puede mejorar optimizando la relación rendimientos/insumos. Liu et al. (2010b) trabajando con huertos de perales orgánicos y convencionales en China presentaron resultados que están en parte en conflicto con la creencia comúnmente aceptada de que los métodos de producción orgánica garantizan bajos niveles de insumos y una alta eficiencia energética.

Kehagias et al., (2015) señalaron que analizar los flujos de energía en los huertos de manzanos podría ayudar a determinar las mejores estrategias de gestión de GEI. Los autores citaron que la gestión convencional tiene mayores aportes de energía en comparación con la gestión orgánica y que los mayores contribuyentes a las emisiones de GEI provienen de los combustibles fósiles (46,4 %) y los fertilizantes nitrogenados (20,9 %). En el caso de este estudio en la tabla que compila los valores de huella de carbono por kilo de manzanas y peras y emisión total por hectárea (Tabla 2.78) se observa que las diferencias en los valores de emisión total entre manzanas con manejo convencional y orgánico y peras con manejo convencional y orgánico son muy bajas, lo mismo sucede con los valores de las huellas de carbono.

La delimitación de los límites del sistema es importante para decidir qué procesos se incluyen o excluyen de la huella de carbono. Esta investigación consideró la etapa de producción del huerto frutal y por lo tanto el límite espacial incluyó los procesos hasta que la fruta salió de los límites de la chacra. Se reconoce que las emisiones están asociadas con el envío posterior y las “millas de alimentos” (la distancia que viajan los alimentos como medida de los impactos en el ambiente). La cuestión de las millas alimentarias ha llamado mucho la atención en Argentina y sus países competidores del hemisferio sur debido a su ubicación geográfica en relación con Europa, donde se exporta la mayor parte de su fruta (Saunders et al., 2006). Las exportaciones de frutas de Argentina a Europa seguramente tendrán emisiones de carbono asociadas con el transporte y el envío, y el valor exacto de las emisiones dependerá del modo de transporte, es decir, aéreo, marítimo y/o por carretera (Page, 2011).

Idealmente, las huellas de carbono basadas en el ACV deberían considerar todo el ciclo de vida de un sistema de huerto, desde su establecimiento hasta el destino de los cultivos al final del ciclo de vida (reemplazados cada 40 a 50 años). A medida que se disponga de más datos cuantitativos, será posible cuantificar los efectos de las prácticas de gestión en el secuestro de carbono a largo plazo en los sistemas de frutales (Page, 2011).

La huella de carbono para las manzanas con manejo orgánico y convencional fue de 0,032 y 0,026 Kg.CO<sub>2</sub> eq./Kg. fruta respectivamente y para las peras con manejo orgánico y convencional de 0,045 y 0,037 Kg.CO<sub>2</sub> eq./Kg. fruta respectivamente (Tabla 2.78). Los dos valores de HC obtenidos para las manzanas (manejo orgánico y convencional) en esta tesis son inferiores a los reportados para la misma instancia productiva y unidad funcional para la manzana convencional producida en Francia, Nueva Zelanda y Suiza. Los autores informaron un valor de HC de 0,15 kg CO<sub>2</sub> eq/ Kg para la producción de manzanas en Francia (González et al., 2009); Milà i Canals et al. (2006) obtuvieron un valor de 0,43 Kg CO<sub>2</sub> eq./kg para manzanas producidas en

Nueva Zelanda y Mouron et al. (2006) indicaron que las manzanas producidas en Suiza tienen un valor de HC de 0,18 Kg CO<sub>2</sub> eq./kg.

Por otra parte, Yáñez Espinoza et al. (2010) estimaron que la emisión de la producción de manzana cv. Royal Gala en Chile fue de 0,072 Kg CO<sub>2</sub> eq./kg de manzana, este resultado se aproxima al obtenido por el presente estudio. Aunque los autores no identificaron los procesos más influyentes en la producción de manzanas, indicaron que aquellos huertos que eran más eficientes energéticamente tenían menor magnitud de emisiones de GEI.

Las HC de tres unidades productivas orgánicas de perales analizadas por Liu et al. (2010a) en China fueron de 0,2, 0,05 y 0,15 kg. CO<sub>2</sub> eq./kg, valores superiores a los encontrados en este estudio. También fueron superiores a las de este estudio las HC de 2 unidades productivas convencionales de perales con valores de 0,08 y 0,14 analizadas por dichos autores. La maquinaria agrícola y el correspondiente uso de combustibles fósiles contribuyeron de manera importante a las emisiones totales de GEI de los sistemas de producción orgánica de perales en Beijing (China), representando el 39% y el 80% de las emisiones totales de GEI (Liu et al., 2010a).

Tabla 2.78. Compilación de los rendimientos, huella de carbono por kilo de manzanas y peras y emisión total por hectárea en agroecosistemas con manejo orgánico y convencional característicos de la región de estudio.

<b>Agroecosistema</b>	<b>Rendimientos (Kg.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Emisión total (Kg CO<sub>2</sub> eq./ha)</b>	<b>Huella de carbono (Kg.CO<sub>2</sub> eq./Kg. fruta)</b>
<b>Manzanas Orgánicas</b>	35112,00	1130,21	<b>0,032</b>
<b>Manzanas convencionales</b>	49154,35	1306,25	<b>0,026</b>
<b>Peras orgánicas</b>	30000,00	1355,79	<b>0,045</b>
<b>Peras convencionales</b>	36917,32	1361,30	<b>0,037</b>

Trabajando en la producción de higos orgánicos y convencionales, Okan Arıkan y Aksoy (2020) identificaron las principales prácticas que generan emisiones significativas y como resultado observaron que las emisiones en la gestión convencional fueron de 570 kg de CO<sub>2</sub>-eq por hectárea en comparación con 242 kg CO<sub>2</sub>-eq por hectárea en sistemas orgánicos. Estos valores fueron muy inferiores a los encontrados en la producción de manzanas y perales analizadas en este estudio.

El cultivo de peras orgánicas presentó una emisión de 1355,79 Kg CO<sub>2</sub>-eq/ha (Tabla 2.78). A pesar de que la cantidad de combustible total gastado en la producción de peras orgánicas fue el menor de los cuatro agroecosistemas (357,40 l/ha, tabla 2.55), el riego se realizaba con microaspersores accionados por una bomba eléctrica de 8kwh y el control de heladas primaverales tardías con una bomba accionada a gas oil lo que contribuyó sustancialmente al aumento de las emisiones y de la huella de Carbono (Tabla 2.78).

Liu et al. (2010a) trabajando en China con huertos de perales orgánicos y convencionales observaron que en los huertos convencionales, la energía indirecta fue la que más contribuyó a las emisiones totales de GEI representando el 50% y el 66% de las emisiones totales. En cambio, en las unidades productivas orgánicas la energía indirecta representó entre el 2 y el 10%. Los autores atribuyen estas diferencias a las emisiones de GEI asociadas con la producción de fertilizantes sintéticos que se utilizaron en los sistemas convencionales. En el

presente estudio, todas las unidades productivas analizadas (orgánicas y convencionales) insumieron más del 60% en energía indirecta llegando incluso a casi 80%.

Existe una relación directa entre el uso de energía y las emisiones de GEI, ya que una reducción en el consumo de energía implica una reducción de GEI en la actividad agrícola (Nabavi-Pelesaraei et al., 2014). Así, incrementar la eficiencia energética en la agricultura no solo ayuda a mejorar la competitividad a través de la reducción de costos, sino también a reducir las emisiones de GEI y los impactos ambientales que éstas implican (Alluvione et al., 2011).

Las prácticas culturales que presentaron mayor participación en las emisiones de GEI en los cuatro agroecosistemas analizados fueron el control de heladas primaverales tardías, el manejo de plagas, y la cosecha (Tablas 2.20, 2.39, 2.57 y 2.75 y figuras 2.8, 2.12, 2.16 y 2.20). En el caso de los agroecosistemas con manejo convencional también se observaron emisiones en el manejo de herbáceas ya que se aplican herbicidas tres veces durante el año y se cortan las herbáceas de los interfilares utilizando una desbrozadora tres veces durante la temporada productiva. En el caso del agroecosistema de producción de peras orgánicas se suma en cuanto a cantidad de emisiones el riego que se realiza utilizando una bomba eléctrica.

Mouron et al. (2006) señalaron que el combustible utilizado en aplicaciones fitosanitarias, cosecha y la energía eléctrica utilizada en riego, implicaron el 33% de las emisiones. En este sentido, Johansson (2015) señaló que el 21% de las emisiones derivadas de la producción de manzanas orgánicas en Suecia correspondieron al uso de combustible tipo diésel, utilizado principalmente en tractores y equipos técnicos para realizar fumigaciones, fertilizaciones, cosechas y poda de manzanos. El autor señaló que, en la producción de manzanas en Italia, además de los combustibles fósiles, fueron relevantes las emisiones derivadas del uso de energía eléctrica, que en conjunto representan el 62% del total de las emisiones generadas.

Nabavi-Pelesaraei et al. (2014), señalaron que las emisiones de GEI por combustibles fósiles fueron las más altas en la producción de naranja, con el 40% de la emisión total. Müller et al. (2015), trabajando en la producción de kiwi encontraron que los factores de emisión más importantes son el uso de combustible utilizado en aplicaciones fitosanitarias, fertilización y cosecha, representando el 21% de las emisiones totales de GEI en producciones convencionales y el 15% en producciones orgánicas.

Las prácticas culturales que deben ser objeto de revisión son principalmente las realizadas durante la temporada primavera-verano. Del total de las emisiones de GEI generadas, correspondieron a las prácticas culturales estivales el 51%, 71%, 44% y 53%, a las primaverales el 31%, 26%, 44% y 44% y a las invernales el 18%, 3%, 12% y 3% para los agroecosistemas de manzanas orgánicas y convencionales y peras orgánicas y convencionales respectivamente (Figuras 2.9, 2.13, 2.17 y 2.21 y Tabla 2.79).

Tabla 2.79. Emisiones de gases de efecto invernadero generadas en las distintas estaciones del año en una hectárea de manzanos y perales con manejo orgánico y convencional característicos de la región de estudio.

Prácticas culturales de acuerdo con la estación del año	Emisión (kg.CO <sub>2</sub> eq./ha)			
	Manzanas orgánicas	Manzanas convencionales	Peras orgánicas	Peras convencionales
Otoño-invernales	198,81	44,16	166,35	40,70
Primaverales	351,41	334,61	600,50	595,01
Estivales	580,01	927,48	588,93	725,59
<b>TOTAL kg.CO<sub>2</sub>eq/ha</b>	1130,24	1306,25	1355,78	1361,30

Cuando se producen mayores emisiones de GEI, aumenta la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico para ser utilizado durante el proceso fotosintético de los frutales, el sistema frutal actúa como sumidero transfiriendo CO<sub>2</sub> atmosférico a reserva. Esta es una de las principales estrategias de mitigación según lo indicado por Ibrahim et al. (2013) por ser una forma económica de eliminar CO<sub>2</sub> de la atmósfera ya que la acción la realiza un “bosque frutal caducifolio” mediante el proceso fotosintético.

Sin embargo, Lafleur et al. (2018) precisaron que el potencial de captura de carbono por parte de las comunidades vegetales varía dependiendo de la estructura y composición de cada ecosistema; los autores indicaron que los agroecosistemas con estructuras vegetales que favorecen la superficie foliar y la presencia de especies con diferentes metabolismos fotosintéticos fijarán más carbono atmosférico que aquellos que tienen poca superficie foliar y un monocultivo con un solo metabolismo fotosintético.

Albrecht y Kandji (2003) plantearon que la edad del cultivo afecta la captura de CO<sub>2</sub>, los árboles más jóvenes en pleno crecimiento presentaron una mayor asimilación de carbono atmosférico que los árboles adultos. Sin embargo, no se debe descuidar el papel de los árboles adultos ya que, aunque su tasa fotosintética puede ser menor, tienen una mayor superficie foliar fotosintética. La diversidad vegetal y el diseño espacial del agroecosistema es un punto a considerar en un plan de mitigación basado en el diseño y manejo de la vegetación de un huerto como sumidero de Carbono (Zerbino y Leoni, 2012).

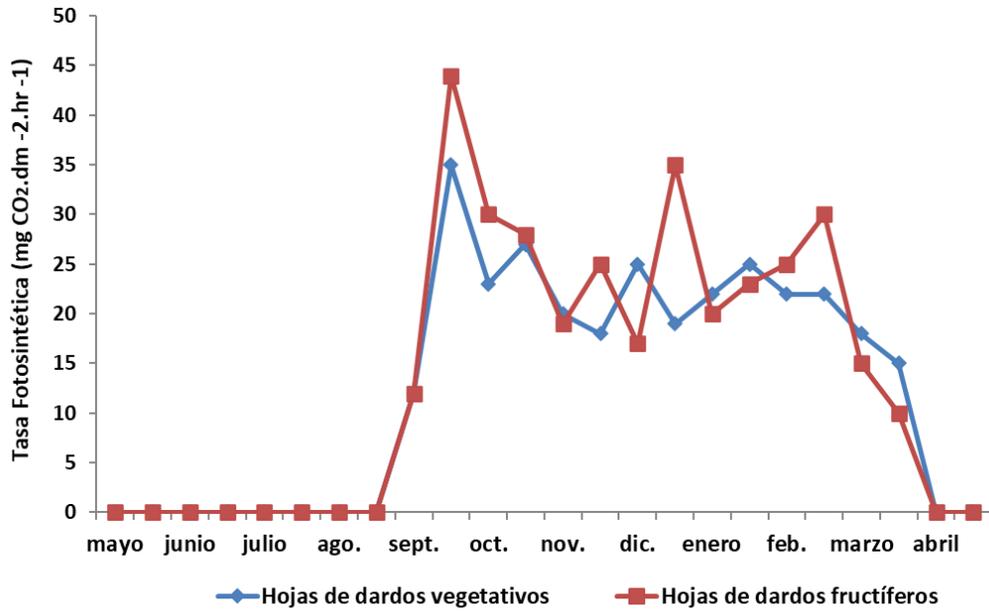
Dussi (2007) indicó que la penetración de la luz al interior del árbol generalmente está determinada por el tamaño y forma de la planta, la interceptación y distribución de la luz en el dosel dependerá del sistema de conducción utilizado, tipo de poda (Dussi et al., 2004) y marco de plantación.

Fujii y Kennedy (1985) demostraron que los manzanos tenían tres picos en su tasa de fotosíntesis durante la temporada de crecimiento, uno después de la brotación, el otro durante la etapa de crecimiento rápido del fruto y uno menor cercano a la cosecha de frutos (Figura 2.22 A). Según estos autores, en las hojas de los dardos fructíferos la fotosíntesis aumenta rápidamente, alcanzando una tasa máxima de 43 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup> entre los estados fenológicos F1 y F2 (Fleckinger, 1964). La tasa fotosintética máxima alcanzada en hojas de dardos vegetativos fue de 34 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup>, que nuevamente ocurre al mismo tiempo que el desarrollo estacional. El primer pico fotosintético coincide con las emisiones de GEI ocurridas en la primavera en los cuatro agroecosistemas estudiados 351,41; 334,61, 600,50 y 595,01 kg.CO<sub>2</sub>eq./ha para manzanos orgánicos y convencionales y perales orgánicos y convencionales respectivamente (Tabla 2.79, figura 2.22 y 2.23 A y B).

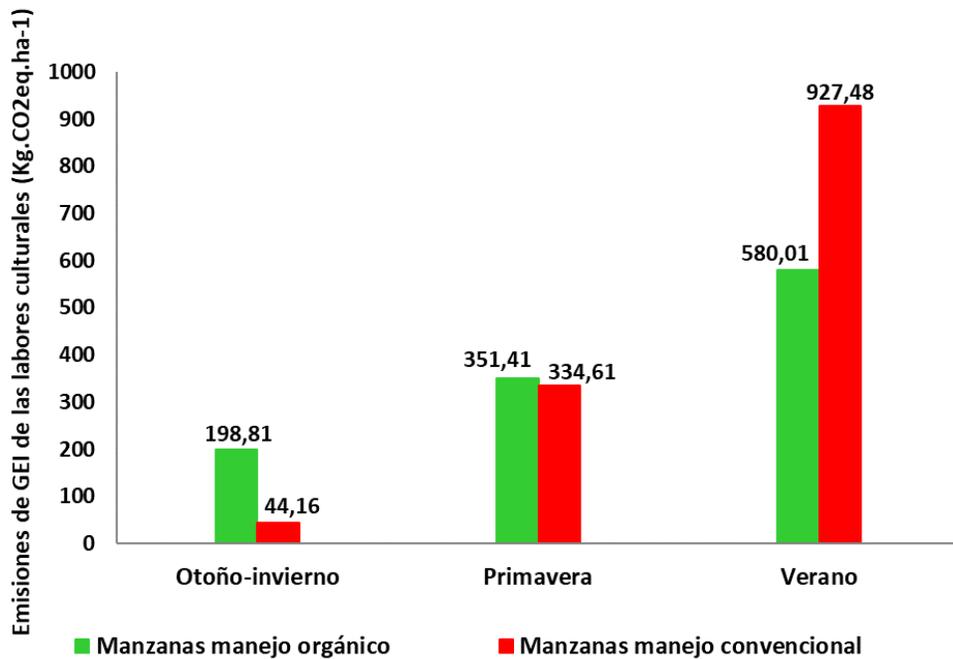
Fujii y Kennedy (1985) señalaron que el segundo pico fotosintético y el tercero se alcanzaron coincidiendo con el rápido crecimiento de los frutos y el tercero cercano a la cosecha. Esto coincide con las emisiones de

GEI ocurridas en el verano en los cuatro agroecosistemas estudiados que fueron de 580,01, 927,48, 588,93 y 725,59 para manzanos orgánicos y convencionales y perales orgánicos y convencionales respectivamente (Tabla 2.79, figura 2.22 y 2.23 A y B).

Otros autores, como Hansen (1971), han analizado la evolución de la tasa fotosintética a lo largo de la etapa de crecimiento y señalaron que las hojas de los dardos fructíferos tenían un 50% mayor de absorción de carbono por superficie foliar que la de los dardos sin frutos. De manera similar, Avery (1969) observó un aumento del 40-60% en la fotosíntesis durante la etapa de fructificación en manzanos; y Marini y Barden (1981) indicaron para manzanos cultivados en el estado de Virginia (EE.UU.) que la tasa más alta de fotosíntesis neta se logra durante la primavera.



A



B

Figura. 2.22 Evolución de la tasa fotosintética a lo largo de la temporada (A) ligada a los principales períodos de emisiones de GEI (B) generadas por las prácticas culturales realizadas en una hectárea de manzanos Red Delicious con manejo orgánico y convencional. Figura 2.22 A, adaptada de Fujii y Kennedy (1985).

Según Ghosh (1973), las hojas de dardos fructíferos tienen una tasa fotosintética más alta debido a un parénquima en empalizada más desarrollado y una mejor capacidad de absorción de luz en comparación con las hojas de dardos no fructíferos. Las tasas de fotosíntesis en ambos tipos de hojas disminuyeron en un promedio de 28 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup> hasta mediados del verano, con una caída rápida en ambos tipos de hojas a mediados de otoño, terminando con un valor negativo después de que las hojas habían girado visiblemente al amarillo (Fujii y Kennedy, 1985).

Si bien los cuatro agroecosistemas analizados en este estudio generaron emisiones de GEI debido a las tareas culturales realizadas en las distintas estaciones de crecimiento, también durante las estaciones primaveral y estival ocurrió una captura importante de CO<sub>2</sub> proveniente de la actividad fotosintética de los frutales.

En las figuras 2.22 y 2.23 B también se observan las emisiones de GEI de las labores culturales realizadas durante el otoño y el invierno que no tienen correspondencia con las tasas fotosintéticas ya que los árboles se encuentran sin hojas, en el reposo invernal.

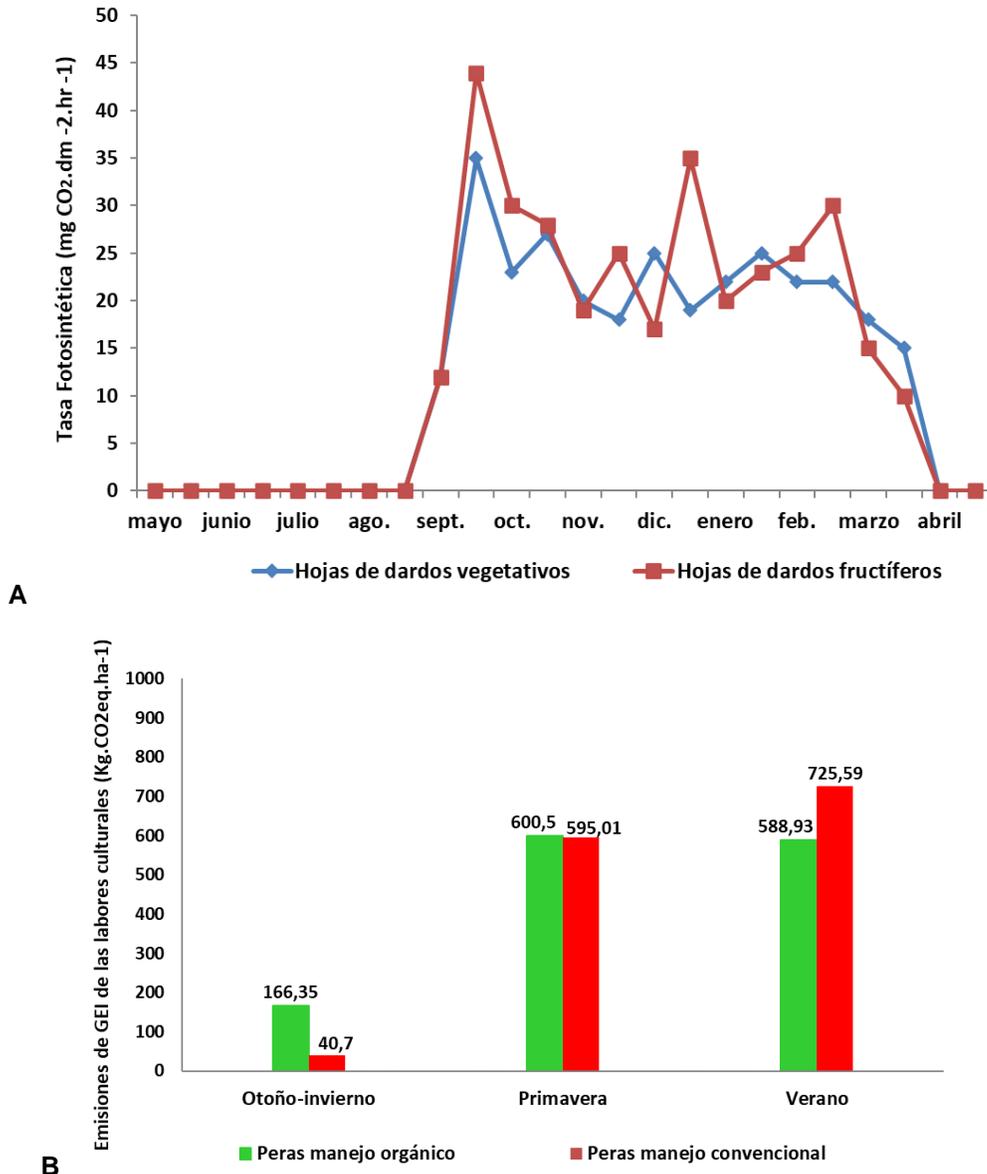


Figura. 2.23. Evolución de la tasa fotosintética a lo largo de la temporada (A) ligada a los principales períodos de emisiones de GEI (B) generadas por las prácticas culturales realizadas en una hectárea de peras cv. Williams con manejo orgánico y convencional. Figura 2.23 A, adaptada de Fujii y Kennedy (1985).

Si bien los datos de Fujii y Kennedy (1985) muestran las tasas fotosintéticas de dardos vegetativos y fructíferos en manzanos y no en perales igualmente son útiles como comparación teniendo en consideración que ambas especies son de la misma familia botánica las Rosaceae.

Los indicadores energéticos muestran una relación favorable entre la entrada de energía y la salida de energía para los cuatro agroecosistemas estudiados (Tabla 2.77). Sin embargo, el alto porcentaje de energía industrial utilizada refleja una alta dependencia de los subsidios energéticos. Para reducir esta dependencia, es fundamental regular las diferentes actividades que se realizan en los sistemas productivos frutícolas mediante la aplicación de tecnologías apropiadas, es decir, reducir el uso de energía industrial, especialmente la que proviene de fuentes no renovables o contaminantes, como combustible fósil; utilizar sistemas de labranza que requieran un menor uso de maquinaria, regar eficientemente, utilizar fuentes alternativas de energía cultural-industrial, como sistemas fotovoltaicos y turbinas eólicas.

Para el control de las heladas tardías de primavera una alternativa es cambiar hacia el uso de una bomba eléctrica accionada con energía procedente de fuentes renovables. Además, se podrían utilizar sistemas pasivos de control de heladas, manteniendo una cubierta vegetal baja en los interfilares con suelo húmedo para producir mayor calentamiento durante el día y liberación nocturna de energía para atenuar las heladas. Asimismo, el uso de plantas como cortaviento reduce la entrada de aire frío y ralentiza la intensidad de la brisa que provoca una mayor evaporación y enfriamiento. Aunque los sistemas pasivos sólo ayudan parcialmente al control de heladas y en la mayoría de los cultivos de la región es imperiosa la necesidad de contar con sistemas activos de control. Es fundamental diseñar agroecosistemas resilientes al cambio climático, cultivando especies resistentes a las bajas temperaturas primaverales.

Además, es necesario aumentar el conocimiento sobre el manejo agroecológico de plagas, las redes tróficas y las interacciones a nivel de chacra para reducir los insumos externos y aumentar el uso del control biológico a través de cultivos de cobertura o cultivos intercalados y el uso de plantas trampa.

En materia de comercialización, promover la regionalización de la producción y el vínculo entre consumidores y productores para comprender el valor de los productos orgánicos y biodinámicos y así alcanzar un comercio justo.

Un aspecto por considerar para el análisis energético de frutales de hoja caduca es que, si solo se contabiliza como producción de energía la fruta cosechada, el análisis se subestima, debido a que, del insumo total, gran parte se retiene en el agroecosistema como estructura y mantenimiento de la planta. Los árboles frutales secuestran carbono por lo que este tipo de agroecosistemas actúan como “bosques frutales caducifolios” presentando entonces otras funciones para el ambiente y la sociedad que exceden la de sólo producir frutos. Zanotelli et al. (2013) encontró que, en el huerto de manzanos, tanto la producción neta del ecosistema como la producción primaria bruta anual ( $380 \pm 30 \text{ g C m}^{-2}$  y  $1263 \pm 189 \text{ g C m}^{-2}$  respectivamente), fueron de una magnitud comparable a la de los bosques naturales que crecen en condiciones climáticas similares. Las mayores diferencias con respecto a los bosques se encuentran en el patrón de asignación y en el destino de la biomasa producida. El carbono secuestrado de la atmósfera se destinó en gran medida a la producción de frutas: el 49% de la Productividad Primaria Neta (PPN) anual se extrajo del ecosistema a través de la producción de manzanas. El material orgánico (hojas, residuos de raíces finas, madera podada y caída temprana de frutos)

que contribuyó al ciclo de detritos fue del 46% de la PPN. Sólo el 5 % fue atribuible al incremento de la biomasa en pie, mientras que este componente de la PPN es generalmente el mayor en los bosques.

Zanotelli et al. (2015) evidenció que los huertos de manzanos manejados intensivamente tienen el potencial de actuar como sumideros de C atmosférico. El balance neto de carbono del ecosistema podría alcanzar valores más altos si se permitiera a los árboles producir una mayor cantidad de crecimiento vegetativo y, por lo tanto, un mayor almacenamiento de C ya sea en la estructura del árbol y/o en los órganos que alimentan el ciclo de los detritos. La sostenibilidad económica y ecológica en la producción frutícola debe conciliarse permitiendo que los árboles produzcan rendimientos elevados, pero no excesivos, lo que por un lado reduciría la calidad de la fruta y, por otro lado, afectaría negativamente al crecimiento vegetativo. Entre las posibles medidas se podría al menos considerar la adopción de portainjertos más vigorosos y el alargamiento de la vida útil del huerto frutal.

La acumulación de C en los órganos leñosos representa la mayor parte del balance neto de carbono del ecosistema durante la fase madura de los árboles, con lo cual, si se considera que el tiempo medio de renovación de los huertos altamente productivos en Europa es de unos 15 a 20 años, se puede concluir que el Carbono en la estructura del árbol tiene un tiempo de residencia relativamente bajo (Zanotelli et al., 2015). Esto no es así en la región de la NorPatagonia donde la renovación de los montes frutales se produce en un tiempo mucho más extenso que puede superar los 30 años y que determina un mayor tiempo de residencia del carbono en la estructura del árbol frutal.

Por otro lado, cuando se renuevan las plantaciones, tras la extracción y tala de los árboles frutales, las estructuras leñosas también pueden quemarse en sistemas de calefacción domésticos, sustituyendo así otras fuentes de energía, o procesarse para producir astillas de madera, compost o biocarbón (biochar) (Ventura et al., 2014), ambas soluciones aumentan el tiempo de residencia del C y deben tenerse en cuenta como prácticas de mitigación de GEI (Smith et al., 2008).

Wu et al., (2012) analizaron la capacidad de secuestro de carbono de los huertos de manzanos en China entre 1990 y 2010; en ese período, la captura neta de carbono fue equivalente al 4,5% del sumidero neto total de carbono de los ecosistemas terrestres de China. Por lo tanto, los sistemas de producción de manzanas pueden considerarse potencialmente como sumideros de C (además de proporcionar frutas), excluyendo la energía asociada con la producción de frutas. La acumulación de carbono depende de la edad del cultivo (Albrecht y Kandji, 2003), su estructura y función (Albrecht y Kandji, 2003), el manejo (Albrecht y Kandji, 2003; Scott et al., 2010) y las condiciones edáficas (Guenet et al., 2021).

Cada frutal capta y retiene en su estructura parte de las emisiones generadas durante el proceso productivo, así, el “bosque caducifolio” de más de 43.541 hectáreas de frutales, principalmente de pepita y carozo (Senasa, 2018), que conforma la región NorPatagónica requiere de una evaluación ambiental, basada en la economía ecológica (Pengue y Feinstein, 2013), no sólo por las pérdidas por la contaminación generada por la actividad agrícola realizada sino también por las ganancias ambientales que se generan como tal es el caso de la absorción de CO<sub>2</sub> que ocurre. Estos primeros resultados muestran que las plantaciones de frutales contribuyen positivamente a aliviar las emisiones de C en la atmósfera (Scandellari et al., 2016). El crecimiento vegetativo de los árboles que resulta en un aumento de la biomasa en pie y/o un aumento de la hojarasca de los árboles

no debe reducirse si nuestro objetivo es mantener la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> del huerto de manzanos (Zanotelli et al., 2015).

El análisis del flujo de energía permite evaluar las prácticas agrícolas, identificando aquellos aspectos a mejorar. La sostenibilidad agrícola se logra, entre otros factores, a través del conocimiento adecuado de los procesos ecológicos que ocurren a nivel de finca y en su contexto. Con estas bases se podrán realizar cambios socioeconómicos que promuevan la sostenibilidad en todos los sectores del sistema agroalimentario.

Las plantaciones de frutales de hoja caduca contribuyen de manera insignificante a las emisiones de carbono en comparación con los cultivos anuales ya que tienen características estructurales que les permiten secuestrar cantidades importantes de carbono atmosférico, debido a: i) su largo ciclo de vida, que les permite acumular C en órganos permanentes como el tronco, ramas y raíces y en el suelo mediante rizodeposición; ii) una baja o nula labranza del suelo, que preserva la materia orgánica del suelo de la mineralización; iii) la frecuente presencia de vegetación herbácea en los interfilares, que puede contribuir a la acumulación de materia orgánica en el suelo (Scandellari et al., 2016). Estos autores, en un extenso trabajo utilizando manzanos, viñedos, cítricos, durazneros y olivos concluyeron que todos los huertos frutales maduros almacenan carbono a lo largo del tiempo y pueden fijar cantidades significativas de carbono.

En el caso de esta tesis, se centró en manzanos y perales. Si consideramos que el Manzano (*Malus domestica*) es el árbol frutal de hoja caduca más cultivado en todo el mundo con una superficie de 4,8 millones de hectáreas y una producción de alrededor de 76 millones de toneladas (FAOSTAT, 2012), podemos observar la importancia de la magnitud de acumulación de C especialmente en las regiones del mundo donde se cultivan dichos frutales como en la NorPatagonia y a su vez la importancia de los resultados de la presente tesis.

## Conclusiones

- ✓ Los agroecosistemas analizados presentaron los siguientes valores en ingresos energéticos totales, eficiencias energéticas, energía específica, energía neta y huella de carbono:
  - Producción de manzanas Red Delicious con manejo orgánico certificado y manejo biodinámico certificado: 70752,40 MJ/ha, 1,34, 2,01 MJ/ha, 23347,76MJ/ha y 0,032 Kg.CO<sub>2</sub> eq./kg de manzana respectivamente.
  - Producción de manzanas Red Delicious con manejo convencional, 85319,72 MJ/ha, 1,55, 1,73MJ/kg, 46413,93 MJ/ha y 0,026 Kg.CO<sub>2</sub> eq./kg de manzana respectivamente.
  - Producción de peras Williams con manejo orgánico certificado, 47726,58 MJ/ha, 1,84, 1,59 MJ/kg, 40173,42 MJ/ha y 0,045 Kg.CO<sub>2</sub> eq./kg de peras respectivamente.
  - Producción de peras Williams con manejo convencional, 83810,21 MJ/ha, 1,29, 2,27MJ/kg, 24357,54 MJ/ha y 0,037 Kg.CO<sub>2</sub> eq./kg de peras respectivamente.
- ✓ Del total de la energía directa ingresada en todos los agroecosistemas, corresponden a energía cultural industrial más del 95% y lo restante a energía biológica cultural.
- ✓ La energía indirecta constituyó ampliamente la mayor contribución en todos los agroecosistemas frutícolas debido a los subsidios energéticos utilizados.
- ✓ Las fuentes de energía fósil representadas por el uso de gas oil fue en todos los casos la principal causa del gasto energético y emisiones de GEI.
- ✓ Las labores culturales que implicaron un mayor ingreso de energía biológica cultural y energía cultural industrial directa en general para todos los agroecosistemas analizados fueron el control de heladas primaverales tardías, las labores de cosecha y el manejo de plagas. Estas tres tareas son decisivas en el ingreso de subsidios energéticos y determinan los puntos críticos a trabajar en el futuro. El control de herbáceas también se agrega a las tareas antes mencionadas en el caso de los agroecosistemas frutícolas convencionales debido al uso de herbicidas y a la cantidad de veces que se cortan las herbáceas en los interfilares provocando un gasto importante de combustible fósil.
- ✓ La cosecha, poda y el raleo implicaron el mayor ingreso de energía biológica – cultural en los cuatro agroecosistemas frutícolas analizados debido a que son tareas que se realizan manualmente y consumen mayor cantidad de mano de obra.
- ✓ El valor de emisión de gases de efecto invernadero generado por cada labor agrícola fue mayor en las tareas de control de heladas primaverales tardías, cosecha y manejo de plagas en todos los agroecosistemas analizados. El control de herbáceas también se agrega a las tareas antes mencionadas en el caso de los agroecosistemas frutícolas convencionales debido al uso de combustible fósil y el riego en el caso del agroecosistema de peras orgánicas debido a la utilización de una bomba centrífuga para accionar los microaspersores.
- ✓ Los valores medios de emisión para los sistemas convencionales fueron de 1333,77 Kg.CO<sub>2</sub> eq./ha y para los sistemas orgánicos de 1243,00 Kg.CO<sub>2</sub> eq./ha.
- ✓ El análisis energético llevado a cabo en los agroecosistemas analizados permitió identificar las labores culturales de alto consumo energético, calcular las eficiencias energéticas como también las huellas de

carbono y la emisión total CO<sub>2</sub>eq/ha en cada unidad productiva y sentar las bases para evaluar alternativas de mejora en cuanto a eficiencia energética y reducción de emisión de GEI durante la etapa productiva de manzanas y peras.

- ✓ Este estudio aporta la experticia necesaria en términos de análisis de flujo energéticos a la región productora de manzanas del Alto Valle, NorPatagonia Argentina posibilitando, por ejemplo cumplir con las exigencias requeridas por GLOBAL G.A.P. (para aquellas UP que así lo requieran) y lo más relevante mejorar la sustentabilidad de los sistemas productivos reduciendo las emisiones de GEI, utilización de energía fósil, aumentando las eficiencias y mejorando la salud del territorio en su conjunto.
- ✓ Aunque los sistemas de producción de perales y manzanos con manejo orgánico y convencional estudiados en esta investigación superaron los criterios de sostenibilidad para la eficiencia energética, debe interpretarse con cautela. Dado que los combustibles fósiles se agotarán en algún momento futuro, el desafío sigue siendo que la investigación desarrolle sistemas de producción de alimentos con mayores rendimientos que dependan en menor medida de energías no renovables. Esto significa identificar estrategias que reduzcan sistemáticamente la dependencia de recursos no renovables para avanzar hacia el camino de la sustentabilidad.
- ✓ El uso de tractores más pequeños puede reducir el consumo de energía en la operación de las pulverizaciones, ya que el control de plagas fue una de las prácticas de gestión de la chacra que consumió más energía y utiliza para su realización una pulverizadora acoplada al tractor. El uso de tractores más grandes significa un mayor contenido de energía incorporada y un mayor consumo de combustible. Page (2011), sugirió que se puede lograr un ahorro de energía de hasta 2 GJ por hectárea por año en los huertos de manzanos utilizando un tractor motorizado más pequeño, aunque lleva un 10% más de tiempo realizar la operación de pulverización. Al mismo tiempo, hay reducciones en las emisiones de carbono asociadas, lo que aumenta la proporción de carbono.
- ✓ Otra forma lógica de reducir el uso de energía y las emisiones de carbono asociadas en las operaciones de pulverización es la reducción de la frecuencia de las mismas, sin embargo, este escenario tiene otras connotaciones a considerar dado que la frecuencia de las pulverizaciones suele depender del clima y de la incidencia de plagas y/o enfermedades. Aunque un aumento de las interacciones entre los organismos del agroecosistema y un mayor conocimiento de las relaciones entre las plantas, predadores y plagas puede reducir la incidencia de plagas y enfermedades y en consecuencia la necesidad de aplicación de agroquímicos lo que conlleva una reducción en el uso del equipo (tractor y pulverizadora) y gasto de combustible.
- ✓ La selección del sitio para el establecimiento de huertos frutales es un factor importante para mejorar la sustentabilidad. La ubicación de los huertos puede influir en la sostenibilidad mediante la necesidad de insumos que consuman energía, como el riego y la protección contra las heladas. Por lo tanto, seleccionar un sitio apropiado durante la fase de establecimiento del huerto frutal es importante para el objetivo general de lograr la sostenibilidad ambiental mediante la reducción del uso de energía no renovable y las emisiones de carbono asociadas.

- ✓ La actividad fotosintética típica llevada a cabo por los frutales del agroecosistema, como así también por el resto de los estratos, son un potencial regional importante en términos de secuestro de carbono atmosférico, siempre y cuando el crecimiento vegetativo de los árboles que resulta en un aumento de la biomasa en pie y/o un aumento de la hojarasca de los árboles no se reduzca cuando nuestro objetivo es mantener la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> de los huertos frutales (Zanotelli et al., 2015).
- ✓ El presente estudio proporciona información que puede ser utilizada por los responsables políticos y las organizaciones profesionales en la planificación de cultivos frutales de hoja caduca. Obviamente este trabajo no es concluyente, ya que debe integrarse con estudios similares en otros sitios o regiones. Sin embargo, estos primeros resultados muestran en qué puntos del sistema se debe mejorar para reducir la emisión de C a la atmósfera.
- ✓ También se contribuye a reinterpretar el papel histórico de agricultores como “productores de bienes” como proveedores de servicios más diversos a la sociedad.

## **CAPITULO III: Análisis y comparación de la composición florística en interfilares de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca**

### **Desarrollo del objetivo específico 3**

#### **Introducción**

Los conceptos desarrollados por la Ecología para la descripción y análisis de los ecosistemas naturales son fundamentales también para la comprensión y manejo de la estructura y funcionamiento de los agroecosistemas. Dichos conceptos se basan en principios ecológicos que favorecen procesos naturales e interacciones biológicas que permiten optimizar sinergias, de modo tal que la agrobiodiversidad sea capaz de subsidiar por sí misma procesos importantes por ejemplo el reciclaje de materia (Gliessman, 2006). Cuando estos aspectos se pierden por la simplificación biológica, los costos económicos y medioambientales pueden ser significativos.

La regulación biológica de plagas, la captura y almacenamiento de agua, la formación/protección del suelo y el ciclo, liberación y disponibilidad de nutrientes son servicios ecosistémicos clave mediados por la biodiversidad necesarios para sostener la producción de alimentos en la agricultura (Tittonell, 2023). La diversidad en el paisaje agrícola también puede contribuir a la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas naturales circundantes. Reduce el riesgo de pérdida de cultivos debido a factores climáticos como sequías o heladas, así como a la imprevisibilidad de los mercados (Gliessman, 2007).

Una mayor diversidad en el agroecosistema aumenta la complejidad y por lo tanto la resiliencia del sistema aumentando así su sustentabilidad (Racskó et al, 2008; Nichols et al., 2016; Gliessman, 2018; Nichols y Altieri, 2018). Por otro lado, una diversidad de especies actúa como un amortiguador contra el fracaso debido a las fluctuaciones ambientales, al mejorar la capacidad de compensación del agroecosistema, porque si una especie falla, otras pueden desempeñar su papel, lo que conduce a respuestas comunitarias agregadas más predecibles o propiedades del ecosistema (Tittonell, 2023).

El manejo del hábitat que implica la manipulación de la vegetación de las tierras de cultivo ejerce efectos supresores directos sobre las plagas y promueve la presencia de enemigos naturales. Fomentar la presencia de enemigos naturales con refugio, néctar, presas/huéspedes alternativos y polen (SNAP) se ha convertido en un importante tema de investigación y una táctica aplicada con la participación de los agricultores en la investigación y gestión del hábitat debido a la prestación de servicios ecosistémicos (Gurr et al., 2017). La creciente complejidad del paisaje, típicamente a través de la inclusión de hábitats no agrícolas, casi siempre aumenta la abundancia de enemigos naturales y diversidad.

A nivel de unidad productiva, finca/granja/chacra, un sistema agrícola puede considerarse “de base agroecológica” si implementa principios agroecológicos establecidos en el diseño y manejo del agroecosistema. Los principios agroecológicos guían el diseño espacial y temporal de una finca tomando la forma de diferentes prácticas (es decir, cultivos intercalados, cultivos de cobertura, etc.) que, a su vez, ponen en marcha procesos ecológicos clave (ciclo de nutrientes, regulación de plagas, etc.) (Nichols et al., 2016). Liebert et al., (2022) encontraron que se utilizaron menos prácticas agroecológicas en granjas de gran tamaño y que también estas exhibieron el mayor grado de convencionalización. El cultivo intercalado, las plantaciones de plantas como

refugio de enemigos naturales y las plantaciones de borduras tenían al menos 1,4 veces más probabilidades de usarse en granjas pequeñas (de 0,4-39 has) en comparación con granjas grandes ( $\geq 405$  has).

Los cultivos intercalados son una práctica de gestión comúnmente aplicada para mejorar la biodiversidad funcional, contribuyendo a todos los principios de la agroecología con múltiples beneficios, la mezcla de variedades es una estrategia conocida para reducir la incidencia de enfermedades mediante los efectos amortiguadores de la diversidad genética. Los cultivos de cobertura también son una práctica que refleja el principio de reciclaje y la acumulación de materia orgánica y promueve procesos como el ciclo de nutrientes, la activación biológica del suelo, la supresión de malezas y la conservación del agua, que son clave para la productividad de los cultivos y la salud del suelo (Herz et al., 2019). Por ejemplo, en huertos de frutales y viñedos, los cultivos de cobertura funcionan como un sistema multifuncional al actuar simultáneamente sobre procesos y componentes claves: incrementan la entomofauna benéfica, activan la biología del suelo, mejoran el nivel de materia orgánica y con eso la fertilidad y la capacidad de retención de humedad del suelo, más allá de reducir la susceptibilidad a la erosión (Altieri, 1995). También Gliessman (2002) menciona que los cultivos de cobertura que se siembran junto al cultivo principal para proveer cobertura al suelo generan un incremento de los estratos de vegetación, un aumento de la entomofauna benéfica (diversidad específica) y activan la biología del suelo. En este caso se ven favorecidos los procesos ecológicos de regulación biótica y ciclado de nutrientes (diversidad funcional). En general, los efectos de supresión de herbívoros, mejora de enemigos naturales y supresión de daños a los cultivos fueron significativamente más fuertes en cultivos diversificados que en cultivos con ninguna o menos especies de plantas asociadas (Letourneau et al., 2011). Las rotaciones de cultivos tienden a mejorar la estructura y fertilidad del suelo, reducir la erosión y adicionar materia orgánica. Las franjas de vegetación o borduras naturales o implantadas en el perímetro de las chacras y caminos pueden aumentar la diversidad en distintas dimensiones, pueden atraer organismos benéficos, reducir la erosión del suelo por viento o agua, y actuar como barreras rompevientos para los cultivos.

Se reconoce que la inclusión de cultivos de cobertura en los sistemas agrícolas garantiza muchos servicios ecosistémicos, incluido el control de la erosión del suelo, el secuestro de carbono, la regulación de la infiltración del agua, la reducción de la lixiviación de nutrientes y la mejora de la disponibilidad de nutrientes, la degradación de los agroquímicos, el aumento de la biodiversidad y la atracción de polinizadores, limitación de plagas, malezas, etc. (Adetunji et al. 2020; Blanco-Canqui et al. 2015; Sharma et al. 2018). Los cultivos de cobertura se definen en términos generales como cultivos no cosechados que se cultivan además del cultivo comercial primario con el objetivo de mejorar la fertilidad del suelo y aumentar los rendimientos. Según la Soil Science Society of America, los cultivos de cobertura son “cultivos de crecimiento cercano que brindan protección y mejora del suelo entre períodos de producción normal de cultivos, o entre árboles y vides en viñedos” (Fageria et al. 2005). Un ejemplo son las pasturas consociadas (gramíneas y leguminosas) utilizadas por ejemplo en los interfilares de las chacras frutícolas. La configuración estructural compleja favorece la diversidad funcional.

Se ha demostrado que la inclusión de cultivos de cobertura en diversos sistemas agrícolas es una práctica agronómica consolidada para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aumentando así la disponibilidad de nutrientes y reduciendo el suministro de fertilizantes minerales. A su vez, estos beneficios comúnmente se reflejan en el cultivo con un estado nutricional mejorado. Conocer las relaciones recíprocas

entre los cultivos de cobertura, el suelo y el estado nutricional de las plantas permitirá mejorar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos tanto cualitativa como cuantitativamente y, al mismo tiempo, limitará la adopción de insumos auxiliares. Sin embargo, un cultivo de cobertura eficaz está estrechamente relacionado con opciones de gestión adecuadas y específicas del contexto (elección de especies, período de siembra, etapa de terminación y método de terminación). Desafortunadamente, algunos de estos aspectos aún se desconocen, como también varios efectos ecofisiológicos de los verdeos sobre el suelo y la nutrición de las plantas (Scavo et al., 2022).

