



Universidad
Europea
del Atlántico

ÁREA DE MEDIO AMBIENTE

TÍTULO DEL PROYECTO FINAL

Propuestas para mitigar el Cambio Climático. Un caso de Análisis del Ciclo de Vida del heno de alfalfa en Río Negro, Argentina

**Tesis para optar al grado de:
Máster en Cambio Climático**

**Presentado por:
Diego Agustín Gonzalez
ARMAMCC3464038**

**Director:
Dr. José Francisco Sanz Requena**

**CINCO SALTOS, ARGENTINA
2021**



ÁREA DE MEDIO AMBIENTE

TÍTULO DEL PROYECTO FINAL

Propuestas para mitigar el Cambio Climático. Un caso de Análisis del Ciclo de Vida del heno de alfalfa en Río Negro, Argentina

**Tesis para optar al grado de:
Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales. Módulo Optativo en Cambio Climático**

**Presentado por:
Diego Agustín Gonzalez
ARMAMCC3464038**

**Director:
Dr. José Francisco Sanz Requena**

**CINCO SALTOS, ARGENTINA
2021**

DEDICATORIA

A mi madre que en paz descanse, por su apoyo siempre y su amor infinito.

A mi hija Maga.

A mi hijo Oliverio.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Comahue.

Al profesor Juan Manuel Mendía.

A Germán Musso, Miguel Sheridan y Esteban Jockers.

A la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER) por la beca otorgada.

COMPROMISO DE AUTOR

Yo, Diego Agustín Gonzalez, declaro que:

El contenido del presente documento es original y constituye un reflejo de mi trabajo personal. Manifiesto que, ante cualquier notificación de plagio, autoplagio, copia o falta a la fuente original, soy responsable directo legal, económico y administrativo sin afectar al Director del trabajo, a la Universidad y a cuantas instituciones hayan colaborado en dicho trabajo, asumiendo las consecuencias derivadas de tales prácticas.

Firma:

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop on the left side and a smaller, more intricate scribble on the right side, all contained within a larger, irregular loop.

AUTORIZACIÓN PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA

Cinco Saltos, 2021

Att: Dirección Académica

Por este medio autorizo la publicación electrónica de la versión aprobada de mi Proyecto Final bajo el título **Propuestas para mitigar el Cambio Climático. Un caso de Análisis del Ciclo de Vida del heno de alfalfa en Río Negro, Argentina en el campus virtual y en otros espacios de divulgación electrónica de esta Institución.**

Informo los datos para la descripción del trabajo:

Título	Propuestas para mitigar el Cambio Climático. Un caso de Análisis del Ciclo de Vida del heno de alfalfa en Río Negro, Argentina
Autor	Diego Agustín Gonzalez
Resumen	Se realizó Análisis de Ciclo de Vida en la producción de heno de alfalfa bajo riego en Alto Valle Rio Negro para evaluar el desempeño ambiental y generar propuestas de mitigación del cambio climático. Se estudió un caso y los modelos productivos de la región con valores calculados de aporte al calentamiento global entre 137 a 195 kgCO ₂ eq por tonelada.
Programa	Máster en Cambio Climático
Palabras clave	Análisis del Ciclo de Vida; Alfalfa; Mitigación; Cambio Climático; Gestión sostenible
Contacto	agusgon2003@yahoo.com.ar ; diego.gonzalez@faca.uncoma.edu.ar

Atentamente,

Firma:



ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contextualización del problema	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos e hipótesis de investigación	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.3.3. Hipótesis	4
1.3.4. Organización del documento	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Capítulo 1: Cambio Climático	5
2.1.1. Situación actual global	6
2.1.1.1. Informes y Escenarios IPCC	6
2.1.1.2. Acuerdos y convenciones	8
2.1.2. Situación Argentina	8
2.1.2.1. Acciones y legislación nacional	10
2.1.2.2. Inventario de GEI	11
2.1.2.4. Propuestas de mitigación	14
2.1.2.5. Otras medidas e instrumentos presentes para combatir Cambio Climático	16
2.1.3. Capítulo 2: Caracterización del área y cultivos	19
2.1.4. Zona de estudio	19
2.1.5. Alfalfa	20
2.1.5.1. Producción de alfalfa	21
2.1.5.2. Modelos productivos para heno de alfalfa en Alto Valle	22
2.1.5.2.1. Modelo Productivo 1. Superficie de hasta 10 ha.	23
2.1.5.2.2. Modelo Productivo 2. Superficie entre 10 a 30 ha.	23
2.1.5.2.3. Modelo Productivo 3. Superficie mayor a 30 ha.	24
2.2. CAPITULO 3: Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	24
2.2.1. Definiciones generales	24
2.2.2. Fases ACV	29
2.2.2.1. Fase de inicio	29
2.2.2.2. Inventario del ciclo de vida (ICV)	30
2.2.2.4. Conceptualización de la Interpretación de resultados	30
3. METODOLOGÍA	32
3.1. Diseño de investigación	32

3.2. Población y muestra	32
3.3. Variables	33
3.4. Instrumentos de medición y técnicas	36
3.5. Procedimientos	37
3.6. Análisis estadístico	39
4. RESULTADOS	41
4.1. Inventario del ciclo de vida (ICV)	41
4.1.1. Inventario resumido	41
4.1.2. Emisiones	43
4.2. Evaluación del impacto (EICV)	45
4.2.1. Clasificación y Caracterización	45
4.2.2. Normalización	48
5. DISCUSIÓN	51
6. CONCLUSIONES	56
6.1. Sobre el los indicadores ambientales	56
6.2. Sobre la producción	57
7. BIBLIOGRAFÍA	59
8. ANEXOS	71
8.1. Encuesta relevamiento de campo	71
8.2. Glosario	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 <i>Tendencia de las emisiones de gei de la república argentina.</i>	12
Figura 2.2 <i>Participación por sector y tipo de gei en la república argentina.</i>	13
Figura 2.3 <i>Cantidad de proyectos mdl y vcs registrados por año en argentina</i>	17
Figura 3.1 <i>Colección fotográfica de chacra bajo estudio</i>	34
Figura 3.2 <i>Límites del sistema acv del estudio de caso</i>	35
Figura 3.3 <i>Límites del sistema acv de los modelos productivos</i>	36
Figura 4.1 <i>Categorías de impacto normalizadas para el estudio de caso de producción de heno de alfalfa.</i>	48
Figura 4.2 <i>Categorías de impacto normalizadas para los modelos productivos de alfalfa. Componente de la chacra</i>	50
Figura 4.3 <i>Categorías de impacto normalizadas para los modelos productivos de alfalfa. Componente fuera de la chacra.</i>	50
Figura 5.1 <i>Comparación relativa entre los modelos productivos de cada categoría de impacto</i>	54
Figura 5.2 <i>Comparación relativa del estudio de caso en relación a los modelos productivos para cada categoría de impacto.</i>	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Amenazas identificadas para la argentina por sector geográfico (<i>barbier et al., 2012</i>).	9
Tabla 3.1 Resumen de variables y sus unidades.	33
Tabla 3.2 Categorías de impacto método cml-ia baseline y sus unidades	38
Tabla 3.3 Factores de normalización para el método world 2000 cml-ia baseline y sus unidades	38
Tabla 4.1 Inventario de ciclo de vida estudio de caso de producción de heno de alfalfa. Unidad funcional 1 tonelada.	41
Tabla 4.2 Inventario de ciclo de vida para la producción anual de los modelos productivos de alfalfa estudiados. Unidad funcional 1 tonelada.	42
Tabla 4.3 Emisiones del estudio de caso de producción de heno de alfalfa. Unidad funcional 1 tonelada.	43
Tabla 4.4 Emisiones para la producción anual de los modelos productivos de alfalfa estudiados. Unidad funcional 1 tonelada.	44
Tabla 4.5 Caracterización del estudio de caso de producción de heno de alfalfa para cada categoría de impacto ambiental. Unidad funcional 1 tonelada.	45
Tabla 4.6 Caracterización en producción anual de los modelos productivos de alfalfa estudiados para cada categoría de impacto ambiental. Unidad funcional 1 tonelada.	45
Tabla 4.7 Detalle de aportantes y origen al calentamiento global (gwp100a) para el estudio de caso de producción de heno de alfalfa. Unidad funcional 1 tonelada.	46
Tabla 4.8 Contribución de los procesos productivos al calentamiento global (gwp100a) para el estudio de caso de producción de heno de alfalfa. Unidad funcional 1 tonelada	47
Tabla 4.9 Detalle de aportantes y origen al calentamiento global (gwp100a) para los modelos productivos de alfalfa. Unidad funcional 1 tonelada.	47
Tabla 4.10 Contribución de los procesos productivos al calentamiento global (gwp100a) para los modelos productivos de alfalfa. Unidad funcional 1 tonelada.	48
Tabla 4.11 Categorías de impacto normalizadas para cada modelo productivo de alfalfa.	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Encuesta relevamiento de campo	73
Anexo 2: Glosario	77

RESUMEN

La producción de forrajes y en particular el heno de alfalfa ha venido en aumento en el Alto Valle de Río Negro. El cultivo se realiza bajo riego de forma estricta, contando con un sistema centenario de distribución de agua por gravedad operativo y funcional. En este estudio se realizó un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de heno de alfalfa de la cuna a la puerta en una chacra del Alto Valle. También fue investigado los modelos productivos descriptos en la zona para examinar los sistemas de producción de alfalfa desde una perspectiva ambiental. El ACV es una herramienta que posibilita identificar las áreas con impactos negativos en proceso productivo y jerarquizarlos. Con esta información los técnicos, instituciones y productores pueden generar alternativas de manejo del cultivo orientada a una gestión ambiental no solo dentro del predio sino en el ciclo de vida de los insumos que se utilizan.

El objetivo general de este trabajo es generar propuestas de mitigación del cambio climático en la producción de heno de alfalfa a partir de un análisis de impactos ambientales con un ACV. La unidad funcional se consideró como una tonelada de heno de alfalfa. Para el estudio de caso se trabajó con un subsistema implantación y el subsistema producción. Se utilizó el programa CMLCA 6.1 para evaluar los impactos ambientales. Se utilizó la metodología CML-IA baseline V3.02/World 2000 con las categorías de impacto Agotamiento abiótico (AD), Agotamiento abiótico (combustibles fósiles) (ADF), Calentamiento global (GWP), Agotamiento de la capa de ozono (ODP), Toxicidad humana (HTP), Ecotoxicidad acuática de agua dulce (FEATP), Ecotoxicidad acuática marina (MAETP), Ecotoxicidad terrestre (TETP), Oxidación fotoquímica (PO), Acidificación (A), Eutrofización (E) con resultados en el estudio de caso de 0 kg Sb eq, 1150 MJ, 195 kg CO₂ eq., 0 kg CFC-11 eq, 1.7 kg 1,4-DB eq, 0.813 kg 1,4-DB eq, 0.00458 kg 1,4-DB eq, 0.0435 kg 1,4-DB eq, -0.0318 kg C₂H₄ eq, 3.07 kg SO₂ eq y 0.734 kg PO₄ eq respectivamente. Para los modelos productivos las categorías de impacto evaluadas fueron AD, ADF, GWP, ODP, HTP, FEATP, MAETP, TETP, PO, A y E. El GWP varió de 137 a 186 kg CO₂ eq. y E de 0.00402 a 0.0166 kg PO₄ eq., aproximadamente el 90 % de los impactos normalizados se corresponden a las categorías de toxicidad y se debe al uso de insecticidas, herbicidas y fertilizantes. El uso de estos agroquímicos genera que el 99% impactos totales de todo el ACV se correspondan a las emisiones dentro de la chacra.

Resultados de los modelos productivos indican que el modelo 3 de mayor superficie y tecnología ocupa menos mano de obra y consume más combustible, generando mayor participación GWP, AD, ADF y E. Por su parte el bajo rendimiento reportado en el modelo 1 genera negativos indicadores en el resto de las categorías evaluadas. Se presentan alternativas de trabajo para mitigar el cambio climático vinculado a mejorar los indicadores ambientales y propuestas de manejo tendientes a minimizar los insumos que se utilizan.

Palabras clave: Análisis del Ciclo de Vida; Alfalfa; Mitigación; Cambio Climático; Gestión sostenible.

ABSTRACT

The production of forage and particularly alfalfa hay has been increasing in the Alto Valle de Rio Negro. The crop is grown under strict irrigation, with a century-old gravity water distribution system that is operational and functional. In this study, a Life Cycle Analysis (LCA) of alfalfa hay production was carried out from cradle to gate in a farm in the Alto Valle. The production models described in the area were also investigated to examine alfalfa production systems from an environmental perspective. The LCA is a tool that makes it possible to identify areas with negative impacts in the production process and rank them. With this information, technicians, institutions and producers can generate crop management alternatives oriented to environmental management not only on-farm but also in the life cycle of the inputs used.

The general objective of this work is to generate proposals for climate change mitigation in alfalfa hay production based on an analysis of environmental impacts with an LCA. The functional unit was considered as one ton of alfalfa hay. For the case study we worked with an implantation subsystem and the production subsystem. The CMLCA 6.1 program was used to evaluate the environmental impacts. The CML-IA baseline V3.02/World 2000 methodology was used with the impact categories Abiotic Depletion (AD), Abiotic Depletion (fossil fuels) (ADF), Global Warming (GWP), Ozone Layer Depletion (ODP), Human Toxicity (HTP), Freshwater Aquatic Ecotoxicity (FEATP), Marine Aquatic Ecotoxicity (MAETP), Terrestrial Ecotoxicity (TETP), Photochemical Oxidation (PO), Acidification (A), Eutrophication (E) with results in the case study of 0 kg Sb eq, 1150 MJ, 195 kg CO₂ eq. , 0 kg CFC-11 eq, 1.7 kg 1,4-DB eq, 0.813 kg 1,4-DB eq, 0.00458 kg 1,4-DB eq, 0.0435 kg 1,4-DB eq, -0.0318 kg C₂H₄ eq, 3.07 kg SO₂ eq and 0.734 kg PO₄ eq respectively. For the productive models the impact categories evaluated were AD, ADF, GWP, ODP, HTP, FEATP, MAETP, TETP, PO, A and E. GWP ranged from 137 to 186 kg CO₂ eq. and E from 0.00402 to 0.0166 kg PO₄ eq., approximately 90 % of the normalized impacts correspond to the toxicity categories and are due to the use of insecticides, herbicides and fertilizers. The use of these agrochemicals results in 99% of the total impacts of the entire LCA corresponding to on-farm emissions.