El cultivo de cobertura se puede realizar en toda el área del campo o localizado entre hileras, dependiendo principalmente de la disponibilidad de agua del suelo, además, puede estar compuesto por una sola especie o una mezcla de especies complementarias. En este sentido, se reconoce que una mezcla adecuada es más efectiva que una sola especie en el control de malezas (Baraibar et al. 2018). El clima es el primer criterio que se debe considerar para la elección del cultivo de cobertura, especialmente en regiones templadas caracterizadas por cuatro estaciones distintas y una marcada heterogeneidad climática.

Ramírez García et al. (2015) aplicaron un análisis de decisión multicriterio (cobertura del suelo, producción de biomasa, absorción de N, fijación de N, relación C/N, contenido de fibra y calidad de residuos) en 5 especies y 20 variedades para una selección específica de cultivos de cobertura. Descubrieron que los pastos eran los más adecuados como cultivo de cobertura, cultivo intermedio y forraje, mientras que las vicias eran las mejores como abono verde.

En general, las características ideales de un cultivo de cobertura incluyen una rápida cobertura del suelo y un fácil establecimiento, características biológicas complementarias con el cultivo principal, la capacidad de prosperar sin suministro de insumos y de suprimir malezas y plagas, la resistencia a enfermedades, la capacidad de no actuar como huéspedes para patógenos y su fácil eliminación (Lemessa y Wakjira 2015). Se recomiendan mezclas de cultivos cuando se desea un efecto multifuncional, ya que cada especie puede cumplir una función específica. Por ejemplo, en mezclas de leguminosas y *Brassica*, las Brassicaceae pueden reducir la presión de plagas o enfermedades, mientras que las leguminosas pueden fijar el N atmosférico. Se encontró que las mezclas de leguminosas y *Brassica* eran más estables y productivas que la misma especie sola (Wortman et al. 2012). La mezcla de leguminosas y pastos es otra práctica común en climas templados, porque las leguminosas pueden aumentar el N disponible para las plantas y los pastos el carbono orgánico del suelo (Ball et al. 2020).

La mayoría de las veces, la mejor opción es un compromiso entre los posibles beneficios y desventajas de los cultivos de cobertura, pero debe tenerse en cuenta que los beneficios a menudo se pueden lograr en el mediano y largo plazo. Çerçioglu et al. (2019), por ejemplo, indicaron que las propiedades hidráulicas del suelo (contenido de agua, retención de agua y conductividad hidráulica) mejoraron ligeramente mediante cultivos de cobertura en suelos arcillosos, pero tuvieron que pasar 5 años después de su establecimiento para que las mejoras fueran significativas. Una mejor comprensión del impacto asociado a la selección de especies, la tasa de siembra, el método de terminación, etc. debería estar en el centro de futuras investigaciones para guiar a los agricultores en la elección de la opción de cultivos de cobertura más adecuada para maximizar los

beneficios. Si se han elegido adecuadamente las especies y las opciones de gestión, se minimizan los efectos negativos derivados principalmente de fenómenos competitivos y alelopáticos.

Los cultivos de cobertura, gracias a la profundización de las raíces, los exudados de las raíces y los residuos superficiales y subterráneos contribuyen a desarrollar la estructura del suelo y una red de poros, dividiendo así parches de recursos y niveles tróficos (Clapperton et al. 2007). La influencia de los cultivos de cobertura en las propiedades físicas del suelo depende de las características de las raíces de estos. En este sentido, Marschner (1995) estimó que entre el 5 y el 21% de todo el carbono fijado fotosintéticamente es exudado hacia la rizosfera por las plantas superiores. Por esta razón, el cultivo de cobertura a menudo se correlaciona con un aumento de la biomasa y diversidad de bacterias fijadoras de N (Scavo et al. 2020), rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (Shen y Lin 2021), hongos micorrízicos arbusculares y lombrices de tierra (Korucu et al. 2018).

Por lo tanto, especialmente en huertos frutales, los cultivos de cobertura pueden proporcionar beneficios indirectos adicionales a los cultivos, como la mejora del desarrollo de las raíces, el vigor de los árboles, el rendimiento y la calidad de la fruta (Tahir et al. 2015). Al evaluar el efecto del sistema de manejo del suelo en un huerto de manzanos orgánicos, Tahir et al. (2015) informaron que la combinación entre labranza y un mulching vivo de pastos mixtos (es decir, un sistema sándwich para todo el año) proporcionó un mayor control de malezas, vigor de los árboles, rendimiento, peso y calidad de los frutos en comparación con otros sistemas de manejo del suelo, incluidos el mulching vivo solo.

Se demostró que la diversificación agrícola aumenta la producción de cultivos (Burchfield et al., 2019). Los agroecosistemas más diversos son más productivos y estables que los menos diversos (Kuchma et al., 2013). La agricultura basada en la biodiversidad puede aumentar su eficiencia al ampliar los servicios ecosistémicos (Duru et al., 2015; Dudley & Alexander, 2017). También Duarte et al. (2018); Garbach et al. (2017) estudiando diferentes sistemas agrícolas han demostrado que la diversificación de la vegetación en el campo puede mejorar los rendimientos y proporcionar servicios ecosistémicos. Utilizando el índice de Shannon, se señaló que, en los paisajes agrícolas, la riqueza de especies aumentaba con el aumento de la heterogeneidad de los paisajes (Lee & Martin, 2017). También Dušek & Popelková (2017) evaluaron la diversidad del paisaje mediante el índice de diversidad de Shannon y Simpson, encontrando que los dos índices de diversidad del paisaje estaban correlacionados de manera muy significativa entre sí. Se recomendó el índice de Shannon para la gestión del paisaje dentro de un marco ecológico y el índice de Simpson se puede utilizar para situaciones específicas donde el tipo de cobertura dominante es de interés (Nagendra, 2002).

La diversidad en una comunidad vegetal se puede definir como un conjunto de especies, donde cada una se encuentra representada por cierta cantidad de individuos, es decir, cada especie tiene un valor de abundancia que la caracteriza (Begon et al., 1996). Existen varios índices para el cálculo de la diversidad de especies. Los mismos pueden ser utilizados para comparar dos o más comunidades por ejemplo el índice de Shannon, Margaleff, Simpson y Sorensen entre otros (Margalef 1977, Ricklefs 1998; Begon et al. 1995; McNaughton et al., 1984).

El Índice de Margalef (1977), o índice de diversidad específica es una medida utilizada en ecología para estimar la diversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada y tiene la siguiente expresión:

$$I = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde S es el número de especies presentes y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies).

A mayor valor de I, mayor riqueza de especies. El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra (S=1, por lo que S-1=0). Por debajo de 2 se considera una región de baja biodiversidad, y por encima de 5, una región de alta biodiversidad.

Algunos de los índices más reconocidos sobre diversidad se basan principalmente en el concepto de equidad, como por ejemplo el índice de Shannon-Wiener (Shannon, 1949; Moreno, 2001; Begon et al., 1995) mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar dentro de la unidad de muestreo. Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Moreno, 2001; Soler et al., 2012).

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)$$

Donde: S = número total de especies, Pi= proporción de individuos de la especie i. A mayor valor de H mayor diversidad de especies. El valor mínimo es 0, un ecosistema natural relativamente diverso tendrá un índice de Shannon entre 3 y 4 (Gliessman, 2007).

La riqueza específica se mide como el número de especies presentes en una comunidad y la equitatividad como la abundancia de la especie dominante.

La Equidad (E) o equitatividad se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde:

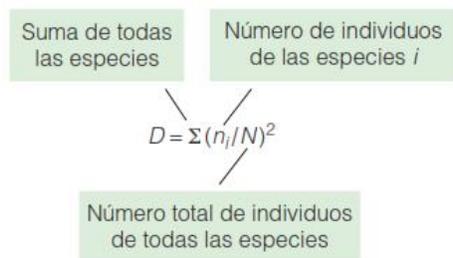
H= índice de Shannon-Wiener, S = número total de especies. Valores cercanos a 1 representan condiciones hacia especies igualmente abundantes y aquellos cercanos a 0 la dominancia de una sola especie.

Los valores de índices como el de Shannon-Wiener para un conjunto de muestras se distribuyen normalmente, por lo que son susceptibles de analizarse con pruebas paramétricas robustas como los análisis de varianza (Magurran, 1988). Sin embargo, aun cuando un índice sea aplicado cumpliendo los supuestos del modelo y su variación refleje cambios en la riqueza o estructura de la comunidad, resulta generalmente difícil

de interpretar por sí mismo, y sus cambios sólo pueden ser explicados regresando a los datos de riqueza específica y abundancia proporcional de las especies. Por lo tanto, lo más conveniente es presentar valores tanto de la riqueza como de algún índice de la estructura de la comunidad, de tal forma que ambos parámetros sean complementarios en la descripción de la diversidad (Moreno, 2001).

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

El índice de Simpson (D) (Simpson, 1949; Begon et al. 1995; McNaughton et al., 1984) mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en la unidad de muestreo pertenezcan a la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Su valor es inverso a la equidad.



El valor de D oscila entre 0 y 1. En ausencia de diversidad, donde hay sólo una especie presente, el valor de D es 1. Cuando la riqueza y la equitatividad de la especie se incrementan, el valor se aproxima a 0. Dado que cuanto mayor sea el valor de D, menor es la diversidad, se resta 1 a D para obtener: Índice de la diversidad de Simpson =  $1 - D$ . El valor de este índice también oscila entre 0 y 1, pero ahora el valor se incrementa con la diversidad. En ese caso, el índice representa la posibilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra pertenezcan a diferentes especies.

Otro método utilizado es tomar la inversa de D:

Índice inverso de Simpson 
$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^s P_i^2}$$

Esta expresión del índice de Simpson es la más utilizada. El menor valor posible de este índice es 1, y representa una comunidad que contiene sólo una especie. Cuanto mayor es el valor, mayor es la diversidad. El valor máximo es el número de especies de la comunidad (riqueza de especies) (Smith y Smith, 2001). Un ecosistema natural relativamente diverso tendrá un índice de Simpson de 5 o mayor a 5 (Gliessman, 2007).

S = Número total de las especies en la comunidad (Riqueza). Se determina para cada especie la proporción de individuos o biomasa con lo que contribuye al total de la muestra: la proporción es  $P_i$  para la especie  $i$ .

La equitatividad puede ser cuantificada expresando D como una proporción del máximo valor que podría asumir D si los individuos estuvieran distribuidos totalmente uniformes entre las especies.

El índice de Simpson varía inversamente con la heterogeneidad; por ejemplo, los valores del índice decrecen o aumentan según aumente o decrezca la diversidad. Es en realidad un índice de dominancia, sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total. El valor de D se encuentra acotado entre 0 y S,

tiende a cero en comunidades poco diversas, y es igual a la riqueza específica (S) en comunidades de máxima equitatividad (Soler et al., 2012).

El índice de similitud de Sorensen (Moreno 2001; Mostacedo y Fredericksen, 2000) mide también la diversidad beta. Este índice permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas.

$$IS = 2C / (S1 + S2)$$

C: es el número de especies en común que tienen las dos comunidades comparadas. S1: es la riqueza en la comunidad 1. S2: es la riqueza en la comunidad 2.

El rango de valores que pueden tomar los índices de similitud de ambientes varía entre cero (sin especies compartidas) y uno (superposición completa de especies); se sugieren cuatro grados de similitud para establecer el estado de una comunidad relativa a la comunidad potencial o testigo (Ratcliff, 1993): similitud baja (0 - 0,25), moderada (0,26 – 0,50), alta (0,51 – 0,75) y muy alta o completa (0,76– 1,00).

Los índices mencionados han sido utilizados en distintos ecosistemas a nivel mundial (Zarco-Espinosa et al., 2010; Zymarioieva et al., 2021; García del Barrio et al., 2006; Moreno, 2001; Gliessman, 2007; Villarreal et al., 2019).

Villarreal et al., (2019) mencionan que los inventarios de agrobiodiversidad y la aplicación de índices se deben constituir como herramientas indispensables para el diseño de la estructura de los sistemas sostenibles y su evaluación. La principal ventaja de los índices es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo.

Según Moreno (2001) el índice de Shannon es un índice popular para medir la equidad y su relación con la riqueza de especies. Por su parte, el índice de Simpson es de uso común para medir el grado de dominancia de unas cuantas especies en la comunidad, y su inverso representa por lo tanto la equidad. El análisis de la diversidad de comunidades en un paisaje o región puede medirse, de manera análoga a la diversidad de especies en una comunidad, con el índice de Shannon-Wiener (Moreno, 2001).

Los sistemas modernos convencionales tienen como característica distintiva una baja biodiversidad, las interacciones y procesos están debilitados y, en consecuencia, es necesario ingresar más cantidad de insumos externos al sistema (Swift et al., 2004), como los plaguicidas, fertilizantes, para compensar esa función que se encuentra debilitada. Contrariamente, en agroecosistemas diversos, el aprovechamiento de las interacciones y procesos ecológicos propios del lugar permite disminuir el uso de insumos externos, minimizando además las salidas indeseadas (Altieri y Nicholls, 2010). Así, la agrobiodiversidad, en todas sus escalas, se convierte en un instrumento indispensable para diseñar agroecosistemas sustentables (Paleologos et al., 2017). La principal oportunidad para mantener los servicios ecosistémicos y la biodiversidad fuera de las áreas de conservación radica en promover la diversidad del uso de la tierra a nivel de paisaje y granja en lugar de a escala de campo y esto además requiere un clima económico y político que favorezca la diversificación de los usos de la tierra y la diversidad entre sus usuarios (Swift et al., 2004).

Una mayor agrobiodiversidad vegetal cultivada y espontánea, fragmentada en parcelas pequeñas o sembrada como policultivos, aumenta la diversidad en todas sus dimensiones. Esta mayor diversidad vegetal genera una

desconcentración del recurso alimenticio para las plagas, disminuyendo la posibilidad de una explosión poblacional (“bottom-up”). A su vez, la presencia de ambientes que funcionan como reservorio de predadores y parasitoides favorece el control de la plaga a través de sus enemigos naturales (“Top-down”) (Altieri y Nicholls, 2010).

Las diferentes poblaciones de especies presentes en el agroecosistema pueden permitir relaciones superpuestas depredador/presa para promover el control biológico. Una mayor eficiencia de los recursos se logra cuando múltiples especies con diferentes necesidades ocupan un sistema de cultivo con diversidad de hábitats. La diversidad por debajo de la superficie del suelo presta una variedad de servicios ecosistémicos que tienen impactos tanto dentro como fuera de la granja, como el ciclo de nutrientes, la regulación de los procesos hidrológicos locales y el secuestro de carbono (Gliessman, 2022). Por ejemplo, los nematodos de las plantas y del suelo se han relacionado con el uso de la tierra. Los nematodos de vida libre se consideran beneficiosos y un buen indicador de la salud del suelo en los agroecosistemas (Neher, 2001). El manejo de los nematodos fitoparásitos también es esencial para la sostenibilidad, ya que estos patógenos afectan la absorción de agua y nutrientes, limitan la productividad de los cultivos y degradan el medio ambiente (Barker y Koenning, 1998).

Las cubiertas vegetales, componen la vegetación funcional del agroecosistema y están integradas por especies espontáneas y especies sembradas. Dichas especies, operan como un sistema multifuncional al actuar simultáneamente sobre procesos y componentes claves de los huertos frutales: aumentan la entomofauna benéfica como es el caso de *Brassica spp.* que actúa como cultivo trampa (Gliessman 2006), activan la biología del suelo (Sánchez et al., 2007; Montanaro et al., 2010), elevan el nivel de materia orgánica y de nutrientes en el suelo debido a la degradación de la biomasa aérea y subterránea, mejoran las propiedades físicas tales como porosidad, estructura y estabilidad de los agregados (Bonanomi et al., 2011), e incrementan la retención de humedad y la erosión (Aruani et al., 2006). Azpillicueta et al., (2023) estudiando los interfilares en huertos de perales observó que estos fueron reservorios de nematodos omnívoros-predadores. Los interfilares con cultivos de cobertura compuestos de *Medicago sp.* más gramíneas promovieron la mayor acumulación de materia orgánica, N total y potasio intercambiable en el suelo. Además, se observó un mayor contenido de carbono en el suelo y una mayor abundancia de nematodos bacteriófagos y frugívoros en el perfil del suelo y, por lo tanto, esto tenía un impacto en la fertilidad del suelo.

Cada cultivo de cobertura está asociado con un ensamble de nematodos diferente debido a sus particulares propiedades edáficas, principalmente en la capa superior del suelo. La biomasa de nematodos se correlacionó positivamente con el contenido de carbono del suelo. La abundancia de omnívoros-depredadores asociados con la estructura de la red alimentaria del suelo fue mayor en los interfilares que en las filas de plantación de frutales (Azpillicueta et al., 2023).

Varios trabajos han destacado la relación positiva entre la diversidad vegetal y, por ejemplo, la entomofauna (Gliessman, 2000; Paleologos et al., 2008). Se ha señalado que la diversidad específica, funcional, estructural y fenológica, entre otras, constituye un aspecto fundamental para el cumplimiento de las funciones ecológicas que aseguran la estabilidad y resiliencia del sistema. La regulación biótica es uno de los procesos más sensibles a la disminución en el número de especies vegetales por debajo de cierto umbral, debido probablemente a que la vegetación diversa genera condiciones que favorecen la presencia de enemigos naturales en el sistema

(Gliessman, 2000; Paleologos et al., 2008). Paleologos et al. (2008) determinaron las características de la vegetación y su relación con la artropodofauna en fincas hortícolas analizando la riqueza específica de familias, de géneros y número de especies pertenecientes a las familias Apiaceae, Fabaceae y Asteraceae y su presencia en cada ambiente. Las familias vegetales Apiaceae, Asteraceae y Fabaceae, proporcionan alimento, sitios de apareamiento, refugio e hibernación para los organismos benéficos.

Simon et al., (2010) trabajando con huertos frutales de hoja caduca reveló las dificultades de identificar plantas o conjuntos de plantas seleccionadas para el control de plagas clave, con lo cual expusieron que los huertos frutales deberían rediseñarse para optimizar los servicios ecosistémicos proporcionados por la biodiversidad.

Las principales razones prácticas para establecer cultivos de cobertura en huertos son la fertilización del suelo, la prevención de la erosión del suelo y la supresión de malezas. Las especies de plantas seleccionadas no deben ser fuente de plagas ni competir con el cultivo por agua, nutrientes, polinización y luz, necesitan establecerse fácil y rápidamente, creando una cobertura para la supresión de malezas.

Los cultivos de cobertura son aspectos importantes en los sistemas de huertos, especialmente en la producción orgánica, donde no se permite el uso de herbicidas y fertilizantes sintéticos. Además de estos aspectos, los cultivos de cobertura también pueden contribuir a un mejor manejo de plagas debido a la alteración de la nutrición de la planta huésped, a la modificación del microclima en los huertos frutales, así como proporcionando recursos esenciales (refugio, presas alternativas, néctar y polen) en beneficio de los enemigos naturales. La selección de plantas adecuadas debe tener en cuenta las necesidades de los enemigos naturales, como la inclusión de plantas con flores en forma de disco (compuestas) y nectarios abiertos (Herz et al., 2019).

Legumbres, como habas (*Vicia faba* L.), otras especies de *Vicia*, trébol o alfalfa cultivadas como cultivo de cobertura en los huertos frutales a menudo se introducen porque pueden proporcionar varios servicios ecosistémicos como fertilización, prevención de la erosión del suelo, presas alternativas y flores. Además, la *Vicia* ofrece carbohidratos en la savia de las plantas a partir de estructuras especiales, los llamados nectarios extraflorales además del néctar floral. Estas glándulas entregan recursos para atraer a los depredadores con el fin de crear algún tipo de defensa indirecta contra plagas y pueden explotarse fácilmente debido a su naturaleza expuesta (Jones et al., 2017).

Los resultados publicados por Gabriel et al. (2006 y 2010) muestran que, al comparar granjas orgánicas con convencionales, las granjas orgánicas estudiadas tuvieron un aumento general del 12% en biodiversidad, más diversidad de plantas, mayor diversidad floral, más lombrices de tierra, más insectos, más mariposas y mayor número de algunos tipos de aves. Además, los beneficios de la biodiversidad en áreas con una alta proporción de agricultura orgánica fueron mayores que en aquellas con una proporción baja y las granjas convencionales en paisajes con un alto nivel de agricultura orgánica también tenían un mayor nivel de biodiversidad.

Hole et al., (2005) revisaron 76 estudios que comparaban grupos taxonómicos únicos o múltiples en granjas orgánicas y convencionales. Sumando las comparaciones para todos los taxones, mostraron un efecto positivo de la agricultura orgánica sobre la abundancia y/o riqueza de especies en 66 casos; 25 tuvieron resultados neutrales o mixtos, y sólo ocho mostraron un efecto negativo. Los autores observaron que la definición de estándares de agricultura orgánica varía entre los países y dentro de ellos; las diferencias en los resultados de la revisión bibliográfica que realizaron pueden deberse a las características del paisaje debido a la falta de un

emparejamiento adecuado, más que a un régimen agrícola; existió una variación considerable en la escala espacial en la que se realizaron las comparaciones; diferentes estudios utilizaron diferentes medidas de biodiversidad.

Por otra parte, también Hole et al., (2005) observaron que los agricultores que optan por pasarse a la agricultura orgánica pueden estar predispuestos a prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente, o pueden cultivar tierras que anteriormente se han manejado de manera menos intensiva y, por lo tanto, es más fácil convertirlas exitosamente a la agricultura orgánica; ambas situaciones introducirían un sesgo a favor del sistema orgánico.

Bengtsson et al., (2005) llevaron a cabo un metaanálisis de 66 estudios publicados y encontraron que la riqueza de especies era, en promedio, un 30% mayor en las granjas orgánicas, con efectos más fuertes probablemente en paisajes manejados intensivamente.

Es por ello por lo que una mayor complejidad en las producciones orgánicas facilita el restablecimiento de las interacciones, flujo de energía, reciclaje de materiales y la conservación de los recursos (Paleologos et al., 2008). La agricultura orgánica es un sistema que fomenta y mejora la biodiversidad, los ciclos biogeoquímicos y la actividad biológica del suelo. Para ello es fundamental la prevención de la erosión, el laboreo mínimo del suelo, la fertilización con productos de origen natural y la utilización de enemigos naturales para el manejo de la sanidad vegetal, entre otros aspectos.

La diversidad vegetal es uno de los aspectos a tener en cuenta para alcanzar la sustentabilidad de los agroecosistemas. Diferentes organismos en los sistemas frutícolas juegan un papel clave como factor en la biodiversidad funcional de las unidades de producción, que pueden variar debido a las diferentes prácticas que afectan la composición de vegetación en los interfilares y la estructura trófica de los nemátodos (Azpilicueta et al., 2023).

Labrar y arar son las prácticas agrícolas estándar utilizadas para mejorar la aireación del suelo y facilitar la mezcla de fertilizantes. Sin embargo, estas prácticas tienen impactos significativos tanto en el ámbito biológico como en las propiedades químicas del suelo (Barros-Rodríguez et al., 2021). Ellos pueden provocar cambios en los aspectos biológicos del suelo, incluidos cambios en las poblaciones de organismos como las lombrices de tierra y alteraciones en la biodiversidad microbiana. Estas prácticas promueven la disminución de especies de plantas, como leguminosas y plantas no vasculares, en el ecosistema (Barros-Rodríguez et al., 2021). Viketoft et al. (2009) y Bardgett (2005), señalaron que la identidad de las distintas especies de vegetales y los grupos funcionales de las plantas son los factores más importantes que influyen por ejemplo en las comunidades de nematodos. Se ha evaluado el grado de perturbación del suelo a partir del análisis de la composición y la estructura de comunidades de nematodos presentes, por ejemplo, los nematodos bacteriófagos considerados como organismos oportunistas, pueden indicar suelos en distinto grado de perturbación (Azpilicueta et al., 2023).

Los huertos frutales son agroecosistemas perennes complejos formados por estratos de pastos y árboles destinados a la producción de frutas frescas que requieren un diseño y manejo específico en el espacio y el tiempo (Simon, 2017), presentan características y servicios ecosistémicos particulares a nivel de parcela; por

ejemplo, el carácter perenne de los árboles, el hábitat de múltiples estratos y la diversidad de plantas dentro de los límites de los huertos pueden contribuir a un alto nivel de biodiversidad (Simon et al., 2010).

La permanencia de los hábitats de los huertos frutales facilita la siembra, plantación o conservación de conjuntos de plantas (por ejemplo, cubiertas de suelo, revestimiento de setos) para mejorar la conservación del biocontrol y/o competir con las malezas, siempre que se apliquen prácticas no disruptivas. Debido a su longevidad, los huertos frutales contribuyen a fomentar procesos mediados por plantas (por ejemplo, de abajo hacia arriba) y por enemigos naturales (por ejemplo, de arriba hacia abajo: top-down) en la red alimentaria para evitar medidas directas contra las plagas (Demestihis et al., 2019; Simon et al., 2017). Diferentes organismos en los huertos frutales pueden desempeñar papeles clave al influir en la biodiversidad funcional de las unidades de producción, que pueden variar debido a diferentes prácticas que afectan la composición vegetal de los interfilares de los huertos frutales, por ejemplo, el tipo y abundancia de nematodos beneficiosos y fitoparásitos. Hay reportes de la composición de la fauna de nematodos del suelo en huertos de frutales de pepita en el Valle de Río Negro, Argentina (Bergna, 1976; Azpilicueta et al., 2014). Si bien las cubiertas vegetales mejoran las condiciones físicas y químicas de los suelos (Aruani et al., 2006; Sánchez et al., 2007), algunas especies vegetales pueden actuar como hospedantes alternativos de los nematodos parásitos del cultivo de interés económico y comprometer su producción (Djigal et al., 2012; Ferris et al., 2012). En Argentina, se ha detectado la asociación entre cuarenta y cinco especies de la flora arvense y especies de nematodos fitófagos con la posibilidad de perdurar en el espacio y en el tiempo (Doucet, 1992). La estrecha relación entre *Taraxacum officinale* y *Meloidogyne hapla* posibilita ampliar la dispersión de esta especie de nematodo (Doucet et al., 2000), como así también la presencia de *Cynodon dactylon* que es parasitada por varias especies de *Meloidogyne* (Ntidi et al., 2012).

Yeates, (2003) utilizó la composición de las poblaciones de nematodos como indicador de la funcionalidad y la biodiversidad del suelo ya que refleja los procesos ecológicos y del suelo. Al ser los depredadores la población de nematodos con mayor abundancia relativa en el suelo reflejará la composición biológica relativa del suelo en el que predan. Hoagland et al. (2008) informaron una mejor actividad biológica con una mayor abundancia de nematodos en los tratamientos con mulch vivo. Los microorganismos de la rizosfera pueden afectar el equilibrio hormonal y la capacidad competitiva de la planta, lo que modificará la comunidad biológica del suelo y el ecosistema del suelo. Es probable que los factores que estabilizan la biomasa microbiana y reducen el turnover tengan consecuencias importantes para la dinámica de los nutrientes del suelo, el crecimiento de las plantas y la productividad del ecosistema. La actividad de los microorganismos en el sistema orgánico influye en la liberación de nitrógeno disponible para los árboles en el suelo (Forge et al. 2003).

Los tipos de alimentación de los nematodos tienen generalmente una contribución positiva al suelo y, por tanto, a los procesos ecosistémicos. Los nematodos pueden usarse como indicadores de la funcionalidad y la biodiversidad del suelo, ya que reflejan los procesos ecológicos y del suelo (Yeates, 2003), por ejemplo, una mayor población de Bacteriófagos indica una mayor cantidad de bacterias en los suelos.

Las diferentes condiciones del suelo generadas por los sistemas de manejo del suelo del huerto frutal pueden afectar la composición biológica del suelo, y esto se reflejará en la composición relativa de las poblaciones de nematodos. La mayoría de los estudios sobre los beneficios de los nematodos en la liberación y disponibilidad

de nutrientes en el suelo se han realizado con nematodos que se alimentan de bacterias y hongos. Los organismos que se alimentan de bacterias son responsables de una mayor liberación de N cuando las condiciones del suelo son más cercanas a las óptimas (Ferris et al., 2004; Forge et al. 2003), mientras que los organismos que se alimentan de hongos tienen un mayor efecto cuando las condiciones del suelo no son óptimas (Ferris et al., 2004). Una red alimentaria se vuelve más beneficiosa con una mayor estructura y diversificación, la interacción entre los sistemas de manejo del suelo del huerto y la red alimentaria del suelo tiene un impacto en las condiciones para el desarrollo de las plantas y la disponibilidad de nutrientes (Garlaschelli, 2004).

La abundancia total de nematodos en huertos frutales es generalmente mayor en los interfilares que en las hileras de plantación, con lo cual un manejo adecuado del suelo en los interfilares puede promover la abundancia de nematodos benéficos y mejorar la capacidad productiva de los perales. Si bien se han publicado trabajos sobre nematodos asociados a la rizósfera de frutales de pepita (Azpilicueta et al., 2008; 2014; 2023), es escasa la información sobre la población de nematodos fitófagos en el espacio entre hileras en la zona del Alto Valle.

Como se ha mencionado en secciones anteriores, la producción frutícola en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, caracterizada por frutales de pepita y carozo, se lleva a cabo a través de manejos convencionales y orgánicos. La agricultura convencional ha tenido un fuerte impacto negativo sobre la biodiversidad; en consecuencia, se deben entender sus problemas para buscar lograr la sostenibilidad de los agroecosistemas. Algunos autores advierten que en muchas regiones del mundo se está registrando una fuerte caída de la diversidad biológica (Shiva, 2000; Teubal, 2001). Esta disminución promueve la falta de sustentabilidad, donde los efectos negativos de algunas actividades agrícolas sobre el ambiente no se contabilizan. La sustentabilidad del agroecosistema depende de las sinergias entre la diversidad de plantas, la fauna benéfica y el funcionamiento continuo de la comunidad microbiana del suelo sustentada por un suelo rico en materia orgánica (Altieri y Nicholls, 1999).

Fernández et al., (2008) muestrearon la fauna de artrópodos en cultivos de cobertura de un huerto de producción orgánica de manzanos en el Alto Valle de Río Negro y encontraron que Coleoptera, Formicidae, Araneae y Dyptera, en este orden, fueron los grupos más numerosos (75%). De las especies recolectadas, el 52,9% fueron fitófagas y el 41,9% fueron controladores biológicos (principalmente coleópteros, himenópteros parasitoides, arañas, insectos depredadores y crisopas). Al comparar este huerto con uno de producción convencional observaron que en general, el número de controladores biológicos y su diversidad aumentó con la presencia de cultivos de cobertura y disminuyó con la utilización de agroquímicos. *Armadillidium vulgare* se recolectó casi exclusivamente en el sector orgánico y podría considerarse como un indicador biológico. Los índices de diversidad más bajos fueron encontrados en el tratamiento control, que es el sistema de manejo tradicional de los productores de esta región donde la vegetación natural de gramíneas y leguminosas se elimina a finales del invierno y también en el huerto de producción convencional donde se utilizan insecticidas y herbicidas sintéticos.

En las últimas décadas, la diversidad vegetal de la producción frutícola en Norpatagonia, se ha manejado aumentando los cultivos de cobertura en los interfilares de las plantas frutales con el objeto de disminuir los

efectos de la compactación y como alternativas al uso de fertilizantes (Aruani y Sánchez, 2002; Sardiña et al., 2008).

El interfililar, este espacio entre dos filas contiguas de árboles frutales, en las chacras típicas del Alto Valle alcanza los 4 metros de distanciamiento en promedio, es el lugar de mayor intervención antrópica con el paso del tractor y maquinarias durante toda la estación productiva, en donde además en plantaciones de más de 10 años de edad se extienden las raíces de los árboles frutales y es allí también donde en muchos casos se realiza la fertilización, el riego, donde se colocan los bins para la cosecha de la fruta y es el lugar que debe cuidarse para proteger el suelo por ejemplo del piso de arado, entre otras cosas. Los cultivos de cobertura en los interfilares de plantaciones frutales mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo. En climas semiáridos, la práctica también evita que las frutas se quemem con el sol. En el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, los cultivos de cobertura más utilizados por los agricultores se componen de especies de plantas como *Festuca arundinacea*, *F. rubra*, *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Lolium perenne* y *Vicia sativa* (Sánchez et al., 2007). Sin embargo, algunos agricultores mantienen el interfililar con vegetación espontánea o suelo desnudo.

Tomando como punto de partida los dos estilos de agricultura descritos anteriormente, se propone:

### **Objetivos**

- Comparar la composición florística en interfilares de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca orgánicos vs. convencionales y - Analizar la relación entre dos estrategias de manejo de la fertilización del suelo con la composición florística y tipo y abundancia de nematodos en interfilares de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca.

## Descripción y comparación de la composición florística de la vegetación en los interfilares de agroecosistemas frutícolas convencionales y orgánicos

Objetivo: Comparar la composición florística en interfilares de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca orgánicos vs. convencionales.

### Materiales y métodos

Para el presente estudio se seleccionaron tres establecimientos frutícolas de hoja caduca con manejo orgánico (“B”, “C” y “E”) y dos con manejo convencional (“A” y “D”) ubicados en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén (39°LS), Patagonia, Argentina. Unidad Productiva B, “La Antigua”, ubicada en el egido de General E. Godoy; Unidad productiva C, “Guernica” ubicada en el egido de Vista Alegre; Unidad productiva E, “Dalla Pría”, ubicada en el egido de General Roca; Unidad productiva A, “Marcelo Sánchez” ubicada en el egido de Allen y Unidad productiva D, “Santa Rita” ubicada en el egido de Cipolletti (Figura 3.1).

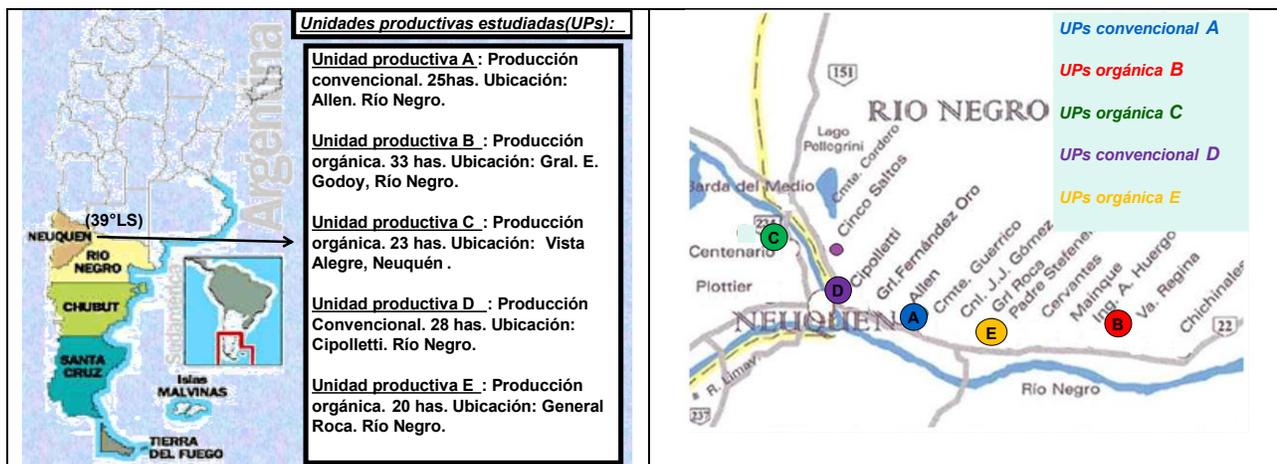


Figura 3.1: Unidades productivas estudiadas y ubicación en el territorio del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

Cada Unidad productiva (Chacra) se divide en cuadros o parcelas de frutales implantadas en forma homogénea, las plantas se ubican en filas, con un distanciamiento de 4 metros entre filas. El espacio comprendido entre dos filas continuas de frutales se denomina “interfilar”. En las filas las plantas poseen un distanciamiento de 3 metros. El riego de los establecimientos es por surco (canalillos paralelos a la fila de plantación) cada ocho días con buen caudal y calidad de agua, este riego se gestiona a través de los consorcios de riego.

En los establecimientos convencionales se realizan labores culturales en los interfilares que implican movimiento de suelo, corte e incorporación de las herbáceas (espontáneas) al interfilar para favorecer el control pasivo de las heladas tardías muy comunes en la región de estudio. También se aplican herbicidas en primavera evitando la competencia con las plantas de frutales.

En los establecimientos orgánicos estudiados no se realiza movimiento de suelo ni eliminación de herbáceas, sí se realiza un corte de estas dejando los restos del corte en el lugar, además se utiliza como fertilizante orgánico Bio Organutsa (Daasons SA) y compost con un mínimo movimiento de suelo aplicándolos en la línea de plantación. En años anteriores al estudio, se sembraron consociaciones de leguminosas y gramíneas principalmente compuestas por *Trifolium repens*, *Vicia sativa*, *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata*, con lo cual es común observar en los interfilares una comunidad compuesta por espontáneas del banco de semillas del suelo, de las que llegan al lugar durante el riego a través de los canales y acequias y especies sembradas.

Los establecimientos seleccionados son “típicos” de la región, producen frutales de pepita y son homogéneos respecto a edad de las plantas (mayores a 20 años), marco de plantación (3x4m), orientación de las filas (E-O), largo de fila (70 metros) y clase textural (suelo franco).

En cada unidad productiva se tomaron al azar 3 parcelas (cuadros) de frutales y en cada una de ellas se sortearon tres interfilares. Cada interfilar representa una unidad de observación donde se realizó un inventario de la vegetación funcional herbácea mediante el método de la transecta (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Matteucci y Colma, 1982). La transecta de 10 metros se demarcó en el interfilar en forma oblicua a la fila de plantación de frutales utilizando cinta métrica y estacas (Figura 3.2). Los muestreos se efectuaron en dos momentos (diciembre y febrero) de dos temporadas productivas seguidas, año 1 y año 2.



Figura 3.2: demarcación de la transecta en los interfilares de frutales

En la transecta se determinó la composición florística, Riqueza (número de especies presentes en la comunidad vegetal del interfilar), Equitatividad (Abundancia de la especie dominante, distribución de los individuos entre las especies), número de familias, número de individuos e índices de diversidad de Shannon, Simpson, Margaleff y Sorensen según Moreno (2001) y Mostacedo y Fredericksen (2000). Se identificaron y consignaron los nombres científicos, nombres vulgares, familia, ciclo biológico (perenne, anual, bianual), Status (adventicia, endémica, nativa, naturalizada e Introducida) y el grado de presencia de las plantas observadas. El grado de presencia fue indicado de acuerdo a la escala de Braun Blanquet (1979): Clase I: Rara (1-20% de los sitios); Clase IV: Presente la mayoría de las veces (61-80%); Clase II: Pocas veces presente (21-40%);

Clase V: Continuamente presente (81-100%); Clase III: A menudo presente (41-60%). Para la determinación taxonómica de las especies vegetales se utilizó la metodología de Zuloaga & Morrone (1969) y Zuloaga et al. (1999); el Status (origen fitogeográfico) se obtuvo según el Instituto de Botánica Darwinion (<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>)

Los datos se analizaron utilizando el paquete R de análisis de datos (R Core Team 2022; Dalgaard, 2008; Paradis, 2005). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis (Versión 3.3.5), <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2> (Wickham, 2016). R Core Team. (2022). lm(): Fitting Linear Models <https://www.rdocumentation.org/packages/stats/versions/X.X.X/topics/lm>. tidyverse: A Python library for text divergences and their visualizations (Trivedi, 2021). Recuperado de <https://github.com/priyanktrivedi/tidyverse>

En el archivo preparado para el análisis estadístico las variables se dispusieron de la siguiente manera:

Year	Sampling_time	Orchard	Productive_Unit	Plot	Transect	Family_Quant	Family_name	Richness	Species	num_indiv	Total_individuals	H	Simpson	Margaleff	Equitatividad
------	---------------	---------	-----------------	------	----------	--------------	-------------	----------	---------	-----------	-------------------	---	---------	-----------	---------------

Year: temporada productiva (1 y 2)

Sampling\_time: (diciembre y febrero: 1 y 2)

Orchard: A, B, C, D, E (chacras)

Productive\_Unit: O y C (tipo de manejo de las chacras: orgánico o convencional)

Plot: Parcela 1, 2, 3 (cuadros de cada chacra)

Transect: 1, 2, 3 (transecta realizada en el interfilas de cada cuadro de cada chacra donde se realizó el muestreo).

Family\_Quant: es la cantidad de familias encontradas en la transecta

Family\_name: es el nombre de la familia botánica

Richness: número de especies encontradas en la transecta

Species: nombre de las especies botánicas

Num\_indiv: cuantas plantas de esa especie había en la transecta

Total\_individuals: total de individuos de todas las especies juntas en la transecta (sumatoria de la columna num indiv)

H: Índice de Shannon

Simpson: Índice de Simpson

Margaleff: índice de Margaleff

Equitatividad

## Resultados y Discusión

En la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén la composición florística de los interfilas de los establecimientos frutícolas analizados estuvo integrada por 48 especies, de ellas 20 son perennes, 16 son anuales y 12 anuales/bianuales. De acuerdo al "Status" (origen fitogeográfico) el 60,42% con Adventicias, el 18,75% Introducidas, el 14,58% Nativas, el 4,17% Naturalizadas y el 2,08% Endémicas según la clasificación del Instituto de Botánica Darwinion (Tabla 3.1).

Las especies inventariadas se distribuyeron en 14 familias, de las cuales las dominantes fueron Poaceae con un 27,08%, Asteraceae 18,75% y Brassicaceae y Fabaceae con un 12,50% cada una. Paleologos et al. (2008) trabajando en fincas hortícolas determinaron que las familias vegetales Asteraceae y Fabaceae proporcionan alimento, sitios de apareamiento, refugio e hibernación para los organismos benéficos.

Es importante que las familias Fabaceae y Asteraceae tengan ese grado de presencia dado que desempeñan un papel ecológico significativo al proporcionar alimento a varias especies de artrópodos y de esta manera

mejorar su reproducción (Altieri y Nichols, 1999; Altieri, 1999; Ricci et al., 2011). Las especies como *Vicia sativa* y *Tagetes minutas* comparten las características de poseer un ciclo de floración prolongado, no ser hospederas alternativas de la plaga clave (*Cydia pomonella*) ni de las plagas secundarias de la región (*Frankliniella occidentalis*, *Cacopsylla pyri*). A su vez, estas especies vegetales no son consideradas en la Argentina “plaga nacional” por lo que su instalación en el interfilar es sumamente positiva.

El Status (Tabla 3.1) es un elemento importante para mostrar el grado de intervención antrópica de un sitio, esto refleja la intervención del hombre a través de las prácticas agrícolas realizadas en la región frutícola del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, como ser la siembra esporádica de cultivos de cobertura en el interfilar del monte frutal de pepita.

Tabla 3.1: Composición florística total de los interfilares de los agroecosistemas frutícolas de hoja caduca analizados en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Patagonia, Argentina.

Nombre Científico	Nombre vulgar	Familia	TM		Ciclo	*Status (Origen fitogeográfico)
			MO	MC		
<i>Artemisia verlotorum</i>	Yuyo San Vicente	Asteraceae	-	I	Perenne	A
<i>Brassica scoparia</i>	Morenita	Chenopodiaceae	-	I	Anual	I
<i>Brassica rapa</i>	Mostacilla	Brassicaceae	I	-	Anual/Bianual	A
<i>Bromus catharticus var. rupestris</i>	Cebadilla pampeana	Poaceae	II	II	Anual/Bianual	E
<i>Capsella bursa-pastori</i>	Bolsa de pastor	Brassicaceae	I	I	Anual/Bianual	A
<i>Carduus tenuiflorus</i>	Cardo	Asteraceae	-	I	Anual/Bianual	A
<i>Chenopodium hircinum</i>	Quinoa	Chenopodiaceae	I	I	Anual	N
<i>Cichorium intybus</i>	Radicheta	Asteraceae	II	I	Anual/Bianual	A
<i>Cirsium vulgare</i>	Cardo negro	Asteraceae	I	-	Anual/Bianual	Na
<i>Convolvulus arvensis</i>	Correhuela	Convolvulaceae	II	III	Perenne	A
<i>Cuscuta indecora</i>	Cuscuta	Cuscutaceae	I	-	Anual	N
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramilla	Poaceae	III	IV	Perenne	I
<i>Dactylis glomerata</i>	Pasto ovillo	Poaceae	I	I	Perenne	A
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pasto cuaresma	Poaceae	I	-	Anual	A
<i>Diploaxis tenuifolia</i>	Flor amarilla	Brassicaceae	I	-	Perenne	A
<i>Distichlis spicata</i>	Pelo de Chancho	Poaceae	-	I	Perenne	N
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Equinocloa	Poaceae	-	I	Anual	I
<i>Eragrostis lugens</i>	Eragrostis	Poaceae	I	-	Perenne	N
<i>Festuca arundinacea</i>	Festuca alta	Poaceae	I	-	Perenne	I
<i>Galinsoga parviflora</i>	Albahaca Silvestre	Asteraceae	I	II	Anual	N
<i>Hoffmansegia glauca</i>	Porotillo	Fabaceae	I	-	Perenne	N
<i>Lactuca serriola</i>	Lechuga Salvaje	Asteraceae	I	-	Anual/Bianual	A
<i>Lepidium draba</i>	Cardaria	Brassicaceae	I	I	Perenne	A
<i>Lolium multiflorum</i>	Ray gras anual	Poaceae	II	I	Anual/Bianual	I
<i>Lolium perenne</i>	Ray gras	Poaceae	I	I	Perenne	I
<i>Malva parviflora</i>	Malva	Malvaceae	-	I	Perenne	A
<i>Medicago lupulina</i>	Lupulina	Fabaceae	I	I	Anual/Bianual	A
<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	Fabaceae	I	-	Perenne	A
<i>Melilotus albus</i>	Trébol de olor blanco	Fabaceae	I	I	Anual/Bianual	A
<i>Melilotus officinali</i>	Trébol de olor amarillo	Fabaceae	I	-	Anual/Bianual	A
<i>Panicum capillare</i>	Paja Voladora	Poaceae	-	I	Anual	Na
<i>Plantago lanceolata</i>	Siete Venas	Plantaginaceae	III	I	Perenne	A
<i>Polygonum aviculare</i>	Sanguinaria	Poligonaceae	I	II	Anual/Bianual	A
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Portulacaceae	I	I	Anual	A
<i>Pyrus communis</i>	Pera	Rosaceae	I	-	Perenne	I
<i>Rapistrum rugosum</i>	Mostasilla	Brassicaceae	I	I	Anual	A
<i>Rumex crispus</i>	Lengua de Vaca	Poligonaceae	-	I	Perenne	A
<i>Setaria verticillata</i>	Cola de zorro	Poaceae	I	II	Anual	I
<i>Sisymbrium irio</i>	Mostacilla común	Brassicaceae	-	I	Anual	A
<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja	Asteraceae	I	I	Anual	A
<i>Sorghum halepense</i>	Sorgo de Alepo	Poaceae	I	III	Perenne	I
<i>Stellaria melia</i>	Capiquí	Caryophyllaceae	I	I	Anual	A
<i>Tagetes minutas</i>	Chinchilla	Asteraceae	I	I	Anual	N
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	Asteraceae	III	IV	Perenne	A
<i>Trifolium pratense</i>	Trébol rojo	Fabaceae	I	-	Perenne	A
<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	Fabáceas	I	IV	Perenne	A
<i>Veronica persica</i>	Veronica	Plantaginaceae	-	I	Anual	A
<i>Vicia sativa</i>	Vicia	Fabáceas	I	-	Anual	A

Referencias: **TM**, Tipo de Manejo; **MO**, Manejo Orgánico; **MC**, Manejo Convencional; **I** Rara (1-20%); **II** Pocas veces presentes (21-40%); **III** A menudo presentes (41-60%); **IV** Presente la mayoría de las veces (61-80%); **V** Constantemente presente (81-100%).

\*N: Nativa; Na: Naturalizada; E: Endémica; A: Adventicia; I: Introducida. Instituto de Botánica Darwinion (<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>)

Del gráfico de “mosaicos (mosaic plot)” se desprende que las familias botánicas más frecuentes observadas en los interfilares de las unidades productivas orgánicas y convencionales son las familias 1 “Asteraceae” y 8 “Poaceae”. Las menos frecuentes fueron las 13 “Cuscutaceae” y 14 “Solanaceae” (Figura 3.3).

La familia más representativa “Poaceae”, con especies perennes en su mayoría, se multiplican principalmente en forma vegetativa, por lo tanto, se ven favorecidas luego de los cortes vegetacionales que periódicamente se realizan en los interfilares de los cultivos de frutales.

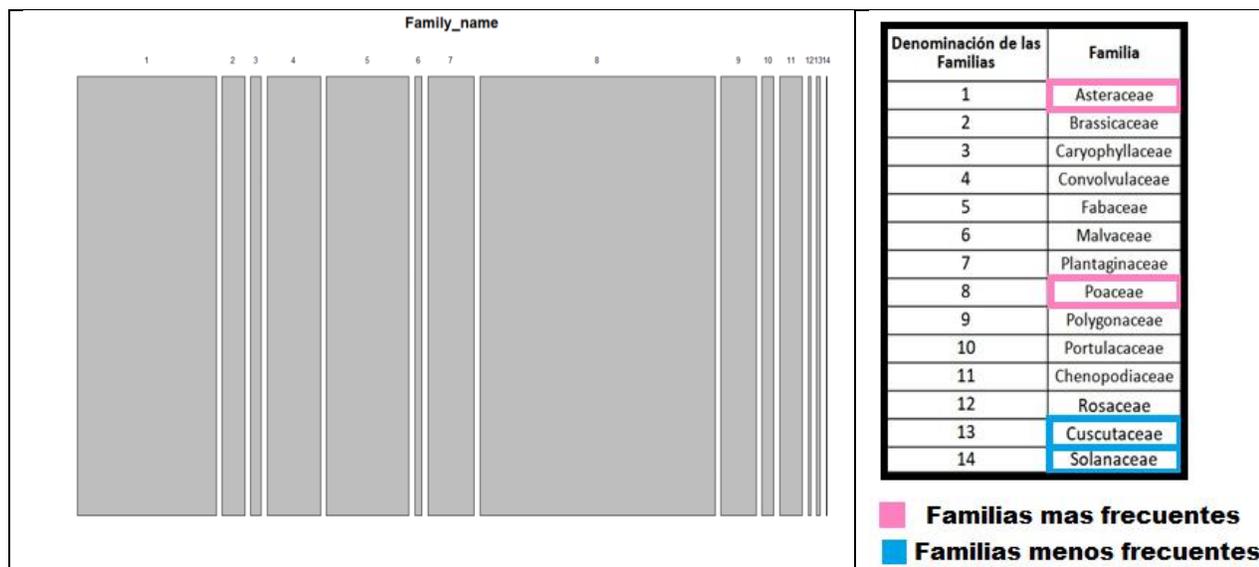


Figura 3.3. Mosaic plot, familias botánicas más frecuentes observadas en los interfilares de las unidades productivas orgánicas y convencionales en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

En los establecimientos orgánicos se registró un total de 38 especies, mientras que en los convencionales fueron 34. Las especies inventariadas en común fueron 24: *Bromus catharticus var. Rupestris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium hircinum*, *Cichorium intybus*, *Convolvulus arvensis*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Galinsoga parviflora*, *Lepidium draba*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Medicago lupulina*, *Melilotus albus*, *Plantago lanceolata*, *Polygonum aviculare*, *Portulaca oleracea*, *Rapistrum rugosum*, *Setaria verticillata*, *Sonchus oleraceus*, *Sorghum halepense*, *Stellaria melia*, *Tagetes minutas* *Taraxacum officinale* y *Trifolium repens*. No se registraron especies con el más alto valor de presencia en la escala correspondiente (81-100%) (Tabla 3.1). En ambos manejos, la mayor cantidad de especies se categorizó como clase I y en segundo lugar la clase II. Sólo el manejo convencional presentó especies con presencia de clase IV.

Las clases con mayor presencia en la producción orgánica (I y II) permiten deducir la falta de dominio de una especie sobre otra y describir un ambiente más complejo y de mayor riqueza, lo cual es altamente positivo en las funciones de un agroecosistema (Tabla 3.1). La baja frecuencia de clase III para especies agresivas como la gramilla y el sorgo indica un control por parte del manejo en donde posiblemente las demás especies presentes evitan su dispersión. La clase IV (Braun Blanquet, 1979) sólo aparece en el manejo convencional. Este valor de clase indica la dominancia de una especie sobre otras. Las especies que poseen clase IV son por ejemplo la gramilla, una maleza muy invasora, competitiva y con poco interés como reservorio y alimento de artrópodos predadores; el diente de león, reservorio de ciertas plagas como el trips que afecta a ciertos frutales

pero que también es muy atractiva para los polinizadores; y el trébol blanco, sembrada en los interfilares con el fin de mejorar la fertilidad y estructura del suelo. *Sorghum halepense* en el manejo convencional se presenta entre 41-60% de las veces (Clase III) esta es una especie invasora y agresiva, muy difícil de controlar (Tabla 3.1).

*Brassica rapa* fue encontrada sólo en los interfilares con manejo orgánico. Gliessman (2006), cita que el género *Brassica spp.* actúa como cultivo trampa aumentando la entomofauna benéfica y afirma que las cubiertas vegetales componen la vegetación funcional del agroecosistema y deben estar integradas por especies espontáneas y especies sembradas. Dichas especies, operan como un sistema multifuncional al actuar simultáneamente sobre procesos y componentes claves de los huertos frutales.

Según Sánchez et al. (2007) los cultivos de cobertura más utilizados por los agricultores frutícolas en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén se componen de especies de plantas como *Festuca arundinacea*, *F. rubra*, *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Lolium perenne* y *Vicia sativa*. En la investigación de este estudio, de las especies mencionadas por Sánchez et al (2007) se encontraron *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Lolium perenne* y *Vicia sativa* en los interfilares de las unidades productivas orgánicas y sólo *Trifolium repens* y *Lolium perenne* en los interfilares de las unidades productivas convencionales, además de otras especies introducidas que se observaron en ambos manejos (Tabla 3.1).

Al analizar el índice de Sorensen (IS), comparando las chacras con manejo orgánico y convencional se obtuvo un IS de 0,67, según Ratliff (1993) un rango de 0,51 – 0,75 implica una alta similitud entre las comunidades.

La figura 3.4 muestra los diagramas boxplots que comparan las distribuciones de Índice de Shannon (H) en los interfilares de unidades productivas orgánicas y convencionales. Se puede observar claramente la variabilidad y la dispersión de los datos, con una distribución parcialmente simétrica y diferencia entre las medias.

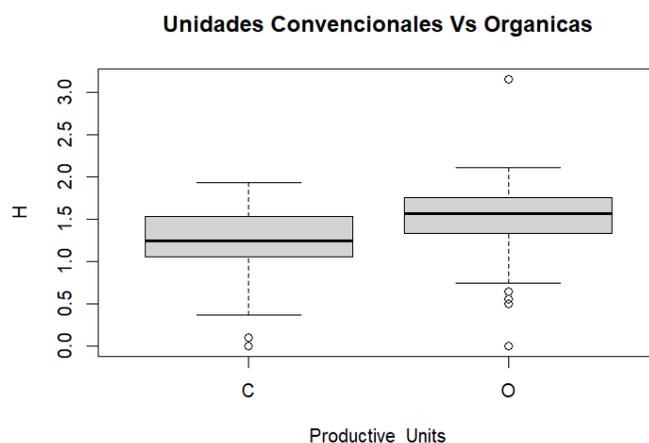


Figura 3.4. Box plot del Índice de Shannon (H) en los interfilares de unidades productivas convencionales (C) y orgánicas (O) en chacras frutícolas del Alto Valle del Río Negro y Neuquén

En el caso de las variables riqueza y cantidad de familias botánicas, los box plots (Figura 3.5) muestran una mayor dispersión de los datos en ambos manejos con algunas observaciones que están muy por encima o por debajo de la mayoría de los datos.

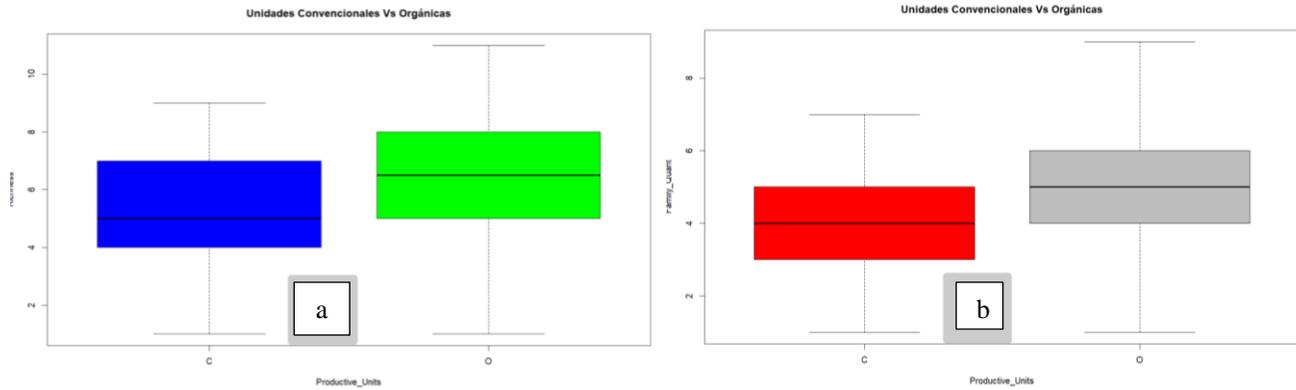


Figura 3.5. Box plot de Riqueza (a) y Cantidad de Familias (b) en los interfilares de unidades productivas convencionales (C) y orgánicas (O) en chacras frutícolas del Alto Valle del Río Negro y Neuquén

Al explorar la relación del índice de Shannon (H) en ambos manejos (convencional y orgánico) para ambas temporadas productivas (1 y 2) se pueden observar años similares (Figura 3.6).

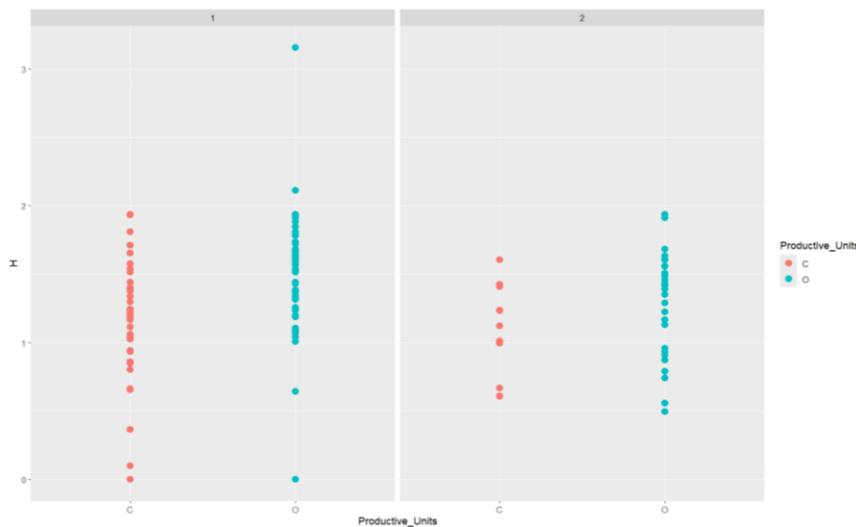


Figura 3.6. Índice de Shannon (H) en los interfilares de unidades productivas convencionales (C) y orgánicas (O) para ambas temporadas productivas (1 y 2).

Se realizaron los análisis de ANOVA de las variables H (Índice de Shannon); Simpson (Índice de Simpson), Riqueza (Richness), Cantidad de familias botánicas (Family Quant), Margaleff (índice de Margaleff) y Equitatividad. A continuación, se expresan algunos ejemplos de las sentencias analizadas en el paquete R:

#Análisis de ANOVA Índice de Shannon H

```
> summary(anova_diversidad)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Productive_Units 1 11.14 11.135 64.72 3.42e-15 ***
Residuals      741 127.49 0.172
```

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
ANOVA de Riqueza (Richness)
> summary(anova_diversidad)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Productive_Units 1 202.2 202.19 56.06 2e-13 ***
Residuals      741 2672.6 3.61
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
ANOVA de Cantidad de familias botánicas (Family_quant)
> summary(anova_diversidad)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Productive_Units 1 89.2 89.24 44.35 5.36e-11 ***
Residuals      741 1491.2 2.01
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

En las seis variables se observaron diferencias significativas entre el manejo de los interfilares de las unidades productivas orgánicas y convencionales como se resume en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Riqueza, Cantidad de familias botánicas, Equitatividad, Índice de Shannon (H), Índice de Simpson, Índice de Margaleff en los interfilares de las unidades productivas con manejo orgánico y con manejo convencional<sup>z,y</sup>

Tipo de Manejo	Riqueza		Cantidad de familias botánicas		Equitatividad		Índice de Shannon H		Índice de Simpson		Índice de Margaleff	
Orgánico	6,82	a	4,78	A	0,80	a	1,54	a	3,73	a	1,55	a
Convencional	5,71	b	4,04	B	0,74	b	1,28	b	3,13	b	1,21	b

<sup>z</sup> En el análisis estadístico no se observaron interacciones entre años y establecimientos. Se cumplen los supuestos de homocedasticidad y normalidad

<sup>y</sup> Letras distintas en las columnas refieren a diferencias significativas

La media del índice de Shannon en los interfilares de las unidades productivas con manejo orgánico (1,54) fue estadísticamente distinta a la media del índice de Shannon en los interfilares de las unidades productivas con manejo convencional (1,28). Diferencias significativas también se encontraron en los índices de Simpson, 3,73 y 3,13 y de Margaleff, 1,55 y 1,21 para los interfilares del manejo orgánico y convencional respectivamente (Tabla 3.2).

Los resultados publicados por Gabriel et al. (2006 y 2010) mostraron que, al comparar granjas orgánicas con convencionales, las granjas orgánicas estudiadas tuvieron un aumento general del 12% en biodiversidad, estos autores observaron además más diversidad de plantas, mayor diversidad floral, más lombrices de tierra, más insectos, más mariposas y mayor número de algunos tipos de aves. Asimismo, confirmaron que los beneficios de la biodiversidad en áreas con una alta proporción de agricultura orgánica fueron mayores que en aquellas con una proporción baja y además las granjas convencionales en paisajes con un alto nivel de agricultura orgánica también tenían un mayor nivel de biodiversidad.

En el caso de la Riqueza y cantidad de familias botánicas presentes en los interfilares también se observaron diferencias significativas (Tabla 3.2) con valores de 6,82 y 4,78 para el manejo orgánico y 5,71 y 4,04 para el manejo convencional respectivamente. Bengtsson et al. (2005) llevaron a cabo un metaanálisis de 66 estudios publicados y encontraron que la riqueza de especies era, en promedio, un 30% mayor en las granjas orgánicas,

en cambio en este estudio se observó que la riqueza de las chacras orgánicas fue de un 19.4% mayor. Hole et al. (2005) revisaron 76 estudios que comparaban grupos taxonómicos únicos o múltiples en granjas orgánicas y convencionales, sumando las comparaciones para todos los taxones, mostraron un efecto positivo de la agricultura orgánica sobre la abundancia y/o riqueza de especies en 66 casos; 25 tuvieron resultados neutrales o mixtos, y sólo ocho mostraron un efecto negativo.

La Equitatividad también mostró diferencias significativas con valores de 0,80 y 0,74 para los interfilares con manejo orgánico y convencional respectivamente.

Las diferencias entre ambos tipos de manejo son significativas. Se espera que chacras con mayor diversidad, riqueza y cantidad de familias botánicas, aumenten las relaciones entre las distintas especies y sus sinergias.

Fernández et al., (2008) también encontraron los índices de diversidad más bajos en las chacras con producción convencional donde la vegetación natural de gramíneas y leguminosas se elimina a finales del invierno y se utilizan insecticidas y herbicidas sintéticos. Estos autores muestrearon la fauna de artrópodos en cultivos de cobertura de un huerto de producción orgánica de manzanos en el Alto Valle de Río Negro y encontraron que Coleoptera, Formicidae, Araneae y Dyptera, en este orden, fueron los grupos más numerosos (75%). De las especies recolectadas, el 52,9% fueron fitófagas y el 41,9% fueron controladores biológicos (principalmente coleópteros, himenópteros parasitoides, arañas, insectos depredadores y crisopas). Al comparar este huerto con uno de producción convencional observaron que en general, el número de controladores biológicos y su diversidad aumentó con la presencia de cultivos de cobertura y disminuyó con la utilización de agroquímicos. *Armadillidium vulgare* se recolectó casi exclusivamente en el sector orgánico y podría considerarse como un indicador biológico (Fernández et al., 2008).

En este estudio, las prácticas agrícolas llevadas a cabo en los establecimientos orgánicos fomentaron la instalación de mayor número de especies vegetales. En cambio, en los establecimientos convencionales se realizan laboreos del suelo en el interfilas, disturbando el ambiente y promoviendo el desarrollo de especies como el *Cynodon dactylon* y el *Sorghum halepense* malezas muy invasoras, competitivas y con poco interés como reservorio y alimento de organismos benéficos. Por ejemplo, Ntidi et al. (2012) observaron que *Cynodon dactylon* es parasitada por varias especies de *Meloidogyne* (nematodos fitófagos) y Doucet et al. (2000) confirmaron que la estrecha relación entre *Taraxacum officinale* y *Meloidogyne hapla* posibilita ampliar la dispersión de esta especie de nematodo.

Labrar y arar son las prácticas agrícolas estándar utilizadas para mejorar la aireación del suelo y facilitar la mezcla de fertilizantes. Sin embargo, estas prácticas tienen impactos significativos tanto en el ámbito biológico como en las propiedades químicas del suelo (Barros-Rodríguez et al., 2021) y pueden provocar cambios en los aspectos biológicos del suelo, incluidos cambios en las poblaciones de organismos como las lombrices de tierra y alteraciones en la biodiversidad microbiana. Además, estas prácticas promueven la disminución de algunas especies de plantas, como leguminosas y plantas no vasculares en el ecosistema (Barros-Rodríguez et al., 2021).

En las unidades productivas orgánicas la intervención antrópica es menor, no se realizan movimientos de suelo para incorporar las enmiendas orgánicas, estas se efectúan en la fila de cultivo. En cambio, en los establecimientos analizados con manejo convencional las labranzas en el suelo se realizan para dejar el suelo

sin cobertura y favorecer el control pasivo de las heladas tardías muy comunes en la región de estudio, al igual que la utilización de herbicidas. En las últimas décadas, la diversidad vegetal de la producción frutícola en Norpatagonia, se ha manejado aumentando los cultivos de cobertura en los interfilares de las plantas frutales con el objeto de disminuir los efectos de la compactación y como alternativas al uso de fertilizantes (Aruani y Sánchez, 2002; Sardiña et al., 2008).

Los cultivos de cobertura en los interfilares de plantaciones frutales mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, en climas semiáridos, la práctica también evita que las frutas se quemen con el sol. La inclusión de cultivos de cobertura en diversos sistemas agrícolas ha demostrado ser una práctica agronómica consolidada que mejora significativamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Scavo et al., 2022). Este mejoramiento del suelo se traduce en una mayor disponibilidad de nutrientes y, en consecuencia, una reducción en la necesidad de suministrar fertilizantes minerales. Además, estos beneficios suelen reflejarse en el cultivo principal con un estado nutricional mejorado. Conocer las relaciones recíprocas entre los cultivos de cobertura, el suelo y el estado nutricional de las plantas es crucial para optimizar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos, tanto cualitativa como cuantitativamente, y al mismo tiempo, limitar el uso de insumos auxiliares. Para que un cultivo de cobertura sea eficaz, es fundamental aplicar opciones de gestión adecuadas y específicas para cada contexto. Estas incluyen la elección de especies, el período de siembra, la etapa de terminación y el método de terminación. Sin embargo, algunos de estos aspectos aún se desconocen, al igual que varios efectos ecofisiológicos de los cultivos de cobertura sobre el suelo y la nutrición de las plantas (Scavo et al., 2022).

Además, se reconoce que la inclusión de cultivos de cobertura en los interfilares de sistemas agrícolas garantiza muchos servicios ecosistémicos, incluido el control de la erosión del suelo, el secuestro de carbono, la regulación de la infiltración del agua, la reducción de la lixiviación de nutrientes y la mejora de la disponibilidad de nutrientes, la degradación de los agroquímicos, el aumento de la biodiversidad y la atracción de polinizadores, limitación de plagas, malezas, etc. (Adetunji et al., 2020; Blanco-Canqui et al., 2015, 2020; Sharma et al., 2018). Aunque en este trabajo no se hayan medido estos aspectos, el aumento de la diversidad vegetal, riqueza y cantidad de familias botánicas en los interfilares de las chacras con manejo orgánico contribuye de manera sustancial a la mejora general del agroecosistema.

Por otra parte, también Hole et al., (2005) observaron que los agricultores que optan por pasarse a la agricultura orgánica pueden estar predispuestos a prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente, o pueden cultivar tierras que anteriormente se han manejado de manera menos intensiva y, por lo tanto, es más fácil convertirlas exitosamente a la agricultura orgánica; ambas situaciones introducirían un sesgo a favor del sistema orgánico.

Se recomienda tanto en chacras orgánicas como convencionales promover una cobertura del interfilare en base a especies de distintas familias botánicas que incrementen las seis variables analizadas en la Tabla 3.2 y por lo tanto la diversidad y planificar una selección de plantas adecuadas teniendo en cuenta las necesidades de los enemigos naturales, como la inclusión de plantas con flores en forma de disco (compuestas) y nectarios abiertos (Herz et al., 2019).

Los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Margaleff fueron útiles para comparar la composición florística de la vegetación en los interfilares de agroecosistemas frutícolas convencionales y orgánicos y han sido utilizados en distintos ecosistemas a nivel mundial (Zarco-Espinosa et al., 2010; Zymarioieva et al., 2021; García del Barrio et al., 2006; Moreno, 2001; Gliessman, 2007; Villarreal et al., 2019) ya que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo. Villarreal et al., (2019) agregan que los inventarios de agrobiodiversidad y la aplicación de índices se deben constituir como herramientas indispensables para el diseño de la estructura de los sistemas sostenibles y su evaluación.

## **Relación entre dos estrategias de manejo de la fertilización del suelo en los interfilares, la composición florística y tipo y abundancia de nematodos**

Objetivo: Analizar la relación entre dos estrategias de manejo de la fertilización del suelo con la composición florística y tipo y abundancia de nematodos en interfilares de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca.

### **Materiales y métodos**

El presente estudio se realizó en dos unidades productivas comerciales de perales cv. 'Williams' (*Pyrus communis*) ubicados en 39°03'28.6" S; 67°35'48.2" O y 38° 50'55.8" S; 68°02'39.9" O, Alto Valle de Río Negro, Patagonia, Argentina con diferentes estrategias de manejo de suelo en los interfilares: en una de las unidades productivas se realizaba fertilización orgánica y en la otra no se realizaban fertilizaciones.

Se observaban en ambas unidades productivas interfilares cubiertos de vegetación espontánea. En el huerto con fertilización orgánica (OF), se aplicaron 10.000 kg/ha/año de estiércol de cabra (GM) en los interfilares en época invernal, mientras que en la otra chacra no se aplicó fertilizante (NF).

Las características del estiércol de cabra aplicado fueron las siguientes: pH: 8,1; conductividad eléctrica: 4,66 mmhos; materia orgánica: 38,8%; Humedad: 27%; N: 1,96 %; P: 0,32%; K: 2,77%; Ca: 2,53%; Mg: 0,72%. Dicho estiércol se obtuvo de las cabras criadas en la planicie cercana al Valle irrigado.

Durante la temporada de crecimiento (primavera-verano), los cultivos de cobertura de los interfilares se cortaron 2 veces en el huerto con fertilización orgánica y 3 veces en el huerto sin fertilizar, y sus restos se dejaron sobre el suelo. Los huertos fueron regados mediante riego por inundación y por surcos, respectivamente. Estas formas de riego son comunes en la región de estudio en donde el agua proviene de los ríos y el sistema de riego es administrado por los consorcios de cada localidad como se describió en la introducción de la presente tesis.

El clima en el área de estudio es continental templado y árido y el suelo es de origen aluvial. El régimen de humedad es árido y el régimen de temperatura es térmico. La zona sufre déficit hídrico durante todo el año (CIL, 1991).

Los datos se tomaron en cada agroecosistema en tres interfilares asignados al azar en dos momentos de la estación de crecimiento, primavera y otoño. En cada interfilar se trazó una transecta de 10 metros oblicua a las filas de plantación de frutales utilizando cinta métrica y estacas y se determinó la composición florística, el número de especies vegetales presentes y sus familias botánicas (Zuloaga y Morrone, 1996; Correa, 1969-1999), así como atributos cualitativos de la comunidad (composición florística y especies dominantes).

En cada transecta, se recolectó una muestra de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm para determinar la nematofauna. Cada muestra estuvo compuesta por 8 núcleos. Los nematodos se extrajeron de una submuestra de 100 g (peso fresco) mediante el método de flotación y centrifugación en azúcar (Caveness y Jensen, 1955). Las poblaciones de nematodos se expresaron por 100 g de peso seco de suelo. La humedad del suelo se determinó gravimétricamente secando las muestras a 105°C durante 24 h. Los nematodos recuperados se contaron y conservaron en formalina. Un total de 100 especímenes por muestra fueron seleccionados aleatoriamente e identificados a nivel de género o familia. Los recuentos de nematodos para cada taxón se

ajustaron al número de nematodos por 100 g de suelo seco. La clasificación de los grupos tróficos de nematodos se asignó en: bacteriófagos (Ba), fungívoros (Fu), herbívoros facultativos (FF), herbívoros obligados (FO), omnívoros-depredadores (OP) (Yeates et al., 1993). El contenido de materia orgánica del suelo (SOM g kg<sup>-1</sup>) se determinó en las muestras en las que la nematofauna se analizó (Walkley y Black, 1934).

Las variables del suelo se analizaron mediante un modelo de análisis de varianza (ANOVA). Las medias se separaron mediante las pruebas de Tukey utilizando Infostat (Di Rienzo et al., 2009). El número de individuos por grupo trófico y la abundancia de taxones de nematodos se evaluaron ajustando modelos lineales generalizados con componente aleatorio binomial negativo, función de enlace canónico y predictor lineal que tiene en cuenta los efectos de momento de muestreo y huerto frutal con el software R (<http://www.r-project.org/>).

Para asociar la distribución de las propiedades del suelo, las especies de plantas dominantes y los grupos tróficos de nematodos, se utilizó el análisis de componentes principales (PCA) del programa Infostat (Di Rienzo et al., 2009).

## Resultados y discusión

El suelo en los interfilares con fertilización orgánica (OF) es franco, y franco arcillo limoso en el huerto no fertilizado (NF) en base a los diferentes porcentajes de tamaño de partícula (Tabla 3.3).

No hubo diferencias significativas en la materia orgánica del suelo (SOM) entre los dos huertos de perales, los valores medios fueron 3,8% para OF y 3,1% para NF, esto indica que estaban moderadamente bien provistos de SOM (Aruani et al., 2001).

La mayoría de las 17 especies encontradas en los interfilares del huerto OF pertenecían a las familias de plantas Poaceae (5 spp.) y Brassicaceae (3 spp.) (Tabla 3.4). *Bromus brevis* y *Cynodon dactylon* fueron dominantes. Nueve especies se registraron en los interfilares no fertilizados en los cuales las familias más representativas fueron Asteraceae (4 spp.) y Fabaceae (2 spp.) con *Cynodon dactylon* como dominante (Tabla 3.4).

Tabla 3.3. Porcentaje de arena, limo y arcilla y textura del suelo en huertos de perales con diferentes estrategias de manejo del suelo en los interfilares: fertilización orgánica (estiércol de cabra) y no fertilización.

Tratamiento del interfilar	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
Fertilización orgánica	48.2a <sup>z</sup>	36.4b	15.4b	Franco
Sin fertilización	17.4b	51.0a	31.6a	Franco arcillo limoso

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0.05) entre huertos según Tukey.

Tabla 3.4. Ocurrencia de especies y familias de plantas en interfilares fertilizados orgánicamente y sin fertilizar

Especies vegetales	Familias botánicas	Tratamiento en el interfilar	
		Fertilización orgánica	Sin Fertilización
<i>Brassica campestris</i>	Brassicaceae	X	-
<i>Bromus brevis</i>	Poaceae	X	-
<i>Capsella bursa-pastori</i>	Brassicaceae	X	-
<i>Chenopodium</i> sp.	Chenopodioideae	X	-
<i>Cichorium intybus</i>	Asteraceae	X	X
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	X	-
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	X	X
<i>Dactylis glomerata</i>	Poaceae	X	-
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Poaceae	X	-
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Brassicaceae	X	-
<i>Lactuca serriola</i>	Asteraceae	-	X
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantaginaceae	X	X
<i>Polygonum aviculare</i>	Polygonaceae	X	X
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	X	-
<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	-	X
<i>Sorghum halepense</i>	Poaceae	X	-
<i>Stellaria media</i>	Caryophyllaceae	X	-
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	X	X
<i>Trifolium pratense</i>	Fabaceae	-	X
<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	X	X

La identificación y cuantificación revelaron 21 y 19 taxones de nematodos en el interfilas con fertilización orgánica y en el interfilas no fertilizado, respectivamente (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Abundancia de taxones de nematodos y grupos tróficos por 100 g de suelo seco para cada interfilas: con fertilización orgánica y sin fertilización

Taxon	Abundancia relativa	
	Fertilización orgánica	Sin fertilización
<b>Bacteriófagos (Ba)</b>		
Acrobeles	6.5±5.3 <sup>z</sup>	1.3±0.8
Cephalobidae	18.7±8.0	19.2±4.8
Monhysteridae	2.8±2.8	0.7±0.7
Panagrolaimidae	4.3±0.2	0.7±0.7
Plectidae	1.8±1.3	0.7±0.7
Prismatolaimidae	1.8±0.8	0.0±0.0
Rhabditidae	66 ± 28	10.0 ±3
Total	101.9	32.6
<b>Fungívoros (Fu)</b>		
Aphelenchoides	3.2±1.7	3.3±1.2
Aphelenchus	3.6± 3.0	9.0± 4.0
Diphtherophora	2.0 ± 2.0	0.0±0.0
Total	8.8	12.3
<b>Omnívoros-predadores (OP)</b>		
Aporcelaimidae	4.17 ± 2.5	3.3 ± 3.3
Dorylaimidae	0.6 ± 0.6	0.0 ± 0.0
Mylonchulus	0.6 ± 0.6	0.6 ± 0.6
Qudisionematidae	20.8 ±11.0	10.2 ± 5.4
Total	26.2	13.1
<b>Herbívoros facultativos (FF)</b>		
Boleodorus	19.2 ± 5.3	35.0 ± 8.3
Tylenchidae	9.3 ± 4.5	7.8 ± 2.7
Total	28.5	42.8
<b>Herbívoros obligados (FO)</b>		
Criconematidae	0.67± 0.6	9.8 ± 3.0
Helicotylenchus	8.3± 4.4	37.0 ± 5.1
Heteroderidae	0.0 ± 0.0	10.0 ± 10.1
Meloidogyne	0.0±0.0	4.7 ± 1.6
Paratylenchus	0.0±0.0	0.6 ± 0.6
Pratylenchus	28.0 ± 7.3	2.5 ± 1.2
Tylenchorhynchus	11.3 ± 6.6	0.0 ± 0.0
Xiphinema	4.8 ± 1.7	0.0 ± 0.0
Total	53.1	64.6

<sup>z</sup> Cada valor (media ± SE) se obtuvo promediando dos épocas de muestreo (primavera y otoño) y tres repeticiones por época de muestreo (n = 6).

La composición de la fauna de nematodos del suelo fue comparable a la reportada previamente para huertos de frutales de pepita en el Valle de Río Negro, Argentina (Bergna, 1976; Azpilicueta et al., 2014). El número total medio de nematodos fue de 220 y 165 por 100 g de suelo seco en los interfilares OF y NF, respectivamente.

El contenido de arena en el interfililar fertilizado orgánicamente fue más del doble que en el tratamiento sin fertilizar. Las diferencias en la abundancia de nematodos podrían deberse a la textura del suelo, porque la clase textural y el contenido de agua del suelo son factores clave para la proliferación de la comunidad de nematodos. En suelos con mayor contenido de arena, el espacio vacío entre las partículas permite el movimiento y circulación del agua y también la alimentación y distribución de los nematodos (Fajardo et al., 2011).

Tras el análisis de componentes principales de las propiedades del suelo, la vegetación dominante y los porcentajes del grupo trófico de nematodos, CP1 y CP2 representaron el 63,5 y el 27,1 %, respectivamente, de la variación total (Figura 3.7). El Eje 1 se correlacionó principalmente con el contenido de arcilla (-1,00), limo (-1,00), arena (+1,00), Ba (+0,99) y SOM (+0,98), mientras que el Eje 2 se correlacionó con FO (-0,89), FF (+0,82). y Fu (+0,95).

FF se correlacionó con ambos ejes. Se observó que la estructura de la comunidad de nematodos del suelo estaba dominada por bacteriófagos en los interfilares fertilizados orgánicamente (OF) bajo *Bromus sp.* y altos contenidos de arena y SOM, mientras que los herbívoros obligados y facultativos predominaron en los interfilares no fertilizados (NF), bajo *Cynodon dactylon* y arcilla. Viketoft et al. (2009) y Bardgett (2005) señalaron que la identidad de las especies de plantas y los grupos funcionales de las plantas son los factores más importantes que influyen en las comunidades de nematodos.

Si bien las cubiertas vegetales mejoran las condiciones físicas y químicas de los suelos (Aruani et al., 2006; Sánchez et al., 2007), algunas especies vegetales pueden actuar como hospedantes alternativos de los nematodos parásitos del cultivo de interés económico y comprometer su producción (Djigal et al., 2012; Ferris et al., 2012). En Argentina, se ha detectado la asociación entre cuarenta y cinco especies de la flora arvense y especies de nematodos fitófagos con la posibilidad de perdurar en el espacio y en el tiempo (Doucet, 1992).

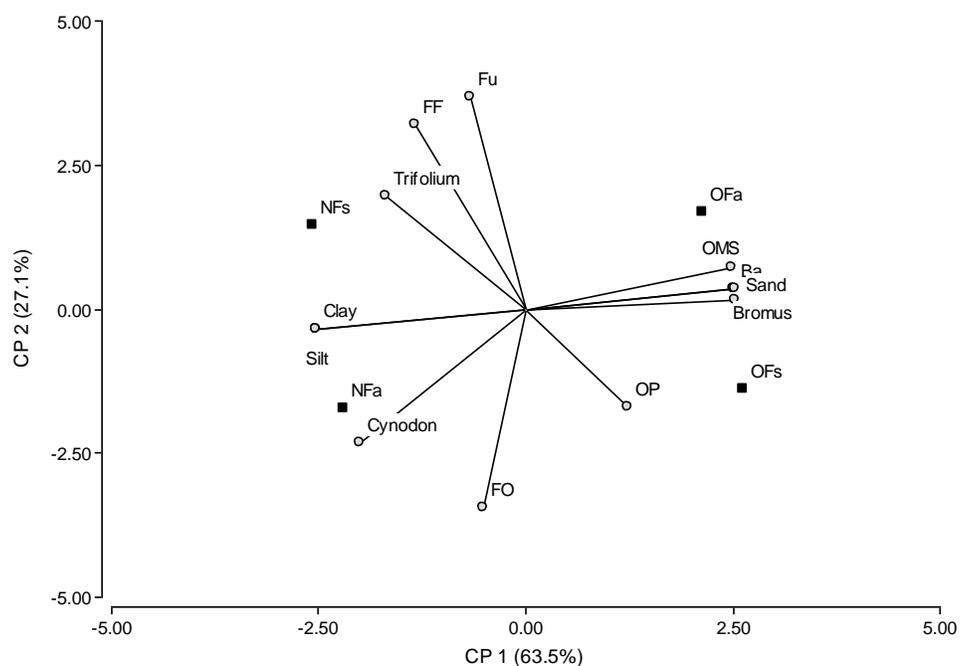


Figura 3.7. Gráfico bi-plot de análisis de componentes principales que muestra la asociación entre las propiedades del suelo (porcentajes de arena, limo y arcilla, SOM = materia orgánica del suelo), *Cynodon*, *Bromus*, *Trifolium* y el grupo trófico de nematodos (Ba = bacteriófagos, Fu = fungívoros, FO = herbívoros obligados, FF = herbívoros facultativos y OP = omnívoros y depredadores). Los valores representan muestras de dos tipos de tratamientos en los interfilares (NF = no fertilizado y OF = fertilizado orgánicamente) muestreados en primavera (s) y otoño (a).

Los bacteriófagos dominaron (45 %) en los interfilares con fertilización orgánica en ambas épocas de muestreo (primavera y otoño). Predominaron Rhabditidae y Cephalobidae (Tabla 3.5). Los bacteriófagos fueron mayores en las parcelas OF que en el tratamiento NF ( $p < 0,0012$ ), aproximadamente 4,3 veces más abundantes. Estos datos pueden indicar que la aplicación de fertilización con estiércol de cabra indujo un aumento en la producción microbiana respaldado por una mayor abundancia de Ba. La densidad de Rhabditidae fue mayor en el tratamiento fertilizado orgánicamente que en el tratamiento sin fertilización ( $p < 0,0004$ ) (Figura 3.8A); respondiendo rápidamente al aumento de la disponibilidad de recursos. Biederman et al. (2008) encontraron resultados similares, quienes informaron que las enmiendas afectan indirectamente la estructura de la comunidad de nematodos al promover una mayor densidad de la vegetación y aumentar así los exudados de las raíces en el suelo, y esto a su vez promueve la repoblación de bacteriófagos. Este grupo trófico contribuye a la mineralización de nitrógeno que posteriormente está disponible para las plantas (Neher, 2001).

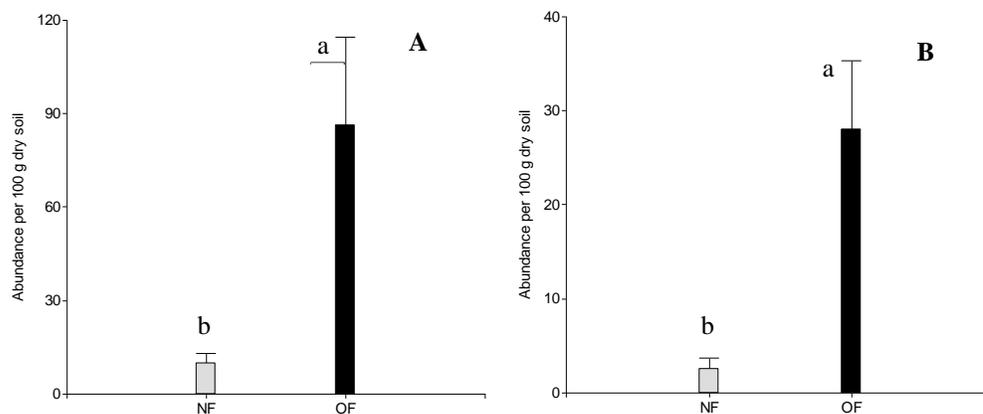


Figura.3.8. Abundancia media de Rhabditidae (A) y Pratylenchus sp. (B) por 100 g de suelo seco en interfilares sin fertilizar (NF) y con fertilización orgánica (OF). Los valores mostrados son la media de dos épocas de muestreo (primavera y otoño) y tres réplicas por época de muestreo (n=6). Letras diferentes indican diferencias significativas entre interfilares. Las barras indican errores estándar de la media.

La densidad poblacional media de herbívoros facultativos varió significativamente entre los huertos frutales y el momento del muestreo. El número de FF fue mayor en el tratamiento sin fertilizar que con el tratamiento de fertilización orgánica en primavera ( $p=0,0004$ ).

Entre los FO, el endoparásito *Pratylenchus* sp. dominó en el tratamiento con fertilización orgánica (Figura 3.8B), mientras que el ectoparásito *Helicotylenchus* sp. predominó en interfilares no fertilizados (Figura 3.9A). *Pratylenchus* sp. disminuyó en otoño en las parcelas fertilizadas orgánicamente ( $p<0,0001$ ).

*Helicotylenchus* fue mayor en primavera que en otoño ( $p < 0,04$ ) (Figura 3.9B). *Boleodorus* y *Helicotylenchus* representaron del 60 al 77 % del total de nematodos herbívoros en interfilares no fertilizados, mientras que *Boleodorus* y *Pratylenchus* representaron del 60 al 62 % cuando se utilizó estiércol de cabra (Tabla 3.5).

*Boleodorus* es un nematodo comúnmente observado en la región geográfica del suelo donde se realizó este estudio (Azpilicueta et al., 2013). Las malezas pueden actuar como huéspedes alternativos para los nematodos herbívoros. *Helicotylenchus dihysera* y *Pratylenchus zea* se encontraron en las raíces y en el suelo alrededor de las raíces de *Cynodon dactylon* (Ntidi, 2008).

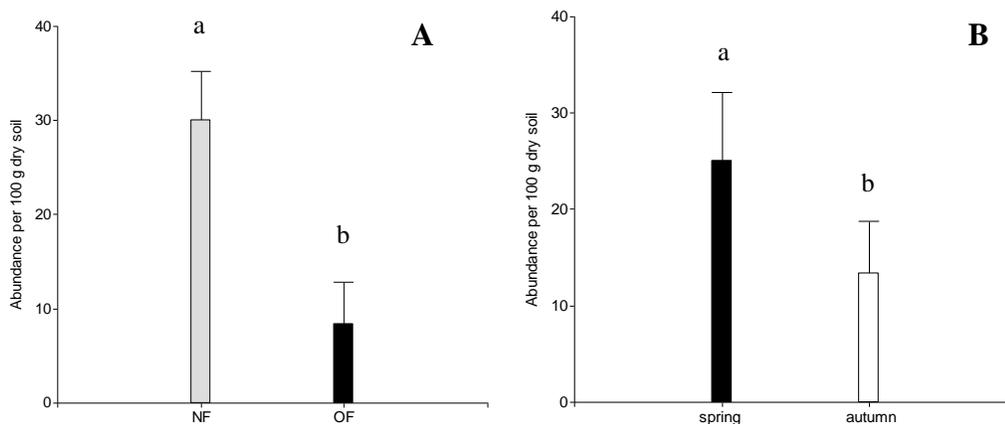


Figura 3.9. Abundancia media de *Helicotylenchus* sp. por 100 g de suelo seco en A: interfilares sin fertilizar (NF) y fertilizados orgánicamente (OF) y B: primavera y otoño. A: Los valores mostrados son la media de dos tiempos de muestreo y tres réplicas por tiempo de muestreo (n=6). B: Los valores mostrados son la media de cada tiempo de muestreo, tres repeticiones por huerto (n=6). Letras diferentes indican diferencias significativas entre interfilares y tiempos de muestreo. Las barras indican errores estándar de la media.

La densidad de población media de fungívoros no varió entre los interfilares. El número de OP fue 2,4 veces más abundante en el tratamiento fertilizado que en el tratamiento sin fertilizar en primavera, pero la diferencia no fue significativa. OP puede reducir la abundancia de otros nematodos, como FO (Sánchez-Moreno y Ferris, 2007).

En conclusión, en este estudio, la estructura del grupo trófico de los nematodos fue diferente entre las dos estrategias de manejo del suelo. Aunque los pastos dominaron en los interfilares de ambos huertos, la riqueza de plantas fue mayor en el tratamiento con fertilización orgánica que en el tratamiento sin fertilización. Cuando domina *C. dactylon* en el espacio entre hileras de perales, se observa la presencia de *Pratylenchus* en una proporción de 62% del total de la población de nematodos fitófagos obligados.

La estructura de la comunidad de nematodos del suelo estuvo dominada por bacteriófagos (Ba) (45%) en los interfilares fertilizados orgánicamente en ambos momentos de muestreo (primavera y otoño). En el tratamiento no fertilizado, predominaron los herbívoros facultativos (FF) (33%) y los herbívoros obligados (FO) (30%) en primavera y los FO (52%) en otoño. Los bacteriófagos fueron aproximadamente 4,3 veces más abundantes en los interfilares fertilizados orgánicamente que en los no fertilizados.

Estos datos pueden indicar que la aplicación de estiércol de cabra en el suelo del interfilares indujo un aumento en la producción microbiana respaldado por una mayor abundancia de Ba. Este grupo trófico contribuye a la mineralización del nitrógeno que queda disponible posteriormente para las plantas. Entre los FO, el endoparásito *Pratylenchus* sp. dominó en interfilares fertilizados orgánicamente, mientras que el ectoparásito *Helicotylenchus* sp. predominó en los que no tuvieron fertilización. *Pratylenchus* sp. disminuyó en otoño en el tratamiento con fertilización orgánica.

La dinámica omnívoros-predadores (OP) fue 2,4 veces más abundante en primavera en las parcelas fertilizadas orgánicamente que en las no fertilizadas. Los depredadores omnívoros pueden reducir la abundancia de otros nematodos, como el FO. Se deben considerar los patrones de comportamiento de los nematodos asociados con la vegetación de los interfilares y el manejo del suelo para lograr la sostenibilidad de los agroecosistemas frutícolas.

## Conclusiones

En la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén la composición florística de los interfilares de los establecimientos frutícolas analizados estuvo integrada por 48 especies, el 60,42% Adventicias, el 18,75% Introducidas, el 14,58% Nativas, el 4,17% Naturalizadas y el 2,08% Endémicas. Las especies inventariadas se distribuyeron en 14 familias, de las cuales las dominantes fueron Poaceae con un 27,08%, Asteraceae 18,75% y Brassicaceae y Fabaceae con un 12,50% cada una.