The results of the production models indicate that model 3, with greater surface area and technology, occupies less labor and consumes more fuel, generating greater GWP, AD, ADF and E participation. On the other hand, the low yield reported in model 1 generates negative indicators in the rest of the evaluated categories. Work alternatives are presented

to mitigate climate change linked to improving environmental indicators and management proposals aimed at minimizing the inputs used.

Keywords: *Life cycle assessment; Alfalfa; Mitigation; Climate Change; Sustainable Management.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización del problema

Según la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) el cambio climático es parte natural y normal de la variabilidad natural de la tierra, relacionada directamente con las interacciones entre la tierra, océanos, atmosfera y la radiación solar (Goya Mosquera, 2021).

El calentamiento global actual se relaciona directamente con la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antrópico, principalmente la quema de combustibles fósiles (Stocker, Qin, Plattner, Tignor, et al., 2013) producto de todas las actividades económicas que se realizan.

Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático IPCC (2000) la agricultura convencional aporta el 11% del total de las emisiones, el cambio de uso del suelo, deforestación y habilitación de suelos la actividad agrícola alcanzaría aportes entre el 25 al 33 % de los GEI.

En concordancia, FAO (2003) estima que la agricultura aporta más del 20 % de las emisiones globales de gas invernadero antropogénico.

Para la Argentina se presentan valores más altos para este sector vinculado a la matriz de económica del sector agrícola-ganadero. Según Moreira (Moreira Muzio et al., 2019) alcanzaría 37% de todas las emisiones totales, siendo el principal la ganadería con 21.6% y en menor medida el cambio de uso de suelo y silvicultura 9.8% y la agricultura 5.8 %.

Se han desarrollado diversas herramientas de gestión con la finalidad de mejorar el comportamiento ambiental tanto de los productos como de los servicios. Una de las herramientas con enfoque al producto es el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

El ACV permite identificar los impactos en cada parte de la cadena productiva, desde los insumos primarios, las transformaciones que se realicen, su comercialización, uso y fin de vida.

El estudio de ACV se considera un enfoque relativo, que se estructura a través de una

unidad funcional (ISO 14040, 2006) en este caso la unidad es la tonelada de alfalfa enfiada proveniente de sistema productivo intensivo bajo riego.

La agricultura en la provincia de Río Negro es obligadamente bajo riego dado que el clima predominante es árido y templado frío con precipitaciones menores a 250 mm y evapotranspiración potencial 1350 mm anuales generan un déficit permanente, con excepción en la precordillera y cordillera (Cordon et al., 2000).

Los distritos de riego se dividen por la ubicación de los valles irrigados. Según el Censo de Áreas Bajo Riego de SFRN (2005) el cultivo principal en la provincia de Río Negro son los frutales con 45 mil hectáreas (53%) y el segundo en importancia las forrajeras con 30 mil hectáreas 35 %.

La producción de alfalfa bajo riego en el Alto Valle de Río Negro se encuentra en aumento en los últimos años y resulta una alternativa de diversificación económica al cultivo predominante de manzanas y peras.

Resulta de interés conocer los impactos ambientales totales y para cada una de las etapas del ciclo de vida y uso del heno de alfalfa producido en el Alto Valle de Río Negro para reconocer los puntos críticos a seguir estudiando, adaptar o cambiar para aumentar la sustentabilidad.

La aplicación del ACV en la producción intensiva de heno de alfalfa permite identificar el impacto de las prácticas y definir objetivos sobre la sustentabilidad del producto y no buscando el mayor rendimiento económico o productivo.

Se pretende a partir de este contexto dar respuesta a las preguntas ¿Qué medidas para la mitigación del Cambio climático se pueden aplicar en la producción de heno de alfalfa en Alto Valle Río Negro? ¿De qué manera los impactos ambientales que genera la producción de heno de alfalfa permiten generar propuestas de manejo y tecnología para lograr una gestión ambiental sustentable?

1.2. Justificación

Análisis de ACV no han sido realizados en la zona de Alto Valle para la producción de alfalfa u otras pasturas y este trabajo aportará un nuevo conocimiento sobre esta actividad que se viene acrecentando y consolidando en la región.

A nivel nacional se han realizados estudios ACV en otras cadenas de producción y de manera parcial en cultivo de alfalfa, enfocado principalmente al uso de agua o efecto de fertilización en la producción o algún componente del suelo.

Conocer el ACV permite tomar decisiones sobre la manera de producir teniendo en cuenta los hábitos de productores (recursos y emisiones) y el cálculo de emisiones.

Se busca proporcionar información útil a los técnicos, productores, tomadores de decisión e instituciones vinculadas a esta producción en lo referente a medidas de mitigación del Cambio climático específico para este cultivo y zona. En particular propuestas de manejo orientadas a una gestión ambiental con mirada integral, no solo dentro del predio sino en todo el ciclo de vida y uso.

Conocer el ACV indica la sustentabilidad en la producción de fardos de alfalfa en su totalidad y por cada etapa de su desarrollo, desde la obtención de las materias primas hasta su consumo final.

De esta manera se tiene una jerarquización de los impactos y permite trabajar en la reducción de los mismos para mantener o mejorar la calidad ambiental.

1.3. Objetivos e hipótesis de investigación

1.3.1. Objetivo General

Formular propuestas de mitigación del Cambio Climático en la producción de heno de alfalfa bajo riego en el Alto Valle de Río Negro, Argentina.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los impactos ambientales por etapa del ciclo de vida del heno de alfalfa.

- Identificar y valorar los puntos críticos en cada etapa de la producción de heno de alfalfa.
- Exponer propuestas de manejo del cultivo de alfalfa que persigan una gestión ambiental integral.
- Describir y comparar la sustentabilidad de cada modelo productivo de heno de alfalfa descrito en la zona.

1.3.3. Hipótesis

Conocer el ACV del heno de alfalfa en Alto Valle Río Negro permite adaptar medidas de mitigación del Cambio climático a nivel local e indicar prácticas de manejo que minimicen el impacto ambiental y mejore la sustentabilidad.

1.3.4. Organización del documento

El documento se organiza en 7 capítulos. El primero es la introducción del trabajo donde se contextualiza del problema de investigación, justificación y objetivos de investigación.

En el Capítulo 2 se desarrolla el marco teórico desde lo global a lo local, haciendo énfasis en los antecedentes internacionales específicos del estudio ACV en producciones de alfalfa y el estado de avance de ACV nacionales y la situación productiva regional.

El capítulo 3 la metodología empleada en la investigación, la definición de muestra y población, instrumentos y técnicas de medición, variables, metodologías de cálculo y procesamiento de datos.

En el Capítulo 4 se presentan los resultados de la investigación y en los capítulos 5 y 6, se presentan la discusión y conclusiones, respectivamente.

Finalmente en el capítulo 7 la bibliografía mencionada en el trabajo y posteriormente dos anexos, uno con la entrevista realizada y el otro con el glosario.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Capítulo 1: Cambio Climático

El desarrollo económico y social actual trajo consecuencias que afectan al medio natural, siendo el medio quien provee las materias primas, servicios y además recibe los desechos. La consecuencia más reciente, generalizada e importante a nivel global es el calentamiento global actual.

De la extracción de aire atrapado en hielo de los casquetes polares y de perforaciones en el fondo del océano se ha podido aproximar el estado de la atmósfera de hace miles de años (Caballero et al., 2007).

Factores astronómicos como las variaciones en la oblicuidad de la tierra, excentricidad y precesión producen un efecto en la insolación estacional y variaciones del clima en largos periodos de tiempo generando alternadamente épocas glaciares e interglaciares (Goya Mosquera, 2021; Martínez Braceras, 2014; Short et al., 1991).

La teoría orbital de Milankovitch se basa en la influencia de las variaciones de la órbita terrestre, sobre la distribución estacional y latitudinal de la radiación solar y producen el desarrollo de perturbaciones en el sistema climático terrestre (Martínez Braceras, 2014).

La influencia antropogénica sobre el cambio climático es debida al aumento acelerado de los GEI “vinculados principalmente al aumento en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera que se viene produciendo desde 1750” (Stocker, Qin, Plattner, Tignor, et al., 2013, p. 13) y también participan el “metano, óxido de nitrógeno y compuestos halocarbonados” (Stocker, Qin, Plattner, Tignor, et al., 2013, p. 57).

El calentamiento global actual genera impactos en todo el planeta, pero no en todos los lugares con la misma intensidad. De las emisión de GEI de origen antrópico durante el año 2019 se estimó que solo 3 países producían el 51 % (Friedlingstein et al., 2020), las consecuencias las padecen todos los habitantes de la tierra.

2.1.1. Situación actual global

No quedan dudas que las actividades del hombre generan un efecto actual en el Clima, así lo afirma el IPCC (2013, p. 15) "La influencia humana en el sistema climático es clara".

Ningún otro organismo desde el origen de la vida en la tierra ha generado impactos en todos los ambientes como lo hace la sociedad humana, tal es así que Crutzen (2006) llama a esta era Antropoceno.

Sus inicios se establecen en la Revolución Industrial en 1784 y continúa en la actualidad, esto es por la magnitud, la escala espacial y la transformación que realiza el hombre sin precedentes en la historia geológica.

El calentamiento global genera una modificación en la temperatura del aire pero también es forzante de otros elementos del clima y movilizador del ciclo hidrológico. Estos cambios en las variables atmosféricas tiene componentes tanto de intensidad como frecuencias de ocurrencia.

Efectivamente la temperatura del aire y de los océanos combinados se ha incrementado en promedio en 0.85 °C durante el periodo 1880-2012, en algunos lugares del planeta la el incremento de temperatura del aire superó los 2 °C, el nivel del mar viene ascendió con una tasa de 2.8 mm año⁻¹ (1993 a 2010), se derritió hielo de la criósfera 275 Gt año⁻¹ (1993-2009) y el dióxido de carbono aumento un 40 % desde la era preindustrial, en 2011 se cuantificó 391 ppm. (Stocker, Qin, Plattner, Alexander, et al., 2013)

2.1.1.1. Informes y Escenarios IPCC

El IPCC es el organismo rector a nivel internacional dependiente de las Naciones Unidas y la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Es un ente intergubernamental fundado en 1988 y participan actualmente 195 países de todos los continentes, Argentina forma parte del mismo. Desde 1990 ha generado sólidos informes de evaluación, documentos técnicos, informes metodológicos siendo referente en la temática.

Por otra parte también han desarrollado planes de lucha contra el Cambio Climático, actualmente se distinguen medidas de mitigación y adaptación, pueden ser sinérgicas y según IPCC (2007) posibilitando que se complementen y en conjunto reduzcan el cambio climático.

Las políticas de adaptación son aquellas acciones relacionadas a disminuir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y las sociedades frente al Cambio Climático actual o esperado.

Por su parte la mitigación se relaciona con las políticas tendientes a minimizar las emisiones de GEI, ya sea mejorando la manera de producir o realizando sumideros.

El IPCC (2007) ha generado proyecciones sobre el comportamiento de la temperatura y nivel del mar medio en función de las emisiones mensuales de GEI. Estos seis escenarios dependen de las medidas y acciones que se tomen, pero son posibles y probables.

El escenario más leve (B1) establece un aumento de temperatura media entre 1.1 a 2.9°C y del nivel del mar entre 0.18 a 0.39 m. En otro extremo el escenario más desfavorable (A1FI) un aumento de temperatura media entre 2.4 a 6.4°C y del nivel del mar entre 0.26 a 0.59 m. (Muñoz Sevilla, 2012; Pachauri & Reisinger, 2007)

Los países China (28.9%), Estados Unidos (15%) e India (7.4%) emiten más de la mitad de la emisión mundial de GEI (CO₂ Emissions | Global Carbon Atlas, s. f.). América Latina y el Caribe suman un 12 % sobre el total de emisiones GEI. Por su parte, Argentina aporta con un 0.51 % del total mundial de emisiones y un 6% de América Latina y el Caribe (Crippa et al., 2018; Rohwer, 2013).

Analizando las emisiones GEI por sectores a nivel mundial un 78 % se corresponde Electricidad, Agricultura, Cambio uso de suelo, Transporte y Manufactura y Construcción. En contraste, en América Latina y Caribe la Agricultura y Cambio Uso de Suelo representan un 66 % (Bárcena et al., 2017).

Según el IPCC (2000) la agricultura convencional aporta el 11% del total de las emisiones, el 25% de las emisiones de CO₂, el 60% de las de metano (CH₄) y el 80% de las emisiones de óxido nitroso (N₂O). Sumado el cambio de uso del suelo, deforestación y

habilitación de suelos la actividad agrícola alcanzaría aportes entre el 25 al 33 % de los GEI de origen antrópico.

En concordancia, FAO (2003) estima que la agricultura aporta más del 20 % de las emisiones globales de gas invernadero antropogénico.

2.1.1.2. Acuerdos y convenciones

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es un marco de acuerdos político internacional para hacer frente al Cambio Climático fundado en 1992.

Se realizan de manera sistemática reuniones llamadas Conferencias de las Partes (COP) en donde se van estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los países que la suscriben.

Una de las políticas fundamentales es el Acuerdo de Paris (AP) del 2015 y en la misma se establece el objetivo mantener la temperatura media mundial por debajo de 2°C y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales.

Por otra parte están las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) en donde las partes pertenecientes al CMNUCC que han ratificado el PK expresan cada 5 años sus compromisos de acciones contra el cambio climático, tanto de adaptación como mitigación.

2.1.2. Situación Argentina

La República Argentina abarca un gran territorio del hemisferio sur; 2,78 millones de kilómetros cuadrados de superficie, 3.700 km de largo y 1.400 km de ancho.