En ambos manejos, la mayor cantidad de especies se categorizó como clase I y en segundo lugar la clase II. Sólo el manejo convencional presentó especies con presencia de clase IV. No se registraron especies con el más alto valor de presencia (Clase V) en la escala correspondiente (81-100%) en ninguno de los establecimientos productivos relevados.

Las clases con mayor presencia en la producción orgánica (I y II) permiten deducir la falta de dominio de una especie sobre otra y describir un ambiente más complejo y de mayor riqueza, lo cual es altamente positivo en las funciones de un agroecosistema.

En los interfilares de las unidades productivas frutícolas con manejo orgánico la riqueza, cantidad de familias botánicas de la comunidad, equitatividad, índice de Shannon, índice de Simpson e índice de Margaleff mostraron los siguientes valores: 6,82; 4,78; 0,80; 1,54; 3,73; y 1,55 respectivamente y en los interfilares con manejo convencional los valores encontrados fueron 5,71; 4,04; 0,74; 1,28; 3,13; 1,21 respectivamente.

Las variables Riqueza de la comunidad vegetal, Cantidad de familias botánicas, Equitatividad, índice de Shannon (H), índice de Simpson e índice de Margaleff fueron significativamente mayores en los interfilares de los agroecosistemas frutícolas con manejo orgánico. Se espera que chacras con mayor diversidad, riqueza y cantidad de familias botánicas, aumenten las relaciones entre las distintas especies y sus sinergias.

El manejo orgánico frutícola en la región del Alto Valle se caracteriza por una baja intervención en los interfilares, donde la siembra de verdeos es esporádica, sin utilización de agroquímicos de síntesis y en varios casos la realización de preparados en las fincas a partir de especies del lugar utilizados en la fertilización y sanidad del huerto frutícola.

Asegurar en los interfilares espacios destinados a albergar especies herbáceas con funciones ecológicas, permite generar nichos y reservorios para predadores y parasitoides y en consecuencia mejorar el control biológico de plagas, conservando los recursos naturales. La presencia de grupos funcionales de familias botánicas dominadas por Poaceae, Asteraceae, Fabaceae y Brassicaceae, representan un papel ecológico significativo en los agroecosistemas.

Las diferentes condiciones del suelo generadas por los sistemas de manejo del suelo del huerto frutal pueden afectar la composición biológica del suelo, y esto se reflejará en la composición relativa de las poblaciones de nematodos. Una red alimentaria se vuelve más beneficiosa con una mayor estructura y diversificación, la interacción entre los sistemas de manejo del suelo del huerto y la red alimentaria del suelo tiene un impacto en las condiciones para el desarrollo de las plantas y la disponibilidad de nutrientes. Cuando domina *Cynodon dactylon* en el espacio entre hileras de perales, se observa la presencia de *Pratylenchus* en una proporción de 62% del total de la población de nematodos fitófagos obligados.

La adición de estiércol de cabra al suelo de huertos orgánicos puede promover el desarrollo de comunidades de nematodos dominadas por grupos oportunistas, como los bacteriófagos, que contribuyen a la disponibilidad de nitrógeno para la nutrición de las plantas.

La comunidad de nematodos no sólo se rige por la composición de las comunidades vegetales, los factores del suelo y las estrategias de manejo también juegan un papel importante. Los patrones de comportamiento de los nematodos asociados con la vegetación de los interfilares, la clase textural del suelo y las prácticas de manejo son aspectos críticos a considerar para lograr la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Los cultivos de cobertura en los interfilares de plantaciones frutales mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, en climas semiáridos, la práctica también evita que las frutas se quemen con el sol. Esta es una práctica agronómica consolidada que aumenta la disponibilidad de nutrientes y reduce el suministro de fertilizantes minerales. A su vez, estos beneficios comúnmente se reflejan en el cultivo con un estado nutricional mejorado, por lo tanto, conocer las relaciones recíprocas entre los cultivos de cobertura, el suelo y el estado nutricional de las plantas permitirá mejorar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos tanto cualitativa como cuantitativamente y, al mismo tiempo, limitará la adopción de insumos auxiliares. Una mejor comprensión del impacto asociado a la selección de especies y a la tasa de siembra, debería estar en el centro de futuras investigaciones para guiar a los agricultores en la elección de la opción de cultivos de cobertura más adecuada para maximizar los beneficios. Si se han elegido adecuadamente las especies y las opciones de gestión, se minimizan los efectos negativos derivados principalmente de fenómenos competitivos y alelopáticos. Desafortunadamente algunos de estos aspectos aún se desconocen, como también varios efectos ecofisiológicos de los cultivos de cobertura sobre el suelo y la nutrición de las plantas (Scavo et al., 2022).

Se recomienda que tanto en chacras orgánicas como convencionales del Alto Valle del Río Negro y Neuquén mantener la cobertura vegetal en los interfilares con vegetación espontánea y planificar la siembra de verdes, esto redundará en el aumento de la diversidad vegetal en los agroecosistemas y sus consiguientes mejoras en la estructura del suelo, contenido de materia orgánica, beneficio de la fauna del suelo y refugio de enemigos naturales, entre otros aspectos ya mencionados anteriormente. Al momento de la elección de la cubierta vegetal es importante tener en cuenta aquella que aporte mayor contenido de materia orgánica al suelo y evitar que sea reservorio de nematodos fitófagos que puedan dañar a la plantación de frutales.

El uso de herbicidas en chacras convencionales es una práctica que debe abandonarse, en pos de una reducción de la utilización de agrotóxicos y de una mejora general del agroecosistema.

El estudio aquí presentado, es uno de los pocos trabajos realizados en el territorio en cuestión que figura en la literatura publicada, donde se describen las especies que se encuentran en los interfilares de chacras orgánicas y convencionales, su cantidad, los índices de diversidad y familias de nematodos asociadas. Es debido a ello que reviste una importancia relevante y además puede ser extrapolado a otras regiones de producción frutícola de climas templado-fríos del país y del mundo. Los índices de diversidad siguen siendo una herramienta recomendable para comparar comunidades vegetales.

Los huertos frutales son agroecosistemas perennes complejos, conformados por estratos de pastos y árboles destinados a la producción de frutas frescas. Estos sistemas requieren un diseño y manejo específicos en el espacio y el tiempo. Presentan características y servicios ecosistémicos particulares a nivel de parcela, tales

como el carácter perenne de los árboles, la existencia de múltiples estratos y la diversidad de plantas dentro de los límites de los huertos. Estos elementos pueden contribuir a un alto nivel de biodiversidad.

## **CAPITULO IV: Análisis participativo de unidades productivas frutícolas en la región del Alto Valle**

### **Desarrollo del objetivo específico 4**

#### **Introducción**

La agroecología es una alternativa para abordar los problemas asociados a la agricultura industrial. Los faros agroecológicos son fincas diversificadas que sirven como modelos sobre cómo “diseñar y administrar fincas/chacras/unidades productivas basadas en principios agroecológicos” (Nicholls y Altieri, 2018).

Los agricultores de las fincas faro son quienes juegan un papel clave en la promoción de los principios agroecológicos (Nicholls et al., 2020) en la comunidad circundante y entre los agricultores de otras regiones. Estas fincas faro logran construir y sostener redes de intercambio de conocimientos y experiencias que producen transformaciones en los territorios. Además, promueven principios agroecológicos a través de la demostración y difusión de prácticas de producción y manejo a nivel de finca (Mc Greevy et al., 2021). En este sentido, el proceso mediante el cual se inician y promueven prácticas agroecológicas a nivel de finca, comunidad y región se denomina amplificación (Nicholls y Altieri, 2018). Por lo tanto, para fomentar esta amplificación de la transición agroecológica de granja a granja (Nicholls et al., 2020), es esencial un diagnóstico agroecológico específico de las fincas/granjas/chacras. Este diagnóstico ya no debería basarse en el pensamiento analítico (Hubert et al., 2013) como lo fue durante el período de modernización de la agricultura. En la perspectiva de amplificar la transformación de los sistemas alimentarios y acompañar agricultores en torno a cuestiones de crisis ecológica y sanitaria, se deben considerar mejor los cambios en las prácticas de los agricultores, sus conocimientos y sus diferentes visiones, sin renunciar a la racionalidad científica y al conocimiento de las ciencias agronómicas (Cremilleux et al., 2023). A medida que se produce la amplificación y territorialización agroecológica, los territorios agroecológicos desarrollan resiliencia o “la capacidad colectiva de los actores para continuar facilitando el desarrollo de respuestas territoriales a las perturbaciones externas” (Guzmán Luna et al., 2019).

El concepto de agroecosistema como un sitio de producción agrícola ofrece un marco de referencia para analizar sistemas de producción de alimentos en su totalidad incluyendo el complejo conjunto de entradas y salidas y las interacciones entre sus partes. El principal reto en el diseño de agroecosistemas sostenibles es obtener las características de un ecosistema natural y al mismo tiempo mantener una cosecha deseable (Gliessman, 2007). Esta es una forma viable para alcanzar la sostenibilidad del sistema.

A través de la agroecología, se logra aumentar la diversidad y complejidad de los sistemas agrícolas en los que las interacciones ecológicas y los sinergismos entre sus componentes biofísicos reemplazan los insumos externos para proporcionar los mecanismos necesarios que mejoran la fertilidad, la productividad y la protección de los cultivos (Nicholls et al., 2016). Al aumentar la biodiversidad funcional en los sistemas agrícolas, la agroecología fortalece las funciones ecológicas débiles en el agroecosistema, lo que permite a los agricultores eliminar gradualmente su dependencia de insumos externos.

A nivel de finca, un sistema agrícola puede considerarse “de base agroecológica” si implementa principios agroecológicos establecidos en el diseño y manejo del agroecosistema. Los principios agroecológicos guían el diseño espacial y temporal de una finca tomando la forma de diferentes prácticas (es decir, cultivos intercalados, cultivos de cobertura, etc.) que, a su vez, ponen en marcha procesos ecológicos clave (ciclado de nutrientes, regulación de plagas, etc.). Por ejemplo, la mezcla de variedades es una estrategia conocida para reducir la incidencia de enfermedades a través de los efectos amortiguadores de la diversidad genética. El cultivo intercalado es una práctica de manejo comúnmente aplicada para mejorar la biodiversidad funcional, contribuyendo a todos los principios de la agroecología con múltiples beneficios. El cultivo de cobertura también es una práctica que refleja el principio de reciclaje y la acumulación de materia orgánica y promueve procesos como el ciclado de nutrientes, la activación biológica del suelo, el control/ supresión de malezas o plagas y la conservación del agua, que son clave para la productividad de los cultivos y la salud del suelo.

Nicholls et al., (2020) mencionan que se deben seguir los siguientes principios agroecológicos para el diseño de sistemas agrícolas biodiversos, eficientes desde el punto de vista energético, conservadores de recursos y resilientes: 1, mejorar el reciclaje de biomasa, con el fin de optimizar la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes a lo largo del tiempo; 2, fortalecer el “sistema inmune” de los sistemas agrícolas a través del mejoramiento de la biodiversidad funcional - enemigos naturales, antagonistas, entre otros - creando hábitats apropiados; 3, proporcionar las condiciones más favorables del suelo para el crecimiento de las plantas, particularmente mediante el manejo de la materia orgánica y el incremento de la actividad biológica del suelo; 4, minimizar las pérdidas de energía, agua, nutrientes y recursos genéticos mediante el mejoramiento de la conservación y regeneración de los recursos hídricos, del suelo y de la agrobiodiversidad; 5, diversificar especies y recursos genéticos en el agroecosistema a lo largo del tiempo y el espacio a nivel de campo y paisaje; 6, mejorar las interacciones biológicas benéficas y las sinergias entre los componentes de la agrobiodiversidad, promoviendo así procesos y servicios ecológicos clave.

De esta manera, se pueden utilizar indicadores para evaluar la eficacia con la que las prácticas destinadas a mejorar la diversidad del paisaje y los cultivos, la calidad del suelo, la salud de las plantas, etc., persiguen principios específicos o una combinación de principios que promueven procesos vitales para el desempeño de los agroecosistemas (Nicholls et al., 2020).

Barrios et al. (2020), describe diez elementos de la agroecología que ayudan a enmarcar la agroecología de manera inclusiva, sin privilegiar una definición, grupo de partes interesadas o región, y proporcionan una estructura para otras entidades que contribuyen a promover la adopción de la agroecología. En este marco, se encuentra un elemento central que impulsa la toma de decisiones en agroecología que es la co-creación e intercambio e intercambio de conocimientos y prácticas, ciencia e innovación. Los componentes y la gestión de los sistemas agrícolas y alimentarios son principalmente el resultado de decisiones humanas. A través del proceso de co-creación, la agroecología puede fomentar un compromiso transdisciplinario que facilite la combinación de conocimientos de diferentes actores, incluidos los conocimientos tradicionales sobre la biodiversidad agrícola y la experiencia de gestión para contextos específicos de hombres y mujeres, conocimientos prácticos de productores y comerciantes relacionados a los mercados, y al conocimiento y las prácticas científicas globales (Méndez et al., 2013, 2015; Bendito y Barrios, 2016; Nobre et al., 2017).

Dumont et al., (2021) adaptó un marco de evaluación participativa de Garibaldi (2017) para evaluar en qué medida un sistema cumple con los principios agroecológicos sugiriendo cuatro pasos a seguir: (1) apropiación de los principios por parte de los actores del campo, (2) elección de indicadores para medir los principios, (3) evaluación y discusión de los resultados, y opcionalmente (4) algunas acciones que se pueden tomar para mejorar las prácticas. Cada paso debe realizarse mediante un enfoque participativo que involucre al menos a investigadores, agricultores y formuladores de políticas.

La agroecología según Giraldo y Rosset (2016) es una manera de relación social distinta al capitalismo, que incentiva la recuperación e intercambio de saberes locales, la creación común de nuevos conocimientos en el mismo lugar donde ocurren los problemas, y la transformación ecosistémica conforme a las condiciones de regeneración de la vida.

El compromiso transdisciplinario se considera aquí “un proceso facilitado de aprendizaje mutuo entre la ciencia y la sociedad que relaciona un proceso de investigación multidisciplinario o interdisciplinario específico y un discurso de múltiples partes interesadas para desarrollar orientaciones socialmente sólidas sobre un problema o desafío específico del mundo real” (Scholz y Steiner 2015). La agroecología evita enfoques prescriptivos y debe fomentar prácticas que se adapten al contexto y las realidades locales. Por lo tanto, fomentar procesos de co-creación que generen relevancia, credibilidad y legitimidad es parte integral de la elaboración de conocimientos que sean útiles para el desarrollo de la sostenibilidad (Cash et al. 2003; Barrios et al. 2012; Clark et al. 2016; Lemos et al. 2018).

Además, la educación formal y no formal desempeña un papel fundamental en el intercambio de innovaciones agroecológicas resultantes de procesos de co-creación, al tiempo que contribuye a procesos inclusivos de creación de capacidades que involucran a diversos actores locales, especialmente mujeres y jóvenes (Holt-Giménez 2006; Ostergaard et al. 2010; Anderson et al. 2019).

Coe et al. (2014) menciona la importancia crítica de involucrar a los agricultores y administradores de tierras desde el inicio de la co-creación y el intercambio de conocimientos para informar los procesos de rediseño de los agroecosistemas para garantizar la identificación de opciones relevantes que minimicen las compensaciones y se adapten a la variación del contexto.

Cremilleux et al. (2023), proponen un enfoque que tiene como objetivo co-construir el conocimiento, que es cada vez más reconocido, utilizado y considerado necesario, particularmente dentro de la agroecología. Este enfoque, que reúne a agricultores y académicos en diálogo, también podría ayudar a comprender por qué algunos agricultores no participan en la transición agroecológica. Más específicamente, podría ayudar a resaltar los aspectos relacionados con las creencias de los agricultores y los problemas que los afectan. Esta metodología es útil para los agricultores y la investigación porque permite a todos estos actores alejarse de su forma actual de pensar y desarrollar la reflexividad. Esta metodología no sólo permite el análisis de los sistemas de producción en un terreno común, sino que también reúne a personas que piensan de manera diferente para entablar un diálogo transformador. Cuando se plantea el trabajo a través de entrevistas con los agricultores, el entrevistador no puede iniciar la entrevista haciendo preguntas. Tiene que convencer al entrevistado de que no será evaluado ni juzgado, que esta entrevista es un diálogo entre dos personas en pie de igualdad. Y no es tan

fácil de conseguir. El entrevistador debe adoptar una actitud específica, integral, respetuosa y considerada, y para ello necesita habilidades específicas que se desarrollan con la práctica. Esta forma de trabajar requiere tiempo (Cremilleux et al., 2023).

Barrios et al., (2020) puntualiza la importancia de incorporar conocimientos que puedan originarse fuera de los paradigmas convencionales de la ciencia a través de enfoques de investigación participativos y orientados a la acción. La utilización del conocimiento de la investigación para las transformaciones de la sostenibilidad no se puede lograr sin emplear un enfoque transdisciplinario que reúna a actores académicos y no académicos en un escenario que permita discusiones en igualdad de condiciones y el empoderamiento de los actores que a menudo no se escuchan (Jacobi et al., 2022). La participación de actores no académicos y sus conocimientos no es solo beneficioso; es indispensable para transformaciones de sostenibilidad que sean reflexivas y basadas en evidencia.

Cuanto antes en un proyecto tenga lugar la participación, y cuanto más diverso los roles de los actores no académicos involucrados son, más coherente la relevancia, credibilidad y legitimidad de la investigación científica para el desarrollo sostenible (Jacobi et al., 2022).

La participación de diferentes actores en proyectos de transformación de la sostenibilidad agrega consecuencialidad al proceso, que se refiere a la posibilidad de que los participantes influyan en los resultados (Dryzek, 2009; Wamsler, 2017). Más allá de la consulta, la participación también significa participación en la co-creación de conocimiento, así como en la toma de decisiones (Polk, 2015; Rosendahl et al., 2015). “Conocimiento de investigación” puede referirse en términos generales al conocimiento que surge de proyectos de investigación en diferentes formas y expresiones. Lo importante es que su utilización transgreda el ámbito de los equipos académicos de investigación e incluya a los actores sociales (Eschen et al., 2021). Este hallazgo está alineado con investigaciones recientes que destacan la importancia de incluir actores no académicos en las actividades de investigación relacionadas con los ecosistemas para aumentar no solo la utilización, sino también la relevancia y legitimidad de las actividades de investigación para el desarrollo (Moser, 2016; Sterling et al., 2017).

Rist y Herweg (2016) propusieron un ciclo de transformación de co-creación transdisciplinario en proyectos de investigación y desarrollo como una espiral en cinco pasos, donde primero se define en forma conjunta el problema y contenidos del proyecto o iniciativa, luego se integran las ciencias naturales y sociales, como así también los actores no académicos y sus conocimientos en un proceso de aprendizaje social y reflexión conjunta sobre las metas y acción colectiva para la implementación.

Prost et al., (2023) recomienda valorar el conocimiento y la experiencia de los agricultores y aprender a abordar los problemas complejos y situados de las granjas en forma conjunta con investigadores y extensionistas en camino hacia la transición agroecológica.

Prost et al., (2023) conceptualizan las transiciones agrícolas hacia la agroecología como una sucesión abierta de etapas que comienza con una situación inicial insatisfactoria con o sin algunos principios agroecológicos implementados. A esto le sigue una etapa transitoria incierta e impredecible caracterizada por cambios paso a paso que finalmente resultan en un punto determinado en el que los principios agroecológicos se implementan ampliamente. A pesar de reflejar esta implementación, este punto puede reflejar o diferir de los múltiples futuros

deseados imaginados al comienzo de las transiciones. Este punto no es un fin en sí mismo; Le siguen procesos adicionales de experimentación, seguimiento, aprendizaje y adaptación hacia la mejora continua del establecimiento agrícola.

La Investigación Acción Participativa (IAP) es aquella investigación que “constituye un proceso de interacción creativa dentro de las comunidades rurales mediante el cual el conocimiento local y el científico se combinan y se desarrollan en pie de igualdad para encontrar soluciones a los problemas de los productores, sacando el máximo provecho posible de las oportunidades y recursos locales. Implica la colaboración en las tres escalas (finca, sociedad local y sociedad mayor) de agricultores e investigadores para analizar el agroecosistema, definir los problemas y prioridades locales, experimentar con las posibles soluciones, evaluar los resultados y comunicar los hallazgos a otros agricultores y ganaderos” (Casado & Mielgo, 2007; Soriano Niebla, 2011). El taller en el marco de la Investigación Acción Participativa es una herramienta que permite abordar los procesos en su complejidad, sin reduccionismos, de una manera colectiva, integrando teoría y práctica y desde la perspectiva de los propios actores. Asigna el protagonismo a los participantes a través del diálogo de saberes, y la producción colectiva de aprendizajes, operando una transformación en las personas participantes y en la situación de partida (Cano, 2012; Cuéllar Padilla y Sevilla Guzmán, 2018).

En función de los objetivos propuestos en la investigación, la metodología de taller supone un diseño que contiene a su vez diversas técnicas que lo harán posible. Requiere de tiempo y conocimientos para su planificación, esto implica establecer roles, funciones, responsables, así como definir los recursos materiales y económicos necesarios para cada momento.

Esta metodología, puede ser empleada en contextos rurales y urbanos, con cualquier grupo de personas independientemente de su nivel educativo. Sin embargo, es necesario saber con qué fines se realizarán los talleres y a quiénes estará dirigido. Los fines pueden ser: de diagnóstico, planificación, evaluación, sistematización, monitoreo, formación, entre otros. Por todo ello, el emplear la metodología de taller, requiere de conocimientos técnicos para su aplicación: planificación, sistematización y análisis de los resultados. Así como habilidades para facilitación, conocimiento de las diferentes técnicas empleadas, manejo del tiempo y coordinación de grupos (Cano, 2012; Dussi et al., 2019). También es necesario considerar que la aplicación de un método no resuelve los problemas de investigación por sí mismo. La reflexión y análisis durante y al finalizar el proceso, son fundamentales y por ello, la necesidad de sistematización y evaluación. El taller tiene tres momentos: planificación, desarrollo y evaluación.

En el primer momento de la planificación, se piensa y definen todos los pasos del taller, los objetivos, las actividades, los recursos materiales, económicos para llevarlo a cabo. También se establece el tiempo estimado para cada momento y se definen los responsables de las diferentes tareas. Aquí se seleccionan las técnicas que se utilizarán y es conveniente practicarlas antes para saber si todos los integrantes del equipo facilitador interpretan las consignas de igual manera o si hay que realizar adaptaciones. El tipo de técnica seleccionada dependerá de los objetivos, hay técnicas de presentación, de evaluación, diagnóstico, entre otras. Un mismo taller puede contener más de una técnica para las diferentes etapas. Las técnicas son las herramientas que harán posible el proceso y pueden ser específicas para abordar temas de género, productivos: agrícolas, ganaderos, forestales; históricos referidos al uso de los sistemas y los bienes comunes entre otras (Cano,

2012). Esta etapa incluye la convocatoria y la invitación a los participantes. Un buen registro es el insumo para el trabajo posterior: continuidad de líneas de trabajo, acuerdos colectivos, ajustes metodológicos, entre otros.

Con los acuerdos y definiciones de la planificación el equipo elabora un instrumento que servirá como hoja de ruta o guía del taller, se trata de una ficha metodológica: consiste en un punteo de los momentos, técnicas a emplear y tiempo estimado de duración, así como los responsables de cada tarea. El cuadro de registro sirve para orientar la tarea del observador, ya sea para recolectar datos para la investigación que se tratarán estadísticamente o sobre el proceso del trabajo grupal. Lo interesante de este instrumento es que se garantiza la toma de datos.

El tiempo adecuado de duración de un encuentro se estima en una hora y media que es el tiempo que se logra mantener la concentración en una tarea, si este tiempo se extendiera hay que pensar en un pequeño recreo en el medio. Muchas veces la confianza y el conocimiento de los grupos permite la consulta sobre cuándo hacer el corte si la tarea es convocante o están muy implicados en ella.

El desarrollo refiere a lo que sucede en el taller, consta a su vez de tres momentos: apertura, desarrollo y cierre. En la apertura del taller se realiza la presentación de los participantes si no se conocen, luego se procede al análisis de expectativas y acuerdos de trabajo. Se dedicará un momento para comentar donde se desarrollarán las actividades y cómo se distribuirá el tiempo, también se volverán a presentar los objetivos. En el desarrollo de los talleres, es necesario seguir una hoja de ruta y controlar que efectivamente se lleven adelante las actividades según lo planificado con la flexibilidad suficiente que permita conseguir el avance del proceso y el logro de los objetivos propuestos (Jara Holliday, 2017). Es importante que el facilitador/coordinador pueda administrar la palabra de modo que todos los presentes expresen sus opiniones. Según Gelfius (2002) el facilitador debe promover el diálogo para que se manifiesten todas las expresiones y formas de pensar, y de ese modo ayudar a la construcción de consenso y toma de decisiones. Durante esta parte del taller es importante tomar nota de lo dicho y además de los gestos y actitudes de los participantes. Estas acotaciones serán de interés para los análisis posteriores y sobre todo en trabajos con comunidades rurales.

La evaluación es el momento en que se produce el análisis y la reflexión de lo producido en el taller. La evaluación abarca tanto lo producido-creado en el taller, así como los aspectos referentes a cómo se sintieron los participantes de este. También es el momento de plantear la continuidad del trabajo a futuro si lo hubiere, si se entregará un informe con los temas tratados o cualquier otra actividad planeada en el proceso de investigación acción luego de la sistematización y análisis del taller. Para el cierre del taller si el trabajo fue muy intenso se pueden proponer técnicas de relajación, juegos o que impliquen alguna expresión artística (poema, canto, baile) atendiendo a todo lo dicho sobre la aplicación de las técnicas y el contexto sociocultural.

Sarandon y Flores (2014) observaron que, al trabajar con indicadores destinados a ser utilizados por los agricultores, es esencial que ellos participen en su ponderación, para que estos reflejen sus valores y criterios sobre la importancia de cada uno en la consecución de sistemas sostenibles. De este modo, es más probable que los agricultores adopten esta metodología en lugar de una creada únicamente desde una perspectiva científica.

Por ejemplo, Roming et al. (1996), desarrollaron una guía para evaluar la calidad del manejo del suelo, teniendo en cuenta las valoraciones de los propios agricultores sobre las principales variables. En Vietnam,

solicitaron la opinión de los agricultores sobre los indicadores desarrollados, quienes votaron la importancia relativa de cada uno como: muy importante, de importancia media o de baja importancia (Lefroy et al., 2000). Dalsgaard y Oficial (1997) propusieron algo similar para los pequeños productores de arroz en Filipinas, donde se considera esencial la participación conjunta de agricultores e investigadores. Para estos autores, las categorías de clasificación de los recursos naturales realizada por los pueblos originarios también juegan un papel importante en el diseño de los muestreos y el monitoreo en campo.

Según Sarandón, (2002a), un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable. La utilización de Indicadores es una herramienta de gestión, construida interdisciplinariamente, que permite evaluar y comparar la sustentabilidad en agroecosistemas. Con estos instrumentos se logran detectar los puntos críticos según la escala de análisis, para luego plantear las modificaciones necesarias en el marco de la agricultura sustentable.

Esta metodología es sencilla y permite, de manera rápida, fácil y de bajo costo, evaluar aquellos aspectos que comprometen el logro de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Los pasos son: 1. Establecer el marco conceptual en conjunto con los agricultores, consensuar una definición de Agricultura sustentable y requisitos para su logro; 2. Definir los objetivos de la evaluación; 3. Definir el nivel de análisis: finca, país, región, etc. Establecer los límites del sistema y una escala temporal adecuada; 4. Realizar un relevamiento inicial de datos (mapas, censos, informes); 5. Definir las dimensiones a evaluar: ecológica, económica, social, cultural; 6. Definir las categorías de análisis (ejemplo: suelo) y los indicadores, derivados de los requisitos de sustentabilidad; 7. Estandarizar y ponderar los indicadores según la situación a analizar; 8. Evaluar la dificultad de su obtención, su confiabilidad y pertinencia; 9. Preparar instrumentos adecuados para la recolección de los datos: encuestas, mediciones; 10. Recoger los datos y calcular los indicadores; 11. Analizar los resultados: representación gráfica adecuada. Calcular índices. Gráficos; 12. Determinar los puntos críticos a la sustentabilidad; 13. De ser necesario, replantear los indicadores: evaluar su utilidad y proponer las modificaciones necesarias.

Entre las características deseables que deben presentar los indicadores de sustentabilidad se incluye el estar relacionados estrechamente con algunos de los requisitos de la sustentabilidad, ser adecuados al objetivo perseguido, presentar sensibilidad a un amplio rango de condiciones, tener poca variabilidad natural durante el período de muestreo, poseer habilidad predictiva y ser directos, es decir, a mayor valor más sustentable (Sarandon y Flores, 2014).

Además, según Smyth & Dumanski (1995), deben ser expresados en unidades equivalentes, ser de fácil recolección y uso, confiables, no ser sesgados, ser sencillos de interpretar y no ambiguos, presentar la posibilidad de determinar valores umbrales, ser robustos e integradores y de características universales pero adaptados a cada condición en particular. Para evaluar el estado de los agroecosistemas se han ideado una serie de indicadores de sostenibilidad, los cuales, en algunos casos, consisten en observaciones o mediciones que se realizan a escala de unidad productiva o agroecosistema (Masera et al., 1999).

La agricultura sustentable es aquella que permite mantener en el tiempo las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales o agroecosistemas que la soportan (Luffiego y Rabadán, 2000;

Sarandón y Flores, 2014). La misma deberá ser suficientemente productiva y económicamente viable, ecológicamente adecuada (que conserve los recursos naturales y preserve la integridad del ambiente a nivel local, regional y global) y además, cultural y socialmente aceptable. El carácter transversal y multidimensional de la agroecología facilita superar la fragmentación y segmentación del conocimiento; demanda procesos participativos en la comunidad contribuyendo a establecer una formación holística (Wezel et al., 2009).

El concepto de sustentabilidad es útil porque analiza a la agricultura, como un sistema tanto económico, social y ecológico. La comprensión de estos tópicos más amplios acerca de la agricultura requiere entender la relación entre esta y el ambiente global, ya que el desarrollo rural depende de la interacción de subsistemas biofísicos, técnicos y socioeconómicos. Este enfoque más amplio, que permite entender la problemática agrícola en términos holísticos se denomina agroecología (Altieri y Nicholls, 2000). Favorecer una alta productividad a corto plazo, ocasiona generalmente degradación de los recursos. Esta visión reduccionista de la producción agrícola convencional dificulta la percepción del impacto de ciertas prácticas agrícolas sobre el ambiente. En algunos casos, se considera al medio ambiente como objeto externo al hombre, inagotable y destinado a su satisfacción (Foladori, 2005).

El agronegocio busca producir siempre más, aumentar los rendimientos y mejorar la eficiencia, pero esto ha originado, por el contrario, el estancamiento de los rendimientos, erosión, compactación, salinización y esterilización de los suelos; pérdida de biodiversidad funcional para los agroecosistemas; resistencia a plaguicidas; y disminución de la efectividad de fertilizantes de síntesis química. Esta idea de hiperproductividad del agronegocio, según Leff (2004) ha terminado por quebrantar las fuentes del proceso productivo, provocando una crisis en el sistema agroalimentario. Además, se sabe que un mayor extractivismo reduce las fronteras de la democracia y por lo tanto se determina una estructura de clases basada en la apropiación de los recursos y una injusta distribución del espacio ambiental (Svampa y Viale, 2014). Es por ello que es imprescindible integrar los principios agroecológicos al sistema agroalimentario.

Los marcos de evaluación de sustentabilidad logran analizar y comparar alternativas en los sistemas productivos sobre una base multidimensional, que admiten priorizar y seleccionar indicadores como herramienta de análisis, planificación y toma de decisiones a lo largo del proceso agrícola. Los principios de la sustentabilidad según Masera et al. (1999) son: -Estabilidad: un proceso productivo es estable, si logra amortiguar las perturbaciones externas, si internamente presenta mecanismos que auto regulan el estado de sus variables críticas. -Resiliencia: Solo se presenta en actividades agrícolas estables. Es la velocidad con la que la variable perturbada regresa a su estado previo. A mayor velocidad, mayor eficiencia de los mecanismos de autorregulación del proceso productivo. -Confiabilidad: Las perturbaciones pueden llevar a estados en que los mecanismos de autorregulación pueden dejar de funcionar, es decir se rebasan los límites de tolerancia. Los procesos productivos inestables no tienen auto regulación y por lo tanto su confiabilidad es cero. -Adaptabilidad: Un proceso productivo es adaptable si se reorganiza internamente para seguir funcionando, cuando experimenta cambios internos y externos irreversibles. -Autodependencia o autogestión: Un proceso productivo tiene mayor autogestión si su capacidad para funcionar, regularse y evolucionar favorablemente depende más de sus propios recursos, interacciones y procesos internos y menos de condiciones, perturbaciones e intervenciones externas que no controla. -Equidad: un proceso productivo es equitativo si

permite distribuir de manera apropiada los beneficios y costos entre los actores sociales que participen de él, intra e intergeneracionalmente. Tiene un valor ético innegable y es además un mecanismo de autorregulación social que contribuye a que puedan persistir y evolucionar adecuadamente los acuerdos de cooperación entre los actores sociales que participan del proceso agrícola.

En la NorPatagonia coexisten diferentes modelos de producción con una tendencia cada vez más pronunciada hacia la producción sustentable. Hay una necesidad de formular estrategias agroecológicas ante el cambio climático y la crisis del sector agropecuario regional, a partir de conocer los impactos derivados de la fruticultura y sus puntos más críticos.

La fruticultura, en la región del Alto Valle, es la principal actividad económica, aportando el 20% del Producto Bruto Geográfico de la provincia de Río Negro (Santagni et al., 2022). Los sistemas de producción se pueden clasificar en dos grandes grupos, convencionales y orgánicos. Ambos sistemas presentan, por ejemplo, un manejo diferencial del suelo entre otros aspectos. En el sistema convencional se utilizan como herramientas de labranza la rastra de discos, arado y ocasionalmente el cincel, lo que genera dos inconvenientes, el desnivel y la compactación o formación de capas densificadas por debajo de la profundidad de trabajo por el peso de la maquinaria, y la pérdida por oxidación de materia orgánica (Sánchez, 1999; Holzmann, 2010). En cambio, en el manejo orgánico la labranza del suelo es mínima, solo se utiliza labranza vertical con uso de cincel para descompactar ya que se prioriza la existencia de cobertura permanente. Una distinción importante que surge de la forma de labrar el suelo es la ausencia de raíces en los primeros 10 cm en el manejo convencional, a diferencia del manejo orgánico en el que se encuentra una mayor distribución de raíces en la capa superficial del suelo (Aruani y Sánchez, 2002). En los interfilares se siembran verdeos, se utilizan cultivos de cobertura o se dejan espontáneas para su desarrollo durante la estación de crecimiento, en general se cortan solo una vez cercana a la cosecha para permitir el tránsito de operarios durante esa labor cultural y se dejan en el lugar como aporte de materia orgánica. En la producción orgánica no se utilizan agroquímicos ni fertilizantes de síntesis química.

La fruticultura regional convencional enfrenta problemas de larga data basados principalmente en políticas de corto plazo que, como lo indican Svampa y Viale (2014), acentúan la crisis del sistema productivo actual (Elosegui et al., 2020). En este contexto, la producción orgánica ha ido aumentando con ciertas fluctuaciones, y según datos de SENASA (2017), Río Negro es la provincia argentina que presenta el mayor porcentaje de unidades productivas bajo seguimiento orgánico (18,5%). Los productos orgánicos, “ecológicos” o “biológicos” se obtienen de un sistema agrícola cuyo objetivo es producir alimentos sanos y abundantes, cuidando el ambiente y preservando los recursos naturales.

La producción de fruta orgánica representa una mejora en la fruticultura ya que permite a los trabajadores rurales trabajar en un ambiente saludable y al consumidor comer frutas sin residuos químicos. También se puede observar que la agricultura orgánica o ecológica que mantiene monocultivos depende de insumos biológicos y/o botánicos externos, que sustituyen a los insumos químicos. La “sustitución de insumos” no se basa en principios agroecológicos; esencialmente sigue el mismo paradigma que la agricultura convencional, es decir, superando el factor limitante, pero esta vez con insumos biológicos u orgánicos. Muchos de estos

“insumos alternativos” se han mercantilizado, por lo que los agricultores siguen dependiendo de proveedores, cooperativas o empresas (Altieri y Toledo, 2010).

Además de la agricultura orgánica, algunas familias agricultoras del territorio estudiado han encontrado en la agroecología y en la agricultura biodinámica (AB) otra alternativa al modelo agrícola actual. La AB considera el conjunto de elementos constitutivos de la finca (incluyendo sus interacciones): suelo, animales domésticos y silvestres, plantas cultivadas y silvestres, y entiende al ser humano como gestor de los procesos vivos (Dussi et al., 2020; Santoni et al., 2022).

Actualmente existen 119 explotaciones agropecuarias agroecológicas familiares en la provincia de Río Negro (Soverna, 2021). Muchos proyectos agroecológicos en la zona comienzan motivados por el resguardo de la alimentación y del hábitat de la propia unidad familiar, algunas de estas iniciativas provienen de agricultores tradicionales y otras de nuevas familias llamadas “neo agricultores”.

En Estados Unidos, por ejemplo, el 97% de todas las explotaciones agrícolas se consideran explotaciones familiares, independientemente de su escala, cuando un miembro de la familia propietaria de la explotación está a cargo de su funcionamiento. En Argentina se utiliza el mismo criterio, pero en combinación con el tamaño de la finca y con la principal fuente de mano de obra. Se consideran explotaciones familiares aquellas que están dirigidas por un miembro de la familia y que son de pequeña escala, y donde la familia utiliza mayoritariamente su propia mano de obra, complementada en ocasiones con mano de obra contratada temporal o permanentemente. La superficie agrícola por debajo de la cual las explotaciones se consideran de pequeña escala varía en las distintas regiones de Argentina dependiendo de las condiciones agroambientales, climáticas, sociales y económicas (Tittonell, 2023).

Boltshauser et al. (2007) define los tipos sociales de las áreas bajo riego de la provincia de Río Negro, norpatagonia Argentina, realizada en función a dos variables: la forma de organización del trabajo y el tipo jurídico de la unidad: i. Familiar: es aquel que no posee trabajadores permanentes. ii. Familiar capitalizado: es aquel que posee un trabajador permanente. iii. Empresa familiar: es aquel que tiene más de un trabajador permanente y el tipo jurídico corresponde a “persona física, sociedad de hecho o cooperativa”, entendiendo que las cooperativas de la provincia están en su mayoría conformadas por pequeños y medianos productores. iv. Empresa sociedad de capital: es aquel que tiene más de un trabajador permanente y el tipo jurídico corresponde a otro tipo de asociaciones no incluidas en el tipo “empresa familiar”. Son ellas la “Sociedad Anónima, Sociedad de Responsabilidad Limitada y Sociedad en Comandita Simple o por Acciones”. La forma de organización del trabajo se expresa a partir de la existencia o no de trabajadores asalariados permanentes y de su cantidad registrada por Unidad Económica.

El complejo agroindustrial de la región está caracterizado por niveles crecientes de concentración, transnacionalización y diferentes modalidades de integración vertical. Estas características redefinen las posiciones productivas de los distintos actores sociales agrarios (productores familiares, empresarios integrados y trabajadores) en un contexto de mayores controles globales y de nuevas formas de resistencia y de negociación local (Bendini y Steimbregger, 2011). Las empresas frutícolas líderes, en tanto núcleo hegemónico del sector, fueron obteniendo el control de proporciones mayoritarias y crecientes de la producción y de la comercialización interna y externa. Contrariamente, los pequeños y medianos productores se encuentran

inmersos en un proceso heterogéneo de inserción subordinada, endeudamiento y descapitalización que en algunos casos conduce a su desaparición (Bendini y Albaro, 2010).

En este contexto, es necesario analizar la sustentabilidad de los agroecosistemas mediante el estudio de la dimensión socio-cultural; ecológica o ambiental y económico-productiva (Luffiego y Rabadán, 2000).

En este capítulo se presentan dos estudios de caso que se realizaron en la región con unidades productivas típicas de la zona en donde intervinieron para el análisis los propios actores del sistema, productores, dueños de los establecimientos seleccionados que participaron aportando su visión al estudio.

Se decidió en primera instancia, hacer una primera aproximación analizando una unidad productiva frutícola convencional (UPC) con una orgánica (UPO) para aportar a la comprensión de dos situaciones típicas del Alto Valle en el diseño y planificación de agroecosistemas como estrategia de trabajo propositiva entre los diversos actores sociales agrarios. Ambos sistemas presentan, por ejemplo, un manejo diferencial del suelo entre otros aspectos. En una segunda instancia, se analizaron dos unidades productivas orgánicas como potenciales faros agroecológicos territoriales.

## **Objetivo**

El objetivo del presente capítulo fue evaluar establecimientos frutícolas en la región del Alto Valle, Patagonia como potenciales faros agroecológicos territoriales y plantear estrategias para mejorar la sustentabilidad de dichos agroecosistemas.

## **Análisis de una unidad productiva frutícola convencional (UPC) y una orgánica (UPO)**

### **Materiales y Métodos**

Se comparó una unidad productiva frutícola de 20 hectáreas con manejo orgánico (UPO) ubicada en la zona rural de General Roca, con otra Unidad Productiva frutícola de 30 has con manejo convencional (UPC), ubicada en la zona rural de Allen, ambas en la provincia de Río Negro, Patagonia, Argentina. Para ello se relevaron datos mediante entrevistas a los distintos actores de la UP (productor, ingeniero agrónomo asesor, intermediarios, proveedores y operarios) y revisión de los cuadernos de campo. Estas entrevistas requieren tiempo ya que se debe aclarar al entrevistado de que no será evaluado ni juzgado, que esta entrevista es un diálogo entre dos personas en pie de igualdad, con lo cual primero se “construye confianza”. Luego de estas entrevistas, de los diálogos y afianzamiento de la confianza se realizaron talleres participativos donde se estudiaron aspectos socioeconómicos como el nivel de vida, bienestar del productor y los operarios, acceso a la capacitación, satisfacción en el trabajo, tenencia de la tierra, rendimientos, cantidad de vías de comercialización, entre otros.

Los talleres se realizaron en el marco de la Investigación Acción Participativa (Casado & Mielgo, 2007; Soriano Niebla, 2011) como herramienta para abordar los procesos en su complejidad, sin reduccionismos, de una

manera colectiva, integrando teoría y práctica en un proceso de co-creación y desde la perspectiva de los propios actores (Coe et al., 2014) siguiendo tres momentos: planificación, desarrollo y evaluación (Cano, 2012).

En los mencionados talleres, se formularon indicadores con sus respectivas escalas, en la dimensión sociocultural, económica y ecológica con los integrantes de las unidades productivas analizadas en el presente estudio (Figura 4.1). La escala de sustentabilidad utilizada fue: grado 0: Baja, grado 1: Baja- Media, Grado 2: Media, grado 3: Media- Alta y grado 4: Alta. Se realizó un gráfico "star plot" y un gráfico de "ameba" con todos los indicadores evaluados para observar los puntos críticos de cada unidad productiva y proponer alternativas de manejo en pos de una mayor sustentabilidad. Se calcularon las respectivas medianas para cada UP ya que son estadísticos más robustos para este tipo de datos. Se realizó un test no paramétrico para comparar las dos UP (Test de Wilcoxon) que no tiene distribución asociada.



Figura 4.1. Talleres participativos para la construcción de indicadores con agricultores, operarios, técnicos, de cada unidad productiva frutícola analizada. Visitas a los establecimientos productivos y recopilación de datos.

*Indicadores para la dimensión sociocultural:*

#### Grado de toxicidad humana del plaguicida utilizado. GP

Da cuenta del peligro de intoxicación con plaguicidas en los humanos. Es bien sabido que la aplicación a tiempo de un pesticida suele evitar importantes pérdidas a los productores. Sin embargo, esta relación costo/beneficio no está teniendo en cuenta los costos con que el uso de pesticidas puede afectar a la sociedad y al medio ambiente, ya sea a través de accidentes por envenenamientos, contaminación del ganado, o mortandad de peces. La ecotoxicología es la disciplina que se dedica a estudiar los efectos que provocan las sustancias contaminantes, como los pesticidas, sobre los organismos y el medio ambiente.

Otro aspecto importante de la manipulación de los pesticidas se relaciona con el respeto a las normas de bioseguridad, entre las que se incluyen la correcta utilización y disposición final de los pesticidas. Para ello es imprescindible leer las instrucciones que figuran al dorso de los envases y apelar a los profesionales en caso necesario. Todos los pesticidas deben estar certificados por las autoridades competentes, como la secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y el Servicio Nacional de Sanidad Animal (Santillana et al., 1999). Teniendo en cuenta lo anterior, se utilizó este indicador que brinda un panorama acerca de la utilización de los plaguicidas y la peligrosidad de estos. 0: Extremadamente peligroso (Rojo); 1: Altamente peligroso (Rojo); 2: Moderadamente peligroso (Amarillo); 3: Ligeramente peligroso (Azul); 4: Normalmente no produce peligro (Verde).

#### Nivel de capacitación de los Trabajadores. CT

La importancia de este indicador radica en la obtención de conocimientos por parte de los trabajadores y productores acerca de temas como las labores que se realizan en las unidades productivas (UPs), comercialización, la preservación del medio ambiente y de la salud, entre otros. Todo esto aporta a un mejor manejo del agroecosistema y por lo tanto a la sustentabilidad. Para esto se utilizó como indicador la capacitación los operarios y productor. A mayor capacitación, más se acerca el sistema a la sustentabilidad. 0: Sin capacitación; 1: Adquiere información en forma independiente sobre labores prediales (manejo sanitario, suelo, riego); 2: Adquiere información en forma independiente y capacitaciones; 3: Adquiere información en forma independiente y capacitaciones con algunos conocimientos en agroecología y recibe asesoramiento técnico en forma esporádica; 4: Adquiere información en forma independiente, capacitaciones y asesoramiento técnico periódico. Talleres participativos sobre labores prediales y agroecología

#### Aplicación de innovaciones en el agroecosistema por parte del productor. AIP

La aplicación de innovaciones en el agroecosistema hace a una mejora en el manejo integral del mismo con la consiguiente mejora la sustentabilidad, estas mejoras deben ir incrementándose a través del tiempo en pos de la salud del agroecosistema. Escalas, 0: escéptico a realizar innovaciones; 1: Innovaciones aplicadas en años anteriores; 2: Innovaciones aplicadas actualmente; 3: Innovaciones aplicadas actualmente y resultados positivos en el sistema de producción; 4: Innovaciones aplicadas actualmente y resultados positivos en el sistema de producción con continuidad en el tiempo.

#### Bienestar de los trabajadores. BT

El nivel salarial de los trabajadores rurales está fuertemente influenciado por aquellos que dentro de este segmento ocupan puestos estables de trabajo, tienen acceso a beneficios sociales y alcanzaron los niveles educativos más altos. En cambio, las remuneraciones de los asalariados estacionales de la rama agrícola con residencia urbana, no registrados y de bajo nivel educativo, son prácticamente similares (e, incluso, en algunos casos más bajas) que las de sus similares con residencia rural. El tipo de vivienda con los servicios básicos hace al bienestar de los operarios. Escalas: 0: Viviendas precarias y sin servicios. Sin ART. Salarios por debajo de lo que designa la legislación vigente; 1: Viviendas precarias y sin servicios, con ART. Salarios por debajo de

lo que designa la legislación vigente; 2: Viviendas precarias, sin mantenimiento, con servicios, con ART y salarios según lo que designa la legislación vigente; 3: Viviendas con mantenimiento, con servicios, con ART y salarios según lo que designa la legislación vigente; 4: Viviendas con mantenimiento, con servicios, con ART y salarios según lo que designa la legislación vigente, más convenios UATRE y Ley 26727 de Régimen de trabajo agrario.

#### Conocimientos agroecológicos por parte de los productores. CA

Los conocimientos con los que cuente el agricultor relacionado con los principios de la agroecología impulsan la implementación de los mismos en la unidad productiva. Escala: 0: Sin conocimientos; 1: Conocimientos mínimos en prácticas agroecológicas; 2: Conocimiento parcial en prácticas agroecológicas; 3: Conocimiento parcial en prácticas y teoría agroecológica; 4: Conocimiento integral, teórico práctico en agroecología.

#### *Indicadores para la dimensión ecológica*

##### Laboreo del suelo LS:

Este indicador hace referencia al tipo de labranza que realiza el productor sobre los interfilares del monte frutal. La labranza implica un movimiento del perfil del suelo, con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, como, por ejemplo: disminución de la densidad aparente, aceleración del proceso de mineralización e interrupción del ciclo de las malezas. La escala empleada fue: 0: Labranza con inversión total del pan de tierra, empleando el arado de reja y vertedera; 1: Labranza con inversión parcial del pan de tierra, utilizando el arado de discos, permanente; 2: Labranza con inversión parcial del pan de tierra, utilizando el arado de discos, esporádica; 3: Labranza vertical, sin inversión del pan de tierra, con el arado de cincel; 4: Labranza cero, sin movimientos de suelo, conservándose la cubierta vegetal.

##### Formas de fertilización FF:

El uso masivo de fertilizantes nitrogenados contamina los acuíferos y puede producir que se excedan los límites de nitratos establecidos por la Organización Mundial de la Salud con un importante impacto ambiental externo al predio. La corrección de la situación en los acuíferos afectados es difícil y lenta, teniendo que pasar necesariamente por la reducción de los aportes de nitratos.

En la unidad productiva orgánica se utiliza el fertilizante Bio - organutsa. El mismo cuenta con materia orgánica prehumificada y nitrógeno en forma de nitrato y amonio. Gracias a la presencia de materia orgánica prehumificada se presenta menos pérdida de Nitrógeno por lavado o percolación profunda, obteniendo así niveles de eficiencia superiores a los de los fertilizantes inorgánicos. Escala: 0: Fertilización con productos de síntesis. Sin análisis de suelo; 1: Fertilización con productos de síntesis. Con análisis de suelo; 2: Grado 0 + enmiendas orgánicas; 3: Fertilización con enmiendas orgánicas. Sin análisis de suelo; 4: Fertilización con enmiendas orgánicas con análisis de suelo.

#### Manejo de malezas MM:

El tipo de manejo de las malezas fue considerado como indicador ya que es necesario controlarlas, pero también son hábitat de especies benéficas, por lo cual su manejo es discutible. Se otorgó un valor de 4 a los sistemas que no recurren al uso de químicos que afecten el equilibrio ecológico de los mismos. Escala: 0: Control químico permanente; 1: Control químico esporádico; 2: Control químico y mecánico; 3: Control mecánico. Control químico esporádico; 4: Control mecánico y siembra de verdeos.

#### Estrategias utilizadas en sanidad vegetal ESV:

Para el manejo general de la sanidad del cultivo es importante tener en cuenta el monitoreo de plagas y enfermedades, así como también el monitoreo de predadores. También tener en cuenta que hay plantas que atrapan o repelen determinadas plagas, con lo cual en el manejo agroecológico además de que no se utilizan insecticidas de síntesis química, se tiene en cuenta la integralidad del agroecosistema. Realizar pulverizaciones a calendario fijo sin observar el monitoreo de plagas se considera el valor más bajo de sustentabilidad. Escala 0: Pulverizaciones a calendario fijo para todas las plagas; 1: Pulverizaciones a calendario fijo para algunas plagas; 2: Pulverizaciones a calendario fijo para algunas plagas y monitoreo de algunas plagas; 3: Manejo integrado de plagas; 4: Manejo Agroecológico de Plagas.

#### Eficiencia de riego FR:

Se utilizó el indicador eficiencia en el uso del agua de riego. Este concepto incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua. La eficiencia del riego es la relación o porcentaje entre el volumen de agua efectivamente utilizado por las plantas y el volumen de agua retirado en la bocatoma. Cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad determina un uso eficiente del agua. En la región el agua de riego es generalmente suministrada con agua proveniente del río administrada por los consorcios de regantes, también existen riegos mecanizados por aspersion o por goteo accionados por bombas que utilizan agua de pozo. Un método de riego eficiente significa no solo la conservación del recurso agua sino también que contribuye a mantener la napa a niveles que no comprometan al cultivo en cuanto a la salinidad. Para el análisis se considera la siguiente escala: 0: eficiencia de riego menores al 30%; 1: eficiencia de riego 30-35%; 2: eficiencia de riego mayor a 35% y menor a 80%; 3: eficiencia entre 80- 95%; 4: eficiencia mayor a 95%.

#### *Dimensión económica productiva*

#### Rendimiento promedio RP:

El rendimiento promedio es un indicador que da cuenta de la productividad de la chacra si es muy bajo redundará en un ingreso escaso para el productor y si es muy alto implicará una gran exportación de nutrientes del agroecosistema con el consiguiente agotamiento del suelo y de la planta. Con lo cual es imprescindible

llegar a rendimientos equilibrados. Escalas: 0: Menos de 10.000kg/ha; 1: 10.000 a 19.999 kg/ha; 2: 20.000 a 29.999kg/ha; 3: 30.000 a 39.999kg/ha; 4: 40.000 a 50.000 kg/ha.

#### Cantidad de vías de comercialización VC:

Este aspecto es importante ya que da una idea de las alternativas de venta del productor, del poder de negociación y por lo tanto de la rentabilidad del producto. (descriptor: destino de la producción). De acuerdo a la cantidad de canales de comercialización que posea la empresa va a ser la dependencia que el productor tiene con el comprador. Cuantos menos canales tenga será menos sustentable. Escala: 0: 1 vía de comercialización; 1: 2 vías de comercialización; 2: 3 vías de comercialización; 3: 4 vías de comercialización; 4: más de 4 vías de comercialización.

#### Tenencia de la tierra TT:

Este indicador evalúa la independencia económica del productor desde el punto de vista económico, dado que interviene en la toma de decisiones a la hora de producir, ya que un productor que sea propietario de su unidad productiva no tiene sus costos de producción afectados por el valor del arrendamiento. Escala: 0: Tenencia precaria; 1: Comodato; 2: Arrendatario; 3: Sociedad; 4: Propietario.

#### Diversidad cultivada DC:

Hace referencia al número de especies y variedades de interés económico presentes en la unidad. Tomando que, a mayor número de especies/variedades, mayor es el grado de sustentabilidad económica. Este indicador se relaciona con estrategias de producción, las cuales permiten tener un margen de maniobra con respecto a la comercialización, garantizar la oferta de un producto con actual demanda y con un volumen de fácil comercialización. Que el predio tenga más de una variedad o cultivo implantado, podría llegar a amortiguar el efecto de una mala temporada para alguno de estos cultivos, por lo tanto, esta producción será más sustentable en el tiempo. La escala utilizada es: 0: Una especie y una variedad; 1: Una especie y más de una variedad; 2: Dos especies y dos variedades; 3: Tres especies y dos variedades; 4: Más de tres especies y más de dos variedades.

#### Horas de uso de la maquinaria agrícola UM:

En la escala se trabajaron valores de hs/año de uso del tractor en cada unidad productiva. El tractor es representativo ya que se utiliza durante todo el año en forma intensiva. Los rangos definidos fueron: 0: > 5000 hs/año; 1: 4167-4999 hs/año; 2: 3334-4166 hs/año; 3: 2500-3333 hs/año; 4: < 2500 hs/año. La información para llegar a los valores correspondientes fue aportada por el productor de cada UP y el registro en el cuaderno de campo.

## **Resultados y discusión**

Como resultado del análisis realizado de las tres dimensiones: sociocultural (Tabla 4.1), ecológica (Tabla 4.2) y económica (Tabla 4.3) se obtuvieron un total de 15 indicadores con sus respectivas escalas en la unidad productiva orgánica (UPO) y en la unidad productiva convencional (UPC). Aquellos indicadores que mostraron grado 0, 1 y 2 de sustentabilidad fueron considerados los puntos críticos del sistema.

Tabla 4.1. Escala e Indicadores de la dimensión sociocultural para una unidad productiva convencional (UPC) y una unidad productiva orgánica (UPO).

Indicadores socioculturales	Escala	UPC	UPO
Grado de toxicidad plaguicida utilizado.	0: Extremadamente peligroso (Rojo) 1: Altamente peligroso (Rojo) 2: Moderadamente peligroso (amarillo) 3: Ligeramente peligroso (azul) 4: Normalmente no produce peligro (Verde)	1	4
Capacitación de los trabajadores.	0: Sin capacitación 1: Adquiere información en forma independiente sobre labores prediales (manejo sanitario, suelo, riego) 2: Grado 1+ adquiere información en forma independiente y capacitaciones. 3: Grado 2+ algunos conocimientos en agroecología y recibe asesoramiento técnico en forma esporádica. 4: Capacitaciones, asesoramiento periódico. Talleres participativos sobre labores prediales y agroecología.	2	3
Aplicación de innovaciones en el agroecosistema por parte del productor.	0: Nunca 1: Innovaciones aplicadas en años anteriores 2: Innovaciones aplicadas actualmente 3: Grado 2 + resultados positivos en el sistema de producción 4: Grado 3 + continuidad en el tiempo.	4	4
Bienestar de los trabajadores	0: Viviendas precarias y sin servicios. Sin ART. Salarios por debajo de lo que designa la legislación vigente. 1: Grado 0 + ART 2: Viviendas precarias, sin mantenimiento, con servicios, con ART y salarios según lo que designa la legislación vigente. 3: Grado 2 + viviendas con mantenimiento y servicios. 4: Grado 3 + convenios UATRE y Ley 26727 de Régimen de trabajo agrario.	4	4
Conocimientos agroecológicos por parte del productor.	0: Sin conocimientos 1: Conocimientos Mínimos en prácticas agroecológicas. 2: Conocimiento parcial en prácticas agroecológicas. 3: Conocimiento parcial en prácticas y teoría agroecológica. 4: Conocimiento integral de la agroecología	1	2

Tabla 4.2. Escala e indicadores de la dimensión ecológica para una unidad productiva convencional (UPC) y una unidad productiva orgánica (UPO).

Indicadores ecológicos	Escala	UPC	UPO
Laboreo del suelo	0: Labranza con inversión total del pan de tierra, empleando el arado de reja y vertedera. 1: Labranza con inversión parcial del pan de tierra, utilizando el arado de discos. Permanente. 2: Labranza con inversión parcial del pan de tierra, utilizando el arado de discos en forma esporádica. 3: Labranza vertical. Sin inversión del pan de tierra, arado de cincel. 4: Labranza cero, sin movimientos de suelo, con cubierta vegetal.	2	4
Formas de fertilización	0: Fertilización con productos de síntesis. Sin análisis de suelo. 1: Fertilización con productos de síntesis. Con análisis de suelo. 2: Fertilización con productos de síntesis + enmiendas orgánicas. Con análisis de suelo. 3: Fertilización con enmiendas orgánicas. Sin análisis de suelo. 4: Fertilización con enmiendas orgánicas con análisis de suelo.	1	4
Manejo de malezas	0: Control Químico permanente. 1: Control Químico esporádico. 2: Control químico y mecánico. 3: Control mecánico. Control químico esporádico. 4: Control mecánico y siembra de verdeos.	1	4
Estrategias utilizadas en sanidad vegetal	0: Pulverizaciones a calendario fijo para todas las plagas. 1: Pulverizaciones a calendario fijo para algunas plagas. 2: 1+ monitoreo de algunas plagas. 3: Manejo integrado de plagas. 4: Manejo Agroecológico de Plagas.	1	4
Eficiencia de riego	0: Eficiencia de riego < al 30% 1: Eficiencia de riego 30-35%. 2: Eficiencia de riego mayor a 35% y menor a 80%. 3: Eficiencia de riego entre 80- 95%. 4: Eficiencia de riego mayor a 95%.	1	2

Tabla 4.3. Escala e indicadores de la dimensión económica para una unidad productiva convencional (UPC) y una unidad productiva orgánica (UPO).

Indicadores económicos	Escala	UPC	UPO
Rendimiento promedio	0: Menos de 10.000kg/ha 1: 10.000 a 19.999 kg/ha 2: 20.000 a 29.999kg/ha 3: 30.000 a 39.999kg/ha 4: 40.000 a 50.000 kg/ha	4	4
Cantidad de vías de comercialización	0: 1 vía de comercialización. 1: 2 vías de comercialización. 2: 3 vías de comercialización. 3: 4 vías de comercialización. 4: más de 4 vías de comercialización.	2	1
Tenencia de la tierra	0: Tenencia precaria. 1: Comodato. 2: Arrendatario. 3: Sociedad. 4: Propietario.	4	4
Diversidad cultivada	0: Una especie y una variedad. 1: Una especie y más de una variedad. 2: Dos especies y dos variedades. 3: Tres especies y dos variedades. 4: Más de tres especies y más de dos variedades.	4	2
Horas de uso de la maquinaria agrícola	0: > 5000 hs/año 1: 4167-4999 hs/año 2: 3334-4166 hs/año 3: 2500-3333 hs/año 4: < 2500 hs/año	3	4

En general, los indicadores de la UPO, mostraron valores más homogéneos, comparado con la UPC donde se observó, mayor heterogeneidad en las variables estudiadas (Tabla 4.4). Se destaca que la UPO tiene una mediana de 4 y un menor rango intercuartílico que expresa menor variabilidad.

El test de Wilcoxon (R Core Team, 2022), resultó estadísticamente significativo con un p-value de 0.035 lo cual implica diferencias significativas entre las unidades productivas (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Indicadores socioculturales, ecológicos y económicos de la UPC y UPO. Mediana y rango intercuartílico.

UP	Indicadores socioculturales					Indicadores ecológicos					Indicadores económicos					Mediana	RI
	GP	CT	AIP	BT	CA	LS	FF	MM	ESV	FR	RP	VC	TT	DC	UM		
UPC	1	2	4	4	1	2	1	1	1	1	4	2	4	4	3	2	3
UPO	4	3	4	4	2	4	4	4	4	2	4	1	4	2	4	4	1.5

Indicadores socioculturales: **GP**: Grado de toxicidad del plaguicida utilizado; **CT**: Capacitación de los trabajadores; **AIP**: Aplicación de innovaciones en el agroecosistema por parte del productor. **BT**: Bienestar de los trabajadores; **CA**: Conocimientos agroecológicos por parte de los productores. Indicadores ecológicos: **LS**: Laboreo del suelo; **FF**: Formas de fertilización; **MM**: Manejo de malezas; **ESV**: Estrategias utilizadas en Sanidad vegetal; **FR**: Eficiencia de riego. Indicadores Económicos: **RP**: Rendimiento promedio; **VC**: Cantidad de vías de comercialización; **TT**: Tenencia de la tierra; **DC**: Diversidad cultivada; **UM**: Uso de la maquinaria agrícola. RI: rango intercuartílico. Diferencia entre el cuartil 3 y el 1. En rojo: Indicadores considerados puntos críticos de UPC y UPO. (R Core Team, 2022).

Los indicadores que presentaron en la escala alta sustentabilidad (grado 4), fueron más frecuentes en las UPO y en la UPC tuvieron mayor frecuencia aquellos con sustentabilidad baja-media. (Figura 4.2).

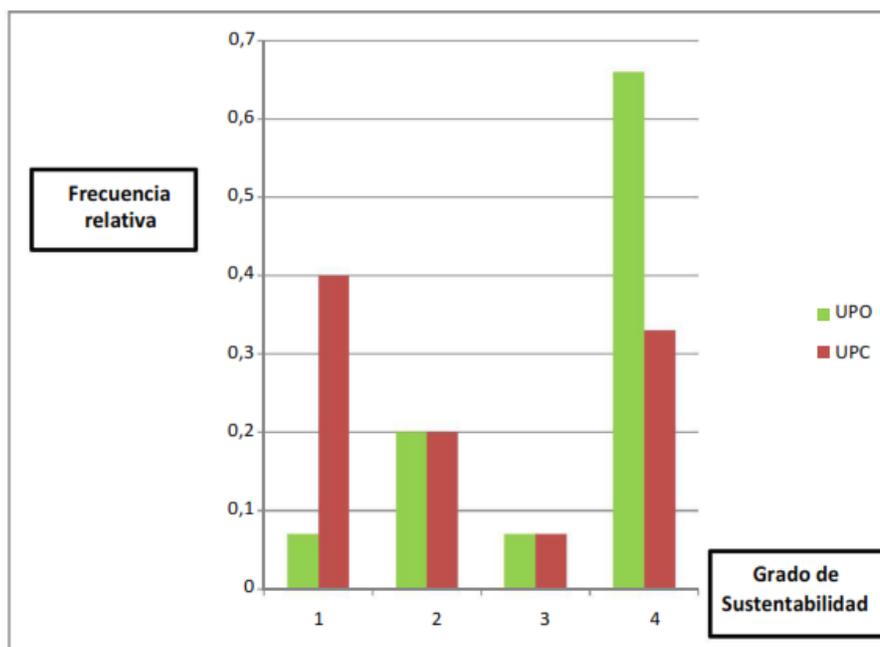


Figura 4.2. Distribución de frecuencias relativas para la variable número de indicadores de una unidad productiva convencional (UPC) y una unidad productiva orgánica (UPO) con grado de sustentabilidad 0,1, 2, 3 y 4.

El star plot (Figura 4.3) y el gráfico de ameba (Figura 4.4), mejoran y agilizan el análisis visual de las unidades productivas en relación con los indicadores contemplados y permite observar los puntos más sobresalientes.

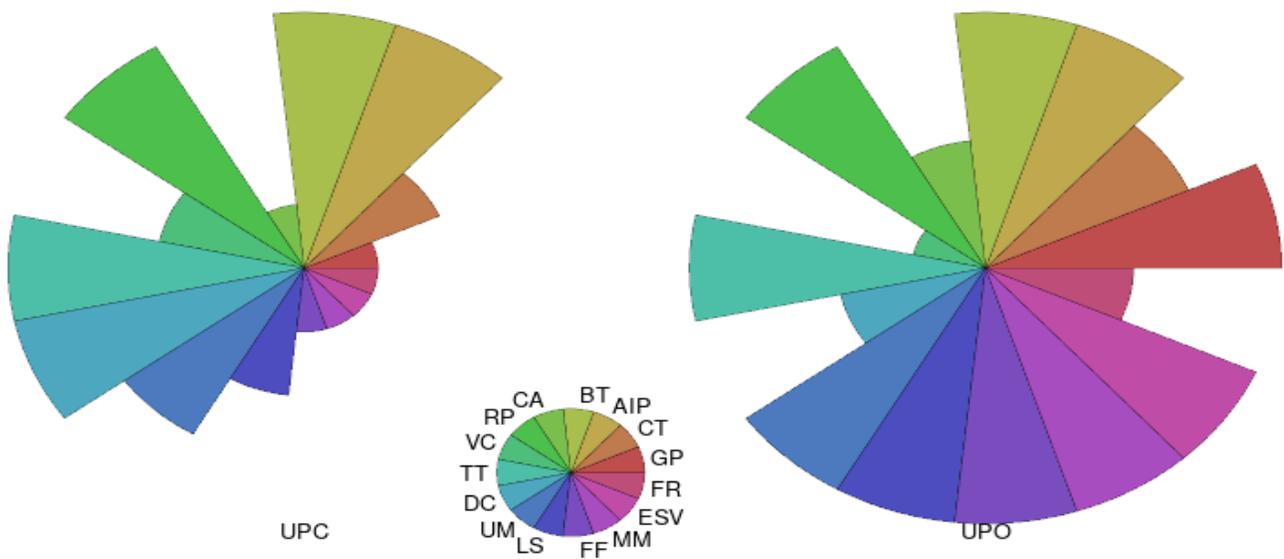


Figura 4.3. Diseño “star plot” de los indicadores de sustentabilidad en una unidad productiva frutícola convencional (UPC) y una unidad productiva frutícola orgánica (UPO) del Alto Valle de Río Negro, Patagonia Argentina.

El indicador que se centra en los conocimientos agroecológicos por parte de los productores (en el aspecto sociocultural) se presentó como punto crítico, tanto en la UPC como en la UPO, estos resultados están relacionados con la ausencia o baja frecuencia de capacitaciones y actividades participativas en temas sobre agroecología, asociativismo y sustentabilidad entre otros (Tablas 4.1, figura 4.3 y 4.4). La práctica de estas actividades promueve el intercambio de experiencias, puesta en común de saberes locales, activan las capacidades que tienen los propios agricultores, tanto en los aspectos tecnológicos como en los organizativos, logrando participantes críticos y activos.

Además, estos conocimientos son imprescindibles para la toma adecuada de decisiones, respecto a la conservación de los recursos. Por otro lado también esto implicaría avanzar en la aplicación de los principios agroecológicos y en la transición hacia sistemas más sustentables. Sucede lo mismo con el indicador capacitación de los trabajadores que se presenta como crítico en la UPC.

Se observó que, en el aspecto sociocultural, el indicador de la UPC grado de toxicidad del plaguicida utilizado, se presentó como altamente crítico. Esto da cuenta del riesgo de intoxicación con plaguicidas tanto de los trabajadores del establecimiento, del productor y de la población en general, entre otros (Tablas 4.1, figura 4.3 y 4.4).

Al analizar la dimensión económica, un sistema será sustentable si logra asegurar la estabilidad de la producción en el tiempo. En este sentido, analizar la cantidad de vías de comercialización de los productos

frutícolas de la región en estudio, resulta fundamental, sobre todo en el contexto mundial de los sistemas agroalimentarios, donde un rasgo distintivo es la expansión y el control territorial por parte de grandes empresas orientadas a la exportación (Bendini y Steimbregger, 2011). Una de las principales causas del problema en la comercialización es la subordinación de los pequeños y medianos productores respecto a la venta de sus productos. Esta instancia da una idea de las alternativas de venta del productor, del poder de negociación y por lo tanto de la rentabilidad del producto. En el caso de la UPC se observaron 3 vías de comercialización, comparadas con la UPO que sólo presenta dos canales de comercialización, es decir, en el último caso, aumenta la dependencia comercial del agroecosistema (Tablas 4.3, figura 4.3 y 4.4).

Con respecto al indicador Diversidad cultivada, la UPC presentó el mayor valor en la escala de sustentabilidad (grado 4) respecto a la UPO con un valor de 2, por lo tanto, la UPC podría superar, en mayor medida, el efecto de distintas perturbaciones como ser, problemas climáticos o en la comercialización y adversidades sanitarias, entre otras (Tablas 4.3).

El indicador horas de uso de la maquinaria agrícola (UM), se estableció en 3 para UPC y 4 para la UPO. La información para llegar a este valor fue aportada por el productor de cada UP, quienes definieron que el uso de la maquinaria fue cercano a 3000hs/año, y < 2500 hs/año respectivamente (Tablas 4.3). El hecho de que sean tan pocas horas anuales disminuye la compactación en el interfilar por el uso de maquinaria pesada, preservando de esta manera la calidad del suelo y la biodiversidad de este (Sánchez, 1999; Aruani y Sánchez, 2002).

En el análisis de la dimensión ecológica, la UPC presenta riesgo de pérdida de capacidad productiva del suelo debido a la erosión, salinización y lixiviación de nutrientes ya que se realiza labranza con inversión parcial del pan de tierra, utilizando el arado de discos y además la forma de riego es gravitacional, lo que lleva a una disminución de la eficiencia en el uso del recurso agua. La labranza conservacionista tiene mejores expectativas de sustentabilidad a futuro que una labranza convencional, por lo cual al indicador laboreo del suelo (LS) se le dio un valor de 4 para la UPO en este análisis (Tabla 4.2 y figura y 4.4).

En la UPC, al analizar los indicadores relacionados con la utilización de agroquímicos, se observó que realizaron fertilizaciones con productos de síntesis, control químico de malezas y pulverizaciones a calendario fijo para algunas plagas, lo que lleva al posible desarrollo de resistencia a pesticidas de ciertas plagas y riesgo de contaminación de alimentos, agua, suelo, animales y personas (Tablas 4.1 y 4.2 y figura 4.3 y 4.4).

En el diseño de ameba (Figura 4.4) se puede destacar que los puntos críticos representados por los grados de sustentabilidad 0, 1 y 2, se encuentran en mayor frecuencia en la UPC y están representados por los siguientes indicadores de la dimensión sociocultural: GP: Grado de toxicidad del plaguicida utilizado; CT: Capacitación de los trabajadores y CA: Conocimientos agroecológicos por parte de los productores. Dimensión económica: VC: cantidad de vías de comercialización. Dimensión ecológica: FF: Formas de fertilización; LS: Laboreo del suelo; MM: Manejo de malezas; ESV: Estrategias utilizadas en sanidad vegetal y FR: Eficiencia de riego (Tabla 4.5).

Los indicadores que muestran valores críticos de sustentabilidad en la UPO (Figura 4.4) están representados por el indicador sociocultural CA: Conocimientos agroecológicos por parte del productor; por los Indicadores Económicos: VC: Cantidad de vías de comercialización y DC: Diversidad cultivada y por el indicador ecológico FR: Eficiencia de riego. (Tabla 4.5).

A partir de la presente experiencia se lograron analizar dos sistemas frutícolas de manejo orgánico y convencional. El establecimiento convencional estudiado, presentó en el aspecto ecológico y sociocultural valores bajos de acuerdo a la escala utilizada en los indicadores de sustentabilidad, aunque en el aspecto económico las variables que lo representaron mostraron media-alta a alta sustentabilidad, comparado con el establecimiento orgánico.

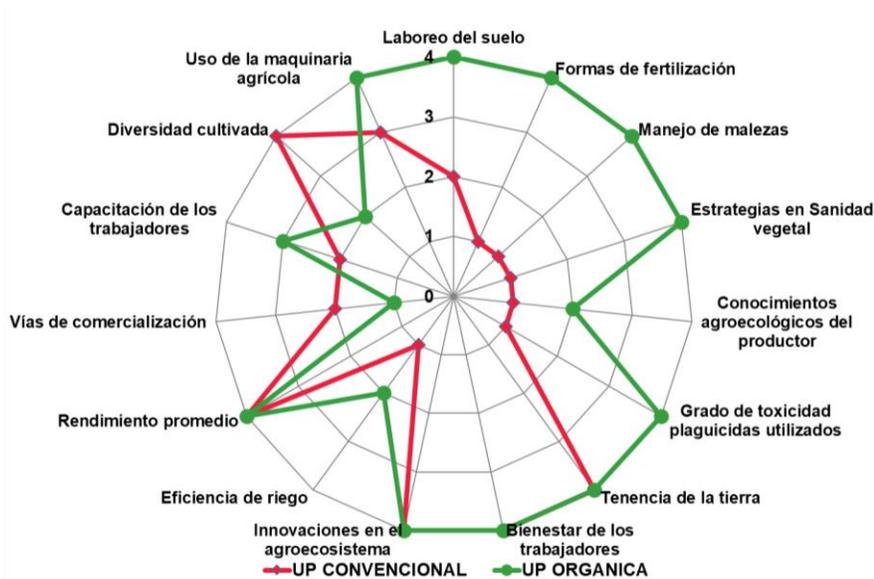


Figura 4.4. Gráfico de "ameba" de los indicadores de sustentabilidad en una unidad productiva frutícola convencional (UPC) y una unidad productiva frutícola orgánica (UPO) del Alto Valle de Río Negro, Patagonia Argentina.

Al analizar los puntos críticos, se observó en el aspecto sociocultural de la UPC, la utilización de pesticidas altamente peligrosos, característico de la agricultura industrial predominante, y la falta de capacitaciones relacionadas con la aplicación de los principios agroecológicos. Esto provoca una degradación paulatina del ambiente, reduciendo la diversidad, perturbando el balance de los agroecosistemas, arriesgando los recursos naturales y sobre todo la salud de la población humana actual y de las futuras generaciones (Altieri y Nicholls, 2007; Nicholls et al., 2020). Así mismo, el efecto del uso de agroquímicos y simplificación de hábitats lleva a una pérdida de la biodiversidad, llegando a veces a la colmatación de cuerpos de agua, eutrofización de embalses, disminución de los acuíferos en zonas de regadío y pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos.

Tabla 4.5. Puntos críticos observados en las UPO y UPC, representados por los indicadores que registran valores de: 0, 1 y 2.

Puntos críticos UPO	Puntos críticos UPC
CA: Conocimientos agroecológicos por parte de los productores	CA: Conocimientos agroecológicos por parte de los productores
VC: Cantidad de vías de comercialización	VC: Cantidad de vías de comercialización
FR: Eficiencia de riego	FR: Eficiencia de riego
DC: Diversidad cultivada	GP: Grado de toxicidad del plaguicida utilizado
	LS: Laboreo del suelo
	MM: Manejo de malezas
	ESV: Estrategias utilizadas en Sanidad vegetal
	FF: Formas de fertilización
	CT: Capacitación de los trabajadores

Otro aspecto crítico en las UPs es la falta de capacitaciones relacionadas con la aplicación de los principios agroecológicos, lo que propende a la producción de alimentos basada en las exigencias del mercado global y al uso de tecnologías desarrolladas externamente, sin el análisis, entre otras, de estrategias productivas fundadas en las experiencias locales (Nicholls y Altieri, 2018).

Con respecto a los puntos críticos de la dimensión ecológica en la UPC (Tabla 4.5), se puede concluir un aumento de la dependencia en el uso de combustibles fósiles que lleva a la disminución de la eficiencia energética debido a la labranza del suelo, a las formas de fertilización utilizando productos de síntesis, al manejo de malezas utilizando en algunos momentos controles químicos y en las estrategias para la sanidad vegetal donde se realizan pulverizaciones a calendario fijo para algunas plagas. Similares resultados observaron Page (2009 y 2011), Gokdogan y Baran (2017) y Celen et al. (2017) cuando analizaron el flujo energético en este tipo de agroecosistemas.

Los puntos críticos analizados, dan cuenta de la forma en se utilizan los recursos naturales, con lo cual, los nuevos sistemas de producción agrícola deberán contribuir a la equidad, es decir, los mecanismos políticos tendrán que incentivar la reducción de los altos niveles de insumos y la modificación de los diseños prediales mediante la diversificación de la producción agrícola, haciendo hincapié en la participación de los agricultores en estos cambios. En este contexto, es la percepción de las externalidades y sus consecuencias negativas sobre las oportunidades de reproducción económica y de participación social, así como sobre la calidad de vida

y las condiciones de trabajo de estos agricultores, lo que podría generar actitudes favorables a un cambio en sus orientaciones tecnológicas y formas organizativas (Costabeber, 1998; Zon et al., 2011).

En la UPC los indicadores de la dimensión ecológica mostraron valores muy bajos con lo cual es un desafío traducir los principios agroecológicos en estrategias prácticas para la gestión del suelo, el agua y la biodiversidad para mejorar la producción y la resiliencia. Comenzar a mejorar la fertilización con enmiendas orgánicas que pueden producirse en el mismo establecimiento, disminuir las labranzas para no afectar la oxidación de la materia orgánica dejando en los interfilares una cobertura de verdeos de especies espontáneas o sembradas que pueden cortarse (dejando el material en el lugar para su futura incorporación) por ejemplo, en el momento de la cosecha para permitir el tránsito de los operarios, evita el uso de herbicidas que además de reducir la diversidad del sistema contaminan el ambiente.

En cuanto a las estrategias utilizadas en sanidad vegetal se debería realizar un manejo integral, esto implica monitoreo de plagas y predadores en todo el sistema para realizar pulverizaciones únicamente si es necesario y que las mismas sean eficientes y efectivas utilizando productos que no sean peligrosos para el ambiente. Con respecto al riego, para mejorar su eficiencia, se debería medir la lámina de riego para controlar el caudal de acuerdo a la necesidad del cultivo y tener la superficie del suelo nivelada. Otra opción, aunque de alto costo es la utilización de riego por aspersión o por goteo.

La diversidad cultivada es un indicador que presentó un valor bajo en la UPO. Con lo cual se puede plantear el cultivo de otras variedades que complementen las actuales. Una sola vía de comercialización de la fruta es una debilidad que debería fortalecerse buscando otras alternativas como la venta a mercados alternativos, mercado interno, ferias de productores donde se valore la fruta orgánica.

En ambas unidades productivas se plantea la necesidad de capacitar a los distintos actores del sistema en cuanto a los principios de la agroecología su aplicación y los procesos e interacciones que estos promueven. Estas actividades pueden ser realizadas en el INTA o en la Universidad, ambas instituciones realizan cursos periódicos abiertos a la comunidad y gratuitos.

Pensar en una agricultura sustentable significa que elementos tales como la tecnología, la política, la legislación y las instituciones, estén destinados a fomentar y a orientar el equilibrio entre las dimensiones ecológicas, económicas y sociales (Luffiego y Rabadán, 2000).

La metodología aplicada permitió aportar a la integración participativa del conocimiento sobre indicadores para el análisis de unidades productivas frutícolas. Reunir a agricultores y académicos en diálogo, ayuda a comprender por qué algunos agricultores no participan en la transición agroecológica. Más específicamente, ayuda a resaltar los aspectos relacionados con las creencias de los agricultores y los problemas que los afectan (Cremilleux et al., 2023). Esta metodología es útil para los agricultores y la investigación porque permite a todos estos actores alejarse de su forma actual de pensar y desarrollar la reflexividad, analiza a los sistemas de producción en un terreno común, y también reúne a personas que piensan de manera diferente para entablar un diálogo transformador.

La participación de todos los sectores involucrados en el manejo de los recursos permite incorporar los saberes locales, las organizaciones y demás sectores relacionados a los sistemas agrícolas regionales Como expresan Jacobi et al. (2022), cuanto antes en un proyecto tenga lugar la participación, y cuanto más diverso

los roles de los actores no académicos involucrados son, más coherente la relevancia, credibilidad y legitimidad de la investigación científica para el desarrollo sostenible.

La participación de diferentes actores en proyectos de transformación de la sostenibilidad agrega consecuencialidad al proceso, que se refiere a la posibilidad de que los participantes influyan en los resultados (Dryzek, 2009; Wamsler, 2017). Más allá de la consulta, la participación también significa participación en la co-creación de conocimiento, así como en la toma de decisiones (Polk, 2015; Rosendahl et al., 2015).

Incluir actores no académicos en las actividades de investigación relacionadas con los ecosistemas aumenta no solo la utilización, sino también la relevancia y legitimidad de las actividades de investigación para el desarrollo (Coe et al., 2014; Moser, 2016; Sterling et al., 2017).

## **Análisis de dos unidades productivas frutícolas orgánicas como potenciales faros agroecológicos territoriales.**

### **Materiales y Métodos**

Se evaluaron dos establecimientos frutícolas: unidad productiva a (UPa) y unidad productiva b (UPb). Ambos tienen certificación orgánica y no se utilizan herbicidas ni fertilizantes sintéticos. Estos establecimientos productivos fueron seleccionados porque se consideraban ejemplos destacados de agricultores que practican métodos orgánicos, biodinámicos u otros métodos no convencionales de producción, son agricultores consumados o altamente capacitados y representativos de la región. Es importante tener en cuenta que estos agricultores practican la agricultura orgánica desde hace años, no se identificaban como agroecológicos y son muy respetados por sus pares.

La UPa es propiedad de una empresa y se encuentra en el sector rural de la ciudad de Fernández Oro, Río Negro 38°59'52.78"S. La superficie total de la unidad productiva es de 51 ha, de las cuales 36 ha están plantadas con árboles frutales de pepita (perales y manzanos) de más de 20 años. La UPb es propiedad de una familia de productores y se encuentra en el sector rural de la ciudad de General Roca, Río Negro 39°01'44"S. La superficie total de la misma es de 20 ha, de las cuales 15,9 ha están plantadas con frutales de pepita (perales y manzanos) de más de 20 años.

El tipo de riego en la UPa es riego por goteo (23 ha) y gravitacional (28 ha). No realizan movimiento de suelo ni remoción de malezas. La clase textural del suelo es arenosa y franco arenosa, sin problemas de drenaje ni salinidad. El riego en UPb es por surcos (pequeños canales paralelos a la hilera de plantación) cada ocho días, con buen caudal y calidad de agua. No se realiza movimiento de suelo ni eliminación de plantas herbáceas, sino que se hace un corte de la vegetación de los interfilares (espacio entre hileras de árboles frutales) y se dejan en el lugar como aporte de materia orgánica que se descompone en la temporada estival. La clase textural del suelo es franco.

El UPa fue adquirida en el año 2003 con el objetivo de producir siguiendo las normas de la agricultura orgánica, lo que implicó un proceso de transición de 4 años para modificar el sistema de manejo convencional (movimiento de suelo, uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos entre otros). El principal destino de la producción fue la exportación. El productor tiene 75 años, contrató 9 trabajadores permanentes y 40 temporales para la temporada de cosecha y raleo manual de frutos.

La UPb cuenta con la certificación orgánica desde sus inicios en 1990. El objetivo del sistema es la producción de frutas de pepita orgánicas (manzanas y peras). Toda la fruta comercializable se vende a una empresa frutícola ubicada en la región de estudio y dedicada a la producción, acondicionamiento y comercialización de peras y manzanas orgánicas y biodinámicas. Los productores son hermanos, y tienen 57 y 60 años. Ambos cuentan con estudios universitarios y contratan 7 trabajadores permanentes y 17 temporales para la temporada de cosecha y raleo manual de frutos.

La información se obtuvo entrevistando al productor, encargado de la chacra, operarios e ingeniero a cargo de la producción de cada establecimiento, se recorrieron las unidades productivas y se analizaron los cuadernos de campo, luego se recopilaron respuestas y datos en base a diez indicadores desarrollados por McGreevy et

al. (2021), para evaluar el potencial de las dos unidades de producción de frutas orgánicas como faros agroecológicos. Cada indicador se trabajó con los productores realizando ajustes de acuerdo con el sistema productivo, considerando que la utilización del conocimiento de la investigación para las transformaciones de la sostenibilidad no se puede lograr sin emplear un enfoque transdisciplinario que reúna a actores académicos y no académicos en un escenario que permita discusiones en igualdad de condiciones y el involucramiento de los actores que a menudo no se escuchan (Jacobi et al., 2022). Se abordó la metodología de talleres en el marco de Investigación Acción Participativa (Casado & Mielgo, 2007; Soriano Niebla, 2011) como herramienta para analizar los procesos en su complejidad, de una manera colectiva, integrando teoría y práctica en un proceso de co-creación y desde la perspectiva de los propios actores (Coe et al., 2014) siguiendo tres momentos: planificación, desarrollo y evaluación (Cano, 2012).

Los indicadores y su descripción organizada en forma de preguntas fueron:

1. MPS: Motivaciones para producir de forma sustentable y buscar alternativas productivas (Mier y Terán Giménez Cacho et al., 2018; McCune et al., 2017): ¿Cuáles son las motivaciones de los agricultores para elegir diferentes alternativas agrícolas? ¿Están principalmente motivados por el beneficio económico o están motivados por la salud de las UPs, el ambiente circundante, así como el bienestar de la comunidad rural y la sociedad en general?;

2. NOS: Nivel de organización social de los agricultores (Mier y Terán Giménez Cacho et al., 2018): ¿En qué medida los agricultores son miembros activos de las organizaciones de agricultores a nivel local, regional o nacional? ¿Están aislados?, ¿sólo se preocupan por su propia práctica, sin interacción con otros agricultores?;

3. PR: Participación en redes para compartir experiencias y conocimientos (Anderson, et al., 2019): ¿Hasta qué punto el agricultor participa en el intercambio de conocimientos de agricultor a agricultor, recibiendo a estudiantes, pasantes o aprendices, abierto a visitantes que quieran aprender?

4. UPA: Uso de prácticas agroecológicas tradicionales y modernas eficaces, eficientes y accesibles (Nicholls y Altieri, 2018; Mestmacher and Braun, 2020): ¿En qué medida el agricultor respeta y/o incorpora diversas formas de conocimiento (tradicional, local) y prácticas relevantes para su propio agroecosistema? ¿Se pone énfasis principalmente en la racionalización de los insumos externos?, ¿Se realizan en la chacra preparados para control de plagas, enfermedades, para fertilización entre otros?, ¿Se basa en prácticas convencionales sin considerar las particularidades de la UP?;

5. AUT: Autonomía (Anderson, et al., 2019; Nicholls y Altieri, 2018): ¿Tiene el agricultor control sobre sus términos de participación en el mercado para determinar los precios y sus métodos de cultivo?, ¿Hay dependencia de insumos, mercados y políticas externas?;

6. LC: Liderazgo comunitario (Cofré-Bravo et al., 2019; Zollet y Maharjan, 2021): ¿El agricultor juega un papel preponderante, alentando e influyendo en diferentes comunidades agrícolas (locales/ regionales), con su ejemplo?, ¿genera entusiasmo en la comunidad?;

7. VN: Vínculos con universidades, ONGs, extensionistas entre otros (Wezel et al., 2018; Anderson, et al., 2019): ¿el/la agricultor/a trabaja en colaboración con aliados externos como universidades, organizaciones sin fines de lucro o agentes de extensión? ¿Están conectados con socios potenciales relevantes?;

8. PLN: Políticas locales y nacionales que promuevan el manejo agroecológico de la unidad productiva (Mier y Terán Giménez Cacho et al., 2018; Nicholls y Altieri, 2018): ¿El agricultor aprovecha las políticas relevantes que benefician su Unidad Productiva?; ¿Participa en la formulación de políticas? ¿Está integrado en espacios político-organizativos-económicos como los sindicatos?

9. MF: Mercados favorables, participación en mercados alternativos, redes, vínculos directos con los consumidores (Mier y Terán Giménez Cacho et al., 2018): ¿El productor participa en mercados alternativos (ferias, mercados de productos orgánicos, ferias agroecológicas, ventas a vecinos, entre otros)? ¿Forma circuitos económicos y relaciones basadas en la solidaridad, en lugar de depender de los mercados dominantes o de control limitado o nulo? ¿Está directamente vinculado a los consumidores?

10. FPP: Foco en principios y procesos en lugar de solo tecnologías o recetas (Nicholls and Altieri, 2018; Wezel et al., 2020). ¿El agricultor conoce y practica prácticas agroecológicas y sus principios? ¿O está apegado a recetas, soluciones rápidas, o el uso de técnicas o ingredientes específicos que no tienen en cuenta la singularidad de su finca? ¿Se apoya en técnicas convencionales sin considerar las particularidades de la UP dada?

Los 10 indicadores utilizados en este estudio fueron evaluados con un criterio de puntuación entre 1 y 5 (1 corresponde a un puntaje bajo, 2.5 medio y 5 a un puntaje alto de amplificación agroecológica) (Tabla 4.6).

Tabla 4.6. Diez indicadores utilizados en este estudio y criterio de puntuación 1 al 5 (1 corresponde a un puntaje bajo, 2.5 medio y 5 a un puntaje alto de ampliación agroecológica).

Indicadores	Valor 1 (Bajo)	Valor 2.5 (Medio)	Valor 5 (Alto)
1. MPS	El productor está motivado a buscar alternativas basadas únicamente en lo económico. Sólo produce con fines de lucro.	Considera tanto los aspectos económicos como ambientales, enfocados únicamente en su propia UP.	Motivado por los aspectos económicos, ambientales y socioculturales, enfocado en la comunidad rural y la sociedad en general
2. NOS	El productor trabaja solo, sin interacción con la comunidad.	Es miembro de la organización de agricultores locales. Interactúa a nivel local y regional pero no a nivel nacional/internacional.	Es un miembro activo de organizaciones de agricultores, interactúa localmente y fuera de la comunidad (regional / nacional / internacional)
3. PR	No participa en intercambios de conocimientos.	Ocasionalmente participa en el intercambio de conocimientos o recibe información técnica de los asesores de las empresas con las que comercia.	Participa activamente en intercambios de agricultor a agricultor, abierto a visitantes, aprendices y utiliza su propia Unidad productiva u otros lugares vecinos para enseñar y capacitar a otros productores. Es un referente.
4. UPA	No se incorporan prácticas agroecológicas. No se realizan preparaciones para el control de plagas, enfermedades, para la fertilización, etc. Labranza continua del suelo con herramientas de sistemas convencionales. Se ignora el conocimiento tradicional.	Producción orgánica con sustitución de insumos.	Se incorporan prácticas agroecológicas que incorporan diferentes formas de conocimientos. Se realizan preparaciones para el control de plagas, enfermedades, para la fertilización, etc. Labranza mínima del suelo o sin movimiento de suelo. Se racionaliza el uso de insumos externos.
5. AUT	El agricultor no tiene ningún control en cuanto a la participación en los mercados para determinar los precios. Alta dependencia de subsidios externos, y de intermediarios.	Ocasionalmente fija sus propios precios. Dependencia de insumos externos, sin elección de sus propios métodos de cultivo.	El productor tiene control sobre los términos de interacción con el mercado y participa en determinar los precios, no depende de insumos ni de políticas externas.
6. LC	El productor no juega un papel de liderazgo, animando e influenciando a las diferentes comunidades agrícolas (locales/regionales)	Los productores vecinos están motivados por las prácticas agrícolas aplicadas por el productor.	El productor motiva e influye en las comunidades, recibe estudiantes y aprendices. Incide en la formulación de políticas y procesos locales.
7. VN	No está vinculado ni dispuesto a trabajar con universidades, ONG, agentes de extensión, científicos u otros expertos. Descarta activamente la ciencia.	Vínculos ocasionales con universidades, ONG, extensionistas u otros expertos. Abierto a la colaboración científica, aunque no de forma participativa.	Vínculos estrechos con universidades, ONG, extensionistas u otros expertos. Se obtienen resultados/productos tangibles que solucionan problemas y mejoran prácticas, etc. Abierto a la colaboración científica participativa. Procesos de co-creación visibles
8. PLN	El agricultor no conoce las opciones políticas que pueden beneficiar el proceso productivo	Conoce las políticas, ocasionalmente las utiliza	Conoce y utiliza las políticas que podrían mejorar la producción. Participa activamente en la formulación de políticas..