Tiene descriptos tres climas principales; Clima tipo monzónico del Noroeste argentino, Clima tipo mediterráneo de la Patagonia argentina y Clima tipo isohigro del Noreste argentino (Bianchi & Cravero, 2010) y quince ecorregiones con características propias de temperatura, humedad y vegetación (Burkart et al., 1999) en el territorio continental.

Esta vasta región con múltiples climas presenta una serie de amenazas y eventos climáticos extremos y catástrofes naturales, potenciados en algunos casos por el Cambio Climático.

En la Tabla 2.1 se presenta una síntesis de las amenazas identificadas por región del país (Barbier et al., 2012).

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.1.

Amenazas identificadas para la Argentina por sector geográfico (Barbier et al., 2012).

Región	Amenazas	Región	Amenazas
NOA	Terremotos	CENTRO	Terremotos
	Ola de calor		Incendios silvestres
	Epidemias, brotes y pandemias		Ola de calor
	Tornados y tormentas eléctricas		Epidemias, brotes y pandemias
	Deslizamiento y aluviones		Inundaciones
	Erupciones volcánicas y cenizas		Materiales tóxicos
NEA	Ola de calor	SUR	Erupciones volcánicas y cenizas
	Inundaciones		Tormentas nieve y heladas
	Epidemias, brotes y pandemias		Epidemias, brotes y pandemias
CUYO	Deslizamiento y aluviones		Materiales tóxicos
	Tornados y tormentas eléctricas		Incendios silvestres
	Ola de calor		Deslizamiento y aluviones
	Terremotos		
	Tormentas nieve y heladas		
	Epidemias, brotes y pandemias		
	Incendios silvestres		

Nota. Elaboración propia adaptado de Barbier, J., Respighi, E., Etchichury, L., Moscardini, O., Zaballa, C., González, S., Torchia, N., Pallares, U., Clarembaux, C., & Manchiola, J. (2012). *Documento País 2012. Riesgo de Desastres en la Argentina.*

Nota. **NOA:** El Noroeste argentino lo componen las provincias Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, y Santiago del Estero. **NEA:** El Noreste argentino lo componen las provincias Misiones, Corrientes, Chaco y Formosa. **CUYO:** La Rioja, Mendoza, San Juan y San Luis. **CENTRO:** Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos. **SUR:** La Pampa, Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego.

2.1.2.1. *Acciones y legislación nacional*

En cuanto a la política pública Argentina adhirió a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) en sus inicios. A pesar de esta antigüedad, el país ha avanzado mucho los últimos años.

El 12 de junio del 1992 firmó la convención y se aprobó por Ley N°24.295 en diciembre del 1993. Fue ratificada y puesta en vigencia en junio del 1994. Seguidamente firmó el Protocolo de Kioto (PK) el 18 de marzo del 1998 y se aprobó por Ley N° 25.438 en junio del 2001, promulgándose el mismo año. El objetivo principal era la reducción de emisiones.

El Acuerdo de París (AP) fue aprobado por Ley N°27.270 en septiembre del 2016 y en Marruecos 2016 presentó formalmente las metas para combatir el Cambio Climático y el compromiso de elaborar un plan de adaptación para el año 2019.

En Alemania 2017 se ratificó el AP y se propone el Desarrollo Sustentable sobre los ejes de adaptación, resiliencia, trabajo y reducción de emisiones. En Polonia 2018 se presentaron los planes nacionales sectoriales de energía, transporte y bosques. También el inventario nacional de emisión de GEI.

En España 2019 se establece que el Cambio Climático es política de estado y en la próxima conferencia de partes de Reino Unido que se prorrogó a noviembre del 2021 Argentina se comprometería a reducir sus emisiones de GEI al 2030 y reforzar las medidas de adaptación de las comunidades más vulnerables.

En el 2016 se crea el [Gabinete Nacional de Cambio Climático](#) -GNCC Decreto 891/2016- (Gabinete Nacional de Cambio Climático, 2018). Dentro de sus funciones está: “Proponer Planes de Acción Sectoriales a nivel ministerial para la mitigación en sectores claves en pos de alcanzar los objetivos nacionales en la materia, y para la adaptación en sectores vulnerables a los impactos del cambio climático”.

En 2017 se creó el Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la Argentina (SNI-GEI-AR) el cual estructura y ordena las relaciones institucionales, definiendo roles y responsabilidades para el cálculo y reporte del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

Se sancionó la Ley n.º 27.520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global, Publicada en el Boletín Oficial del [20 de diciembre del 2019](#) (Buscar por Nro. y Fecha del Boletín Oficial | Infoleg – Información Legislativa y Documental, s. f.).

Argentina estableció metas a corto plazo (2030) y largo plazo (2050).

A Corto Plazo según la segunda contribución son (MAyDS, 2020b):

La República Argentina no excederá la emisión neta de 359 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂ e) en el año 2030, aplicable a todos los sectores de la economía.

Hacia 2030, los argentinos y las argentinas tendrán conocimiento sobre los efectos adversos del cambio climático, las correspondientes medidas de adaptación y habrán construido capacidades que les permitan responder solidariamente al desafío urgente de proteger el planeta.

La política climática de la República Argentina habrá logrado aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad de los diferentes sectores sociales, económicos y ambientales, a través de medidas que priorizarán a las comunidades y grupos sociales en situación de vulnerabilidad e incorporarán el enfoque de género y la equidad intergeneracional.

Todo ello será con miras a contribuir al desarrollo sostenible, construir una sociedad más equitativa, justa, solidaria y lograr una respuesta al cambio climático adecuada y compatible con los objetivos del Acuerdo de París.

A Largo Plazo se reflejan la voluntad de contribuir al desarrollo sostenible. Se elaborará y presentará en la próxima convención la estrategia de desarrollo con bajas emisiones, con el objetivo de alcanzar un desarrollo neutral en carbono en el 2050.

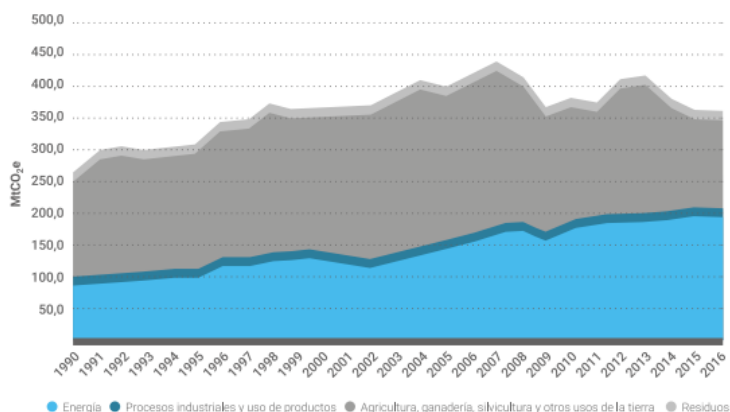
2.1.2.2. Inventario de GEI

Argentina presentó el Primer Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) por primera vez en el 2015 y su última actualización a finales del 2019 en el Tercer Informe Bienal de Actualización (IBA 3) (Moreira Muzio et al., 2019) ante la CMNUCC, en el que se estimaron las emisiones netas totales del año 2016 en 364,44 MtCO₂e.

En la Figura 2.1 se aprecia las emisiones netas de GEI desde 1990 a 2016, se identifica una tendencia creciente hasta 2007 y decreciente en los últimos años.

Figura 2.1

Tendencia de las emisiones de GEI de la República Argentina.



Nota. Esta figura muestra la evolución de las Emisiones de GEI de la República Argentina diferenciado por sectores. Extraído de Moreira Muzio, M; Gaioli, F.; Galbusera, S. (2019). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Argentina.

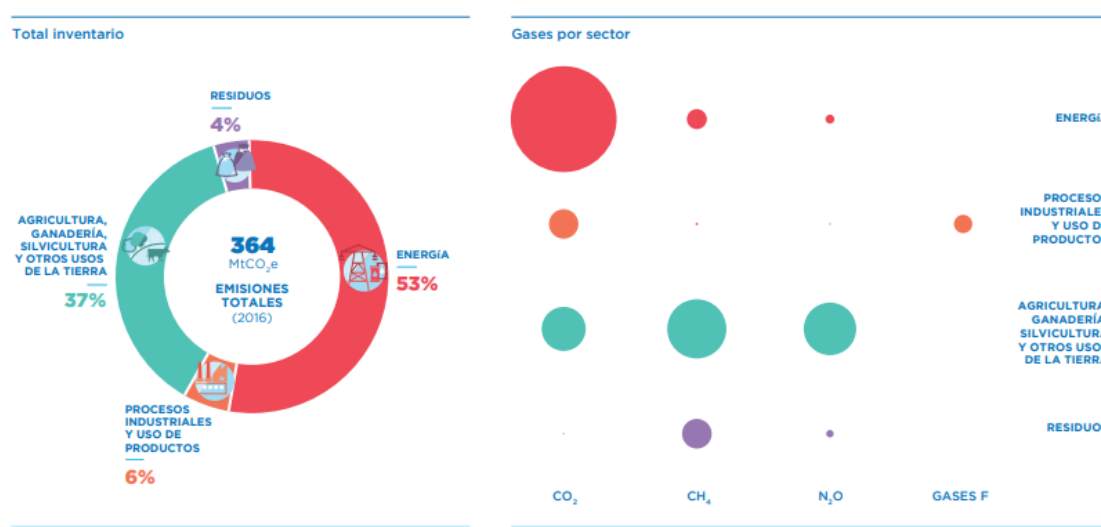
En la Figura 2.2 se detallan la participación por sector de los resultados del inventario de GEI del último informe. Se destaca la participación de dos sectores que emiten el 90 % de los GEI, sector Energía con 53% y Actividades agropecuarias y otros usos de la tierra en 37 %, siendo el principal la ganadería con 21.6% y en menor medida el cambio de uso de suelo y silvicultura 9.8% y la agricultura 5.8 %.

Este perfil de emisiones representa la predominancia de los sectores vinculados a la matriz de económica el agrícola-ganadero del país.

Dentro de Energía predomina la emisión de dióxido de carbono y en Actividades Agropecuarias toma más relevancia la emisión de metano y óxido nitroso (Moreira Muzio et al., 2019).

Figura 2.2

Participación por sector y tipo de GEI en la República Argentina.



Nota. Esta figura muestra la proporción por sector de las Emisiones de GEI de Argentina diferenciado diferencia el tipo de GEI. Las proporciones fueron estimadas en CO₂e. Los "Gases F" incluyen los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Extraído de Moreira Muzio, M; Gaioli, F.; Galbusera, S. (2019). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Argentina.

2.1.2.3. Propuestas de adaptación

La Argentina se encuentra generando su Plan Nacional de Adaptación, fomentando la realización de estudios de impacto, vulnerabilidad y adaptación que permitan generar herramientas para la definición de acciones y políticas.

Se están trabajando en algunos programas vinculados con la puesta en disposición de la información, por ejemplo la creación del Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático (SIMARCC) en el cual se puede visualizar las zonas y poblaciones más vulnerables a las amenazas del cambio climático (SIMARCC, s. f.).

También se han generado planes relacionados a los recursos hídricos, por ejemplo el Plan Nacional de Radadización para pronósticos de tormentas, Plan de Alerta de Sequías, Plan Lucha contra Incendios Forestales, planes relacionados a la aplicación de seguros, Adaptación al Estrés Hídrico en la región del Comahue, Seguridad hídrica y vulnerabilidad

de pequeños agricultores en la provincia de Mendoza entre otros (Plan Nacional de Adaptación, 2018; Rohwer, 2013; Ryan, 2014).

El Fondo de Adaptación de la CMNUCC tiene su actuación en Argentina a cargo de la Unidad de Cambio Rural (UCAR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP) (Zanetti et al., 2017).

Según la Segunda Contribución (MAyDS, 2020b) se identifican 36 medidas de adaptación prioritarias en siete sectores del país para atender las distintas vulnerabilidades territoriales, socioeconómicas y ambientales ante el cambio climático. A su vez, las medidas consideran la perspectiva de género y diversidad.

2.1.2.4. *Propuestas de mitigación*

La Ley n°27.520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global en su artículo 24 establece algunas medidas y acciones concretas de evitar y aminorar las causas del Cambio Climático (Boletín Oficial República Argentina - Ley de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global - Ley 27520, s. f.).

Algunas de ellas son plasmadas a través de Planes Nacionales, identificados según la Segunda Contribución (MAyDS, 2020b) y página oficial (Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Monitoreo de Medidas de Mitigación, s. f.) hasta el momento los siguientes:

- Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático:
 - Generación a gran escala
 - Nuclear.
 - Hidroeléctrica.
 - Sustitución de fósiles con mayor factor de emisión en la generación eléctrica.
 - Mejora eficiencia térmica en centrales térmicas.
 - Energía renovable
 - Generación eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales conectadas a la red.
 - Generación eléctrica distribuida.

- Generación eléctrica aislada de la red.
 - Calefones solares.
 - Combustibles
 - Corte con biocombustibles
 - Eficiencia Energética
- Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático
 - Transporte urbano de pasajeros
 - Desarrollo de la Red de Expresos Regionales
 - Construcción de Pasos a Densivel
 - Etiquetado de eficiencia energética en vehículos
 - Promoción de vehículos livianos con tecnologías de bajas emisiones
 - Promoción de buses con energías alternativas
 - Renovación de la flota de colectivos
 - Implementación de Buses de Tránsito Rápido
 - Transporte interurbano de pasajeros
 - Mejoras en la aeronavegación
 - Restablecimiento de los servicios de ferrocarriles de pasajeros interurbanos
 - Transporte de cargas
 - Plan de inversión Ferroviaria de Cargas
 - Programa Transporte Inteligente
 - Capacitación de choferes
 - Renovación de la flota con chatarrización de camiones
 - Plan Vial Nacional a 2025
 - Velocidad máxima limitada para camiones
 - Paseo del Bajo
- Plan de Acción Nacional de Bosques y Cambio Climático
 - Deforestación evitada
 - Diferencia entre la deforestación y el nivel de referencia
 - Conservación
 - Restauración y recuperación
 - Manejo sostenible
 - Prevención de incendios forestales
- Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático
- Plan de Acción Nacional de Infraestructura y Territorio, y Cambio Climático
- Plan de Acción Nacional de Agro y Cambio Climático

En lo particular para el sector agrícola el IPCC (2007) señala que las tecnologías claves y disponibles para la mitigación están relacionadas a la gestión de las tierras para incrementar el almacenamiento de carbono en el suelo (COS), la recuperación de suelos degradados, la mejora de las técnicas de aplicación de fertilizantes, mejora de la eficiencia energética y mejora del rendimiento de los cultivos.