9. MF	Depende únicamente de los principales mercados; el mercado determina sus circuitos de venta.	El productor vende a través de los principales mercados de venta y mercados alternativos locales.	Participa activamente en mercados alternativos locales y redes con fuertes relaciones de solidaridad con los consumidores (Ploeg, 2019; Sirocchi et al., 2022).
10. FPP	No conoce principios o procesos agroecológicos. Se basa en técnicas convencionales sin tener en cuenta las particularidades de la UP.	Comprensión limitada de los procesos agroecológicos. Implementa prácticas sin comprender los efectos subyacentes	Conoce y aplica todos los principios e incentiva los procesos agroecológicos. No trabaja con recetas establecidas. Flexibilidad en su enfoque porque entiende los principios/procesos

También se observaron las prácticas agrícolas agroecológicas realizadas por los agricultores en ambas unidades productivas de acuerdo a los principios agroecológicos para el diseño de sistemas agrícolas biodiversos, energéticamente eficientes, conservadores de recursos y resilientes (Nichols et al., 2020).

## Resultados y discusión

Para ambas unidades productivas, los indicadores de mayor desempeño fueron el 1 y 7 (Figura 4.5 y tabla 4.7). Con respecto al indicador 1, MPS, el productor responsable de la UPa explicó que, desde el día de la adquisición de la unidad productiva, ellos pensaban en trabajar sin la utilización de agroquímicos sintéticos que provoquen contaminación, teniendo en cuenta el aspecto social y el adecuado uso de los recursos naturales; resultados similares fueron observados por Dussi et al. (2020).

En la UPb, el valor del indicador MPS también fue de alto rendimiento ya que el fruticultor señaló como relevante el cuidado del ambiente y criticó los efectos nocivos de la agricultura industrial. Cuando el padre del productor compró el establecimiento, decidió hacer un manejo orgánico certificado.

En la Tabla 4.8 se pueden observar las prácticas agrícolas agroecológicas realizadas por los agricultores en ambas unidades productivas alineadas a principios agroecológicos para el diseño de sistemas agrícolas biodiversos, energéticamente eficientes, conservadores de recursos y resilientes (Nichols et al., 2020).



Figura 4.5. Indicadores analizados en la UPa y UPb.

1. MPS: Motivaciones para producir de forma sustentable y buscar alternativas; 2. NOS Nivel de organización social con agricultores; 3. PR: participación en redes para compartir experiencias y conocimientos; 4. UPA: Uso de prácticas agroecológicas; 5. AUT: Autonomía; 6. LC Liderazgo comunitario; 7. VN: Vínculos con universidades, ONGs, extensionistas entre otros; 8. PLN: políticas locales y nacionales que promuevan el manejo agroecológico de la unidad productiva; 9. MF: mercados favorables (participación en mercados alternativos, redes, vínculos directos con los consumidores); 10. FPP: Foco en principios y procesos en lugar de solo tecnologías o recetas.

El indicador 7, VN, que midió vínculos con instituciones regionales, también se reportó con alto desempeño tanto en la UPa como en la UPb debido a que se pudo observar un estrecho vínculo con investigadores, extensionistas de la Universidad y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la región. Los indicadores 4, UPA y 10, FPP (Tabla 4.7 y Figura 4.5) tuvieron un alto desempeño en la UPa, debido a que (entre otros aspectos), en esta chacra, el ingeniero a cargo del monitoreo de campo realizó un curso de capacitación en agricultura biodinámica junto con los trabajadores de la UP. Este curso es anual y se imparte en la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional del Comahue-Patagonia Argentina). Asimismo, la empresa se encuentra en proceso de incorporación a la AABDA (Asociación para la Agricultura Biológica Dinámica de Argentina). Otro aspecto a destacar es que en la UPa se incorporaron técnicas biodinámicas al programa anual de capacitación de los trabajadores contratados y se utilizaron diferentes preparados biodinámicos que se elaboraban en el mismo establecimiento productivo, la agricultura biodinámica considera el conjunto de elementos constitutivos de la finca (incluyendo sus interacciones): suelo, animales domésticos y silvestres, plantas cultivadas y silvestres, y entiende al ser humano como gestor de los procesos vivos (Santoni et al., 2022; Dussi et al., 2020; Steiner, 2009).

Además, en la UPa se aplicó compost elaborado en la misma unidad productiva y se sembraron y preservaron corredores de plantas y flores (Tabla 4.8). Estos dos indicadores, UPA (Uso de prácticas agroecológicas tradicionales y modernas eficaces, eficientes y accesibles) y FPP (Foco en principios y procesos en lugar de solo tecnologías o recetas) acercaron a la UPa a ser considerada un modelo de faro agroecológico regional en cuanto a prácticas de manejo y aplicación de principios agroecológicos en comparación con la UPb (Figura 4.5;

Tabla 4.7). La productividad, la sostenibilidad y la resiliencia se logran aumentando la diversidad y complejidad de los sistemas agrícolas en los que las interacciones ecológicas y los sinergismos entre sus componentes biofísicos reemplazan los insumos externos para proporcionar los mecanismos necesarios que aumentan la fertilidad, la productividad y la protección de los cultivos (Nicholls et al., 2016; Nicholls y Altieri, 2018). Los principios agroecológicos guían el diseño espacial y temporal de una finca tomando la forma de diferentes prácticas (es decir, cultivos intercalados, cultivos de cobertura, etc.) que, a su vez, ponen en marcha procesos ecológicos clave (ciclado de nutrientes, regulación de plagas, etc.). Las prácticas destinadas a mejorar la diversidad del paisaje y los cultivos, la calidad del suelo, la salud de las plantas, etc., persiguen principios específicos o una combinación de principios que promueven procesos vitales para el desempeño de los agroecosistemas (Nicholls et al., 2020).

Tabla 4.7. Indicadores analizados en la UPa y UPb

<b>Indicadores</b>	<b>UPa</b>	<b>UPb</b>
1. MPS: Motivaciones para producir de forma sustentable y buscar alternativas productivas	5	5
2. NOS: Nivel de organización social de los agricultores	2,5	2,5
3. PR: Participación en redes para compartir experiencias y conocimientos	2,5	2,5
4. UPA: Uso de prácticas agroecológicas tradicionales y modernas eficaces, eficientes y accesibles	5	2,5
5. AUT: Autonomía:	2,5	1
6. LC: Liderazgo comunitario	2,5	2,5
7. VN: Vínculos con universidades, ONGs, extensionistas entre otros	5	5
8. PLN: Políticas locales y nacionales que promuevan el manejo agroecológico de la unidad productiva	2,5	2,5
9. MF: Mercados favorables, participación en mercados alternativos, redes, vínculos directos con los consumidores	2,5	1
10. FPP: Foco en principios y procesos en lugar de solo tecnologías o recetas	5	2,5

Se observaron interfilares con vegetación espontánea y verdeos tanto en la UPa como en la UPb (Tabla 4.8), que incrementaron la biodiversidad de ambos establecimientos productivos. Nicholls et al. (2016) y Nicholls et al., (2020) citan que la mezcla de variedades es una estrategia conocida para reducir la incidencia de enfermedades a través de los efectos amortiguadores de la diversidad genética. El cultivo intercalado es una práctica de manejo comúnmente aplicada para mejorar la biodiversidad funcional, contribuyendo a todos los principios de la agroecología con múltiples beneficios. El cultivo de cobertura también es una práctica que refleja el principio de reciclaje y la acumulación de materia orgánica y promueve procesos como el ciclado de nutrientes, la activación biológica del suelo, el control/ supresión de malezas o plagas y la conservación del agua, que son clave para la productividad de los cultivos y la salud del suelo.

Tabla 4.8. Prácticas agrícolas agroecológicas realizadas por los agricultores en ambas unidades productivas alineadas a los principios agroecológicos para el diseño de sistemas agrícolas biodiversos, energéticamente eficientes, conservadores de recursos y resilientes.

Característica / Propiedad	Prácticas principales	UPa	UPb
Diversidad del paisaje	Presencia de vegetación alrededor de la UP (setos, restos de bosque, cercas vivas, bordes de hierbas, etc.)	✓	✓
	Fajas de plantas y/o flores	✓	
	Interfilares con verdeos	✓	✓
	Rotación de cultivos		
	Densidad del cultivo media a alta	✓	✓
Diversidad Genética	Uso de variedades tradicionales /locales	✓	✓
	Mezcla de variedades	✓	✓
	Más de una variedad cultivada en filas separadas	✓	✓
	Variedades seleccionadas (adaptadas localmente, tolerantes, etc.)		
Gestión y calidad de suelos (Biomasa y reciclaje de materia orgánica)	Aplicación de compost hecho en la unidad productiva	✓	
	Uso de preparados biodinámicos	✓	
	Abonos verdes	✓	✓
	Uso de Bocashi (compost fermentado) <sup>z</sup>		
	Uso de enmiendas orgánicas externas	✓	✓
	Uso de estiércol animal.	✓	✓
	Uso y compostaje de restos de poda	✓	
Sanidad vegetal y manejo de plagas	Labranza mínima	✓	✓
	Control manual de malezas		✓
	Mulch plástico		
	Remoción de plantas enfermas	✓	✓
	Sin acción contra las plagas		

<sup>z</sup> (Barrionuevo et al., 2020). Adaptado de Nicholls et al. (2020).

En la UPb (Tabla 4.7; Figura 4.5), se detectó un desempeño deficiente en el indicador 5 (AUT, autonomía) debido a la dependencia de insumos externos, mercados, política exterior, entre otros; lo mismo sucedió en esta UP con el indicador 9, MF (Mercados favorables, participación en mercados alternativos, redes, vínculos directos con los consumidores) ya que la UPb tiene un solo canal de venta a una empresa frutícola regional. En la actualidad, la cadena de valor de la manzana, basada en el modelo de agricultura industrial, enfrenta una pérdida de rentabilidad con un marcado proceso de descapitalización de los pequeños productores (Elosegui et al., 2020). El complejo agroindustrial de la región se caracteriza por un aumento en la concentración, transnacionalización y diversas formas de integración vertical. Estas dinámicas están redefiniendo las posiciones productivas de los diferentes actores sociales agrarios (productores familiares, empresarios integrados y trabajadores) en un contexto de mayor control global y nuevas formas de resistencia y negociación local (Bendini y Steimbregger, 2011). Las principales empresas frutícolas, como núcleo hegemónico del sector, han logrado obtener un control cada vez mayor sobre la producción y la comercialización tanto interna como

externa. Por el contrario, los pequeños y medianos productores están inmersos en un proceso variado de inserción subordinada, endeudamiento y descapitalización que, en algunos casos, los lleva a desaparecer (Bendini y Albaro, 2010).

Una gran proporción de indicadores se encontraron en valores de desempeño promedio en ambas UP (Tabla 4.7; Figura 4.5), este es el caso del indicador 2, NOS (nivel de organización social de los productores) ya que los productores de la UPa y b son miembros de organizaciones locales como la cámara de productores agrícolas y federación de productores de fruta de Río Negro y Neuquén, aunque no interactúan fuera de la comunidad, es decir, con organizaciones de agricultores nacionales o internacionales. La presencia de instituciones u organizaciones sociales que forman parte de un movimiento social más amplio se considera sistemáticamente como una fuerza poderosa para la ampliación de escala agroecológica. Por ejemplo, Mier y Terán Giménez Cacho et al. (2018), trabajando en cinco casos basados en todo el mundo, identificaron la presencia de organizaciones y movimientos sociales como un factor crítico para mejorar la agroecología.

Al analizar el indicador 3, PR (participación en redes para compartir experiencias y conocimientos), el valor fue de 2,5 en ambas UP. En la UPa no se observó una participación activa en cuanto a los intercambios de agricultor a agricultor. Esta UPa no tuvo pasantes ni aprendices, aunque el establecimiento está abierto a los visitantes. El productor de la UPb participa en intercambios de conocimientos, prácticas e información técnica de manera ocasional.

El indicador 4, UPA (uso de prácticas agroecológicas) obtuvo un valor de desempeño medio en la UPb debido a que en la UP no se hacían preparaciones para el control de plagas, fertilizantes, entre otros.

Un valor medio también se obtuvo para el indicador 6, LC (liderazgo comunitario) para ambas unidades productivas a y b (Tabla 4.7; Figura 4.5), ya que los productores podían movilizar entusiasmo en su entorno con sus discursos a los agricultores vecinos, pero esto no fue seguido por cambios en las prácticas a mayor escala (nivel regional). Sería crucial mejorar este indicador, ya que, según Cofré-Bravo et al. (2019), los agricultores "faro" son líderes efectivos que utilizan diversos tipos de capital social (como conexiones y enlaces) para generar confianza y fomentar la cooperación. Además, conectan redes diferentes para facilitar la colaboración y crean lazos entre distintos sectores de la sociedad, donde el poder formal o institucionalizado desempeña un papel importante.

Asimismo, el indicador 8, PLN (Políticas locales y nacionales que promuevan el manejo agroecológico de las unidades productivas) presentó un desempeño medio en ambas unidades productivas ya que, si bien conocían las políticas, en ocasiones no accedieron a ellas, ni accedieron a espacios políticos. A nivel territorio las políticas públicas relacionadas con la agroecología no son claras y solo un par de municipios de la región han manifestado su interés en abordar el tema. Tampoco hay financiamiento o subsidios para agricultores agroecológicos y/u orgánicos, aunque se observa un creciente interés por parte de los agricultores manifestado por ejemplo en la cantidad de establecimientos orgánicos, biodinámicos y agroecológicas del territorio (Soverna, 2021; SENASA, 2017).

El indicador 9, MF: mercados favorables tuvo un valor de 2,5 en la UPa, ya que, si bien el objetivo es exportar la fruta, también se utiliza el mercado interno como canal de comercialización complementario. El indicador 10, FPP (Foco en principios y procesos en lugar de solo tecnologías o recetas), presentó valores medios en la UPb

ya que se aplicaron parte de los principios agroecológicos, aunque se observó una dependencia del productor para con la empresa que comercializaba la fruta de su unidad productiva aconsejando sobre prácticas que debía llevar a cabo el productor para obtener mejor calidad de fruta. Cabe aclarar que las empresas frutícolas regionales exportadoras emplean a técnicos especialistas que se dedican a asesorar a los productores que venden su fruta a dichas compañías con pautas específicas de acuerdo con el mercado a donde se realizará la transacción comercial.

Según los tipos sociales de los productores de las áreas bajo riego de la provincia de Río Negro definidos por Boltshauser et al. (2007), la UPa representa al tipo sociales iv (Empresa sociedad de capital) y la UPb representa al iii (Empresa familiar).

Tanto los agricultores que han hecho cambios hacia enfoques agroecológicos para el manejo de sus fincas, y los investigadores que las han estudiado, enfatizan la importancia de que “los cambios en los valores, creencias, motivaciones, o actitudes sobre el mundo natural son precursores de cambios en las prácticas”. Estos cambios son descritos de muchas maneras, tales como de productonista a multifuncional (Wilson, 2008), de lo mecánico a lo ecológico (Massy, 2017), de administrador de finca a administrador de paisaje (Massy, 2017), de antropocéntrico a ecocéntrico (Foguesatto et al., 2019), y de un enfoque de ganancias a un triple enfoque en ganancias, tierra, y personas (Perkins, 2020).

Investigaciones recientes (Sinclair and Coe, 2019) muestran que el desempeño de muchas opciones tecnológicas varía significativamente según las regiones donde se implementan los programas de desarrollo, dependiendo del contexto social, económico y ecológico. Esto limita severamente la eficacia de generar recomendaciones para grandes áreas y numerosos agricultores, subrayando la necesidad de nuevas formas de apoyar la innovación que consideren la diversidad de las circunstancias de los agricultores en el mundo real. Abordar este fenómeno generalizado de opción por interacción contextual tiene profundas implicaciones para la organización de la investigación y el desarrollo agronómico. Es claro que un cambio de paradigma está en marcha, y los investigadores están adoptando nuevos enfoques y acciones necesarios para enfrentar las interacciones opción por interacción contextual, sin embargo, estos enfoques también deben ser adoptados y desarrollados por agentes de extensión y cambio en los sectores público y privado. Solo a través del desarrollo continuo y conjunto de métodos que involucren a ambos grupos de interés, trabajando en estrecha colaboración con los agricultores, se podrán lograr avances suficientes para que la agricultura a pequeña escala pueda seguir el ritmo de la demanda mundial de alimentos sin causar más daño a los recursos ambientales que sustentan la producción.

Nicholls y Altieri (2018), sostienen que un desafío clave para la amplificación de la agroecología radica en la traducción de los principios agroecológicos en estrategias prácticas para la gestión del suelo, el agua y la biodiversidad para mejorar la producción y la resiliencia. Estos son aspectos que deben ir profundizándose en ambas unidades productivas, aunque también otros como por ejemplo reducir la dependencia de insumos externos fabricando los propios insumos en las chacras y en el caso de la comercialización de la fruta y el acceso a los mercados, los agricultores de ambas unidades productivas deberían comenzar a participar activamente en mercados alternativos locales y redes con fuertes relaciones de solidaridad con los

consumidores dónde se valore la calidad de la fruta orgánica sin residuos de pesticidas. Las políticas locales y nacionales deberían acompañar este proceso.

## Conclusiones

A través de esta investigación se logró determinar el potencial de las unidades productivas como faros agroecológicos regionales. Ante el avance de la agricultura industrial en los territorios, es imperativo que las políticas locales y nacionales favorezcan la ampliación de la agroecología, el desarrollo de redes de agricultores, formadores agroecológicos, financiamiento, créditos para nuevos y pequeños productores y mayor presupuesto para investigación en agroecología.

La importancia de este estudio radica también en la incorporación y participación de actores no académicos ya que sus conocimientos no solo son beneficiosos; sino indispensables para que las transformaciones de la sustentabilidad sean reflexivas y basadas en evidencia. Cada indicador se trabajó con cada productor realizando ajustes de acuerdo al sistema productivo, considerando que la utilización del conocimiento de la investigación para las transformaciones de la sustentabilidad no se puede lograr sin emplear un enfoque transdisciplinario que reúna a actores académicos y no académicos en un escenario que permita discusiones en igualdad de condiciones y el involucramiento de los actores que a menudo no se incluyen en la investigación. Este hallazgo está alineado con investigaciones recientes que destacan la importancia de incluir participantes no académicos en las actividades de investigación relacionadas con los ecosistemas. Esto no solo aumenta la utilización, sino también la relevancia y legitimidad de las actividades de investigación para el desarrollo (Prost et al., 2023; Cremilleux et al., 2023).

Se propone un enfoque orientado a la co-construcción del conocimiento, el cual es cada vez más reconocido, utilizado y considerado esencial, especialmente en la agroecología. Este enfoque, que promueve el diálogo entre agricultores y académicos, también puede ayudar a entender por qué algunos agricultores no participan en la transición agroecológica. En particular, se pueden destacar aspectos relacionados con las creencias de los agricultores y los problemas que enfrentan. Esta metodología es valiosa tanto para los agricultores como para la investigación, ya que permite a todos los involucrados alejarse de su modo de pensar actual y desarrollar una mayor reflexividad. Además, facilita el análisis de los sistemas de producción en un terreno común y reúne a personas con perspectivas diferentes para entablar un diálogo transformador. Este enfoque requiere tiempo y paciencia además de un buen diálogo con los actores del territorio.

Los faros agroecológicos y los agricultores faro promueven los principios agroecológicos a través del trabajo en red, el liderazgo y la enseñanza, así como mediante la demostración y difusión de prácticas de producción y gestión a nivel de chacra. Más allá de la difusión del conocimiento y las prácticas, los faros agroecológicos y los agricultores faro poseen y crean capital social en las comunidades rurales, y pueden utilizar este capital para establecer relaciones con diferentes agentes locales y extralocales. Los agricultores faro son líderes eficaces que utilizan diferentes tipos de capital social (como vínculos, puentes y lazos) para generar confianza y fomentar la cooperación, conectar redes dispares para promover la colaboración, y crear vínculos entre sectores de la sociedad donde el poder formal o institucionalizado juega un rol importante.

El aprendizaje entre agricultores y la presencia de un liderazgo carismático pueden amplificar el conocimiento y las prácticas agroecológicas en todo un territorio determinado. La resiliencia territorial y los mediadores proporcionan una oportunidad única para analizar la dinámica de amplificación como parte de procesos más amplios de territorialización agroecológica.

La transición de sistemas de producción convencionales a sistemas agroecológicos involucra no solo aspectos técnicos, productivos y ecológicos, sino también dimensiones socioculturales y económicas que afectan a los agricultores, sus familias y comunidades. Este cambio implica más que una simple modificación del sistema de producción; requiere el desarrollo de capacidades internas, la recuperación y conservación de recursos naturales, la mejora de la calidad del hábitat tanto para las especies productivas como para los trabajadores, y la eficiencia en los ámbitos productivo, económico, ecológico y social. Además, supone transformaciones en las prácticas de consumo, políticas, significados culturales, infraestructuras y modelos de negocio.

Las chacras orgánicas en la región del Alto Valle de Río Negro podrían ser el inicio de una futura transformación del territorio hacia la agroecología. Este cambio conlleva la transición de una agricultura basada en la sustitución de insumos a una agricultura enfocada en los procesos y en la construcción de una diversidad productiva robusta, tanto de plantas como de animales, con una perspectiva socioecológica.

Las metodologías utilizadas han demostrado ser sencillas y rápidas, aunque laboriosas, cumpliendo con el objetivo propuesto y pueden ser replicadas en todo el territorio, escalando el presente trabajo.

## CONSIDERACIONES FINALES

En el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, NorPatagonia, Argentina es imprescindible formular estrategias agroecológicas en respuesta al cambio climático y la crisis del sector agrícola regional, basándose en el conocimiento de los impactos derivados de la fruticultura y sus puntos más críticos. La implementación de sistemas productivos en la fruticultura que, además de ser rentables, preserven los recursos naturales y cuiden el ambiente, es una necesidad compartida tanto por el sector productivo como por la sociedad en general. Esta tarea está estrechamente vinculada con el objetivo de alcanzar un desarrollo sostenible y equitativo.

La eficiencia energética y la huella de carbono son indicadores fundamentales para evaluar y mejorar la sustentabilidad en las actividades agrícolas. Estos indicadores ayudan a identificar aquellas labores culturales que requieren un uso intensivo de energía y, por tanto, contribuyen significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Al analizar estos aspectos, es posible desarrollar estrategias de mitigación que permitan reducir el impacto ambiental de las prácticas agrícolas.

Los agroecosistemas frutícolas de manzanos y perales evaluados presentan valores de eficiencia energética, energía específica y energía neta que indican una relación favorable entre la energía ingresada al sistema como subsidio y la energía egresada del sistema en forma de producto comercial. No obstante, la debilidad de esos sistemas radica en la proporción de energía renovable y no renovable utilizada, donde el uso de combustible en las diversas labores culturales es el principal factor que incrementa el porcentaje de energía de origen no renovable.

Los análisis energéticos llevados a cabo en los distintos agroecosistemas de perales y manzanos orgánicos y convencionales permitieron calcular las emisiones de gases de efecto invernadero que se produjeron en cada establecimiento agrícola a partir de las cuales se lograron los primeros valores de Huellas de Carbono en plantaciones de perales y manzanos de la zona productora del Alto Valle de Río Negro obtenidos en base a datos reales del territorio y no de fuentes o bases de datos externas al sitio de estudio.

Estos resultados tienen importantes aspectos a analizar. Primero es que aportan información concreta de un nuevo conocimiento para la Norpatagonia.

El segundo aspecto es de índole comercial, ya que posibilita establecer un posicionamiento en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero por kilogramo de fruta orgánica o convencional producida en los establecimientos frutícolas de la región. Esto permite comparar con otras zonas productoras para evaluar la posible competitividad de los productores del territorio en términos de eficiencia energética y huella de carbono. En este aspecto la revisión bibliográfica llevada a cabo ha permitido establecer que la región produce manzanas y peras a partir de un uso eficiente de energía y con un bajo valor de Huella de Carbono por kilo de fruta. Estos hallazgos son alentadores considerando la relevancia que los indicadores utilizados están adquiriendo en los principales mercados. Además, esta información es valiosa para contrastar los métodos de gestión en todos los cultivos realizados en la región, así como con otras áreas geográficas.

El tercer aspecto se centra en el contexto ambiental. Aunque la proporción de energía renovable frente a no renovable no es favorable, dado el claro predominio de la segunda sobre la primera, es esencial considerar el potencial que tiene el agroecosistema como un sumidero de carbono, lo que contribuiría a reducir el impacto

en el calentamiento global. Cada árbol frutal posee un potencial significativo como sumidero a mediano plazo, ya que parte de las emisiones pueden ser absorbidas por las plantas a través de la fotosíntesis.

Al contrastar los datos obtenidos en esta investigación con la literatura consultada, se observó que los picos de absorción de CO<sub>2</sub> en manzanos coinciden con los picos de emisión. Aunque no se ha cuantificado la cantidad precisa de CO<sub>2</sub> absorbida en relación con lo emitido, este hallazgo abre nuevas puertas para futuras investigaciones, con el fin de valorar el servicio ecosistémico que brindan los establecimientos agrícolas regionales a toda la comunidad del valle. Estas chacras, que comprenden más de 41,000 hectáreas de cultivos frutales en toda la región principalmente plantadas con manzanos y perales, añaden una dimensión ambiental adicional al análisis económico. Esta evaluación se fundamenta en la visión de la economía ecológica, la cual no solo toma en cuenta las pérdidas generadas por las contaminaciones originadas por la actividad agrícola, sino que también valora los beneficios ambientales, como la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico. Con lo cual debería estimarse con datos a campo la relación de CO (relación entre el secuestro de CO<sub>2</sub>e y las emisiones de CO<sub>2</sub>e), lo que indica si el huerto frutal es una fuente neta o un sumidero de carbono. Una proporción de CO<sub>2</sub> superior a uno indica que el sistema del huerto es un sumidero neto de carbono.

También hay que recordar que el cultivo de frutales a través de los años ha aumentado la materia orgánica en los suelos. Antes de la agricultura, la vegetación predominante estaba compuesta por plantas adaptadas a condiciones áridas y semiáridas, típicas de la región de la estepa patagónica, constituida principalmente por arbustos resistentes a la sequía. Con el advenimiento del sistema de riego y el cultivo de árboles frutales la acumulación de materia orgánica en los suelos aumentó de valores menores a 0.5% hasta 3 o 4 % observado en chacras del Alto Valle.

Es necesario reinterpretar el papel histórico de los agricultores, pasando de ser vistos únicamente como "productores de bienes" a ser reconocidos como proveedores de una variedad más amplia de servicios a la sociedad y esta valoración es sustancial cuando se decide erradicar un monte frutal en pos de la urbanización o explotación hidrocarburífera.

La región del Alto Valle ha venido sufriendo enormes transformaciones, vinculadas con el proceso de modernización, internacionalización y concentración económica. En el marco de estas transformaciones, los pequeños y medianos agricultores (chacareros) se convirtieron en el eslabón más débil del circuito productivo y actualmente existen 4,000 has productivas en venta.

La presión inmobiliaria avanza sobre tierras fértiles destruyendo años de trabajo, con la consecuente pérdida de materia orgánica, sistemas de riego y drenaje, fragmentación del paisaje y reducción de masa foliar secuestradora de carbono atmosférico.

Por otro lado, la actividad extractiva de hidrocarburos también amenaza el territorio y desplaza otras actividades económicas como la agricultura, la ganadería y el turismo con las cuales compite por recursos (agua, energía y tierras), produciendo la dislocación del tejido económico y social previo. La matriz productiva regional, casi centenaria, hoy se encuentra amenazada por el avance de la actividad hidrocarburífera, la cual, aunque se viene llevando a cabo desde hace décadas en la zona, se ha expandido notoriamente desde 2006 y, de manera más vertiginosa, a partir de 2010. Hay que agregar también el impacto ambiental de las técnicas utilizadas para la extracción de hidrocarburos, entre ellas la de fracturación hidráulica o fracking.

Además, durante la última década del siglo XX, en Argentina comenzaron los remates (subastas) a pequeños y medianos productores, originados a partir de las políticas llevadas a cabo por los gobiernos actuantes, que facilitaron el acceso a créditos bancarios, siendo adquiridos por los agricultores con total confianza y credibilidad. Sin embargo, la gran inestabilidad de los mercados internacionales y la disminución de la rentabilidad entre otros aspectos, impidieron cancelar las deudas contraídas por las familias productoras, situación que llevó finalmente a que los acreedores (Bancos estatales, principalmente) emprendieran acciones judiciales acorralando a los agricultores, que debieron ceder sus tierras, pues no podían competir ni hacer frente a las consecuencias que emergen del modelo agroexportador y a la concentración del capital.

En la actualidad la crisis se profundizó, la región transita una etapa de mayor concentración y transnacionalización. Las grandes firmas integradas se convirtieron en el núcleo hegemónico de la cadena frutícola, centralizando la comercialización interna y externa de la producción regional, predominantemente mediante formas de integración vertical. Entre las variadas dificultades que enfrentan los productores independientes está la falta de acceso al crédito, el endeudamiento y el acceso a nuevas tecnologías. Debido a ello, agrupados en diferentes cámaras y federaciones, dichos actores sociales desarrollaron distintas acciones colectivas orientadas hacia el Estado provincial y nacional, que incluyen desde demandas corporativas, como subsidios al sector, hasta otras, más generales, relativas a la economía regional, que comprenden la importancia de pensar un proyecto integral a partir de un modelo de producción sustentable.

El estado nacional y provincial, por su parte, ha llevado a cabo una política cortoplacista que apunta al otorgamiento de subsidios, la cual expone la ausencia de un plan estratégico de mediano y largo plazo, que apunte a una producción sustentable y a la vez, garantice la reducción de inequidades en el interior de la cadena, entre productores independientes y los grandes empacadores y exportadores.

En este escenario, la industria hidrocarburífera se ha dirigido en gran parte hacia los pequeños chacareros en quiebra para alquilar parte de sus tierras (áreas de entre 1 y 1.5 ha) y destinarlas a la explotación de hidrocarburos, a través de contratos bianuales de servidumbre que se renuevan automáticamente. Las consecuencias de ello son evidentes: la economía regional basada en la fruticultura aparece cada día más devaluada, cada vez hay más chacras alquiladas, mientras avanza el paisaje extractivo, con torres petroleras, plataformas multipozos, gasoductos, depósitos de arena, camiones de gran porte recorriendo los caminos y maquinarias que desmontan y abren su paso por entre las plantaciones frutícolas.

El desmonte de las chacras atenta contra la resiliencia al cambio climático ya que las comunidades de plantas más diversas resisten mejor los disturbios y son más resilientes al enfrentar perturbaciones ambientales derivadas de eventos climáticos extremos.

Los impactos ambientales negativos de la agricultura industrial y globalizada están relacionados con la degradación del suelo, agua y con el cambio climático entre otros. Por ello, es perentorio alentar a aquellos agricultores que retoman el conocimiento tradicional para desarrollar nuevas prácticas de agricultura sostenible con bases agroecológicas.

La transición de sistemas de producción convencionales a sistemas agroecológicos involucra no solo aspectos técnicos, productivos y ecológicos, sino también dimensiones socioculturales y económicas que afectan a los agricultores, sus familias y comunidades. Este cambio implica más que una simple modificación

del sistema de producción; requiere el desarrollo de capacidades internas, la recuperación y conservación de recursos naturales, la mejora de la calidad del hábitat tanto para las especies productivas como para los trabajadores, y la eficiencia en los ámbitos productivo, económico, ecológico y social. Además, supone transformaciones en las prácticas de consumo, políticas, significados culturales, infraestructuras y modelos de negocio.

Las metodologías utilizadas en esta tesis para la identificación de potenciales faros agroecológicos cumplieron con el objetivo propuesto y pueden ser replicadas en todo el territorio, escalando el presente trabajo.

Las chacras orgánicas en la región del Alto Valle de Río Negro pueden marcar el comienzo de una futura transformación del territorio hacia la agroecología. Este cambio implica pasar de una agricultura basada en la sustitución de insumos a una agricultura centrada en los procesos y en la construcción de una diversidad productiva robusta, tanto de plantas como de animales, con una perspectiva socio ecológica.

Se recomienda en chacras orgánicas y convencionales del Alto Valle de Río Negro y Neuquén mantener la cobertura vegetal en los interfilares, con vegetación espontánea y planificar la siembra de verdes, esto redundará en el aumento de la diversidad vegetal en los agroecosistemas y sus consiguientes mejoras en la estructura del suelo, contenido de materia orgánica, beneficio de la fauna del suelo y refugio de enemigos naturales, entre otros aspectos ya mencionados anteriormente. Al momento de la elección de la cubierta vegetal es importante tener en cuenta aquella que aporte mayor contenido de materia orgánica al suelo y evitar que sea reservorio de nematodos fitófagos que puedan dañar a la plantación de frutales. Esta tesis se centra en el análisis de los interfilares, este espacio entre dos filas contiguas de árboles frutales que en las chacras típicas del Alto Valle alcanza los 4 metros de distanciamiento en promedio, ya que es el lugar de mayor intervención antrópica con el paso del tractor y maquinarias durante toda la estación productiva, en donde además en plantaciones de más de 10 años de edad se extienden las raíces de los árboles frutales y es allí también donde en muchos casos se realiza la fertilización, el riego, donde se colocan los bines transitoriamente para la cosecha de la fruta y es el lugar que debe cuidarse para proteger el suelo por ejemplo del piso de arado.

El uso de herbicidas en chacras convencionales es una práctica que debe abandonarse, en pos de una reducción de la utilización de agrotóxicos y de una mejora general del agroecosistema.

En esta tesis se describen las especies que se encuentran en los interfilares de chacras orgánicas y convencionales, su cantidad, los índices de diversidad y familias de nematodos asociadas. El estudio aquí presentado, es uno de los pocos trabajos realizados en el territorio en cuestión que figura en la literatura publicada, debido a ello, reviste una importancia relevante y además puede ser extrapolado a otras regiones de producción frutícola de climas templado-fríos del país y del mundo. Los índices de diversidad son una herramienta recomendable para comparar comunidades vegetales.

Los huertos frutales son agroecosistemas perennes complejos, conformados por estratos de pastos y árboles destinados a la producción de frutas frescas. Estos sistemas requieren un diseño y manejo específicos en el espacio y el tiempo. Presentan características y servicios ecosistémicos particulares a nivel de parcela, tales como el carácter perenne de los árboles, la existencia de múltiples estratos y la diversidad de plantas dentro de los límites de los huertos. Estos elementos pueden contribuir a un alto nivel de biodiversidad.

La arboricultura debe mantener niveles aceptables de producción de frutos preservando al mismo tiempo los recursos naturales. Esta dualidad puede analizarse con el concepto de servicio ecosistémico. Las funciones ecológicas modificadas por las prácticas agrícolas proporcionan al menos seis servicios ecosistémicos (producción de frutas, regulación del clima, disponibilidad de nitrógeno en el suelo, regulación del agua, control de plagas y enfermedades y polinización). Los huertos frutales tienen un alto potencial de servicios múltiples, pueden secuestrar de 2,4 a 12,5 t C/ha/año y su carácter perenne y hábitat multiestrato, así como la oportunidad de crear setos diversificados y cultivos de cobertura en los interfilares pueden contribuir a un alto nivel de biodiversidad y servicios. Cada servicio depende de muchas funciones.

El rendimiento de frutos, en frutales de pepita, aumenta mediante la intercepción lumínica, la asignación de carbono y la absorción de nitrógeno y agua. Por otro lado, las prácticas agrícolas en los huertos frutales tienen un fuerte impacto en las funciones de los ecosistemas y, en consecuencia, sobre los servicios ecosistémicos. La fertilización excesiva aumenta la lixiviación de nitrógeno, lo que reduce la disponibilidad de nitrógeno del suelo para la planta y deteriora la calidad del agua drenada. La cubierta vegetal aumenta la humificación y reduce la desnitrificación y la escorrentía, mejorando así la disponibilidad de nitrógeno del suelo y la regulación del agua, también mejora las interacciones bióticas responsables del control de plagas y la polinización. La poda puede aumentar la calidad de la fruta a través de una mejor asignación de carbono, pero si no es realizada adecuadamente disminuye el control de plagas al fomentar la dinámica de los pulgones. Los conflictos entre los servicios de provisión y regulación pueden mitigarse mediante prácticas agrícolas. Es necesario mejorar el conocimiento de los procesos del suelo y el balance de carbono, así como nuevos modelos que aborden múltiples servicios, para comprender cabalmente las relaciones de los servicios ecosistémicos en los huertos frutales.

La resistencia a los desastres climáticos está estrechamente relacionada con la biodiversidad presente en los sistemas productivos. Una mayor diversidad aumenta la resiliencia y la capacidad homeostática ante el cambio climático, así pues, se debería pensar en diseñar agroecosistemas rodeados de un paisaje complejo, con sistemas productivos diversificados, suelos cubiertos y ricos en materia orgánica elaborando estrategias que permitan incorporar al análisis de sustentabilidad la concepción de los sujetos sociales involucrados, teniendo en cuenta la inequidad social, espacial y temporal en la utilización humana de los recursos.

La multidimensionalidad de la agroecología proporciona la base para las metodologías de investigación participativas que fomentan la revitalización de las economías y nuevas formas de manejo de los recursos naturales, reactivando el potencial endógeno local. Además, estas metodologías fortalecen las relaciones entre la sociedad civil y el poder político, abarcando las dimensiones ecológica, socioeconómica y cultural. Asimismo, se promueven alianzas horizontales que facilitan formas económicas y sociales alternativas, conectando los procesos locales con los aspectos sociopolíticos.

Esta visión multidimensional amplía el análisis de las funciones ecosistémicas mediante la aplicación de la complejidad en el estudio y diseño de los sistemas agrícolas. Para ello, el conocimiento de las formas tradicionales de manejo agrario es central en la recuperación de los saberes, así como en la identificación de faros agroecológicos territoriales. El carácter multidimensional de la agroecología y sus beneficios para la sociedad en su conjunto constituyen un elemento esencial que articula los diversos sectores económicos y las

distintas esferas de la sociedad local, construyendo una alternativa de desarrollo. En este sentido, la agroecología se presenta como una herramienta para los extensionistas rurales que puede ser utilizada en la consolidación de grupos de trabajo interdisciplinarios, ya que el diseño y manejo de los agroecosistemas dependen de factores agronómicos, sociales, culturales y económicos.

Es indispensable una transformación social donde los agricultores sean partícipes de esa innovación, haciendo hincapié en que la agricultura sustentable debe también abordar las causas históricas de las crisis en las economías regionales y considerar los conflictos que actualmente viven los agricultores. Esto implica desarrollar territorios con un enfoque holístico respecto a las temáticas sociales, económicas y de gestión de los bienes comunes.

En la presente tesis, se integró la evaluación del flujo energético, el análisis de la composición florística de los interfilares y la evaluación de establecimientos frutícolas como potenciales faros agroecológicos territoriales con la participación de actores no académicos en un enfoque orientado a la co-construcción del conocimiento, para proporcionar una visión holística y multifacética del manejo sustentable de los agroecosistemas frutícolas. Este enfoque posiciona a este trabajo como un puente entre la ciencia y la práctica, facilitando la transición hacia sistemas de producción más sostenibles y resilientes, y promoviendo la agroecología como un modelo viable para el desarrollo rural en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

## LITERATURA CITADA

- Abbona, E.; Sarandón, S., Marasas, M, Astier, M. 2007. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina *Agriculture Ecosystems & Environment* 119(3-4):335-345.
- Adams WM. 2006. The future of sustainability: rethinking environment and development in the twenty-first century. [http://www.iucn.org/members/future\\_sustainability/docs/iucn\\_future\\_of\\_sustainability.pdf](http://www.iucn.org/members/future_sustainability/docs/iucn_future_of_sustainability.pdf).
- Adetunji AT, Ncube B, Mulidzi R, Lewu FB. 2020. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: a review. *Soil Tillage Res* 204:104717. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104717>
- Aguilar, L., Álvaro, B., Macsad, F., Pescader, C., Vicens, S. 2019. Resistencia de pobladoras rurales para hacer posible la vida en zona de fracking en Allen, en el Alto Valle del Rio Negro. 5° Congreso del Foro de Universidades Nacionales para la Agricultura Familiar. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. Cinco Saltos. 15 y 16 de mayo de 2019.
- Alaphilippe A, Simon S, Brun L, Hayer F, Gaillard G. 2013. Life cycle analysis reveals higher agroecological benefits of organic and low input apple production. *Agron Sustain Dev* 33:581–592. doi:10.1007/s13593-012-0124-7.
- 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* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.031>
- Albrecht, A, & Kandji, S.T. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 99(1-3), 15-27.
- Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., Grignani, C., 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy* 36, 4468–4481.
- Altieri M. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:19-31.
- Altieri M.A. y Nicholls C.I. 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Revista Agroecología, Murcia- España* No. 3: 7-28.
- Altieri M.A., Nicholls C.I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*. 2007/1. URL:[http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&Id\\_Categoria=1&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&Id_Categoria=1&tipo=portada).
- Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R. Petersen, P. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agron. Sustain. Dev.* 32:1–13. DOI 10.1007/s13593-011-0065-6
- Altieri, M. y Nicholls, C. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. PNUMA. México.
- Altieri, M., and Toledo, V. M. 2010. La revolución agroecológica de América Latina: Rescatar la naturaleza, asegurar la soberanía alimentaria y empoderar al campesino. *El Otro Derecho* 42, 63–202.

- Altieri, M.; C. I. Nicholls; A. Henao; M. A. Lana. 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agron. Sustain. Dev.* DOI 10.1007/s13593-015-0285-2.
- Altieri, M.A. 2015. Agroecology, Key Concepts, Principles and Practices (Third World Network and Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA)), pp.55. <https://www.fao.org/agroecology/database/detail/en/c/443630/>
- Altieri, MA & CI Nicholls. 1999. Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems. In: *Biodiversity in Agroecosystems*. (Eds. Collins, W. W. and Qualset, C. O.) CRC Press, Boca Raton, pp. 69-84.
- Álvarez G., Tiscornia L., Paredes T., Brizzio, J.; Taranda N. 2019. Transformaciones en las estructuras agrarias, reconfiguraciones territoriales, resistencias y conflictos de los productores familiares de frutales de pepita en el Alto valle de Río Negro. Quinto Congreso del Foro de Universidades Nacionales para la Agricultura Familiar. Facultad de Cs. Agrarias. Universidad Nacional del Comahue. Cinco Satos Río Negro. 15 y 16 de mayo de 2019.
- Andersen L, Kühn BF, Bertelsen M, Bruus M, Larsen SE, Strandberg M. 2013. Alternatives to herbicides in an apple orchard, effects on yield, earthworms and plant diversity. *Agric Ecosyst Environ* 172: 1–5. doi:10.1016/j.agee.2013.04.004
- Anderson CR, Maughan C, Pimbert MP. 2019. Transformative agroecology learning in Europe: building consciousness, skills, and collective capacity for food sovereignty. *Agric Human Values*. 36:531–547. doi:10.1007/s10460-018-9894-0.
- Anderson, C. R., Bruil, J., Chappell, M. J., Kiss, C., and Pimbert, M.P. 2019. From transition to domains of transformation: getting to sustainable and just food systems through agroecology. *Sustainability* 11:5272. doi: 10.3390/su11195272
- Aruani M. C.; E. Sánchez; C. Dussi y C. Arjona. 2001. Micronutrientes disponibles en suelos del Alto Valle de Río Negro en Argentina. *Agro-Ciencia* 17(1):23-28.
- Aruani MC, E Sánchez & P Reeb. 2006. Cambios en las propiedades de un suelo franco bajo producción orgánica de manzano utilizando coberturas vegetales. *Ciencia de Suelo*, 24 (2):131-137
- Aruani, M.C., and Sánchez, E. 2002. Manzano. Distribución de micronutrientes en suelo. *Rev. FCA UNCuyo*. XXXIV (1).
- Asakereh A, Shiekhdavoodi MJ, Almassi M, Sami M. 2010. Effects of mechanization on energy requirements for apple production in Esfahan province, Iran. *Afr J Agric Res* 5(12):1424–1429
- Avery, D.J. 1969. Comparisons of fruiting and deblossomed maiden apple trees, and of non-fruiting trees on a dwarfing and invigorating rootstock. *New Phytol* 68:323-336
- Aydin, B.; Aktürk, D.; Özkan, E.; Hurma, H.; AliKiraci, M. 2018. Comparative Energy Use Efficiency and Economic Analysis of Apple Production in Turkey: Case of Thrace Region. *Erwerbs-Obstbau*. <https://doi.org/10.1007/s10341-018-0387-5>
- Azpilicueta, C., Aruani, C. and Chaves, E. 2013. Composition of plant-feeding nematodes in agriculture soils with different salinity levels. *Nematropica* 43:279.

- Azpilicueta, C., Aruani, C., Chaves, E. and Reeb, P. 2014. Soil nematode responses to fertilization with ammonium nitrate after 6 years of unfertilized apple orchard. *Span.J.Agric. Res.* 12:353-363.
- Azpilicueta, C.; Aruani, M.; Morales, J. 2017. Efecto del tipo de cobertura vegetal en el espacio entre hileras de perales sobre la abundancia de nematodos fitófagos. *Revista Facultad de Agronomía. La Plata.* 116: 249-257.
- Azpilicueta, C.; Aruani, M.; Reeb P. 2023. Cover crops in pear (*Pyrus communis*) orchards: effects on soil nematode assemblage. *Rev. FCA UNCuyo.* 55(2): 85-96. ISSN (en línea) 1853-8665.
- Ball KR, Baldock JA, Penfold C, Power SA, Woodin SJ. 2020. Soil organic carbon and nitrogen pools are increased by mixed grass and legume cover crops in vineyard agroecosystems: detecting short-term management effects using infrared spectroscopy. *Geoderma* 379:114619. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114619>
- Baraibar B, Hunter MC, Schipanski ME, Hamilton A, Mortensen DA. 2018. Weed suppression in cover crop monocultures and mixtures. *Weed Sci* 66:121–133. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.59>
- Baran, M.F.; Oguz, H.I.; Gokdogan, O. 2017. Determination of Energy Input-Output Analysis in Plum (*Prunus domestica* L.) Production. *Erwerbs-Obstbau* DOI 10.1007/s10341-017-0332-z *Biomass Bioenergy* 24 (3), 215–219 [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00116-2](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00116-2).
- Bardgett, R.D. 2005. *The biology of soil: a community and ecosystem approach.* Editorial Oxford University Press. New York. 242 pp.
- Barker, K. and Koenning, S. 1998. Developing sustainable systems for nematode management. *Ann. Rev. Phytopathol.* 36:165-205.
- Barrionuevo, M., Flores, L., and Dussi, M.C. 2020. Prácticas sustentables: preparación de Bocashi. *Fruticultura & diversificación* 25, 15–19.
- Barrios E, Coutinho HL, Medeiros CA. 2012. InPaC-S: participatory knowledge integration on indicators of soil quality – methodological guide. Nairobi: ICRAF, Embrapa, CIAT; p. 178. <http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/B17459.PDF>.
- Barrios E, Gemmill-Herren B, Bicksler A, Siliprandi E, Brathwaite R, Moller S, Batello C, Tifton P. 2020. The 10 elements of agroecology: enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *Ecosyst People* 16(1):230–247. <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705>
- Barros-Rodríguez, A., P. Rangseekaew, K. Lasudee, W. Pathom-Aree, and M. Manzanera. 2021. Impacts of Agriculture on the Environment and Soil Microbial Biodiversity. *Plants (Basel).* 10(11). <https://doi.org/10.3390/plants10112325>.
- BASIC. 2020. An initial cost-benefit analysis of the pesticide sector at the European level. Bureau d'Analyse Sociétale d'Intérêt Collectif, France
- Begon M., Harper H., Towsend C. 1995. *Ecología de Individuos, Poblaciones y Comunidades.* Ed. Omega. España. 886 p.
- Bendini M. y Alvaro B. 2010. Productores familiares en una región agroexportadora tradicional de Argentina. Exclusividad agraria y pluriactividad. *Studies in Political Science (Institute for Political Science, HAS) Politikatudományi tanulmányok (MTA Politikatudományi Intézet).*

- Bendini M. y Steimbregner N. 2011. Tendencias globales, modernización y contradicciones en una cadena agroexportadora tradicional de Argentina. Intermediación laboral y contractualización subordinada. Seminario Cadenas globales agroalimentarias: Estudios de casos en Argentina y Chile. UNAM. México.
- Bendito A, Barrios E. 2016. Convergent agency: encouraging transdisciplinary approaches for effective climate change adaptation and disaster risk reduction. *Int J Disaster Risk Sci.* 7(4):430–435. doi:10.1007/s13753-016-0102-9.
- Bengtsson, J. et al. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42, 261-269.
- Bergna, D. A. 1976. Reconocimiento de nematodos peri radicales en manzano y perales. *Investigación Agropecuaria* 4:18-25.
- Biddinger D, Robertson J, Mullin C, Frazier J, Ashcraft S, Rajotte E, Joshi N, Vaughn M. 2013. Comparative toxicities and synergism of apple orchard pesticides to *Apis mellifera* (L.) and *Osmia cornifrons* (Radoszkowski). *PLoS One* 8:1–6. doi:10.1371/journal.pone.0072587
- Biederman, L.A., Boutton, T. and Hisenan, S. 2008. Nematode community development early in ecological restoration: The role of organic amendments. *Soil Biol. & Biochem.* 40:2366-2374.
- Blanco-Canqui H, Ruis SJ. 2020. Cover crop impacts on soil physical properties: a review. *Soil Sci Soc Am J* 84:1527–1576. <https://doi.org/10.1002/saj2.20129>
- Blanco-Canqui HB, Shaver TM, Lindquist JL, Shapiro CA, Elmore RW, Francis CA, Hergert GW. 2015. Cover crops and ecosystem services: insights from studies in temperate soils. *Agron J* 107:2449–2474. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0086>
- Boltshauser, V., Villarreal, P., Avella, B., Mauricio, B., Romagnoli, S., Vinuela, M., and Zunino, N. 2007. Area Irrigada de la Provincia de Río Negro. Caracterización Socioeconómica y Técnico-Productiva (General Roca. Secretaría de Fruticultura de Río Negro-Publicaciones Regionales EEA INTA Alto Valle).
- Bonanomi G, R, D'Ascoli, V Antignani, M Capodilupo, L Cozzolino, R Marzaioli, G Puopolo, F Rutigliano, R Scelza, R Scotti, M Rao & A Zoina. 2011. Assessing soil quality under intensive cultivation and tree orchards in Southern Italy. *Applied Soil ecology.* 47 (3): 184-194
- Braun Blanquet. 1979. Fitosociología. Base para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume Ediciones. Madrid. 820 p.
- Bruzzo, A. 2006. a) Pera. Cadenas Alimentarias. MAGyP - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Subsecretaría de Alimentos y Bebidas. Secretaría de Agregado de Valor. Recuperado de <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=441>
- Burchfield, E. K.; K. S. Nelson; K. Spangler. 2019. The impact of agricultural landscape diversification on U.S. crop production. *Agriculture, Ecosystems & Environment* Vol 285, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee>.
- C.I.L. (Consortio Inconas Latinoconsult S.A). 1991. Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro, Argentina. Etapa II. Informe Edafológico. Buenos Aires.
- Cano, A. 2012. La metodología de taller en los procesos de educación popular. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 2 (2), 22-51. En Memoria Académica. Disponible en: [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.5653/pr.5653.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.5653/pr.5653.pdf)

- Caporal FR y Costabeber JA. 2004. Agroecología: algunos conceptos e principios, MDA/SAF/DATERIICA, Brasilia.
- Caporal, F. R.; Costabeber, J. A. 2002. Agroecología. Enfoque científico e estratégico para apoiar o desenvolvimento rural sustentável. Porto Alegre: EMATER/RS, 48p. (mimeo.).
- Carmona, J. C., Bolívar, D. M., & Giraldo, L. A. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49-63.
- Casado, G. G., & Mielgo, A. A. 2007. La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. *Ecosistemas*, 16(1).
- Cash DW, Clark WC, Alcock F, Dickson NM, Eckley N, Guston DH, Jager J, Mitchell RB. 2003. Knowledge systems for sustainable development. *Proc Nat Acad Sci*. 100(14):8086–8091. doi:10.1073/pnas.1231332100.
- Caveness, F.E. and Jensen, H.J. 1955. Modification of the centrifugal-flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proc. Helminthological Society of Washington* 22:87-89.
- Çelen, G.H.; Baran, M.F.; Önler, E.; Bayhan, Y. 2017. Determination of energy balance of apple (*Malus domestica*) production in Turkey: A case study for Tekirdag province. *Anadolu Tarim Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci*, 32 ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online) doi: 10.7161/omuanajas.289604
- Cellura, M., Longo, S., & Mistretta, M. 2012. Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study. *Journal of cleaner production*, 28, 56-62.
- Çerçioğlu M, Anderson SH, Udawatta RP, Alagele S. 2019. Effect of cover crop management on soil hydraulic properties. *Geoderma* 343:247–253. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.027>
- CIDSE. 2018. The Principles of Agroecology. Towards Just, Resilient and Sustainable Food Systems (CIDSE), pp.12.
- Clapperton MJ, Chan KY, Larney FJ. 2007. Managing the soil habitat for enhanced biological fertility. In: Abbott LK, Murphy DV (eds) *Soil biological fertility*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6619-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6619-1_10)
- Clark WC, van Kerkhoff L, Lebel L, Gallopin GC. 2016. Crafting usable knowledge for sustainable development. *Proc Nat Acad Sci*. 113(17):4570–4578. doi:10.1073/pnas.1601266113.
- Coe R, Sinclair FL, Barrios E. 2014. Scaling up agroforestry requires a research ‘in’ rather than ‘for’ development. *Curr Opin Environ Sustain*. 6:73–77. doi:10.1016/j.cosust.2013.10.013.
- Coe, E.S., and Coe, R. 2023. Agroecological transitions in the mind. *Elem Sci Anth*, 11: 1. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.2022.00026>
- Cofré-Bravo, G., Klerkx, L., and Engler, A. 2019. Combinations of bonding, bridging, and linking social capital for farm innovation: how farmers configure different support networks. *J. Rural Stud*. 69, 53–64. doi: 10.1016/j.jrurstud.2019.04.004
- Cónsoli J., R. Denison, Dickson K., T. Mohin. 1993. A Conceptual Framework for Life-Cycle Assessment Impact Assessment. Held in Sandestin, Florida, February 1–6.
- Correa, M. N. 1969-1999. *Flora Patagónica*. Colec. Científica I.N.T.A., Buenos Aires.

- Costabeber, J.A. 1998. Acción colectiva y procesos de transición agroecológica en Rio Grande do Sul, Brasil, Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, España. 442 pp.
- Coto, J.L.P., & Moreno, J.L. 2007. Cultivo Ecológico. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros* (200), 14-27.
- Cremilleux M, Michaud A, Cayre P, Martin B, Rigolot C and Michelin Y. 2023. Combining systemic and pragmatic approaches for the holistic diagnosis of a farm in agroecological transition in a health context. *Front. Sustain. Food Syst.* 7:875820. doi: 10.3389/fsufs.2023.875820
- Cuéllar Padilla, Mamen y Sevilla Guzmán, Eduardo. 2018. La agroecología como investigación militante y feminista. <https://www.aacademica.org/eduardo.sevilla.guzman/26>
- Dalgaard, P. 2008. *Introductory Statistics with R*. Second Edition Springer.
- Daly HE. 1991. Elements of environmental macroeconomics. In: Costanza R (ed) *Ecological economics*. Columbia University Press, New York
- Daly HE. 1994. Operationalising sustainable development by investing in natural capital. In: Jansson A, Hammer M, Folke C, Costanza R (eds) *Investing in natural capital: the ecological economic approach to sustainability*. Island Press, Washington, pp 22–37
- Dazhong W & D Pimentel. 1990. Energy flow in Agroecosystems of Northeast China. In SR Gliessman (Ed.)
- Deguine et al., 2023. Agroecological crop protection for sustainable agriculture. *Advances in Agronomy* 1-59. ISSN 0065-2113 <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.11.002>
- Demestihias, C., Lescourret, F., Plénet, D; Génard, M.; Raynal, C. 2017. Ecosystem services in orchards. A review *Agron. Sustain. Dev.* 37:12 DOI 10.1007/s13593-017-0422-1
- Demestihias, C.; Plénet, D; Génard, M.; Raynal, C.; Lescourret, F. 2019. A simulation study of synergies and tradeoffs between multiple ecosystem services in apple orchards. *Journal of Environmental Management* 236 1–16.
- Demircan V, Ekinci K, Keener HM, Akbolat D, Ekinci C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. *Energy Convers Manag* 47:1761–1769
- Di HJ and Cameron KC. 2002. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutr Cycl Agroecosys* 46:237–256.
- Di Rienzo, A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. and Robledo C.W. 2009. *InfoStat*. Grupo InfoStat, FCA, Univ Nac. de Córdoba, Argentina.
- Diaz S, Demissew S, Carabias J et al. 2015. The IPBES conceptual framework—connecting nature and people. *Curr Opin Environ Sustain* 14:1–16
- Diaz S, Pascual U, Stenseke M, Martín-López B, Watson R, Molnár Z, Hill R, Chan K, Baste I, Brauman K, Polasky S, Church A, Lonsdale M, Larigauderie A, Leadley P, van Oudenhoven A, Platt F, Schröter M, Lavorel S, Shirayama Y. 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science* 359:270–272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Diaz-Ambrona, H., and Gregorio, C. 2013. Indicators of sustainability of agriculture and livestock in Spain. Paper presented at: V Simposio Brasileiro de Agropecuaria Sustentavel y en II Congresso Internacional de Agropecuaria Sustentavel.

- Dilay Y, Ozkan A, Aydin C. 2010. Energy analysis of apple productions in Karaman and determination of the efficiency of energy use. 26th Agricultural Mechanization National Congress, Hatay, 22–23 September 2010. pp 400–405
- Djigal, D., C. Chabrier, P.F. Duyck & R. Achard, P. Quénéhervé & P. Tixier. 2012. Cover crops alter the soil nematode food web in banana agroecosystems. *Soil Biology & Biochemistry* 48: 142-150.
- Doucet, M.E. 1992. Asociaciones entre nematodos fitófagos y malezas en la República Argentina. *Agriscientia* 9: 103-112.
- Doucet, M.E., E.L. De Ponce de León, P. Milanesio, C. Azpilicueta, & E. Maero. 2000. Asociación entre *Taraxacum officinale* y *Meloidogyne hapla* detectada en Argentina. *Nematologia Mediterranea* 28: 63-66.
- Douglass GK. 1984. The meaning of agricultural sustainability. In: Douglass GK (ed) *Agricultural sustainability in a changing world order*. Westview Press, Colorado
- Dryzek, J.S. 2009. Democratization as deliberative capacity building. *Comp. Political Stud.* 42 (11), 1379–1402. <https://doi.org/10.1177/0010414009332129>.
- Dudley, N., & Alexander, S. 2017. Agriculture and biodiversity: a review. *Biodiversity*, 18(2–3), 45–49. <https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892>
- Dumont, A. M; Wartenberg, A.C.; Baret P. V. 2021. Bridging the gap between the agroecological ideal and its implementation into practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 41: 32. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00666-3>
- Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M.-A., Justes, E., Journet, E.-P., Aubertot, J.-N., Savary, S., Bergez, J.-E., & Sarthou, J. P. 2015. How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1259–1281. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0306-1>
- Dušek, R., & Popelková, R. 2017. Theoretical view of the Shannon index in the evaluation of landscape diversity. *Acta Universitatis Carolinae. Geographica. Univerzita Karlova*, 47(2), 5–13. <https://doi.org/10.14712/23361980.2015.12>
- Dussi M.C.; G. Giardina; P. Reeb; F. De Bernardin and E. Apendino. 2006. Fruit thinning effects in apple cv Royal Gala. En: Webster and Ramirez (Ed.). *Proc. Xth. Int. Symp. on Plant bioregulators in fruit production*. Acta Hort. 727:401-408. ISHS.
- Dussi MC; LB Flores, M Barrionuevo, L. Navarrete y C Ambort. 2020. Encuentro entre la agroecología y la agricultura biodinámica: ¿alternativa a la agricultura industrial?. *Agroecología*. 14 (1):35-40
- Dussi, C., D. Sugar, A. Azarenko, and T. Righetti. 1992. Differences in fruit color change with maturity and growing location in 'Sensation' and 'Max' Red Bartlett pears. *HortScience* 27:179.
- Dussi, C., D. Sugar, T. Righetti, and A. Azarenko. 1997. Effects of cooling by overtree sprinkler irrigation on fruit color and firmness in 'Sensation' Red Bartlett pear. *HortTechnology* 7:55-57.
- Dussi, M. C., Flores, L. B., Barrionuevo, M. E., & Dussi, S. E. 2019. Agroecology in higher education: a multidimensional vision as a resilience strategy to climate change. In XXX International Horticultural Congress IHC2018: XIX Symposium on Horticultural Economics and Management, VII Symposium on 1258 (pp. 79-86).

- Dussi, M.C. 2007. Intercepción y distribución luminica en agro-ecosistemas frutícolas. En "Árboles Frutales: Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento". Ed: Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 805 p, ISBN 950-29-0974-7.
- Dussi, M.C. 2018. Organic Agriculture in Argentina. Country reports. ISOFAR, International Society of Organic Agriculture Research. <http://www.isofar.org/Country-reports/Argentina/>
- Dussi, M.C. y L.B. Flores. 2018. Visión multidimensional de la agroecología como estrategia ante el cambio climático. INTERdisciplina. Revista del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades Universidad Nacional Autónoma de México. 6, n° 14: 129-153. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich>.
- Dussi, M.C., and Simon, S. 2022. Agroecology and system approach for sustainable and resilient horticultural production. Acta Hort. 1355, 1-4. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1355.1>
- Dussi, M.C., D. Sugar, R.E. Wrolstad. 1995. Characterization and quantification of anthocyanins in red pears and the effect of light quality on fruit color. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(5):785-789.
- Dussi, M.C., Flores, L.B., Barrionuevo, M., Navarrete, L., and Ambort, C. 2020. Encuentro entre la agroecología y la agricultura biodinámica. ¿Alternativa a la agricultura industrial? Revista Agroecología 14 (1).
- Dussi, M.C., M. Huysamer. 1995. Severe postharvest summer pruning of mature 'Forelle' pear trees influences canopy light distribution, and fruit and spur leaf characteristics in the following season. Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences 5 (2) 57-60.
- Dussi, M.C.; D. Sosa; R. González Junyent; G. Giardina. 2004. Poda de verano en manzanos Red Delicious. Efecto sobre la calidad de la fruta y las hojas de dardos. Rev.Fac.Cs.Agr. UNCuyo. TomoXXXVI. Nro2.15-22.
- Dussi, MC. 2019. Agroecology and education: socio-ecological resilience to climate change. Chronica Horticulturae. Vol 59 (1): 20-22
- Dussi, MC; L Flores; J Gastiazoro & K Zon. 2011. Utilización de indicadores para evaluar sustentabilidad en Agroecosistemas. Experiencia en Educación superior. VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. La Habana. Cuba. EA-240.
- EAT-Lancet Commission. 2019. Summary Report. [https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EAT-Lancet\\_Commission\\_Summary\\_Report.pdf](https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report.pdf)
- Ekinci K, Akbolat D, Demircan V, Ekinci C. 2005. Determination of energy use efficiency apple production in Isparta province. Turkey 3th renewable Energy Sources Symposium, Mersin, pp 19–21.
- Ekins P, Simon S, Deutsch L, Folke C, De Groot R. 2003. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. Ecol Econ 44:165–185.
- Elosegui, F., Dussi, M.C., and Flores, L. 2020. Estrategia de resistencia de las agricultoras frutícolas de Río Negro, Argentina frente a un conflicto político-territorial. Primer Congreso Argentino de Agroecología. <https://bdigital.uncu.edu.ar/14315>.
- Ernst, B. 2021. a) Latinoamérica, la nueva Meca de las manzanas y peras argentinas. Topinfo. Newsletter 117 – 02/06/2021. <http://www.topinfo.com.ar/2021/06/04/latinoamerica-la-nueva-meca-de-las-manzanas-y-peras-argentinas/>

- Eschen, R., Mbaabu, P.R., Ramamonjisoa, B.S., Robledo-Abad, C. 2021. Factors enhancing the level of utilisation of research knowledge on ecosystems. *PLOS One* 16 (7), e0254752. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254752>.
- Esengun, K., Gunduz, O., and Erdal, G. 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Convers. Manage.* 48 (2), 592–598 <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.06.006>.
- ETC Group. 2017. ¿Quién nos alimentará? ¿La red campesina alimentaria o la cadena agroindustrial? 3rd edn (ETC Group).
- 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.
- Fageria N, Baligar V, Bailey B. 2005. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Commun Soil Sci Plan* 36:2733–2757. <https://doi.org/10.1080/00103620500303939>
- Fajardo, M., Aballay, E., Casanova, M. 2011. Soil properties influencing phytoparasitic nematode population on Chilean vineyards, *Chilean Journal of Agricultural Research*. 71: 240-248.
- Fakhrul Islam SM, Papadopoulou H, Manos B. 2003. Ecological sustainability in Greek agriculture: an application of energy flow approach. *J Environ Plan Manag* 46:875–886
- FAO. 2018a. Scaling up agroecology to achieve the sustainable development goals. Paper presented at: Second FAO international symposium (Rome, Italy). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO 2018b. The 10 elements of agroecology: guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. <http://www.fao.org/3/i9037en/i9037en.pdf>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2019. Review of the State of Food Security and Nutrition in the World, 2018: Building Climate Resilience for Food Security and Nutrition (FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO).
- Fernández, D. E.; L. I. Cichón; E. E. Sánchez; S. A. Garrido; C. Gittins. 2008. Effect of Different Cover Crops on the Presence of Arthropods in an Organic Apple (*Malus domestica* Borkh) Orchard. *J. of Sust Agr.* Vol. 32. Issue 2:197-211 <https://doi.org/10.1080/10440040802170624>
- Ferraro, D. O. 2011. Eficiencia energética y servicios ecosistémicos. Laterra P., Jobaggy E., Paruelo JM Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Buenos Aires: Ed. INTA, 221-235.
- Ferris H, Venette RC, Scow KM. 2004. Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralization function. *Appl Soil Ecol* 25:19–35
- Ferris, H., S. Sánchez-Moreno & E.B. Brennan. 2012. Structure, functions and interguild relationships of the soil nematode assemblage in organic vegetable production. *Applied Soil Ecology* 61:16-25.
- Fleckinger, J. 1964. Phénologie et arboriculture fruitière. In: P. Grisvard, V.C. Chaudun (eds.), *Le bon jardinier*. Ed. La Maison Rustique, 362–372 pp.
- Floch C, Capowiez Y, Criquet S. 2009. Enzyme activities in apple orchard agroecosystems: how are they affected by management strategy and soil properties. *Soil Biol Biochem* 41:61–68. [doi:10.1016/j.soilbio.2008.09.018](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.09.018).

- Flores, C.C., Sarandon, S.S., y Iermanó, M.J. 2007. Eficiencia Energetica en sistemas hortícolas familiares del Partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia* 2 (1), 1060–1064.
- Fluck, R.C. (ed.). 1992. *Energy in Farm Production. Energy in World Agriculture Volume 6*. Elsevier: Amsterdam. A very comprehensive review of the basic principles of energy use in agriculture; includes data on energy use efficiency and potential alternative energy sources.
- Foguesatto, CR, Borges, JAR, Machado, JAD. 2019. Farmers' typologies regarding environmental values and climate change: Evidence from southern Brazil. *Journal of Cleaner Production* 232: 400–407. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.275>.
- Foladori, G. 2005. La Economía Ecológica. Capítulo 7:189-196. En: Foladori, G. y N. Pierri. ¿Sustentabilidad?. *Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. 219 pag.
- Forge TA, Hogue E, Neilsen G, Neilsen D. 2003. Effects of organic mulches on soil micro fauna in the root zone of apple: implications for nutrient fluxes and functional diversity of the soil food web. *Appl Soil Ecol* 22:39–54
- Frank, F., Montero, G., Ricard, F., Sirotiuk, V., & Viglizzo, E. 2014. La Huella de Carbono en la Agroindustria. Editor Ernesto Viglizzo. Ediciones INTA, Anguil, La Pampa, Argentina, 1-87.
- Fujii, J. A., & Kennedy, R. A. 1985. Seasonal changes in the photosynthetic rate in apple trees: A comparison between fruiting and nonfruiting trees. *Plant Physiology*, 78(3), 519-524.
- Funes-Monzote, F. R., Monzote, M., Lantinga, E.A., and Van Keulen, H. 2009. Conversion of specialised dairy farming systems into sustainable mixed farming systems in Cuba. *Environ. Dev. Sustain.* 11 (4), 765–783 <https://doi.org/10.1007/s10668-008-9142-7>.
- Gabriel D, Roschewitz I, Tschardt T, Thies C. 2006. Beta diversity at different spatial scales: plant communities in organic and conventional agriculture. *Ecological Application* 16 (5):2011-2021
- Gabriel D, Sait SM, Hodgson JA, Schmutz U, Kunin WE, Benton TG. 2010. Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters* 13 (7):858-869
- Gallardo, R.K. 2024. The Environmental Impacts of Agriculture: A Review. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 18:165–235. ISSN 1932-1465; DOI 10.1561/101.00000166
- García del Barrio, J. M.; Ortega, M.; Vázquez De La Cueva, MV; Elena-Rossell, R. 2006. The influence of linear elements on plant species diversity of mediterranean rural landscapes: assessment of different indices and statistical approaches. *Environmental Monitoring and Assessment* 119: 137–159 DOI: 10.1007/s10661-005-9019-2c.
- García, F. M., Sánchez, E. J. G., García, S. C., & Fernández, R. M. O. 2013. Improvement of soil carbon sink by cover crops in olive orchards under semiarid conditions. Influence of the type of soil and weed. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (2), 335-346.
- Garibaldi L. A.; Gemmill-Herren B.; D'Annolfo, R.; Graeub B. E.; Cunningham S. A.; Breeze T.D. 2017. Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends Ecol Evol* 32:68–80. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.10.001>.
- Garlaschelli D. 2004. Universality of food webs. *Eur Phys J B*. 38:277–285
- Geiger F, Bengtsson J, Berendse F, Weisser W, Emmerson M, Morales M, Ceryngier P, Liira J, Tschardt T, Winqvist C, Eggers S, Bommarco R, Pärt T, Bretagnolle V, Plantegenest M, Clement L, Dennis C, Palmer C,

- Oñate J, Guerrero I, Hawro V, Aavik T, Thies C, Flohre A, Hänke S, Fischer C, Goedhart P, Inchausti P. 2011. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl Ecol* 12:386–387. doi:10.1016/j.baae.2011.03.004 1016/j.scienta.2017.01.012
- Gelfius, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Gezer, I., Acaroğlu, M., and Haciseferogullari, H. 2003. Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey. *Biomass Bioenergy* 24 (3), 215–219 [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00116-2](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00116-2).
- Ghosh, S. P. 1973. Internal structure and photosynthetic activity of different leaves of apple. *Journal of Horticultural Science*, 48(1), 1-9.
- Gibson RH, Pearce S, Morris RJ, Symondson WOC, Memmot J. 2007. Plant diversity and land use under organic and conventional agriculture: a whole-farm approach. *Journal of Applied Ecology* 44:792-803
- Giraldo, O. F.; Rosset P. M. 2016. La agroecología en una encrucijada: entre la institucionalidad y los movimientos sociales. *Guaju, Matinhos*, v.2, n.1, p. 14-37.
- Gliessman S. 2015. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*, 3rd edn. CRC Press
- Gliessman S.R. 2018. Defining agroecology. *Agroecol Sustain Food Syst* 42:599–600. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432329>
- Gliessman SR. 2002. *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sustentable*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 359 pp.
- Gliessman, S. 2016. Transforming food systems with agroecology, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40:3, 187-189, DOI:10.1080/21683565.2015.1130765
- Gliessman, SR. 2007. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. CRC Press, Taylor & Francis, New York, USA. 384 p
- Gliessman, SR. 2022. Why is ecological diversity important?. *AGROECOLOGY AND SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS*. VOL. 46, NO. 3, 329–330 <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2032513> © 2022 Taylor & Francis.
- Gokdogan, O., M., Firat Baran. 2017. Determination of Energy Use Efficiency of some Apple (*Malus x domestica*) Production in Turkey: a Case Study of Egirdir Region. *Erwerbs-Obstbau* 59:13–18. DOI 10.1007/s10341-016-0290-x
- 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.
- Goodland R, Daly HE. 1996. Environmental sustainability: universal and non-negotiable. *Ecol Appl* 6:1002–1017
- Guenet, B, Gabrielle, B., Chenu, C., Arrouays, D., Balesdent, J., Bernoux, M., & Zhou, F. 2021. Can N<sub>2</sub>O emissions offset the benefits from soil organic carbon storage? *Global Change Biology*, 27(2), 237-256.
- Gurr, G.M.; Wratten SD, Landis DA, You M. 2017. Habitat Management to Suppress Pest Populations: Progress and Prospects. *Annu Rev Entomol*. 62:91-109. doi: 10.1146/annurev-ento-031616-035050. Epub 2016 Nov 2. PMID: 27813664.

- Guzmán Luna, A., Ferguson, B. G., Schmoock, B., Giraldo, O. F., and Aldasoro Maya, E. M. 2019. Territorial resilience the third dimension of agroecological scaling: approximations from three peasant experiences in the South of Mexico. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 43, 764–784. doi: 10.1080/21683565.2019.1622619.
- Haines-Young R, Potschin M. 2009. Methodologies for defining and assessing ecosystem services. Final Report, JNCC, Proj CodeC08–0170-0062 69 pp.
- Hernández JL, VS Girón & C Cerisola. 1995. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil & Tillage Research* 35 :183-198.
- Herz, A.; Cahenzli, F.; Penvern, S.; Pfiffner, L.; Tasin, M.; Sigsgaard, L. 2019. Managing Floral Resources in Apple Orchards for Pest Control: Ideas, Experiences and Future Directions. *Insects* 2019, 10, 247; doi:10.3390/insects10080247www 24pag.
- HLPE. 2019. Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (Rome: HLPE). Full report forthcoming at [www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe)
- Hoagland L, Carpenter-Boggs L, Granatstein D, Mazzola M, Smith J, Peryea F, Reganold JP. 2008. Orchard floor management effects on nitrogen fertility and soil biological activity in newly established organic apple orchard. *Biol Fertil Soils* 45:11–18.
- Hole DG, Perkins AJ, Wilson JD, Alexander IH, Grice PV, Evans AD. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122:113-120.
- Holt-Giménez E. 2006. *Campesino a Campesino: voices from Latin America's farmer to farmer movement for sustainable agriculture*. Oakland: Food First Books.
- Holzmann, R. 2010. Desarrollo y evaluación de un índice de calidad de suelo en montes de pera manejados bajo dos sistemas de producción, convencional y orgánico, en el Alto Valle de Río Negro. Mg tesis INTA.
- Hubert, B., Goulet, F., Magnani, S., Tallon, H., and Huguenin, J. 2013. Agriculture, modèles productifs et options technologiques: orientations et débats. *Nat. Sci. Soc.* 21,71–76. doi: 10.1051/nss/2013085
- IAASTD. 2009. *Agriculture at a crossroads, in international assessment of agricultural knowledge, science and technology for development global report*. Island Press, Washington DC.
- Ibrahim, M. A., 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 Américas*, número 45.
- Instituto de Botánica Darwinion (<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>)
- IPBES. 2019. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services (Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES))*.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Program, Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds). Published: IGES, Japan.
- IPCC. 2007: *Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press.

- IPCC. 2019. Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. Summary for Policy Makers (Cambridge: IPCC).
- ISO. 2006. ISO14064 Greenhouse gases – Part 1: Specification with Guidance at the Organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. International Organization for Standardization, Geneva.
- Jacobi, J., Llanque, A., Mukhovi, S. M., Birachi, E., von Groote, P., Eschen, R., Hilber-Schob I., Kiba D.I., Frossard E., Robledo-Abad C. 2022. Transdisciplinary co-creation increases the utilization of knowledge from sustainable development research. *Environmental Science & Policy*, 129:107-115
- Jara Holliday, O. 2017. La concepción metodológica dialéctica, los métodos y las técnicas participativas en la educación popular.
- 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.
- Jones, I.M.; Koptur, S.; von Wettberg, E.J. 2017. The use of extrafloral nectar in pest management: Overcoming context dependence. *J. Appl. Ecol.*, 54, 489–499.
- Kehagias, M. C., Michos, M. C., Menexes, G. C., Mamolos, A. P., Tsatsarelis, C. A., Anagnostopoulos, C. D., & Kalburtji, K. L. 2015. Energy equilibrium and Carbon dioxide, Methane, and Nitrous oxide-emissions in organic, integrated and conventional apple orchards related to Natura 2000 site. *Journal of Cleaner Production*, 91, 89-95.
- Koçturk O.M., Engindeniz, S. 2009. Energy and cost analysis of sultana grape growing: a case study of Manisa, west Turkey. *Afr J Agric Res* 4(10):938–943
- Korucu T, Shipitalo MJ, Kaspar TC. 2018. Rye cover crop increases earthworm populations and reduces losses of broadcast, fall-applied, fertilizers in surface runoff. *Soil Tillage Res* 180:99–106. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.03.004>
- Kroodsma DA, Field CB. 2006. Carbon sequestration in California agriculture, 1980–2000. *Ecol Appl* 16:1975–1985.
- Lafleur, B., Fenton, N. J., Simard, M., Leduc, A., Paré, D., Valeria, O., & Bergeron, Y. (2018). Ecosystem management in paludified boreal forests: enhancing wood production, biodiversity, and carbon sequestration at the landscape level. *Forest Ecosystems*, 5(1), 1-14.
- Lakso A, Wünsche J, Palmer J, Corelli Grappadelli L. 1999. Measurement and modeling of carbon balance of the apple tree. *Hortscience* 34:1040–1047
- Lee, M.-B., & Martin, J. A. 2017. Avian Species and Functional Diversity in Agricultural Landscapes: Does Landscape Heterogeneity Matter? *PLOS ONE*, 12(1), e0170540. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170540>
- Leff, E. 2004. Racionalidad Ambiental: La Reapropiación Social de la Naturaleza, México: Siglo XXI Editores.
- Lemessa F, Wakjira M. 2015. Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. *J Crop Sci Biotechnol* 18:123–145. <https://doi.org/10.1007/s12892-014-0085-2>

- Lemos MC, Arnott JC, Ardoin NM, Baja K, Bednarek AT., Dewulf A, Fieseler C, Goodrich KA, Jagannathan K, Klenk N, et al. 2018. To co-produce or not to co-produce. *Nat Sustainability*. 1:722–724. doi:10.1038/s41893-018-0191-0.
- Lesa Brown, M. 2024. La gran historia del alma del Alto Valle, su sistema de riego. <https://masp.lmneuquen.com/.../la-gran-historia-del-alma>.
- Letourneau, D.K., Armbrrecht, I., Rivera, B.S., Lerma, J.M., Carmona, E.J., Daza, M.C., Trujillo, A.R., 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological applications* 21(1), 9-21. Li, L., Tilman, D., Lambers, H., Zhang, F.S
- Liebert, J., Benner, R., Kerr, R.B., Björkman, T., De Master, K.T., Gennet, S., Gómez, M.I., Hart, A.K., Kremen, C., Power, A.G., Ryan, M.R., 2022. Farm size affects the use of agroecological practices on organic farms in the United States. *Nat. Plants* 8, 897–905.
- Liu Y., V. Langer, H. Høgh-Jensen, H. Egelyng. 2010a. Life Cycle Assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. *The International Journal of Cleaner Production* 18: 1423-1430.
- Liu, Y., Langer, V., HØGH-Jensen, H. and Egelyng H. 2010b. Energy Use in Organic, Green and Conventional Pear Producing Systems—Cases from China. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34:630–646, 2010 ISSN: 1044-0046 print/1540-7578 online DOI: 10.1080/10440046.2010.493386
- Llistosella Vidal, J. y Sánchez-Cuxart, A. 2019. Polisemias de la alimentación. Salud, desperdicio, hambre y patrimonio ISBN 9788491681816. 104p.
- Loboguerrero, A.M., Thornton, P.K., Wadsworth, J., Campbell, B., et al. 2020. Actions to reconfigure food systems. *Global Food Secur.* 26 <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100432>.
- Lódola, et al. 2018. Cadenas de valor agroalimentarias: evolución y cambios estructurales en el siglo XXI 1ed. adaptada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires / Secretaria de Gobierno de Agroindustria - Dirección General de Programas y Proyectos Sectoriales y Especiales (DIPROSE).
- Loewy R, Carvajal L, Novelli M, Pechen de D'Angelo A. 2003. Effect of pesticide use in fruit production orchards on shallow ground water. *J Environ Sci Heal Part B* 38:317–325.
- Luffiego García, M., Rabadán Vergara J.M. 2000. La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias* 18 (3):473-486.
- Luyssaert S, Inglima I, Jung M, Richardson A, Reichstein M, Papale D, Piao S, Schulze E, Wingate L, Matteucci G. 2007. CO2 balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. *Glob Chang Biol* 13:2509–2537. doi:10.1111/j.1365-2486.2007.01439.x
- Macrae, R. J., Lynch, D. and Martin, R. C. 2010. Improving Energy Efficiency and GHG Mitigation Potentials in Canadian Organic Farming Systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34:549–580. ISSN: 1044-0046 print/1540-7578 online DOI: 10.1080/10440046.2010.484704
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- MAGYP. 2020. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. <https://www.magyp.gob.ar/>
- Margalef R. 1977. *Ecología*. Ed. Omega. Barcelona. 951 p.

- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, UK
- Martínez-Torres, M. E.; Rosset, P. M. 2014. Diálogo de saberes in *La Vía Campesina: food sovereignty and agroecology*. *Journal of Peasant Studies*, 41(6), 979-997. doi: 10.1080/03066150.2013.872632
- Masera, O.R., Astier, M., López Ridaura, S. 1999. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco MESMIS*. Mundi prensa, México. 160 pag.
- Massy, C. 2017. *Call of the reed warbler*. Chelsea, VT: Chelsea Green Publishing.
- Matteucci, S.D.; Colma, A. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la OEA. Programa nacional de desarrollo científico y tecnológico. Washington D.C. Monografía científica N° 22: capítulo 3: 33- 54; capítulo 6: 83- 125.
- McCune, N., Rosset, P. M., Salazar, T. C., Saldívar Moreno, A., and Morales, H. 2017. Mediated territoriality: rural workers and the efforts to scale out agroecology in Nicaragua. *J. Peasant Stud.* 44, 354–376. doi: 10.1080/03066150.2016.1233868
- McGreevy, S.R., Tamura, N., Kobayashi, M., Zollet, S., Hitaka, K., Nicholls, C.I., and Altieri, M.A. 2021. Amplifying agroecological farmer lighthouses in contested territories: navigating historical conditions and forming new clusters in Japan. *Front. Sustain. Food Syst.* 5, 699694 <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.699694>.
- McNaughton S., Wolf L. 1984. Diversidad y coexistencia de las especies. pp. 378-412. En: *Ecología general*. Ed. Omega. Barcelona. 713 p.
- Méndez VE, Bacon CM, Cohen R. 2013. Agroecology as a transdisciplinary, participatory, and action-oriented approach. *Agroecol Sustain Food Syst.* 37(1):3–18. doi:10.1080/10440046.2012.736926.
- Mestmacher, J., and Braun, A. 2020. Women, agroecology and the state: new perspectives on scaling-up agroecology based on a field research in Chile. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 45, 1–26. doi: 10.1080/21683565.2020.1837330
- Meul, M., Nevens, F., Reheul, D., & Hofman, G. 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(1), 135-144.
- Mier y Terán, M. Giraldo, O.F. Aldasoro, M., Morales, H. Ferguson, B. Rosset, P., M. Khadse, & A. Campos, 2018. Bringing agroecology to scale: Key drivers and emblematic cases. *Journal Agroecology and Sustainable Food Systems* 42 (6): 637-665.
- Migliorini, P. and A. Wezel. 2017. Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A review. *Agron. Sustain. Dev.*37:63 <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0472-4>
- Milà i 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.
- Ministerio de Hacienda. 2017. *Informes Productivos Provinciales*. Río Negro; Neuquén. Año 2, N° 13.
- Mohammadi A, Omid M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Appl Energy* 87:191–196

- Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., and Rafiee, H. 2010. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renew. Energy* 35 (5), 1071–1075 <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.09.004>.
- Montanaro G, Xiloyannis C, Nuzzo V, Dichio B. 2017. Orchard management, soil organic carbon and ecosystem services in Mediterranean fruit tree crops. *Sci Hortic* 217:92–101. doi:10.1016/j.scienta.2017.01.012
- Montanaro, G, G Celano, B Dichio & C Xiloyannis. 2010. Effects of soil-protecting agricultural practices on soil organic carbon and productivity in fruit tree orchards. *Land Degrad. Develop.* 21: 132-138.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- Moser SC. 2016. Can science on transformation transform science? Lessons from co-design. *Current Opinion in Environmental Sustainability.* 20: 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.10.007>
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T.S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR. Santa Cruz. Bolivia
- Mottes C, Lesueur-Jannoyer M, Le Bail M, Malézieux E. 2014. Pesticide transfer models in crop and watershed systems: a review. *Agron Sustain Dev* 34:229–250. doi:10.1007/s13593-013-0176-3
- 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.
- Murray C. 2014. Low-risk diet vs. availability: a mismatch, Institute for Health Metrics and Evaluation 41. Washington University
- Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee, S., & Mobtaker, H. G. 2014. Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 65, 311-317.
- Nagendra, H. 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography*, 22(2), 175–186. [https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(02\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(02)00002-4)
- Naredo, JM., P. Campos. 1980. La energía de los sistemas agrarios. *Agricultura y Sociedad. Secretaría Técnica del Ministerio de Agricultura y Pesca.* 15: 163-256.
- Neher, D.A. 2001. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *J. Nematol.* 33:161-168.
- Neira, E. A. 1996. Energy utilization in apple production in the province of Curico, Chile. Disponible en <http://agris.fao.org/aos/records/CL19970087309>
- Neumayer E. 2004. Indicators of sustainability. In: Tietenberg T, Folmer H (eds) *The International yearbook of environmental and resource economics 2004 A survey of current issues.* Edward Elgar, Cheltenham, pp 138–188.
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., Kobayashi, M., Tamura, N., McGreevy, S. R., and Hitaka, K. 2020. Assessing the agroecological status of a farm: a principle-based assessment tool for farmers. *Agroecol. Sur.* 48, 29–41. doi: 10.4206/agrosur.2020.v48n2-04
- Nicholls, C.I., Altieri, M.A., Vazquez, L. 2016. Agroecology: Principles for the conversion and redesign of farming systems. *Journal of Ecosystem and Ecography* S5, 1. <https://doi.org/10.4172/2157-7625.s5-010>

- Nicholls, C.I., and Altieri, M.A. 2018. Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 42 (10), 1170–1193 <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1499578>.
- Nobre M, Hora K, Brito C, Parada S. 2017. Atlas de las mujeres rurales de América Latina y el Caribe – al tiempo de la vida y de los hechos. Santiago de Chile: FAO-RLC; p. 82.
- Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, PA., Castellani, V., Serenella, S. 2016. Environmental impacts of food consumption in Europe *Journal of Cleaner Production* xxx .1-13
- Ntidi, K. 2008. Plant-parasitic nematodes associated with weeds in develop in agriculture with special reference to root – knot nematodes. Thesis. North-West University. Potchefstroom Campus. South Africa.
- Ntidi, K.N., H. Fourie, A.H. Mc Donald, D. De Waele & Ch. M.S. Mienie. 2012. Plant-parasitic nematodes associated with weeds in subsistence agriculture in South Africa. *Nematology* 14(7): 875-887.
- Odum, E. y G. W. Barret. 2006. *Fundamentos de Ecología*. ISBN 9706864709. Cengage Learning Latin America. 598 pag.
- Odum, E.P. 1984. Properties of Agroecosystems. Pp. 5-11 en Lowrance, R., B.R. Stinner y G.J. House (eds.). *Agricultural Ecosystems. Unifying Concepts*. John Wiley and Sons. New York. EE.UU.
- OECD/FAO. 2021. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>.
- Okan Arıkan, E. and U. Aksoy. 2020. Calculating carbon emissions in Turkish organic and conventional dried fig production. *Acta Hort.* 1286. ISHS 2020. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1286.37. XXX IHC – Proc. II Int. Symp. on Organic Hort. for Wellbeing of the Environ. and Population Eds.: M. Dorais and U. Aksoy. 269-276
- Ostergaard E, Lieblein G, Breland TA, Francis C. 2010. Students learning agroecology: phenomenon-based education for responsible action. *J Agric Educ Extension*. 16(1):23–37. doi:10.1080/13892240903533053.
- Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renew. Energy* 29 (1), 39–51 [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00135-6)
- Page G, Kelly T, Minor M, Cameron E. 2011. Modeling carbon footprints of organic orchard production systems to address carbon trading: an approach based on life cycle assessment. *Hortscience* 46: 324–327
- Page G. 2009. An environmentally-based systems approach to sustainability analyses of organic fruit production systems in New Zealand. PhD Dissertation. Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Page, G. 2011. Modelling sustainability: what are the factors that influence sustainability of organic fruit production systems in New Zealand? *Org. Agr.* (2011) 1:55–64 DOI 10.1007/s13165-011-0005-4
- Paleologos, M. F.; M. J. Iermanó; M. L. Blandi; Sarandón, S.J. 2017. Las relaciones ecológicas: un aspecto central en el rediseño de agroecosistemas sustentables, a partir de la Agroecología. *Redes - Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul*, v. 22, n. 2:92-115. DOI: 10.17058/redes.v22i2.9346
- Paleologos, M.F.; Flores, C.C.; Sarandon, S.J.; Stupino, S.A., Bonicatto, M.M. 2008. Abundancia y diversidad de la entomofauna asociada a ambientes seminaturales en fincas hortícolas de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Rev. Bras. de Agroecología*. 3(1): 28-40. ISSN: 1980-9735
- Papendieck, S. 2010. La Huella de Carbono como Nuevo Estándar Ambiental en el Comercio Internacional de Agroalimentos: Informe Final. ATN/ME-9565-RG BIDFOMIN, 82
- Paradis, E. 2005. *R for Beginners*.

- PAS 2050 (Publically Available Specification). 2011. The Guide to PAS 2050:2011. How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in your supply chain. Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs), DECC (Dept. of Energy and Climate Change), BIS (Department for Business, Innovation and Skills). BSI London, British Library Cataloguing in Publication Data, 74.
- Pengue, W. 2015. Suelos, Huellas de Nutrientes y Estabilidad Ecosistémica. *Fronteras* 13:1-18
- Pengue, W. y Feinstein, H.A. 2013. Nuevos enfoques de la economía ecológica. Una perspectiva latinoamericana sobre el desarrollo. Lugar Editorial. 336p.
- Perkins, R. 2020. Regenerative agriculture. RP59 N/Richard Perkins.
- Petchey OL, Gaston KJ. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecol Lett* 9:741–758. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x>
- Pimentel, D. 1984. Energy Flow in Agroecosystems. Pp. 121-132 In: Lowrance, R; BR Stinner & GJ House (eds.), *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*. John Wiley & Sons, New York.
- Pimentel, D. 2009. Energy Inputs in Food Crop Production in Developing and Developed Nations. *Energies* 2, 1-24; doi:10.3390/en20100001
- Pimentel, D., Berardi, G., Fast, S., 1990. Energy efficiencies of farming wheat, corn, and potatoes organically. In: *Organic Farming Current Technology, its Role in Sustainable Agriculture*, ASA, USA, pp. 151– 161 (special publication number 46)
- Pimentel, D., Dazhong, W. and Giampietro, M. 1990. Technological changes in U.S. agricultural energy use. In: S.R. Gliessman (Editor), *Agroecology: Researching the Ecological Basis For Sustainable Agriculture*. Springer, New York, pp. 305-321.
- Ploeg, V.D.J. 2019. Imperios alimentarios, soberanía alimentaria y lucha de clases. *ReLaER* 4 (7), 165–187.
- Polk, M., 2015. Transdisciplinary co-production: designing and testing a transdisciplinary research framework for societal problem solving. *Futures* 65, 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.11.001>.
- Power AG. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 365:2959–2971. doi:10.1098/rstb.2010.0143
- Pretty J, Benton TG, Bharucha ZP, Dicks LV, Flora CB, Godfray HCJ, Goulson D, Hartley S, Lampkin N, Morris C, Pierzynski G, Prasad PVV, Reganold J, Rockström J, Smith P, Thorne P, Wratten S. 2018. Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nat Sustain* 1:441–446. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>
- Prost, L. et al. 2023. Key research challenges to supporting farm transitions to agroecology in advanced economies. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 43:11 <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00855-8>.
- PROVINCIA DE NEUQUÉN Y PROVINCIA DE RÍO NEGRO. 2018. Proyecto Apoyo a la mejora de la gestión ambiental en la región metropolitana de Confluencia. Ministerio del interior, obras públicas y vivienda; Presidencia de la Nación. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento\\_de\\_proyecto\\_apoyo\\_a\\_la\\_mejora\\_de\\_la\\_gestion\\_ambiental-\\_confluencia\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento_de_proyecto_apoyo_a_la_mejora_de_la_gestion_ambiental-_confluencia_0.pdf)

- R Core Team. 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>.
- Racskó, J., Nagy, P.T., Szabó, Z., Gonda, I., Soltész, M., Nyéki, J. and Dussi, M.C. 2008. Soil-plant and fruit quality relationships in integrated and organic apple production. En: Prange and Bishop (Ed.). Proc. XXVII Int. Hort. Congress-Int. Symp. on Sustainability through Integrated and Organic Hort. Acta Hort 767:337-343. ISHS
- Rafiee, S., Avval, S. H. M., & Mohammadi, A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*, 35(8), 3301-3306.
- Ramírez-García J, Carrillo JM, Ruiz M, Alonso-Ayuso M, Quemada M. 2015. Multicriteria decision analysis applied to cover crop species and cultivars selection. *Field Crop Res* 175:106–115. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.02.008>
- Ratliff RD. 1993. Viewpoint: trend assessment by similarity – a demonstration. *Journal of Range Management* 46:139-141.
- Redondo, O. C., & Pérez, J. M. N. 2006. Sobre la evolución de los balances energéticos de la agricultura española, 1950-2000. *Historia agraria: Revista de agricultura e historia rural*, (40), 531-556
- Reganold J, Glover J, Andrews P, Hinman H (2001) Sustainability of three apple production systems. *Nature* 410:926–930
- Ricci B, P Franck, J Bouvier, D Casado & C Lavigne. 2011. Effects of hedgerow characteristics on intra-orchards distribution of larval codling moth. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 140 (3-4): 395-400.
- Ricklefs R.E. 1998. *Invitación a la Ecología. La economía de la naturaleza*. Ed. Panamericana. España. 692 p.
- Rist, S., Herweg, K., 2016. Support Material Lecture on Applied Integrative Geography. Institute of Geography, University of Bern, Bern.
- Rodríguez A. y Muñoz, A. 2022. Ediciones INTA. ISBN 978-987-679-330-8
- Rodríguez-Entrena M, Barreiro-Hurlé J, Gómez-Limón J, EspinosaGoded M, Castro-Rodríguez J. 2012. Evaluating the demand for carbon sequestration in olive grove soils as a strategy toward mitigating climate change. *J Environ Manag* 112:368–376. doi:10.1016/j.jenvman.2012.08.004
- Rosendahl, J., Zanella, M.A., Rist, S., Weigelt, J., 2015. Scientists' situated knowledge: strong objectivity in transdisciplinarity. *Futures* 65, 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.10.011>.
- Sala S., Crenna E., Secchi M., Pant, R. 2017. Global normalisation factors for the Environmental Footprint and Life Cycle Assessment, EUR (28984), Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN (978-92-79-77214-6), doi (10.2760/775013), JRC109878.
- Sami M, Shiekhdavoodi MJ, Asakereh A. 2011. Energy use in apple production in the Esfahan province of Iran. *Afr Crop Sci J* 19(2):125–130
- Sánchez , E.E. 1999. *Nutrición Mineral de Fruta de Pepita y Carozo* (RN, Argentina: INTA Alto Valle).
- Sánchez E, A Giayetto, L Cichón, D Fernández, MC Aruani & M Curetti. 2007. Cover crops influence soil properties and tree performance in an organic apple (*Malus domestica* Borkh) orchard in northern Patagonia. *Plant and Soil*. 292:193–203.
- Sánchez-Moreno, S. and Ferris, H. 2007. Suppressive service of the soil food web: Effects of environmental management. *Agr. Ecosyst. Environ.* 119:75-87.