El Plan Nacional de Mitigación (Mitigación o reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 2018) para el sector agropecuario se plantea que “el cambio en los hábitos de labranza. Una adecuada gestión del riego y un uso más eficiente de fertilizantes, como así también el empleo de mejores tecnologías por parte de los agricultores.

Respecto al secuestro de COS Caviglia et al. (2016, p. 30) afirma lo siguiente:

Las estrategias de mitigación de las emisiones de GEI desde el suelo coinciden con las tendencias a mejorar la calidad del suelo. El mantenimiento con cobertura vegetal viva del suelo durante un mayor periodo del año, sumado a la utilización de cultivos que aporten gran cantidad de raíces y exploren diferentes estratos de suelo, son estrategias recomendadas para cumplir con la doble premisa de mitigación del cambio climático y mejora de la calidad del suelo.

En ese mismo orden de cosas Mendía et al. (2015) aseguran que el riego por manto (gravedad) continuado en chacras frutícolas del Alto Valle genera una cobertura interfilar permanente que secuestra COS en el suelo de manera creciente con el tiempo de actividad y riego. Principalmente está asociado al riego abundante con agua de calidad que moja toda la calle del cultivo.

2.1.2.5. Otras medidas e instrumentos presentes para combatir Cambio Climático

Se identificaron a nivel nacional medidas Reducción de emisiones debidas a deforestación y degradación de bosques (REDD), mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y otros instrumentos fiscales.

Según el MAyDS (2020a) con las emisiones reportadas en el IBA 3 y comparadas con el nivel de referencia (1990), se calcularon los resultados obtenidos a partir de la

deforestación evitada para los años 2014 a 2016, que da un total de 165 MtCO₂e. Estos resultados fueron reportados en el Anexo Técnico REDD+ junto al IBA 3 en diciembre de 2019 y está en revisión técnica CMNUCC.

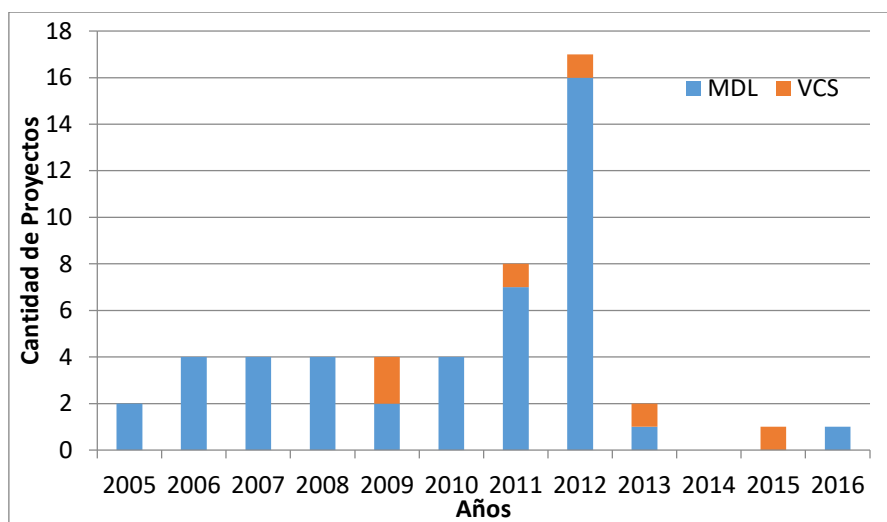
Debido a estos resultados y al desarrollo de la Propuesta de Financiamiento, el Fondo Verde para el Clima aprobó un desembolso de U\$S 82 millones para un nuevo proyecto de lucha contra la deforestación y el manejo sostenible de los bosques (Financiamiento por reducción de emisiones derivadas de la deforestación, 2020).

Por otra parte está el Fondo Argentino de Carbono (FAC–Decreto 1070/2005) que tiene como objetivo incentivar el desarrollo de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto (Zanetti et al., 2017)

En la figura 2.3 se puede apreciar la cantidad de proyectos MDL y Mercados Voluntarios de Carbono (VCS) hasta el año 2016 según IBA3 (SGAyDS, 2019).

Figura 2.3

Cantidad de proyectos MDL y VCS registrados por año en Argentina (Moreira Muzio et al., 2019)



Nota. Esta figura muestra la cantidad de proyectos entre los años 2005 al 2016 de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y Mercados Voluntarios de Carbono (VCS). Adaptado de SGAyDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Respecto a instrumentos fiscales sobre las emisiones de carbono se puede mencionar a 8 provincias argentinas ofrecen beneficios para los propietarios de autos eléctricos, híbridos o híbridos suaves. Estos beneficios constan en la reducción del pago de patentes que va del 25 % al 100 % del pago anual de la misma. Por otra parte se está debatiendo una Ley de Electromovilidad, para impulsar la fabricación y comercialización de vehículos sin motores de combustión interna y ponerle fecha a la prohibición para fabricar motores de combustión interna en el país.

En el inciso e) del artículo 24 de la Ley 27520 de Cambio Climático se establece “Diseñar y promover incentivos fiscales y crediticios a productores y consumidores para la inversión en tecnología, procesos y productos de baja generación de gases de efecto invernadero”.

Según (Canziani & Milano, 2009) se pueden identificar algunos impuestos ambientales en la Argentina:

A. Impuesto ambiental a las empresas que lucran con la quema de combustibles fósiles

- Servicio ambiental prestado por el productor: no deforestación ni quema, enriquecimiento del bosque nativo con aumento de la biomasa boscosa.
- Beneficiarios de los servicios ecosistémicos y ambientales: empresas petrolíferas que lucran con la quema de combustibles fósiles. Ciudadanos en general.
- Aportantes: empresas petrolíferas (podrán o no transferirla a los consumidores).

B. Impuesto ambiental sobre ciertos productos de los bosques nativos: postes, rollizos (madera dura), leña y carbón.

- Servicio ambiental prestado por el productor: no deforestación ni quema, enriquecimiento del bosque nativo con aumento de la biomasa boscosa. Manejo racional del bosque extrayendo a una tasa que permita la reposición natural, etc.
- Beneficiarios de los servicios ecosistémicos y ambientales: ciudadanos de país, habitantes de las regiones forestales y/o de las cuencas hídricas que cubren, en parte, dichos bosques.
- Aportantes: consumidores de los recursos forestales propuestos.

C. Impuesto ambiental a los automovilistas que cometen infracciones por exceso de velocidad.

- Servicio ambiental prestado por el productor: no deforestación ni quema, enriquecimiento del bosque nativo con aumento de la biomasa boscosa. Manejo racional del bosque extrayendo a una tasa que permita la reposición natural, etc.
- Beneficiarios de los servicios ecosistémicos y ambientales: ciudadanos en general.
- Aportantes: automovilistas que cometen infracciones por exceso de velocidad

2.1.3. Capítulo 2: Caracterización del área y cultivos

En el siguiente capítulo se realiza una descripción de la zona bajo estudio, su ubicación geográfica, características edafoclimáticas y su importancia socioeconómica para la provincia y región.

2.1.4. Zona de estudio

La agricultura en la provincia de Río Negro es obligadamente bajo riego dado que el clima predominante es árido y templado frío (Cordon et al., 2000; Pulita, 1989) con precipitaciones menores a 250 mm y evapotranspiración potencial 1350 mm anuales generan un déficit permanente, con excepción en la precordillera y cordillera.

Los distritos de riego se dividen por la ubicación de los valles irrigados. Según Censo Agrícola de áreas Bajo Riego -CAR- (2005) el cultivo principal en la provincia son los frutales con 45 mil hectáreas (53%) y el segundo en importancia las forrajeras con 30 mil hectáreas 35 %.

El sistema de riego del Alto Valle “constituye la infraestructura de riego más importante de la Provincia de Río Negro, pues permite la sistematización con riego de 60.282 ha”. (FAO, 2015, p. 16).

El sistema de riego data de principios de 1900 y abarca 13 localidades con una extensión del canal principal de 120 km. El sistema es por gravedad aprovechando el desnivel natural de las antiguas planicies de inundación del río.

La actividad frutihortícola en la zona se consolidó a partir de 1930 y la preponderancia de cultivos y maneras de producir ha ido cambiando (Svampa, 2016). Según la Secretaria de Fruticultura de Río Negro (2005) en Alto Valle hay 34.219 ha de frutales de las cuales 16.088 ha son de manzanas y 14.638 ha son de pera, siendo estos los principales cultivos en la zona. En menor proporción aparecen cultivos como membrillos, cereza, ciruela, durazno, pelón, avellana, nogal y uvas.

La producción de manzana y pera es muy significativa para Argentina, ocupando el primer lugar como exportador de peras del Hemisferio Sur y quinta en manzanas del mundo (CAFI | Producción Argentina de peras y manzanas, s. f.). La región productora de

manzana y pera se localiza en el Alto Valle del Río Negro concentran el 80% de la producción (Pera y manzana - Alimentos Argentinos, s. f.).

En el Alto Valle se viene dando un proceso de cambio de uso de suelo en las chacras regadas y que según Mendía et al. (2016) forma parte del conflicto entre el uso urbano-rural hacia el uso residencial, comercial e industrial y en algunas situaciones para la actividad hidrocarburífera. El ritmo de pérdidas de tierras productivas es de aproximadamente 20 ha /año.

Para la localidad de Cipolletti, Brizzio et al. (2017) estimaron, tomando como línea de base el año 2015 y simulando los pasos para 2020, 2025, 2030 y 2035, que la población se incrementará a un ritmo anual del 3.75%, el uso del suelo urbano un 5,53% y el uso rural disminuirá un 2,41%.

Una de las actividades en crecimiento los últimos 10 años es la producción de forrajes con destino engorde de ganado local. En otras ocasiones el cultivo de forrajeras se da como primer producción en la salida de la fruticultura o el recupero de suelos abandonados.

El desplazamiento de la ganadería en la zona centro del país por el aumento de cultivos de siembra directa, principalmente soja y el corrimiento de la barrera sanitaria en Río Colorado (Jockers et al., 2020) y ha movilizó la aparición de la producción pecuaria en la zona conllevando un impulso a la producción forrajera.

2.1.5. Alfalfa

La producción de Alfalfa y pasturas en general se ve potenciada desde hace unos años y se evidencia un crecimiento de casi el 20% del stock impulsado por Río Negro y Patagones desde el 2013 (Villarreal et al., 2019) por las mejores condiciones agroecológicas y comerciales. Las existencias bovinas pasaron de 667.002 cabezas en el año 2011 a 931.969 cabezas en 2019 en Patagonia Norte (SENASA, 2019)

En Río Negro se faenaron un 63% más de cabezas bovinas en el periodo 2006 – 2018 (Villarreal et al., 2019) y en particular dentro del Alto Valle entre el año 2005 y 2010 la cantidad de establecimientos denominados “engordes a corral de bovinos” se incrementaron en un 70% (Jockers et al., 2020).

2.1.5.1. *Producción de alfalfa*

Según el Censo Agropecuario 2018 (2021) en Argentina había 3.759.355 ha de pasturas perennes, la alfalfa pura presente en 18.851 establecimientos 1.021.914 ha y consociadas 544.687 ha. En Río Negro 12.658 ha pura y 7.705 ha consociadas.

El principal destino nacional es la producción de leche y en segundo lugar carne. Del 2013 a la fecha se ha incrementado la exportación y los destinos principales son Arabia Saudita y Emiratos Árabes Unidos. La exportación se realiza como megafardos o pellet y en 2019 significó 91.510 t (Odorizzi A., 2020).

La presencia de pasturas en Alto Valle está en crecimiento, se registraron 2000 ha en el Censo Agrícola Provincial (SFRN, 2005), Cancio et al estimaron 4000 ha (2013) y Kaufman estimó 5050 ha en 2019 por estudio de imágenes satelitales (Kaufman I., 2020).

La alfalfa es la especie forrajera por excelencia dado que otorga gran productividad y calidad de forrajes al mismo tiempo que presenta gran plasticidad a los distintos ambientes. “La fijación del Nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con *Sinorhizobium meliloti* la convierten también en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos” (Basigalup D., 2007, p. 15).

En Alto Valle se cultivan variedades de los grupos de reposo intermedio y sin reposo sin presentar diferencias significativas en cuanto al rendimiento (Cancio, 2016). Los alfalfares sembrados puros se destinan principalmente a la henificación con formato de fardos y en menor medida rollos.

La demanda de agua del cultivo es intensa y durante todo el año, requiere no tener periodos de déficit prolongados para mantener y expresar su potencial productivo (Collino et al., 2007, citado por (J. J. Gallego, 2017)). En este sentido se ha determinado que el consumo de agua alcanza valores de 1464 mm por año durante tres años seguidos y con un rendimiento promedio de 28 Mg MS por hectárea (López et al., 1997).

Históricamente la Alfalfa se cultivó en Alto Valle con por razones principales, es un cultivo sencillo, no lo afectan las heladas, da altos rendimientos durante seis a siete años, requiere poca mano de obra y con pocas aplicaciones de productos fitosanitarios, por la

baja o nula incidencia de plagas y enfermedades. Por otro lado el cultivo mejora la calidad de la tierra para posteriores producciones (Cancio, 2016; Vera & Ferreyra, 2018).

2.1.5.2. Modelos productivos para heno de alfalfa en Alto Valle

Para lograr la implantación del cultivo es necesario realizar labranzas de suelo de subsolado, arado, rastreado y nivelación. El riego es por gravedad y resulta clave definir correctamente las unidades de riego (largo y ancho) y nivelar con las pendientes máximas en función del tipo de suelo. Esto permite realizar un manejo del agua óptimo tanto en la cantidad a aplicar como así también en evitar anegamientos que son perjudiciales a este cultivo.

También es necesario tener en óptimas condiciones la infraestructura hídrica predial, tanto de riego como de drenaje para evitar pérdidas de plantas o baja productividad (Cancio, 2016).

Para la zona se recomienda realizar la siembra en otoño y con una cantidad de entre 12 a 15 kg por hectárea, buscando una densidad de 600 semillas por metro cuadrado con el objetivo de lograr 500 tallos por metro cuadrado final.

Para la cosecha y en empaquetado es necesario realizar el corte, hilerado, secado y posteriormente el enfardado y acopio en el predio. En general se busca la cosecha con el 10% de floración, en este estado fenológico se obtiene un buen rendimiento y calidad del heno (Basigalup D., 2007; Cancio, 2016).

Del estudio de la forma de producir, cantidad de insumos y tipo de maquinaria en el Alto Valle surgieron tres modelos productivos característicos (Cancio et al., 2013). Algunas prácticas e insumos son considerados iguales en todos los modelos.

Estas características similares hacen referencia a que los terrenos son nivelados antes de la siembra, la labranza primaria es realizada con arado de cincel, la labranza secundaria con rastra de discos, se siembra en marzo con semilla comercial fiscalizada, peleteada e inoculada, el control de malezas es mecánico previo a la siembra y no se contempla aplicación de aficidas. Por otra parte se realizan 10 riegos por temporada, los fardos tienen un peso de 23 kg con 10 a 15 % de humedad, los fardos son movidos por acoplado

en el mismo predio a 500 m en promedio, utilizando un acoplado de 100 fardos y con capacidad de trabajo de 100 fardos por hora y finalmente la vida útil es 5 años.

2.1.5.2.1. Modelo Productivo 1. Superficie de hasta 10 ha.

Escala pequeña y con una parque de maquinaria mínimo para labranza, la cosecha y enfardado es tercerizada con medieros que se cobran el 50 % de los fardos.

La nivelación es con cuadrante, siembra de 22 kg por hectárea al voleo en forma manual, sin aplicación de fertilizante.

La maquinaria consiste en un tractor de 40 HP, niveladora de 2,10 m de ancho, arado cincel, rastra de 16 discos, vibrocultivador, bordeadora y acoplado de 2 ejes.

La producción promedio de los cinco años es de 420 fardos en 3,8 cortes al año.

2.1.5.2.2. Modelo Productivo 2. Superficie entre 10 a 30 ha.

Escala pequeña a mediana y con una parque de maquinaria para labranza y corte y enfardado.

La nivelación es con nivel laser contratado, siembra de 16 kg por hectárea mecanizada con sembradora. Aplicación de fertilizante fosforado a la siembra.

La maquinaria consiste en un tractor de 73 HP, arado cincel, rastra de 16 discos, sembradora tipo vibrocultivador, bordeadora, segadora multidisco, rastrillo lateral, enfardadora con atador alambre y acoplado de 2 ejes. Se contempla alambre N°15 2 bobinas de kg para 700 fardos (0.13 kg alambre por fardo).

La producción promedio de los cinco años es de 510 fardos en 4,8 cortes al año.

2.1.5.2.3. Modelo Productivo 3. Superficie mayor a 30 ha.

Productores de mayor escala y con una parque de maquinaria para labranza y corte y enfardado y con mayor nivel de tecnología aplicado.

La nivelación es con nivel laser contratado, siembra de 16 kg por hectárea mecanizada con sembradora. Aplicación de fertilizante fosforado a la siembra.

La maquinaria consiste en un tractor de 95 HP, arado cincel, rastra de 16 discos, sembradora de grano fino, bordeadora, cortahileradora multidisco, enfardadora con atador de hilo y acoplado de 2 ejes. Se contempla hilo 1 bobina de 4kg para 235 fardos (0.017 kg hilo por fardo).

La producción promedio de los cinco años es 600 fardos en 5,8 cortes al año.

2.2. CAPITULO 3: Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Diferentes herramientas de gestión se han desarrollado con la finalidad de mejorar el comportamiento ambiental tanto de productos como de servicios. Una de las herramientas con enfoque al producto es el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

2.2.1. Definiciones generales

El ACV un proceso sistemático de evaluación que permite identificar los impactos ambientales en cada parte de la cadena productiva que son atribuibles a un producto, proceso o actividad, desde los insumos primarios, las transformaciones que se realicen, su comercialización, uso y fin de vida (Gonzalez M., 2012).

En este mismo sentido Ramírez et al. (2014) califican la herramienta como integral en la medición y direccionamiento de la carga ambiental y la huella ecológica asociada con la fabricación de un producto, un proceso o actividad, desde la cuna hasta la tumba.

A nivel internacional los estándares ISO recogen las definiciones y metodologías principales para su aplicación. En particular la ISO 14040 Gestión Ambiental. Análisis del

Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia en conjunto con ISO 14044 Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y Directrices (ISO 14044, 2006).

En el desarrollo del ACV se identifican los recursos de entradas y salidas de productos, residuos y flujos de energía asociados. Los recursos se pueden evaluar en relación con su agotamiento (relacionado con la reserva geológica / natural), escasez (disponibilidad económica de un recurso) y su criticidad (un recurso que es escaso y también crucial para la sociedad) (Klinglmair et al., 2014).

Los sistemas alimentarios en comparación con otros sectores son intrínsecamente más variables tanto en el inventario y como en los posibles impactos (Notarnicola et al., 2016).

2.2.1.1. Uso y objetivos

Conocer el ACV permite tomar decisiones sobre la manera de producir teniendo en cuenta los hábitos de productores (recursos y emisiones) y el cálculo de emisiones.

Conocer el impacto ambiental total y por etapas permite identificar las ventajas y puntos a mejorar en cada modelo productivo para tener una gestión ambiental con mirada integral, que persiga la sustentabilidad del producto y no solamente el más alto rendimiento económico o productivo.

Estos puntos de mejora pueden ser prácticas de manejo del cultivo o en otras etapas de su ciclo de vida. Por otra parte también permite realizar comparaciones entre productos o servicios similares permitiendo escoger tecnologías o utilización de recursos que menos impacten al ambiente.

2.2.1.2. Antecedentes en producciones similares

Durante años se han realizado estudios de ACV en la producción agropecuaria y procesamiento de alimentos (Notarnicola et al., 2016), cada vez más utilizada para evaluar la sostenibilidad ecológica de los productos alimenticios y la cadena productiva (Meier et al., 2015), en varios países esta herramienta es utilizada en el desarrollo de políticas de planificación agropecuaria (Ghaderpour et al., 2018).

Según Bacenetti et al. (2018) se han realizado pocos estudios ACV sobre el heno de alfalfa y llevaron adelante una experiencia en el norte de Italia para evaluar el comportamiento e impactos ambientales durante cuatro años. Realizan una comparación con y sin riego, en una zona donde la irrigación es complementaria.

Para este caso la mecanización del corte, hilerado y enfardado genera mayor carga ambiental, principalmente por el consumo de combustible y las emisiones generadas. A pesar de esto, en términos generales se recomienda regar siempre que se pueda ya que aumenta los rendimientos y disminuye los impactos por unidad de producto.

En el mismo sentido Kim & Dale (2003) establecieron para cultivo, deshidratación y transporte de alfalfa en Indiana, Minnesota y Wisconsin (Estados Unidos) el factor principal en las categorías de requerimiento acumulativo de energía y la fuente del impacto del calentamiento son los GEI liberados por el uso de combustibles.

Para el noroeste de Irán, Ghanderpour et al. (2018) realizaron estudios sobre la producción de alfalfa y evaluaron las categorías de impacto en fincas pequeñas (menos de 1 ha), medianas (de 1 a 2.5 ha) y grandes (mayores a 2.5 ha). En este caso la irrigación con energía eléctrica es la principal fuente de emisiones ambientales y encontraron un gradiente de mayores impactos cuanto más chico es el tamaño de la explotación.

Otros estudios llevados adelante en el Valle del Ebro al Noreste de España por Gallego et al. (2011) abordaron la producción, secado y transporte de alfalfa, utilizaron nueve categorías de impacto e incluyeron el consumo de agua como punto crítico.

Otro uso de los ACV es comparar sistemas de producción orgánicos y convencionales, en este sentido Venkat (2012) para Estados Unidos determinó que en el heno de alfalfa bajo producción orgánica generó menos GEI por unidad de masa analizada.

En el mismo sentido Nemecek et al. (2011) llegaron a conclusiones similares en Suiza indicando que las granjas orgánicas en general tienen un comportamiento ambiental igual o superior a las producciones integradas. Observaron que la producción orgánica tiene menores rendimientos pero conservan mejor los recursos, limitan los insumos externos, consume menos combustibles, minerales y un uso restringido de plaguicidas.

A pesar de estos estudios puntuales, en una revisión de bibliografía sobre 34 investigaciones (Meier et al., 2015) entre producciones orgánicas y convencionales determino que aún no es posible diferenciar significativamente el desempeño ambiental entre sistemas, atribuyendo principalmente que los estudios ACV no diferencian adecuadamente las características y procesos biológicos específicos en las producciones.

En otro orden de cosas se utiliza el ACV en la producción de biomasa con la finalidad de la producción de biocombustibles (Kim & Dale, 2003; Requena et al., 2011; Sooriya Arachchilage, 2011) o en producciones integradas de engorde o tambos (Zucali et al., 2018).

De los casos analizados precedentemente aparecen el consumo de energía para el riego, combustibles para labranza y transporte y agroquímicos los principales componentes ambientales.

El principal GEI en la producción alfalfa es el dióxido de carbono aportando un 80% del impacto total del calentamiento global (Kim & Dale, 2003).

2.2.1.3. *Antecedentes nacionales*

El INTA género en el 2019 una plataforma llamada “Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales” en la cual pretenden abordar de manera nacional e integral la sostenibilidad de las cadenas agroalimentarias con estudios ACV, caracterizar los sistemas productivos ambientalmente, determinar las huellas ambientales, proponer mejoras y propuestas de economía circular (R. Bongiovanni & Hilbert, 2019).

La plataforma mencionada se propone articular con diferentes actores Sistema Agropecuario, Agroalimentario y Agroindustrial Argentino, nacionales, provinciales y municipales, públicos y privados.

Establecieron 27 cadenas productivas prioritarias de las cuales la producción de alfalfa no forma parte, para la región Patagonia Norte de priorizo la producción de bovinos, ovinos y porcinos, vitivinícola, cerezas, manzana y pera.

Por otra parte en Argentina se creó La Red Argentina de Análisis de Ciclo de Vida (RACV) en el año 2009 y forma parte de la Red Iberoamericana de Ciclo de Vida (RICV). Esta red cuenta con el apoyo de la Iniciativa de Ciclo de Vida del Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA) y de la Sociedad de Ecotoxicología y Química Ambiental (SETAC) (Red Argentina de Análisis de Ciclo de Vida, s. f.).

Recientemente se han presentado varios estudios locales y se espera que en los próximos años se potencien este tipo de investigaciones. En este sentido Peri et al. (2020) han proporcionado las primeras estimaciones de huella de carbono de la producción de lana y cordero en la Patagonia sur (Santa Cruz) de la puerta de la finca a escala regional como línea base.

En la zona sur de San Luis se abordó la producción de GEI en cadena de Carne bovina producida en sistemas extensivos (Nieto et al., 2020) y además analizaron el efecto de la aplicación de tecnologías estratégicas sobre las emisiones GEI (Nieto et al., 2019).

Jaurena, Juliarena y Errecart (2019) describieron las causas y determinantes en las emisiones GEI en la ganadería argentina, lo provocado en el cambio de uso de suelo, utilización de pastizales y pasturas, la digestión ruminal y los efluentes. Por otra parte también desarrollaron las diferentes técnicas para obtener los indicadores de las emisiones de GEI entéricos, fecales o efluentes.

Sobre el tema bioenergía, biocombustibles se han desarrollado estudios tendientes establecer la potencialidad de argentina, la estimación de GEI , el uso de residuos de cosecha (Dale et al., 2020; Hilbert, 2010, 2012) así como el uso de residuos de la generación del biogás, digestato, como biofertilizante (Bongiovanni Marcos et al., 2018).

Se caracterizó con un estudio ACV la cadena de la caña de azúcar (Nishihara Hun et al., 2017) y el sorgo sacarífero en Tucumán (De Nucci et al., 2015, 2016), la producción del trigo (R. G. Bongiovanni & Tuninetti, 2021) y de maíz (Manosalva et al., 2018) en Córdoba.

Huella de carbono del té en misiones (Lysiak E., 2018), fibra de algodón en Chaco (Saez et al., 2015), cadena de maní en Córdoba (R. Bongiovanni et al., 2014).

Para la producción de alfalfa se han encontrado trabajos vinculados principalmente a la

huella hídrica, la eficiencia en el uso agua y los efectos combinados fertilización y calidad (Anschau & Bongiovanni, 2017; J. J. Gallego, 2017; Miñon et al., 2018)

2.2.2. Fases ACV

De acuerdo a la ISO 14040 el desarrollo de un ACV tiene cuatro fases o etapas metodológicas: objetivos y alcance, inventario, evaluación e interpretación (Gonzalez M., 2012; Leiva E. H., 2016).

2.2.2.1. Fase de inicio

En esta fase de debe definir los objetivos, los destinatarios, la aplicación prevista, los productos y la motivación de realizar el mismo. También es importante definir el alcance abarcando la amplitud, profundidad y detalle del estudio.

En esta etapa se determina la unidad funcional, la función del producto, el sistema y los límites. En función de lo anterior se definirá la metodología de estudio.

Los alcances más comunes en los estudios ACV son:

- De la puerta a la puerta (Gate to gate): considera únicamente las actividades (proceso productivo) a la que se aplica.
 - De la cuna a la puerta (Cradle to gate): toma en consideración desde la extracción y acondicionamiento de materias primas hasta el proceso productivo.
 - De la puerta a la tumba (Gate to grave): considera el proceso productivo y abarca hasta la fase de gestión de los residuos a que da lugar el producto.
 - De la cuna a la tumba (Cradle to grave): estudia desde el acondicionamiento de las materias primas hasta la gestión última de los residuos (reciclaje u otros).
 - De la cuna a la cuna (Cradle to cradle): considera el ciclo de vida completo del producto, ya que abarca desde el acondicionamiento de las materias primas hasta que el producto, tras quedar fuera de uso, es reintroducido en el mismo proceso productivo o en otro.