- Santagni, A.; W. Nievas; S. Di Masi; F. Menni. 2022. Prospectiva frutícola del Alto Valle del río Negro al 2035. Revisión del presente frutícola para la construcción de arquetipos de escenarios. 63 pag Centro Regional Patagonia Norte, Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle.
- Santoni, M.; Ferretti, L.; Migliorini, P.; Vazzana, C.; Pacini, G.C. 2022. A review of scientific research on biodynamic agriculture *Org. Agr.* 12:373–396 <https://doi.org/10.1007/s13165-022-00394-2>
- Sarandón SJ. 2002. Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable. (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata. 560 pgs. ISBN:987-9486-03-X
- Sarandón, S. 2020. Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. - 1a ed. - La Plata. Universidad Nacional de La Plata; EDULP. 429p.
- Sarandón, S.J., Flores C.C. (ed.). 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. La Plata: Edulp, 2014, p. 131- 158. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>.
- Sardiña, C; L Guerrero; M Orelia; & A Quiroga. 2008. Cultivo de cobertura, efectos de la fertilización sobre la producción de biomasa, eficiencia de uso del agua y el cultivo sucesor. En: VII Congreso Nacional de trigo, V Simposio Nacional de Cereales de siembra otoño-invernal, I Encuentro del MERCOSUR. Santa Rosa, La Pampa, 2 al 4 de julio de 2008.
- Saure M. 1990. External control of anthocyanin formation in apple. *SciHortic (Amsterdam)* 42:181–218. doi:10.1016/0304-4238(90) 90082-P
- Scandellari, F.; G. Caruso; G. Liguori; F. Meggio; A.M. Palese; D. Zanutelli; G. Celano; P. Inglese; A. Pitacco; M. Tagliavini. 2016. A survey of carbon sequestration potential of orchards and vineyards in Italy *Eur. J. Hortic. Sci.* 81(2), 106–114. ISSN 1611-4426 print, 1611-4434 online | <http://dx.doi.org/10.17660/eJHS.2016/81.2.4>.
- Scavo A, Restuccia A, Lombardo S, Fontanazza S, Abbate C, Pandino G, Anastasi U, Onofri A, Mauromicale G. 2020. Improving soil health, weed management and nitrogen dynamics by *Trifolium subterraneum* cover cropping. *Agron Sustain Dev* 40:18. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00621-8>
- Scavo, A., Fontanazza, S., Restuccia, A., Pesce, G.R., Abbate, C., Mauromicale, G., 2022. The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 42(5), 93.
- Schlosser WE, Bassman JH, Wandschneider PR, Everett RL. 2003. A carbon balance assessment for containerized *Larix gmelinii* seedlings in the Russian Far East. *For Ecol Manag* 173:335–351
- Scholz RW, Steiner G. 2015. The real type and ideal type of transdisciplinary processes: part I – theoretical foundations. *Sustain Sci.* 10:527–544. doi:10.1007/s11625-015-0326-4.
- Secretaría de Fruticultura, 2011. Balance frutícola temporada 2009-2010. Complejo peras-manzanas. Río Negro Neuquén.
- Sellepiane, A.V., y Sarandón, S.J. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola de La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia* 3 (3), 67–78.
- SENASA. 2017. Situación de la Producción Orgánica en la Argentina durante el año 2016. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria: SENASA. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/5\\_situacion\\_de\\_la\\_po\\_en\\_la\\_argentina\\_2016.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/5_situacion_de_la_po_en_la_argentina_2016.pdf)

- SENASA. 2020. a) Anuario Estadístico 2020. Centro Regional Patagonia Norte. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anuario\\_estadistico\\_senasa\\_crpn\\_2020.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anuario_estadistico_senasa_crpn_2020.pdf); <https://www.argentina.gob.ar/senasa>
- SGAyDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).
- Shannon, C., & Weaver, G. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press.
- Sharma P, Singh A, Kahlon CS, Brar AS, Grover KK, Dia M, Steiner RL. 2018. The role of cover crops towards sustainable soil health and agriculture – a review paper. *Am J Plant Sci* 9:1935–1951. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99140>
- Shen F-T, Lin S-H. 2021. Priming effects of cover cropping on bacterial community in a tea plantation. *Sustainability* 13:4345. <https://doi.org/10.3390/su13084345>
- Shepherd M, Pearce B, Cormack B, Philipps L, Cuttle S, Bhogal A et al. 2003. An assessment of the environmental impacts of organic farming: a review for Defra-funded project. [http://orgprints.org/6784/02/OF0405\\_909\\_TRP.pdf](http://orgprints.org/6784/02/OF0405_909_TRP.pdf). Accessed 23 Feb 2006
- Shiva, V. 2001. “Globalización y pobreza”. *LEISA Revista de Agroecología*, 17(2): 7-9.
- Simon S, Bouvier J, Debras J, Sauphanor B. 2010. Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agron Sustain Dev* 30: 139–152. doi:10.1051/agro/2009013
- Simon, S., Lesueur-Jannoyer, M., Plenet, D., Lauri, P.E., Le Bellec, F., 2017. Methodology to design agroecological orchards: learnings from on-station and on-farm experiences. *Eur. J. Agron.* 82, 320–330.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of Diversity. *Nature*, 163(4148), 688–688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Sinclair, F. and Coe, E. 2019. The options by context approach: a paradigm shift in agronomy. *Expl Agric.* volume 55 (S1), pp. 1–13.
- Sirocchi, A.P., Dussi, M.C., Flores, L.B., and Zon, K.D. 2022. Comercialización de productos agroecológicos y cooperativos en la Patagonia: el caso de Río Colorado. Paper presented at: II Congreso Argentino de Agroecología. (Chaco, Argentina).
- Smith R. y Smith T. 2001. *Ecología*. 4ª Edición. Pearson Educación S.A. Madrid. 639 p.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philos. Trans. R. Soc. B* 363, 789–813.
- Smyth AJ, Dumanski J. 1995. A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal Soil Science* 75:401-406.
- Soler, P.E.; Berroterán, J.L.; Gil, J.L. y Acosta R. A. 2012. Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Trop.* 62(1 - 4): 25-37.
- Soriano Niebla, J. J. 2011. El método de Investigación Acción Participativa. Aplicación al manejo y recuperación de los recursos genéticos locales. [Curso]. Centro Nacional de Capacitación San Fernando de Henares.

- [https://www.academia.edu/1953638/El\\_m%C3%A9todo\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Accidental\\_Participativa\\_Aplicaci%C3%B3n\\_al\\_manejo\\_y\\_recuperaci%C3%B3n\\_de\\_los\\_recurso\\_gen%C3%A9ticos\\_locales](https://www.academia.edu/1953638/El_m%C3%A9todo_de_Investigaci%C3%B3n_Accidental_Participativa_Aplicaci%C3%B3n_al_manejo_y_recuperaci%C3%B3n_de_los_recurso_gen%C3%A9ticos_locales)
- Soverna, S. 2021. Censos Nacionales. Política Agropecuaria. La Argentina Agropecuaria: vista desde las provincias: un análisis de los resultados preliminares del CNA 2018 -1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: IADE.
- Statistics and Emerging Trends 2020 Frick: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL); Bonn: IFOAM – Organics International.
- Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell S, Fetzer I, Bennett E, Biggs R, Carpenter S, Vries W, de Wit C, Folke C, Gerten D, Heinke J, Persson L, Ramanathan V, Reyers B, Sörlin S. 2015. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Steiner A, Aguilar G, Bomba K, Bonilla JP, Campbell A, Echeverria R, Gandhi R, Hedegaard C, Holdorf D, Ishii N, Quinn K, Ruter B, Sunga I, Sukhdev P, Verghese S, Voegelé J, Winters P, Campbell B, Dinesh D, Huyer S, Jarvis A, Loboguerrero Rodríguez AM, Millan A, Thornton P, Wollenberg L, Zebiak S. 2020. Actions to transform food systems under climate change. Wageningen, The Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Steiner R. 2009. Curso sobre agricultura biológico-dinámica. Buenos Aires. Argentina. Ed. Antroposófica.
- Sterling EJ, Betley E, Sigouin A, Gomez A, Toomey A, Cullman G. 2017. Assessing the evidence for stakeholder engagement in biodiversity conservation. *Biological Conservation*. 209: 159–171. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.008>
- Strapatsa AV, Nanos GD, Tsatsarelis CA. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agric Ecosyst Environ*.116:176–180
- Stupino SA, JL Frangi, SJ Sarandón, MF Arturi & AC Ferreira. 2008. Plant diversity in two farm under organic and conventional management in La Plata, Argentina. A case study. *Revista Brasileira de Agroecología*3 (3): 24-35.
- Svampa, M. y E. Viale. 2014. Megadesarrollo. La Argentina del extractivismo y el despojo. Katz Ed. 425 pag.
- Swift MJ, MN Izac & M van Noordwijk. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes— are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113–134.
- Tahir II, Svensson S-E, Hansson D. 2015. Floor management systems in an organic apple orchard affect fruit quality and storage life. *Hort Sci* 50:434–441. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.3.434>
- Talamoni, S. 2020. Características y actuales tendencias en el mercado de alimentos orgánicos. El agregado de valor: principal desafío de los elaboradores de productos orgánicos. INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Organicos/documentos/Analisis-INTI-ProductosOrganicos.pdf?fbclid=IwAR1B8w21sAvQ-e9aTbQDAuuJ8p6ccv5nRYmIP1t\\_2F7BOz-R6NWsIAiXEdU](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Organicos/documentos/Analisis-INTI-ProductosOrganicos.pdf?fbclid=IwAR1B8w21sAvQ-e9aTbQDAuuJ8p6ccv5nRYmIP1t_2F7BOz-R6NWsIAiXEdU)
- Teubal, M. 2001. “Globalización y nueva ruralidad en América Latina”. En: N. Giarraca (Ed) ¿Una Nueva Ruralidad en América Latina?. 45-65. Buenos Aires: CLACSO-Asdi

- Tieri, M. P., Comeron, E.A., Pece, M.A., Herrero, M.A., Engler, P., Charlon, V. and Garcia, K. 2014. Indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad integral de los sistemas de producción de leche con énfasis en el impacto ambiental (Publicación Miscelánea), p. 2314–3126.
- Tilman, D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity a search for general principles. *Ecology* 80:1455-1474.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- Tittonell, P. 2023. A Systems Approach to Agroecology. ISBN 978-3-031-42937-8 ISBN 978-3-031-42939-2 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-031-42939-2>. 393p
- Tittonell. 2014. Ecological intensification – sustainable by nature. *Curr Opin Environ Sustain* 8:53–61
- Toranzo, J. 2016. Producción mundial de manzanas y peras. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle del INTA.
- Tubiello, F.N., Rosenzweig, C., Conchedda, G., Karl, K., Gütschow, J., Xueyao, P., Obli-Laryea, G., Wanner, N., Qiu, S.Y., De Barros, J., et al. 2021. Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. *Environmental Research Letters* 16, 065007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac018e> Turrialba, Costa Rica. 359 pp.
- Turcotte, M. M., H. Araki, D. S. Karp, K. Poveda, and S. R. Whitehead. 2017. The Eco-evolutionary Impacts of Domestication and Agricultural Practices on Wild Species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 372(1712): 20160033. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0033>.
- Tüzel, Y., and Bertschinger, L. 2020. Future direction and opportunities for horticultural research. *Chronica Hortic.* 60 (1), 9-19.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2010. Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009. FCCC/CP/2009/11/Add.1.
- Valdez, N., Pérez, D. and Marquéz, M. 2009. Evaluación del índice de estabilidad a nivel de ecosistema agrícola. *Cultrop*. 30 (2). Version online ISSN 1819-4087.
- Vandermeer J & I Perfecto. 1995. Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction. Food First Books, Oakland. 185 pp.
- Vandermeer J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press. Cambridge, New York, 237 pp.
- Vázquez LL y Martínez H. 2015. Propuesta metodológica para la evaluación del proceso de reconversión agroecológica. *Agroecología, España*, 10 (1): 33-47.
- Venkat, K. 2012. Comparison of Twelve Organic and Conventional Farming Systems: A Life Cycle Greenhouse Gas Emissions Perspective. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36:620–649. DOI: 10.1080/10440046.2012.672378
- Ventura, M., Zhang, C., Baldi, E., Fornasier, F., Sorrenti, G., Panzacchi, P., Tonon, G., 2014. Effect of biochar addition on soil respiration partitioning and root dynamics in an apple orchard. *Eur. J. Soil Sci.* 65, 186–195.
- Vergara-Sánchez, M. Á., Etchevers-Barra, J. D., & Vargas-Hernández, M. 2004. Variabilidad del carbono orgánico en suelos de ladera del sureste de México. *Terra Latinoamericana*, 22(3), 359-367.

- Viketoft, M.; Bengtsson, J.; Sohlenius, B.; Berg, M.; Petchey, O.; Palmborg, C.; Huss-Danell, K. 2009. Long-term effects of plant diversity and composition on soil nematode communities in model grasslands. *Ecology*. 90: 90–99. DOI:10.1890/08-0382.1
- Villarreal, M. del Carmen; F. A. Cabrera; F. A. Villarreal. 2019. Inventarios e índices de diversidad agrícola en fincas campesinas de dos municipios del Valle del Cauca, Colombia. *Entramado* vol.15 N 2:264-274
- Wamsler, C., 2017. Stakeholder involvement in strategic adaptation planning: transdisciplinarity and co-production at stake? *Environ. Sci. Policy* 75, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.03.016>.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., and David, C. 2009. Agroecology as a science, a movement, and a practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29 (4), 503–515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- Wezel, A., Goette, J., Lagneaux, E., Passuello, G., Reisman, E., Rodier, C., et al. 2018. Agroecology in Europe: research, education, collective action networks, and alternative food systems. *Sustainability* 10:1214. doi: 10.3390/su10041214
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., and Sinclair, F. 2020. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 40, 1–13. doi: 10.1007/s13593-020-00646-z
- Willer, H.; Schlatter, B.; Trávníček, J.; Kemper, L. and Lernoud, J. (Eds). 2020. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2020. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn.
- Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, Garnett T, Tilman D, DeClerck F, Wood A, Jonell M, Clark M, Gordon LJ, Fanzo J, Hawkes C, Zurayk R, Rivera JA, De Vries W, Majele Sibanda L, Afshin A, Chaudhary A, Herrero M, Agustina R, Branca F, Lartey A, Fan S, Crona B, Fox E, Bignet V, Troell M, Lindahl T, Singh S, Cornell SE, Srinath Reddy K, Narain S, Nishtar S, Murray CJL. 2019. Food in the anthropocene: the EAT-lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 393(10170):447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Wilson, GA. 2008. From “weak” to “strong” multifunctionality: Conceptualising farm-level multifunctional transitional pathways. *Journal of Rural Studies* 24: 367–383. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2007.12.010>.
- Wistinghausen von C., Scheibe W., Heilmann H., Wistinghausen E, von König U.J. 2011. El empleo de preparados biodinámicos. 74p. 1ª edición. Villa Adelina. Buenos Aires Argentina. Ed.Antroposófica.
- Witneben, B. B., & Kiyar, D. 2009. Climate change basics for managers. *Management Decision*, 47(7), 1122-1132.
- Wortman SE, Francis C, Lindquist JL. 2012. Cover crop mixtures for the western Corn Belt: opportunities for increased productivity and stability. *Agron J* 104:699–705. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0422>
- Wu, T., Wang, Y., Yu, C., Chiarawipa, R., Zhang, X., Han, Z., & Wu, L. 2012. Carbon sequestration by fruit trees. Chinese apple orchards as an example. *PloS one*,7(6), e38883.
- 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.UTALCA.CL/handle/1950/8468>

- Yeates GW. 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biol Fertil Soils* 37:199–210
- Yeates, G.W., Bongers, T. De Goede, R.G.M., Freckman, D.W. and Georgieva, S.S. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera - An outline for soil ecologists. *J. Nematol.* 25:315-331
- Yilmaz I, Ozalp A, Aydogmus F. 2010. Determination of the energy efficiency in dwarf apple production in Antalya province: a case study for Elmali. *Mediterr Univ J Agric Fac* 23(2):93–97.
- Zanotelli D, Montagnani L, Manca G, Scandellari F, Tagliavini M. 2015. Net ecosystem carbon balance of an apple orchard. *Eur J Agron* 63:97–104. doi:10.1016/j.eja.2014.12.002
- Zanotelli D, Montagnani L, Manca G, Tagliavini M. 2013. Net primary productivity, allocation pattern and carbon use efficiency in an apple orchard assessed by integrating eddy covariance, biometric and continuous soil chamber measurements. *Biogeosciences* 10:3089–3108. doi:10.5194/bg-10-3089-2013.
- Zarco-Espinosa, VM; Valdez-Hernández, JI; Ángeles-Pérez, G.; Castillo-Acosta, O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal agua blanca, Macuspana, Tabasco. [www.ujat.mx/publicaciones/uciencia](http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia) 26(1):1-17.
- Zerbino, M. S., and Leoni, C. 2012. Importancia de la biodiversidad para el funcionamiento de los agroecosistemas. INIA, Programa Nacional Investigación, Producción y Sustentabilidad Ambiental. Uso de la biodiversidad para la evaluación del impacto de la intensificación agrícola y el diseño de agroecosistemas sustentables. Las Brujas, Canelones, Uruguay. INIA, 6-19.
- 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.
- Zhang W, Ricketts T, Kremen C, Carney K, Swinton S. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecol Econ* 64:253–260. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.02.024
- Zollet, S., and Maharjan, K. L. 2021. Overcoming the barriers to entry of newcomer sustainable farmers: insights from the emergence of organic clusters in Japan. *Sustainability* 13:866. doi: 10.3390/su13020866
- Zon K., Dussi, M.C.; Flores, L.; Lopez, A. 2011. Comercio Justo. ¿Una alternativa diferente para la comercialización de peras?. VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y desarrollo. La Habana, Cuba.
- Zóppolo, R.J., D. Stefanelli, G.W. Bird, and R.L.Perry. 2011. Soil properties under different orchard floor management systems for organic apple production. *Org. Agr.* 1:231–246.
- Zuloaga, F. O. and Morrone, O. (eds.) 1996. Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina I. Pteridophyta, Gymnospermae y Angiospermae (Monocotyledoneae). *Monogr. Syst. Bost. Missouri Bot. Gard* 60:1-323.
- Zymarioieva A., Zhukov O., Fedoniuk T., Pinkina T., Hurelia V. 2021. The relationship between landscape diversity and crops productivity: landscape scale study. *Journal of Landscape Ecology*. Vol: 14 / No. 1. 39-58.

## Publicaciones realizadas

- Dussi, M.C. 2024. Chapter 36: Transformation of the agrifood system as an urgent need in the face of climate change. *Advances in organic farming*. L.P. Awasthi (Editor). CABI. aprobado para su publicación 2024.
- Dussi, M.C, Flores, L.B., Gómez, E., Dussi, S., Barrionuevo, M. and Zon, K. 2023. Reconversión agroecológica en una finca. Patagonia, Argentina. IX Congreso Latinoamericano de Agroecología: diversidad biocultural para la salud de las comunidades y los ecosistemas, 2022 Costa Rica, memoria ISBN 978-9968-572-34-7. 242-247.
- Dussi MC, Lauri PÉ. 2023. Agroecology and its role within ISHS. *Chronica Horticulturae* 63 (4), 12-14.
- Flores, L. B.; Dussi, M. C.; Barrionuevo, M. E.; Zon K.; Gómez, M. E.; Dussi, S. Educación y Transformación agroecológica. III Congreso Argentino de Agroecología. 29, 30 nov. y 1 dic 2023 El Bolsón, Río Negro.
- Dussi, M.C.; Flores L.B.; Barrionuevo, M.E.; Zon, K.; Gómez E.; Dussi, S. Tejiendo tramas comunitarias agroecológicas: La experiencia de ampliar la producción de biopreparados con alianzas estratégicas. III Congreso Argentino de Agroecología. 29, 30 nov. y 1 dic 2023. El Bolsón, Río Negro.
- Vargas, S. R.; Dorr, C. A.; De Oliveira, R. J.; Dussi, M.C.; Franco, S.F. El Sello DEMETER en Brasil: La trayectoria de la certificación auditada y participativa. III Congreso Argentino de Agroecología. 29, 30 nov. y 1 dic 2023 El Bolsón, Río Negro.
- Vargas, S. R.; De Oliveira, R. J.; Guimarães, M. G.; Dussi, M.C.; Franco, S. F. Las Raíces Biodinámicas en la formación de las Comunidades que Sostienen la Agricultura: la contingencia brasileña. III Congreso Argentino de Agroecología. 29, 30 nov. y 1 dic 2023 El Bolsón, Río Negro.
- De Oliveira, R. J.; Vargas, S. R.; De Souza, S. R.; Dussi, M.C. Bioinsumos en Brasil: Consideraciones Agroecológicas en el Debate Actual. III Congreso Argentino de Agroecología. 29, 30 nov. y 1 dic 2023 El Bolsón, Río Negro.
- Curruhuinca, I., Furlan, N., Dussi M.C. Saberes que se expanden desde la cordillera andina: la experiencia junto a Irma Curruhuinca. III Congreso Argentino de Agroecología. 29, 30 nov. y 1 dic 2023 El Bolsón, Río Negro.
- Zon, K., M.C. Dussi, L. Flores, M. Barrionuevo. 2023. El rol de las mujeres en la tracción del proceso organizativo, la articulación y la transmisión de saberes de la agroecología como garantía de derechos en el marco de la UNDROP. *LEISA*. Vol 38 (1): 55-59. <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol38n1.pdf>
- Dussi, M.C. 2022. Is it possible to construct a sustainable agrifood system as a resilience strategy to climate change? Research for Organic Agriculture to tackle future challenges. ISOFAR international scientific workshops. Proceedings. Goesan, South Korea International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR). 234-240. doi:10.1007/s13165-016-0171
- Dussi, M.C. and Simon, S. 2022. Agroecology and system approach for sustainable and resilient horticultural production. *ActaHortic.*1355,1-4 DOI:10.17660/ActaHortic.2022.1355.1 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1355.1>
- Dussi M.C.; Barrionuevo M.B.; Gómez M.E.; Flores L. B.; Zon K. 2022. Educación y difusión de prácticas agroecológicas: compostaje. 978-950-766-203-4 II Congreso Argentino de Agroecología, Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE), Chaco- región NEA, del 13 al 15 de octubre de 2021. <https://rid.unam.edu.ar/handle/20.500.12219/3883> 497-500

- Gómez M. E.; Dussi M.C.; Iglesias E.; Barrionuevo M.E.; Flores L. B. 2022. Experiencia de aplicación de la técnica de cromatografía en la evaluación del manejo de suelos. II Congreso Argentino de Agroecología, Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE), Chaco- región NEA, del 13 al 15 de octubre de 2021. <https://rid.unam.edu.ar/handle/20.500.12219/3883>.
- Prieto C.; Flores L. B.; Bondoni M.; Dussi M.C. 2022. Valorización de la diversidad vegetal en la provincia fitogeográfica del monte: Una experiencia en educación superior. II Congreso Argentino de Agroecología, Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE), Chaco- región NEA, del 13 al 15 de octubre de 2021. <https://rid.unam.edu.ar/handle/20.500.12219/3883>.
- Sirocchi A.P.; Dussi M.C.; Flores L.B.; Zon K.D. 2022. Comercialización de productos agroecológicos y cooperativos en la Patagonia: el caso de Río Colorado. II Congreso Argentino de Agroecología, Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE), Chaco- región NEA, del 13 al 15 de octubre de 2021. <https://rid.unam.edu.ar/handle/20.500.12219/3883>
- Dussi, M.C.; C. Fernández, Y. Machuca and L. Flores. 2021. Energy efficiency in a pear agroecosystem. *Acta Hortic.* 1303:419-426. ISHS 2021. DOI 10.17660/ActaHortic.2021.1303.58.
- Dussi, M.C.; Barrionuevo, M.; Gómez, E.; Flores, L. y Zon, K. 2021. El Hacer Grupal Como Práctica Agroecológica. VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Memorias. 1002-1007. ISBN Obra Completa: 978-9974-0-1871-6. <http://www.fagro.edu.uy/index.php/publica-sistemas-ambientales>.
- Barrionuevo, M., L. Flores, M.C. Dussi. Compostaje de restos de faena de pollos. 2021. *Revista brasilera de Agroecología*. Vol. 16 | N°. 4 | p. 327-332. ISSN: 1980-9735. DOI: 10.33240/rba.v16i4.23323
- Flores, L; Dussi, M.C. y Barrionuevo. 2021. Percepción de Estudiantes en Ciencias Agrarias Sobre la Agroecología en el Contexto del Covid-19. VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Memorias. 988-994. ISBN Obra Completa: 978-9974-0-1871-6. <http://www.fagro.edu.uy/index.php/publica-sistemas-ambientales>.
- Flores, L. y Dussi, MC. 2021. Conceptualización De Un Sistema Frutícola Orgánico Familiar Certificado En el Valle De Río Negro. VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Memorias. 80-86. ISBN Obra Completa: 978-9974-0-1871-6. <http://www.fagro.edu.uy/index.php/publica-sistemas-ambientales>
- Barrionuevo, M.; Flores, L y Dussi, M.C. 2021. Prácticas Agroecológicas: Uso de Bocashi en Sistemas Familiares de Producción de Frutillas. VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Memorias. 1545-1550. ISBN Obra Completa: 978-9974-0-1871-6. <http://www.fagro.edu.uy/index.php/publica-sistemas-ambientales>
- Dussi, MC; C. Fernández and L.B. Flores. 2020. Energy flux analysis in fruit agroecosystems. *Acta Hortic.* 1286. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1286.24 XXX IHC – Proc. II Int. Symp. on Organic Hort. for Wellbeing of the Environ. and Population. 171-178
- Dussi MC; LB Flores, M Barrionuevo, L. Navarrete y C Ambort. 2020. Encuentro entre la agroecología y la agricultura biodinámica: ¿alternativa a la agricultura industrial?. *Agroecología*. 14 (1):35-40
- Dussi, M.C., C. Ambort, A. Heinze, C. Speranza, C. Fernández, L. B. Flores. 2020. Experiencia educativa para la construcción de otras corrientes agrícolas. Congreso Argentino de Agroecología. Primer Congreso Argentino de Agroecología. 1a. ed. adaptada. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría

- de Ciencia, Técnica y Posgrado. 1423 p.; DirecciónURL <https://bdigital.uncu.edu.ar/14315>. Fecha de consulta del libro: 2020-06-02. 1260-1355
- Elosegui, F., M.C. Dussi y L. Flores. 2020. Estrategia de resistencia de las agricultoras frutícolas de Río Negro, Argentina frente a un conflicto político-territorial. Congreso Argentino de Agroecología. Primer Congreso Argentino de Agroecología. 1a. ed. adaptada. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado. 1423 p.; DirecciónURL <https://bdigital.uncu.edu.ar/14315>. Fecha de consulta del libro: 2020-06-02. 891-894
- Amato Delavoipierre R.; Barrionuevo M.; Gittins C.; Flores L.; Dussi M.C. 2020. Biodiversidad funcional en agroecosistemas del Alto Valle, Patagonia Norte. Congreso Argentino de Agroecología. Primer Congreso Argentino de Agroecología. 1a. ed. adaptada. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado. 1423 p.; DirecciónURL <https://bdigital.uncu.edu.ar/14315>. Fecha de consulta del libro: 2020-06-02. 891-894. 639-643.
- Dussi, M. C.; Flores, L.B., Gómez E, Barrionuevo M., Ambort C., Alicia Manucci, Gonzáles V., Obreque, M.; Bielovucic, I. 2020. Creación del Espacio Demostrativo Experimental Agroecológico (EDEA). Quinto congreso del foro de universidades nacionales para la agricultura familiar. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, 15 y 16 de mayo de 2019. EDUCO - Universidad Nacional del Comahue. EDUCO - Editorial Universitaria del Comahue, 2020. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-604-540-7
- Dussi, M. C.; Flores, L.B. 2020. Agroecología, educación y agricultura familiar: resiliencia socioecológica al cambio climático. Quinto congreso del foro de universidades nacionales para la agricultura familiar. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, 15 y 16 de Mayo de 2019. EDUCO - Universidad Nacional del Comahue. EDUCO - Editorial Universitaria del Comahue, 2020. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-604-540-7
- Dussi, M. C.; Flores, L.B., Barrionuevo M., Ambort C., González V. Navarrete L. 2020. Otra agricultura es posible. Quinto congreso del foro de universidades nacionales para la agricultura familiar. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, 15 y 16 de Mayo de 2019. EDUCO - Universidad Nacional del Comahue. EDUCO - Editorial Universitaria del Comahue, 2020. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-604-540-
- Barrionuevo, M.; Flores, L.; Dussi MC. 2020. Caracterización de residuos de macrófitas acuáticas para la producción de compost. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. [www.revistas.unam.mx/index.php/aidis](http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis). vol.13.No.3:1022-1031. DOI:<http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.3.69832>
- Dussi, M.C., Flores, L.B., Barrionuevo, M.E. and Dussi, S.E. 2019. Agroecology in higher education: a multidimensional vision as a resilience strategy to climate change. Acta Hort. 1258, 79-86 DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1258.11 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1258.11>
- Dussi, M.C., L. B. Flores. 2019. Participación de la educación superior en la construcción de un modelo agroalimentario sustentable. Presentación oral. I Congreso Chileno de Agroecología. 17 al 18 de Octubre de 2019. Campus Pucón – Universidad de La Frontera, Pucón, Chile.

- Dussi, M.C. Producir y consumir en la agroecología. Dossier Bioeconomía 2019. Herramientas para el desarrollo comarcal. 85-88.
- Dussi, MC. 2019. Agroecology and education: socio-ecological resilience to climate change. *Chronica Horticulturae*. Vol 59 (1): 20-22
- Dussi, M. C.; L. B. Flores y M. E. Barrionuevo. 2019. Taller: "Agroecología y sustentabilidad: Resiliencia socioecológica al cambio climático" (Eje: Producción agropecuaria, promoción de la economía social y ecológica). En: Foro Ecovalle 2017 XI JBZAS Jornadas de Biodiversidad de las Zonas Áridas y Semiáridas del Comahue: las respuestas urbanas al cambio climático en la Patagonia: ¿Estamos preparados?. Pag. 81-87. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Universidad de Flores. Libro digital. ISBN 978-987-710-102-7. 87pag.
- Dussi, M.C. 2018. Organic Agriculture in Argentina. Country reports. ISOFAR, International Society of Organic Agriculture Research. <http://www.isofar.org/Country-reports/Argentina/>
- Dussi, M. C.; Fernández, C. y Flores, L. 2018. Hacia el uso sustentable de la energía en los agroecosistemas. *Cadernos de Agroecología – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1: 7-14.*
- Flores, L. B.; Dussi, M.C., Giménez, G. y Barrionuevo, M. 2018. Aportes a la comprensión de la sustentabilidad en fruticultura. *Cadernos de Agroecología – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1:8-16.*
- Dussi, M. C.; Fernández, C.; Flores, L. 2018. Huella de carbono en agroecosistemas de hoja caduca. *Cadernos de Agroecología – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1: 8-15.*
- Dussi, M.C. y L.B. Flores. 2018. Visión multidimensional de la agroecología como estrategia ante el cambio climático. *INTERdisciplina. REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*. 6, n° 14: 129-153. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich>. ISSN p 2395-969X.

## ANEXO

### ANEXO CAPITULO II

En las siguientes tablas se presentan para cada unidad productiva analizada los cálculos parciales de la energía indirecta (EI). Los costos energéticos de fertilizantes y herbicidas por unidad utilizada se calcularon en base a datos de Hernánz et al. (1995) y los costos por unidad de Insecticidas utilizados en base a Pimentel et al. (1990). No se consideró a *Cydia Pomonella Granulovirus* (CpGV) en el cálculo por su bajo impacto ambiental y especificidad.

ENERGIA INDIRECTA MANZANOS MANEJO ORGANICO UP LA ANTIGUA					
Motivo	Producto	Dosis/2000lt	Factor de conversion (MJ/l)	Energia (dosis x factor de conversion)	Energia asociada MJ/ha*
PSJ	Aceite mineral	50 l	355	17750	26625
Acaros y oidios	Polisulfuro	50 l	355	17750	26625
no dice	azufre micronizado	5 kgr	355	1775	2662,5
carocapsa	virus de la granulosis	1 l	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	1 l	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	Madex + carpoviru	1,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	1 ls	0	0	0
<b>TOTAL</b>					<b>55912,5</b>
* se aplican 3000l/ha					

PSJ: piojo de San José

ENERGIA INDIRECTA MANZANOS MANEJO CONVENCIONAL UP PECINI

Tipo	Nombre comercial	Composicion	Dosis	Cantidad	Factor de conversion (MJ/kg)	Energia (MJ/ha)
Suelo	Organutza	Nitrogeno (6%)	800 kg/ha	48 kg	80	3840
		Fosforo (2%)		16 kg	14	224
		Potasio (8%)		64 kg	7	448
		Calcio (3%)		sin dato	sin dato	sin dato
		Magnesio (3%)		sin dato	sin dato	sin dato
Foliar	sin dato	Fosforo	0,3lts	0,45 (considerando 1,5 maquinada/ha)	14	6,3
	sin dato	Zinc y Manganeseo	1lts	sin dato	sin dato	sin dato
	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato
<b>TOTAL</b>						<b>4518,3</b>

ENERGIA INDIRECTA MANZANOS MANEJO CONVENCIONAL UP PECINI

Motivo	Producto	Dosis/2000lt	Factor de conversion (MJ/l)	Energia (dosis x factor de conversion)	Energia asociada MJ/ha*
Arañuelas	Aceite invierno + Porcel	40,6 lts	355	14413	21619,5
Cochinillas	Porcel	0,6 ls	355	213	319,5
Oidio	Polisulfuro	50 lts	355	17750	26625
Arañuelas	Abamectina	1 lts	355	355	532,5
Arañuelas	Abamectina	1 lts	355	355	532,5
Arañuelas	Aceite de Verano	5 lts	355	1775	2662,5
Oidio	Dakar	0,5lts	355	177,5	266,25
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
	Carbaryl	2,4 kg	355	852	1278
carpocapsa	Zintrac	1lts	355	355	532,5
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
<b>TOTAL</b>					<b>57350,25</b>

\* se aplican 3000l/ha

ENERGIA INDIRECTA MANZANOS MANEJO CONVENCIONAL UP PECINI

Nombre comercial	Composición	Cantidad	Energía (MJ/l)	Cantidad de aplicaciones	Energía (MJ/ha)
Roundup	Glifosato 66%	4 l/ha	450	3	5400
<b>TOTAL</b>					<b>5400</b>

**ENERGÍA INDIRECTA PERALES MANEJO ORGANICO UP 168**

Nombre comercial	Composición	Dosis	Cantidad	Factor de conversion (MJ/kg)	Energia (MJ/ha)
BIO Organutza	Nitrogeno (5%)	1000 kg/ha	40 kg	80	3200
	Fosforo (4%)		32 kg	14	448
	Potasio (3%)		24 kg	7	168
	Calcio (3%)		sin dato	sin dato	sin dato
	Magnesio (3%)		sin dato	sin dato	sin dato
MIR Boro	Boro	1 ls/ha	sin dato	sin dato	sin dato
MYR Zinc	Zinc	1ls/ha	sin dato	sin dato	sin dato
Aminoquelac Calcio	Calcio	4 ls/ha	sin dato	sin dato	sin dato
<b>TOTAL</b>					<b>3816</b>

**ENERGIA INDIRECTA PERALES MANEJO ORGANICO UP 168**

Motivo	Producto	Dosis/maquinada	Factor de conversion (MJ/ls)	Energia (dosis x factor de	Energia asociada MJ/ha*
PSJ	Aceite mineral	50 l	355	17750	26625
carocapsa	virus de la granulosis	1 l	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	1 l	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	0,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	1,1 ls	0	0	0
carocapsa	virus de la granulosis	1 ls	0	0	0
<b>TOTAL</b>					<b>26625</b>
* Se aplicaron 3000lt/ha					

PSJ: piojo de San José

ENERGIA INDIRECTA PERALES MANEJO CONVENCIONAL UP PASARON

Tipo	Nombre comercial	Composicion	Dosis	Cantidad	Factor de conversion (MJ/kg)	Energia (MJ/ha)
Suelo	Organutza	Nitrogeno (6%)	800 kg/ha	48 kg	80	3840
		Fosforo (2%)		16 kg	14	224
		Potasio (8%)		64 kg	7	448
		Calcio (3%)		sin dato	sin dato	sin dato
		Magnesio (3%)		sin dato	sin dato	sin dato
Foliar	sin dato	Fosforo	0,3lts	0,45 (considerando 1,5 maquinada/ha)	14	6,3
	sin dato	Zinc y Manganeseo	1lts	sin dato	sin dato	sin dato
	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato
<b>TOTAL</b>						<b>4518,3</b>

ENERGIA INDIRECTA PERALES MANEJO CONVENCIONAL UP PASARON

Motivo	Producto	Dosis/2000Lt	Factor de conversion (MJ/lts)	Energia (dosis x factor de conversion)	Energia asociada MJ/ha *
Arañuelas	Aceite invierno + Porcel	40,6 lts	355	14413	21619,5
Cochinillas	Porcel	0,6 ls	355	213	319,5
Oidio	Polisulfuro	50 lts	355	17750	26625
Arañuelas	Abamectina	1 lts	355	355	532,5
Arañuelas	Aceite de Verano	5 lts	355	1775	2662,5
Oidio	Dakar	0,5lts	355	177,5	266,25
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Zintrac	1lts	355	355	532,5
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
carpocapsa	Delegate	0,8 kg	355	284	426
<b>TOTAL</b>					<b>55113,75</b>
* se aplican 3000l/ha					

ENERGIA INDIRECTA PERALES MANEJO CONVENCIONAL UP PASARON

Nombre comercial	Composicion	Cantidad	Energia (MJ/l)	Cantidad de aplicaciones	Energia (MJ/ha)
Roundup	Glifosato 66%	4 ls/ha	450	3	5400
<b>TOTAL</b>					<b>5400</b>

## Anexo Capitulo III

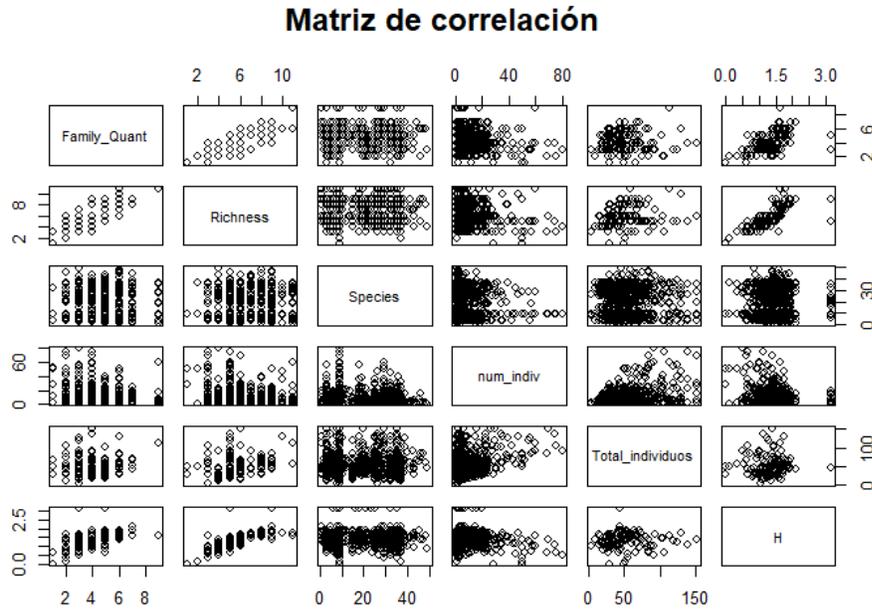
### Análisis bivariado y multivariado

- **Correlaciones:** Se exploraron distintas correlaciones entre las variables como se puede observar en los gráficos.

```
> datos_numericos <- Diversidad[, c(7,9,10,11,12,13)]  
> matriz_correlacion <- cor(datos_numericos, use = "complete.obs")  
> print(matriz_correlacion) #poner interpretación
```

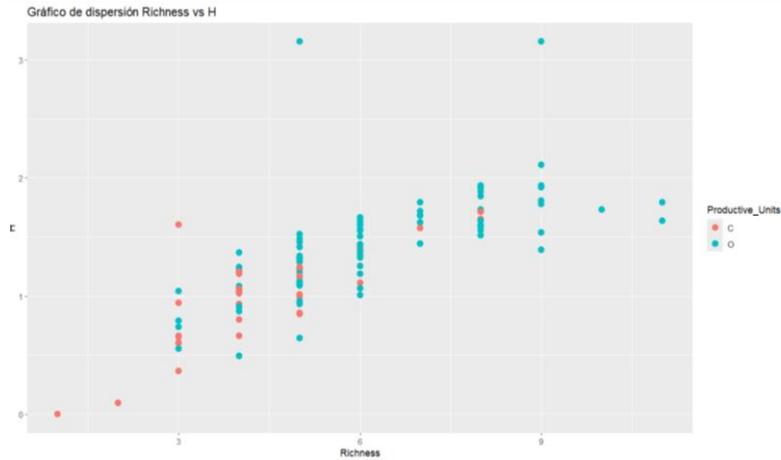
	Family_Quant	Richness	Species	num_indiv	Total_individuos
H					
Family_Quant	1.0000000	0.7881101	0.01794568	-0.1888662	0.13908808
0.48828890					
Richness	0.78811008	1.0000000	0.03900860	-0.1862075	0.27827260
0.70678878					
Species	0.01794568	0.0390086	1.0000000	-0.1282075	-0.03072203
0.04502273					
num_indiv	-0.18886619	-0.1862075	-0.12820750	1.0000000	0.34810809
-0.21512629					
Total_individuos	0.13908808	0.2782726	-0.03072203	0.3481081	1.0000000
0.04058103					
H	0.48828890	0.7067888	0.04502273	-0.2151263	0.04058103
1.00000000					

```
plot(Diversidad[, c(7,9,10,11,12,13)], main = "Matriz de correlación")
```



## - Regresión lineal simple:

```
graf1 <- ggplot(Diversidad, aes(x=Richness, y=H))  
graf1 + geom_point(size=3, na.rm = TRUE) graf1 +  
geom_point(size=3, alpha = 0.1, na.rm = TRUE) #DENSIDAD DE DATOS graf1 +  
geom_point(aes(colour=Productive_Units),size=3, na.rm = TRUE) + ggtitle("Gráfico de dispersión Richness vs  
H")
```



Existe una correlación entre la riqueza y el índice de Shannon (H)

Análisis de residuales:

```
library(mixlm)  
modelo <- lm(H ~ Productive_Units, data = Diversidad)  
summary(modelo)  
residuos <- residuals(modelo)  
predicho <- predict(modelo)
```

```
Call:  
lm(formula = H ~ Productive_Units, data = Diversidad)  
  
Residuals:  
    Min       1Q   Median       3Q      Max  
-1.54310 -0.21983  0.01386  0.23424  1.61139  
  
Coefficients:  
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept)   1.28215    0.02661  48.185 < 2e-16 ***  
Productive_Units 0.26095    0.03244   8.045 3.42e-15 ***  
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.4148 on 741 degrees of freedom  
(51 observations deleted due to missingness)  
Multiple R-squared:  0.08033, Adjusted R-squared:  0.07909  
F-statistic: 64.72 on 1 and 741 DF, p-value: 3.422e-15
```

**ANEXO CAPITULO IV**

Ejemplo de modelo de planificación de un taller.

<b>Modelo de planificación de un taller</b>				
Tema/s a trabajar: _____ ¿QUÉ temas se abordarán?				
Objetivos: _____ ¿PARA QUÉ?				
_____				
Dia y horario: _____				
Duración: _____ No superior a 1 hora 30 minutos!! Si es mayor considerar un recreo				
Lugar de realización: _____				
Participantes (cantidad, edades, otras características): _____ ¿ A quién va dirigido?				
_____				
_____				
Actividades				
Momento del taller	Hora / tiempo	Dinámica ¿CÓMO?	Materiales ¿CON QUÉ?	Tallerista que coordina
Apertura				
Registro				Observador
Desarrollo				
Registro				
Cierre				
Registro				
Registro: ¿qué cosas se van a observar?				Rol: Observador

Fuente: Adaptado de RENAPRA 2017.

Ejemplo de cuadro de trabajo. Para registrar cómo fue utilizada la dinámica interna del grupo

<i>DINAMICA INTERNA</i>	<i>Se ha realizado un muy buen trabajo</i>	<i>Se ha realizado un buen trabajo</i>	<i>Se ha hecho un trabajo aceptable</i>	<i>Es necesario un trabajo adicional</i>	<i>Se necesita mucho trabajo adicional</i>
<i>Finalidades (Metas y objetivos)</i>					
<i>Medios (programas y actividades)</i>					
<i>Atmosfera o clima</i>					
<i>Comunicaciones</i>					
<i>Participación</i>					
<i>Heterogeneidad</i>					
<i>Evaluación del grupo</i>					