2.2.2.2. *Inventario del ciclo de vida (ICV)*

Recopilación e inventario de los recursos consumidos y las emisiones y residuos generados al aire, suelo y agua del producto. De alguna manera constituye un balance de energía y materia sobre el sistema.

El conjunto de datos analizados recibe el nombre de ecovector o perfil ambiental (Gonzalez M., 2012).

2.2.2.3. *Evaluación del impacto (EICV)*

La finalidad es conocer y evaluar la cantidad y significancia de los impactos potenciales del producto usando los resultados del análisis de inventario.

Como evaluación mínima se debe incluir la selección de categorías e indicadores de impacto, la clasificación y caracterización. De manera opcional la normalización y evaluación o valoración.

La clasificación asigna los datos del inventario a las categorías de impacto seleccionadas y la caracterización proporciona magnitud del efecto ambiental de la carga contaminante en función de sus características.

La normalización permite comparar las categorías de manera directa (idénticas unidades) y la evaluación se pondera por la importancia relativa de los impactos ambientales.

2.2.2.4. *Conceptualización de la Interpretación de resultados*

Por último se combina toda la información analizada precedente, de acuerdo a los objetivos y alcances planteados para generar las conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones.

Se puede analizar que parte del ciclo de vida genera más impacto y sobre que factor, por lo tanto orientar las políticas de mejora. En análisis comparativos de escala o alternativas

de producción o productos, también se puede determinar cual tiene mejor comportamiento ambiental.

En resumen, el resultado final por categoría de impacto y por producto se expresa como ecopunto, magnitud adimensional que proviene de realizar la multiplicación de cantidad emitida por el factor de caracterización por el factor de normalización y por el factor de evaluación, estableciendo que a mayor valor mayor impacto ambiental (Gonzalez M., 2012).

3. METODOLOGÍA

Se describe la metodología de investigación utilizada, el diseño, población y muestra, definición de variables, medición y procesamiento de datos.

3.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación empleado se basó en un enfoque cuantitativo, del tipo explicativo no experimental, corte transversal en donde se recogen los datos en un único momento.

3.2. Población y muestra

El estudio de caso se realizó en una chacra de la localidad de General Roca, Alto Valle coordenadas latitud Sur 39°02'11'' y longitud O 67°29'18''. El establecimiento se dedica exclusivamente a la producción de heno de alfalfa y toda la chacra fue sometida al análisis.

Para la generalización a todo el Alto Valle se utilizaron modelos productivos genéricos (Cancio et al., 2013).

Según el Censo Agrícola provincial (2005) el cultivo de forrajeras representaba 30.254 ha en 605 unidades económicas (UE), de las cuales el 72 % se correspondían al tipo social Familiar, el 21 % al Familiar Capitalizado, 4% empresa familiar y 3 % empresa sociedad de capital (Boltshauser & Villarreal, 2007).

Para este mismo año en Alto Valle la producción forrajera ocupaba el 6 % de la tierra y el 5% de las UE se dedicaban a esta actividad.

Según el Censo Nacional Agropecuario 2018 (INDEC, 2021) son 1019 las UE relevadas y con una superficie total 29.981 has.

3.3. Variables

Las Variables teóricas relevadas en el caso de estudio son las relacionadas con las labranzas, consumo de energía eléctrica y combustibles, insumos agrícolas. Superficie implantada, tipo y cantidad de productos agroquímicos usados, consumo de gasoil, nafta y energía eléctrica, cantidad de agua, tiempo de uso de máquinas y potencia, jornales usados anualmente, rendimiento por corte y por año, humedad, destino y distancia de almacenamiento y uso.

Las Variables Operacionales se corresponden con la información relevada, Superficie (ha), humedad (%), rendimiento (kg/ha), distancia (km), insumos (kg/ha/año o l/ha/año), Riego (m³/ha/año), jornales (días), combustibles (l), energía (kWh). Se resumen las variables relevadas en la tabla 3.1

Tabla 3.1

Resumen de variables y sus unidades.

Variable	Unidad	Unidad inventario
0. Producción	kg/ha	t
1. Maquinaria	kg	kg/t
2. Combustible	l	kg/t
3. Electricidad	kWh	kWh/t
4. Agua para riego	m ³ /ha	m ³ /t
5. Semilla	kg/ha	kg/t
6. Fertilizantes	kg/ha	kg/t
7. Agroquímicos	l/ha	g/t
8. Insumos	kg/ha	kg/t
9. Mano de Obra	h	h/t

Nota. Elaboración propia

En este estudio se adoptó la perspectiva de la cuna a la puerta, se incluyeron la producción de semillas, herbicidas, fertilizantes, transporte insumos, energía eléctrica y combustible y producción insumo auxiliares. En la figura 3.1 y en la Figura 3.2 se representa los límites del sistema estudiado.

Figura 3.1

Colección Fotográfica de chacra bajo estudio



Nota. Esta figura muestra las principales prácticas de manejo realizadas en la chacra estudiada. De izquierda a derecha y arriba abajo: Labranza primaria, nivelación, bordeado, riego, implantación, plena producción, corte e hilerado, acopio de fardos, fardos. Elaboración propia.

Se establecieron dos subsistemas, el Subsistema 1 Implantación (S1) y el Subsistema 2 Producción (S2). El procesamiento de la información y análisis se realizó de manera total y por subsistemas.

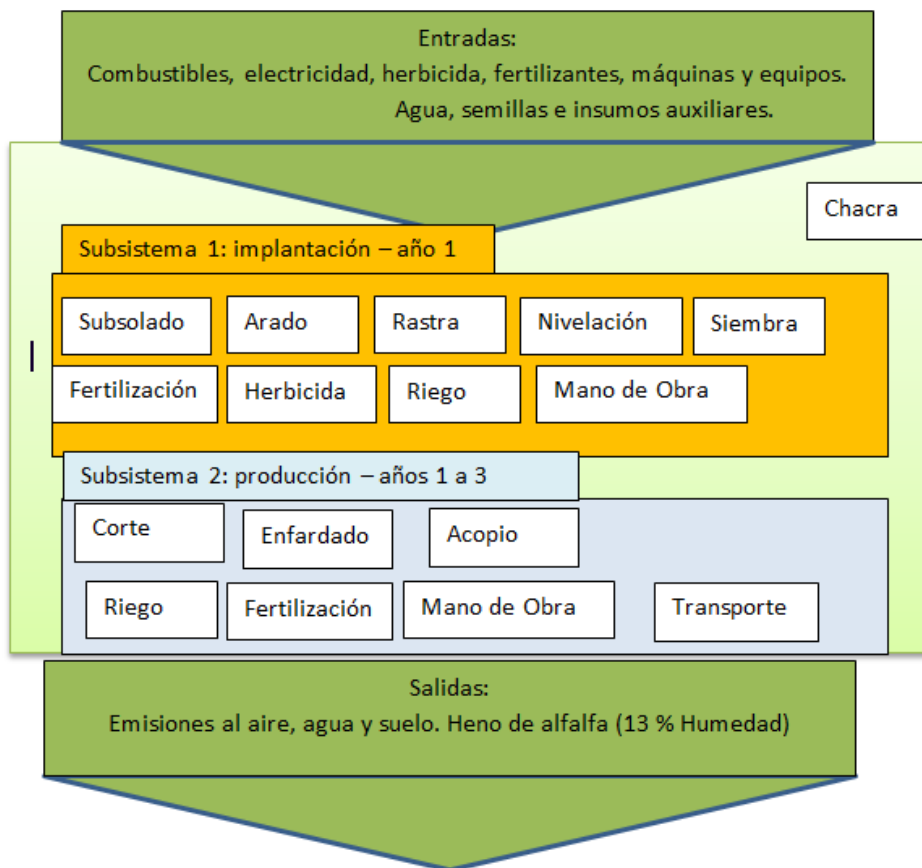
Según los análisis de suelo de muestra compuesta del año 1 (presembrado) y año 3, los contenidos de carbono de la capa arable (0-30 cm) son 1.93 % y 1.88 % respectivamente, con lo cual se asume que no hay cambio de carbono en el suelo en el periodo de estudio.

Del mismo estudio se desprende que el suelo es de textura Arcillo-limosa, pH 7.36 y salinidad CE 2.8 dS/m.

Se considera que el estudio de caso se enmarca en un inventario de datos nivel 3 según la guía WFLCA (Nemecek et al., 2019), en donde la fuente de información es primaria y con mediano grado de detalle. La aplicación de modelos productivos se enmarcó en un inventario de datos nivel 1, con fuente de datos secundarios y bajo grado de detalle.

Figura 3.2

Límites del sistema ACV del estudio de caso

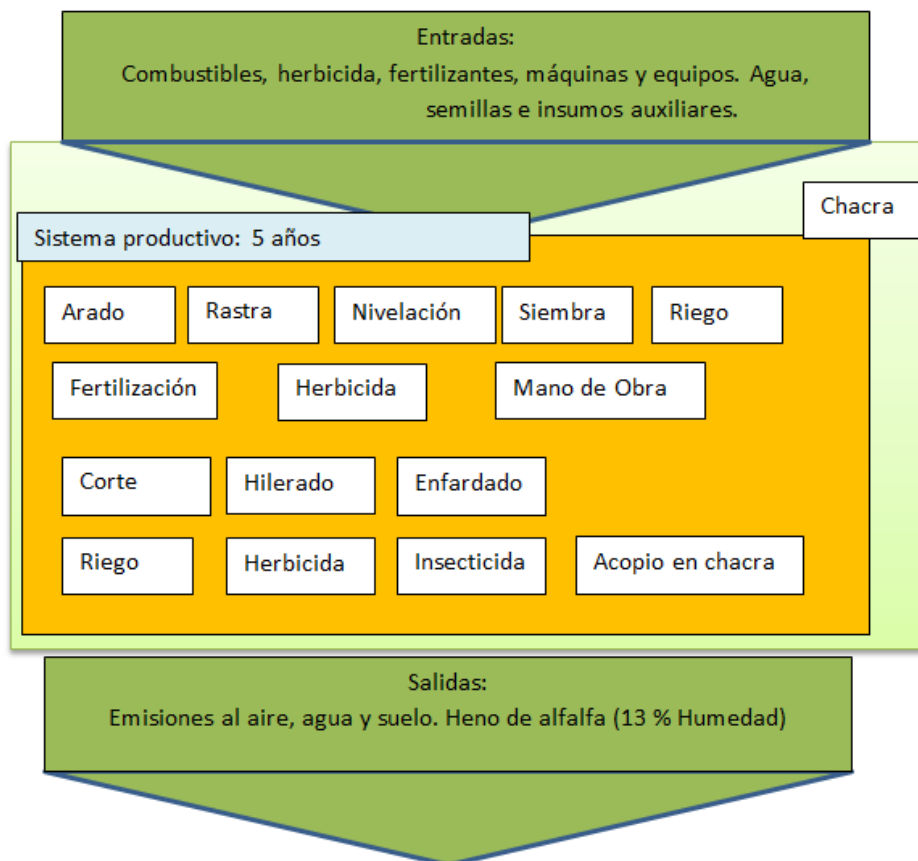


Nota. Esta figura muestra los límites adoptados en la chacra estudiada. Elaboración propia.

En la aplicación de los modelos productivo se consideró la perspectiva de la cuna a la puerta de la chacra, sin transporte a destino de consumo. Se incluyó la producción de semillas, herbicidas, fertilizantes y combustible y producción insumos auxiliares. En la Figura 3.3 se representa los límites del sistema estudiado.

Figura 3.3

Límites del sistema ACV de los modelos productivos



Nota. Esta figura muestra los límites adoptados para los modelos productivos descritos en la zona. Elaboración propia.

3.4. Instrumentos de medición y técnicas

Para relevar los datos se realizó búsqueda de bibliográfica sobre el heno de alfalfa en la zona y se desarrolló una visita a la chacra en la que se observó el manejo y las infraestructuras presentes. En ese momento se realizó una entrevista personal con el propietario del establecimiento a los efectos de recoger la información necesaria.

La encuesta de relevamiento de campo utilizada se presenta en el Anexo I.

3.5. Procedimientos

La encuesta y relevamiento de información se realizó en la chacra con el productor de manera presencial con cita acordada previamente. Se realizó todo el relevamiento en un solo encuentro.

La unidad funcional se estableció en 1 tonelada de alfalfa empacada en forma de fardos de 22 kg cada uno con 13 % de humedad.

Se adaptó la metodología ISO 14044 (2006) y trabajos similares (Bacenetti et al., 2018; Ghaderpour et al., 2018; Notarnicola et al., 2016; Noya et al., 2015; Sooriya Arachchilage, 2011), con la información relevada, definidos los límites del sistema, se realizó un balance de energía y materia para todas las entradas y salidas en la producción de una tonelada de heno de alfalfa y se construye el perfil ambiental.

Para el inventario se utilizaron las bases de datos Ecoinvent y la Word Food LCA (Brentrup et al., 2000; IPCC, 2006; Nemecek et al., 2007, 2019) para calcular las emisiones de herbicidas, fertilizantes y combustibles. Para la mano de obra se utilizaron los coeficientes propuestos de Nguyen & Hermansen (2012).

Para las maquinarias se consideró la cantidad de horas ocupadas, la vida útil y peso de las mismas, se aplicó la metodología de Nemecek et al. (2007), no fueron consideradas las emisiones de mantenimiento y reparaciones ni emisiones de metales pesados, considerando que el impacto ambiental contribuye menos al 1 %.

Para contabilizar la producción de semillas, energía eléctrica, gasoil, herbicidas, fertilizantes e hilo de atar fardos se utilizaron otras fuentes bibliográficas ((John N., 2020; Kim & Dale, 2003; Secretaria de Energía Argentina, 2017; Vadas et al., 2008))

Los factores de caracterización serán reportados por el método CML-IA baseline V3.02/World 2000 (Institute of Environmental Sciences at Leiden University (CML), 2021) . A cada categoría de impacto se le asigna su indicador que se evalúa sumando para cada sustancia relevada el producto de la cantidad de emisión por el factor de caracterización (Sooriya Arachchilage, 2011).

Las categorías de impacto ambiental utilizadas para actividades agrícolas que se van a evaluar se muestran en la tabla 3.2 con sus respectivas unidades. El Calentamiento Global se puede calcular para un período de 20, 100 o 500 años, en este trabajo adoptó para 100 años.

Tabla 3.2

Categorías de impacto método CML-IA baseline y sus unidades

Categoría de impacto	Unidades
Agotamiento abiótico	kg Sb eq
Agotamiento abiótico (combustibles fósiles)	MJ
Calentamiento global (GWP100a)	kg CO2 eq
Agotamiento de la capa de ozono (ODP)	kg CFC-11 eq
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad acuático de agua dulce	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad acuática marina	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq
Oxidación fotoquímica	kg C2H4 eq
Acidificación	kg SO2 eq
Eutrofización	kg PO4 eq

Nota. Elaboración propia adaptado de Institute of Environmental Sciences at Leiden University (CML). (2021). *Software programme CMLCA 6.1.*

Lo realizado da respuesta a los dos primeros objetivos específicos. Continuando con el trabajo se utilizan los factores de normalización World 2000 CML-IA 4.8 expresados en la tabla 3.3 obteniendo un parámetro comparable para cada categoría de impacto y de esta manera construir el objetivo tercero.

Tabla 3.3

Factores de Normalización para el método World 2000 CML-IA baseline y sus unidades (Institute of Environmental Sciences at Leiden University (CML), 2021).

Categoría de Impacto	Factor de Normalización
Agotamiento abiótico	6.08E+07
Agotamiento abiótico (combustibles fósiles)	3.80E+14

Calentamiento global (GWP100a)	4.22E+13
Agotamiento de la capa de ozono	2.27E+08
Toxicidad humana	2.36E+12
Ecotoxicidad acuático de agua dulce	5.49E+11
Ecotoxicidad acuática marina	1.94E+14
Ecotoxicidad terrestre	1.02E+12
Oxidación fotoquímica	3.68E+10
Acidificación	2.39E+11
Eutrofización	1.58E+11

Nota. Elaboración propia adaptado de Institute of Environmental Sciences at Leiden University (CML). (2021). *Software programme CMLCA 6.1.*

En otro orden de cosas se usaron los modelos productivos de heno de alfalfa desarrollados por el INTA (Cancio et al., 2013) para la zona, productores pequeños, medianos y grandes.

La unidad funcional en este caso es 1 tonelada de alfalfa empacada en forma de fardos de 23 kg con 13 % humedad.

Se aplicó la misma metodología mencionada anteriormente. No se considera cambios de carbono en el suelo para ningún modelo. Para estimar el consumo de combustible se utilizó el factor de consumo medio expresado litros por unidad de potencia y hora de trabajo 0.0932 l/HP_h (Hetz & Reina, 2013). Al no considerar fertilizantes nitrogenados no hay emisiones al aire (NH₃, NO y N₂O) ni al agua (NO₃) provenientes de esta fuente.

3.6. Análisis estadístico

Los datos fueron de encuesta, bibliográficos y construcción de inventarios fueron procesados con planilla de cálculo MS Excel, se realizó análisis de estadística descriptiva, gráficos de barras y circulares para presentar la información.

Se utilizó el programa CMLCA 6.1 (Institute of Environmental Sciences at Leiden University (CML), 2021) para realizar la evaluación de impactos e interpretación de resultados.

El programa CMLCA es de descarga y uso gratuito, provisto por el Instituto de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias de la Universidad de Leiden de Países Bajos. Además de suministrar el programa en su última versión 6.1 de agosto del 2018 provee bases de datos.

Estas bases de datos son fácilmente exportables al programa y se cuenta en línea con manuales de uso y ejemplos resueltos. Están incluidos factores de caracterización de los métodos de referencia como así también otros adicionales. Contiene datos de normalización para todas las intervenciones y categorías de impacto a diferentes niveles espaciales y temporales.

CMLCA es flexible, perfecto para su uso por investigadores, comprende un conjunto amplio de opciones para hacer la interpretación del ciclo de vida, es compatible con el marco y la terminología de ISO 14040, no requiere un administrador para la instalación, y puede ser transferido a través de Internet.

4. RESULTADOS

Se presentan los resultados de la investigación, ordenados por las fases del ACV. En primer lugar el Inventario (ICV) y después la Evaluación del impacto (EICV) abarcando la caracterización y normalización de los mismos.

4.1. Inventario del ciclo de vida (ICV)

4.1.1. Inventario resumido

En la tabla 4.1 se muestran los resultados del IVC para el estudio de caso con sus respectivas unidades reducidas a la unidad funcional empleada. El herbicida registrado es Propaquizofop 10% p/v y los fertilizantes utilizados son el fosfato diamonico (grado equivalente 18-46-0) presiembra y fosfato monoamonico (grado equivalente 11-52-0) en otro año. En insumo se consideró el hilo de nylon para enfardar.

Tabla 4.1

Inventario de ciclo de vida estudio de caso de producción de heno de alfalfa. Unidad Funcional una tonelada.

	unidad	valor		
		total	S1 (año1)	S2(año2y3)
A) SALIDAS				
Alfalfa (13% humedad)	t/ha/año	11.67	4.22	15.40
Alfalfa (13% humedad)	kg	63030	7590	55440
Superficie	ha	1.80	1.80	1.80
B) ENTRADAS				
1. Maquinaria	kg/t	6.37	16.06	1.43
2. Combustible	kg/t	12.67	30.32	10.26
Subsolado	kg/t	0.10	0.85	
Arado cincel	kg/t	0.09	0.71	
Rastra discos	kg/t	0.07	0.56	
nivelación	kg/t	0.17	1.41	
vibrocultivador	kg/t	0.09	0.71	
Bordeadora	kg/t	0.03	0.21	
Herbicida	kg/t	0.02	0.14	

camioneta	kg/t	2.94	8.14	2.23
corte	kg/t	2.45	4.69	2.14
enfardado	kg/t	3.06	5.86	2.68
transporte fardos acopio	kg/t	3.67	7.04	3.21
transporte (camión 20 a 30t)	km/t	11.90	19.76	10.82
3. Electricidad	kWh/t	42.84	118.58	32.47
4. Agua para riego	m3/t	107.89	948.62	119.05
5. Semilla	kg/t	2.37	6.57	
6. Fertilizantes	kg/t	8.82	40.32	4.51
7. Agroquímicos	g/t	3.32	27.55	
8. Insumos	kg/t	0.77	0.77	0.77
9. Mano de Obra	h/t	8.31	23.82	6.18

Nota. Elaboración propia. Subsistemas Total: todos los componentes anualizados en sus 3 años. S1: subsistema implantación. S2: subsistema producción.

En la tabla 4.2 se muestran los resultados del IVC para los modelos productivos descritos para Alto Valle. El herbicida informado es el 2,4 D y el fertilizante utilizado es el superfosfato triple de calcio (grado equivalente 0-46-0) presiembra. En insumo se consideró el hilo de nylon o alambre para enfardar según el caso. No se contempla consumo eléctrico ni transporte a destino de consumo.

Tabla 4.2

Inventario de ciclo de vida para la producción anual de los modelos productivos de alfalfa estudiados. Unidad funcional 1 tonelada.

	unidad	valor		
		M1 <10 ha	M2 10<30 ha	M3 >30 ha
A) SALIDAS				
Alfalfa (13% humedad)	t/ha/año	9.66	11.73	13.80
Alfalfa (13% humedad)	kg/ha	9660	11730	13800
B) ENTRADAS				
1. Maquinaria	kg/t	5.35	6.32	6.73
2. Combustible	kg/t	13.55	22.28	23.90

3. Agua para riego	m3/t	124.22	102.30	86.96
4. Semilla	kg/t	2.07	1.36	1.16
5. Fertilizante	kg/t	0.00	8.53	7.25
6. Agroquímicos				
6.a) Insecticidas	g/t	0.013	0.011	0.009
6.b) Herbicidas	g/t	62.11	51.15	43.48
7. Insumos				
7.a) Alambre	kg/t	5.65	5.65	
7.a) Hilo	kg/t			0.74
8. Mano de Obra	h/t	9.47	7.86	6.58

Nota. Elaboración propia. M1, M2 y M3 modelos según superficie y tecnología empleada.

4.1.2. Emisiones

Las emisiones al aire, agua y suelo estimadas se presentan en la Tabla 4.3 para el estudio de caso y en la Tabla 4.4 para los modelos productivos.

Tabla 4.3

Emisiones del estudio de caso de producción de heno de alfalfa. Unidad Funcional 1 tonelada.

Emisiones de la chacra	unidad	valor		
		total	S1 (año1)	S2(año2y3)
1. Emisiones al aire				
<i>a. de Fertilizantes</i>				
1. Amoníaco (NH ₃)	kg/t	1.866	1.747	0.119
2. Monóxido de Nitrógeno (NO)	kg/t	0.077	0.072	0.005
3. Monóxido de dinitrógeno (N ₂ O)	kg/t	0.125	0.049	0.014
<i>b. Emisiones de labor humana</i>	kg CO ₂ eq/t	5.81	16.67	4.33
<i>c. Emisiones de uso combustibles</i>				
1. Metano (CH ₄)	kg/t	2.16E-03	3.32E-03	1.56E-03
2. Dióxido de Carbono (CO ₂)	kg/t	52.13	80.28	37.81
3. Monóxido de dinitrógeno (N ₂ O)	kg/t	2.01E-03	3.09E-03	1.45E-03
4. Amoníaco (NH ₃)	kg/t	3.34E-04	5.15E-04	2.42E-04

5. Benceno (C6H6)	kg/t	1.17E-04	1.80E-04	8.48E-05
6. Dioxido de Azufre (SO2)	kg/t	1.69E-02	2.60E-02	1.22E-02
2. Emisiones al agua				
a. Nitrato (NO3)	kg/t	2.76E-01	1.37E+00	4.39E-01
b. Fosfato (PO4)	kg/t	1.71E-03	1.42E-02	1.95E-03
3. Emisiones al suelo				
a. Propaquizafop	g/t	27.55	228.81	

Nota. Elaboración propia. Subsistemas Total: todos los componentes anualizados en sus 3 años. S1: subsistema implantación. S2: subsistema producción.

Tabla 4.4

Emisiones para la producción anual de los modelos productivos de alfalfa estudiados. Unidad funcional 1 tonelada.

Emisiones de la chacra	unidad	Valor		
		M1 <10 ha	M2 10<30 ha	M3 >30 ha
1. Emisiones al aire				
a. Emisiones de labor humana	kg CO2 eq/t	6.63	5.50	4.61
b. Emisiones de uso combustibles				
1. Metano (CH4)	kg/t	1.75E-03	2.87E-03	3.08E-03
2. Dióxido de Carbono (CO2)	kg/t	42.29	69.51	74.56
3. Monóxido de dinitrógeno (N2O)	kg/t	1.63E-03	2.67E-03	2.87E-03
4. Amoniac (NH3)	kg/t	2.71E-04	4.46E-04	4.78E-04
5. Benceno (C6H6)	kg/t	9.49E-05	1.56E-04	1.67E-04
6. Dioxido de Azufre (SO2)	kg/t	1.37E-02	2.25E-02	2.41E-02
2. Emisiones al agua				
a. Fosfato (PO4)	kg/t	0	5.12E-03	4.35E-03
3. Emisiones al suelo				
a. Insecticida Imidacloprid (confidor OF)	g/t	1.00E-02	8.24E-03	7.01E-03
b. Insecticida Bt (dipel)	g/t	3.20E-03	2.63E-03	2.24E-03
c. Herbicida 2,4 DB 100	g/t	6.21E+01	5.12E+01	4.35E+01

Nota. Elaboración propia. M1, M2 y M3 modelos según superficie y tecnología empleada.

4.2. Evaluación del impacto (EICV)

4.2.1. Clasificación y Caracterización

La clasificación de los insumos y las emisiones en cada categoría de impacto es realizada por el programa de manera automática según la metodología adoptada. En la Tabla 4.5 y 4.6 se presentan los resultados de la caracterización del estudio de caso y modelos productivos respectivamente.

Tabla 4.5

Caracterización del estudio de caso de producción de heno de alfalfa para cada categoría de impacto ambiental. Unidad Funcional 1 tonelada.

Categoría de impacto	Unidades	Valor Total	Valor S1	Valor S2
Agotamiento abiótico (combustibles fósiles)	MJ	1150	2750	932
Calentamiento global (GWP100a)	kg CO2 eq	195	394	101
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	1.7	11.3	0.174
Ecotoxicidad acuático de agua dulce	kg 1,4-DB eq	0.813	6.75	7.10E-09
Ecotoxicidad acuática marina	kg 1,4-DB eq	0.00458	0.038	2.38E-07
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	0.0435	0.361	1.32E-09
Oxidación fotoquímica	kg C2H4 eq	-0.0318	-0.0282	-0.00138
Acidificación	kg SO2 eq	3.07	2.89	0.21
Eutrofización	kg PO4 eq	0.734	0.792	0.0932

Nota. Elaboración propia. Subsistemas Total: todos los componentes anualizados en sus 3 años. S1: subsistema implantación. S2: subsistema producción.

Tabla 4.6

Caracterización en producción anual de los modelos productivos de alfalfa estudiados para cada categoría de impacto ambiental. Unidad Funcional 1 tonelada.

Categoría de impacto	Unidades	M1 <10 ha	M2 10<30 ha	M3 >30 ha
Agotamiento abiótico	kg Sb eq	2.33E-06	2.33E-06	4.86E-22
Agotamiento abiótico	MJ	1380	2180	2170

(combustibles fósiles)				
Calentamiento global (GWP100a)	kg CO2 eq	137	186	184
Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC-11 eq	2.36E-14	2.36E-14	4.91E-30
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	3.1	2.71	2.37
Ecotoxicidad acuático de agua dulce	kg 1,4-DB eq	2.52	1.57	1.33
Ecotoxicidad acuática marina	kg 1,4-DB eq	0.0133	0.00876	0.00744
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	0.11	0.0818	0.0695
Oxidación fotoquímica	kg C2H4 eq	0.00717	0.00766	0.00464
Acidificación	kg SO2 eq	0.0692	0.0801	0.059
Eutrofización	kg PO4 eq	0.00402	0.00948	0.0166

Nota. Elaboración propia. M1, M2 y M3 modelos según superficie y tecnología empleada.

En las tablas 4.7 y 4.8 se presentan detalles de la categoría de impacto Calentamiento global (GWP100a) en función de lo emitido en el proceso productivo dentro de la chacra del caso de estudio y fuera de ella (background) en valores de dióxido de carbono equivalente y participación porcentual.

Tabla 4.7

Detalle de aportantes y origen al Calentamiento global (GWP100a) para el estudio de caso de producción de heno de alfalfa. Unidad Funcional 1 tonelada.

origen	Aportante	Total		S1		S2	
		Valor	%	Valor	%	Valor	%
De la chacra	Emisiones de labor humana	5.8	3%	16.7	4%	4.33	4%
	Dióxido de Carbono (CO2)	52.1	27%	80.3	20%	37.8	37%
	Monóxido de dinitrógeno (N2O)	33.7	17%	13.7	3%	4.21	4%
Fuera de la chacra	Dióxido de Carbono (CO2)	103	53%	278	71%	54.2	54%
	Metano (CH4)			5.5	1%		
		195	100%	394	100%	101	100%

Nota. Elaboración propia. Subsistemas Total: todos los componentes anualizados en sus 3 años. S1: subsistema implantación. S2: subsistema producción. Valor en kg CO2 eq

Tabla 4.8

Contribución de los procesos productivos al Calentamiento global (GWP100a) para el estudio de caso de producción de heno de alfalfa. Unidad Funcional 1 tonelada

Proceso productivo	Total		S1		S2	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%
Semilla	31.7	31%	87.8	32%		
Gasoil	41.0	40%	97.3	35%	32.6	60%
Fosfato diamonico (18-46-0)	7.1	7%	58.8	21%		
Fosfato monoamonico (11-52-0)	3.8	4%			4.36	8%
Hilo	6.7	6%	6.68	2%	6.68	12%
Electricidad	5.7	6%	15.8	6%	4.32	8%
Transporte a destino	6.9	7%	11.4	4%	6.26	12%
Sumatoria	103	100%	278	100%	54.22	100%

Nota. Elaboración propia. Subsistemas Total: todos los componentes anualizados en sus 3 años. S1: subsistema implantación. S2: subsistema producción. Valor en kg CO2 eq.

En las tablas 4.9 y 4.10 se presentan detalles de la categoría de impacto Calentamiento global (GWP100a) en función de lo emitido en el proceso productivo dentro de la chacra y fuera de ella (background) en valores de dióxido de carbono equivalente y participación porcentual.

Tabla 4.9

Detalle de aportantes y origen al Calentamiento global (GWP100a) para los modelos productivos de alfalfa. Unidad Funcional 1 tonelada.

origen	Aportante	M1 <10 ha		M2 10<30 ha		M3 >30 ha	
		Valor	%	Valor	%	Valor	%
De la chacra	Emisiones de labor humana	6.63	5%	5.5	3%	4.61	3%
	Dióxido de Carbono (CO2)	42.3	31%	69.5	38%	74.6	41%
Fuera de la chacra	Dióxido de Carbono	87.5	64%	110	59%	103	57%
		136.43	100%	185	100%	182.2	100%

Nota. Elaboración propia. M1, M2 y M3 modelos según superficie y tecnología empleada. Valor en kg CO2 eq.

Tabla 4.10

Contribución de los procesos productivos al Calentamiento global (GWP100a) para los modelos productivos de alfalfa. Unidad Funcional 1 tonelada.

Proceso productivo	M1 <10 ha		M2 10<30 ha		M3 >30 ha	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%
Semilla	27.7	32%	18.2	17%	15.5	15%
Gasoil	43	49%	70.8	64%	75.9	75%
Herbicida	2.53	3%	2.08	2%		
Alambre	14.3		14.3	13%		
Fertilizante			4.41	4%	3.75	4%
Hilo					6.42	6%
	87.5	100%	109.8	100%	101.6	100%

Nota. Elaboración propia. M1, M2 y M3 modelos según superficie y tecnología empleada. Valor en kg CO2 eq

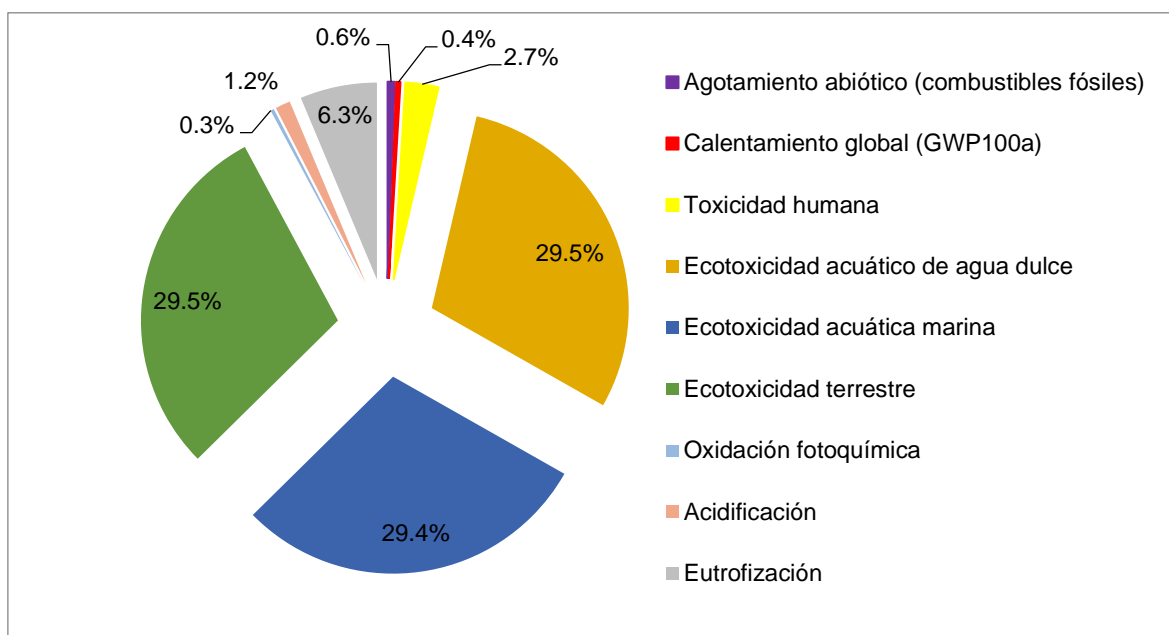
4.2.2. Normalización

Aplicados los factores de normalización se presenta en la Figura 4.1 la participación de cada categoría de impacto para el estudio de caso.

La totalidad de los componentes ecotoxicidad acuática y terrestre viene dada por la aplicación de herbicida.

Figura 4.1

Categorías de impacto normalizadas para el estudio de caso de producción de heno de alfalfa.



Nota. Elaboración propia. Esta figura muestra la participación porcentual de cada categoría de impacto de manera comparable entre ellas.

En la Tabla 4.11 se muestra la participación de cada categoría de impacto normalizada para cada modelo productivo. En la Figura 4.2 el aporte que realizan los procesos que ocurren dentro de la chacra y en la Figura 4.3 los aportes generados fuera de la chacra.

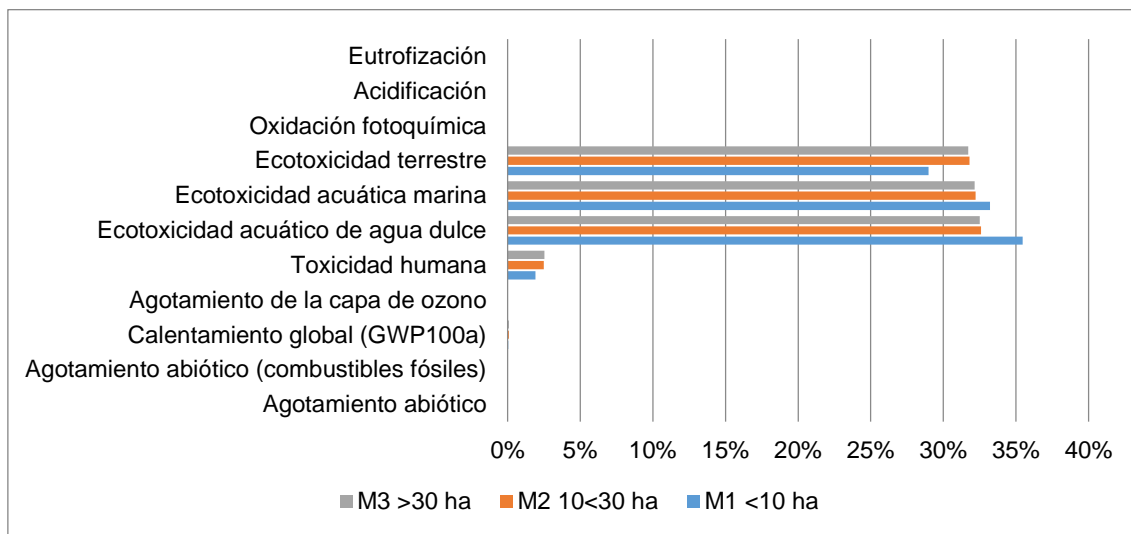
Tabla 4.11

Categorías de impacto normalizadas para cada modelo productivo de alfalfa.

Categoría de impacto	M1 <10 ha	M2 10<30 ha	M3 >30 ha
Agotamiento abiótico	0.0%	0.0%	0.0%
Agotamiento abiótico (combustibles fósiles)	0.3%	0.6%	0.7%
Calentamiento global (GWP100a)	0.1%	0.2%	0.2%
Agotamiento de la capa de ozono	0.0%	0.0%	0.0%
Toxicidad humana	1.9%	2.5%	2.5%
Ecotoxicidad acuático de agua dulce	35.5%	32.6%	32.5%
Ecotoxicidad acuática marina	33.2%	32.2%	32.2%
Ecotoxicidad terrestre	29.0%	31.8%	31.7%
Oxidación fotoquímica	0.0%	0.0%	0.0%
Acidificación	0.0%	0.0%	0.0%
Eutrofización	0.0%	0.0%	0.1%

Figura 4.2

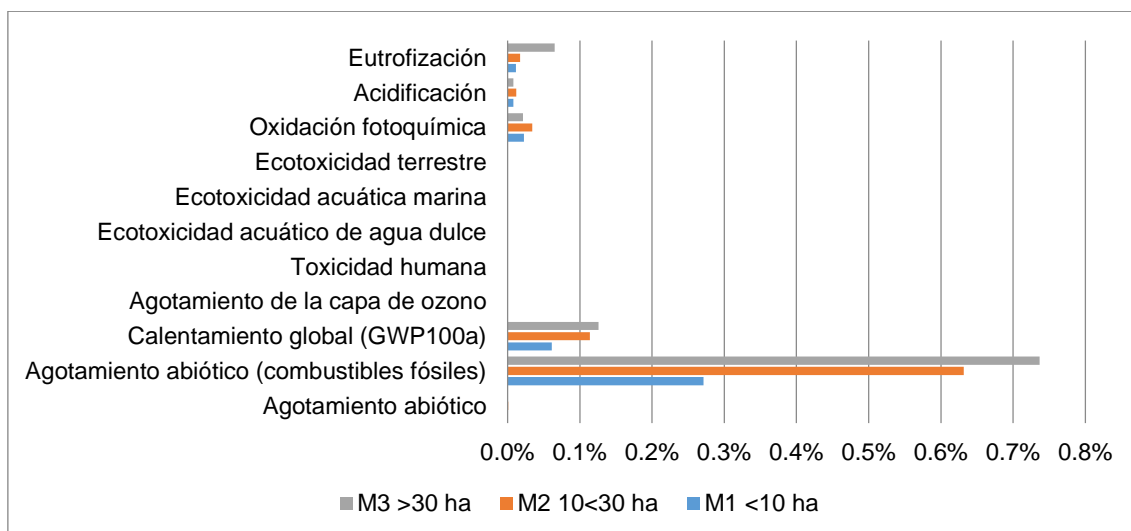
Categorías de impacto normalizadas para los modelos productivos de alfalfa.
Componente De la chacra



Nota. Elaboración propia. Esta figura muestra la participación porcentual de cada categoría de impacto de manera comparable entre ellas.

Figura 4.3

Categorías de impacto normalizadas para los modelos productivos de alfalfa.
Componente Fuera de la chacra.



Nota. Elaboración propia. Esta figura muestra la participación porcentual de cada categoría de impacto de manera comparable entre ellas.

5. DISCUSIÓN

El caso de estudio presenta algunas características descriptas del modelo productivo 1 y del modelo 2, principalmente. El rendimiento, maquinaria y fertilizante similar el modelo 2, combustible y semilla del modelo 1, mano de obra intermedio entre estos modelos e insumos del modelo 3.

A pesar de ser un productor de pequeña escala, 1.8 ha actualmente, utiliza tecnología y parque de maquinaria moderna, se refleja en las emisiones que genera intermedias entre los modelos regionales 1 y 2.

Para el estudio de caso en todo el ciclo analizado el resultado del cálculo de las categorías de impacto Agotamiento abiótico, Calentamiento global (GWP100a), Toxicidad humana, Ecotoxicidad acuático de agua dulce, Ecotoxicidad acuática marina, Ecotoxicidad terrestre, Oxidación fotoquímica, Acidificación, Eutrofización fueron 1150 MJ, 195 kg CO₂ eq., 1.7 kg 1,4-DB eq, 0.813 kg 1,4-DB eq, 0.00458 kg 1,4-DB eq, 0.0435 kg 1,4-DB eq, -0.0318 kg C₂H₄ eq, 3.07 kg SO₂ eq y 0.734 kg PO₄ eq respectivamente.

El aporte al Calentamiento Global fue de 92 y 103 kg CO₂ eq/t producido dentro y fuera de la chacra respectivamente, estos son los primeros datos reportados a nivel nacional para esta categoría de impacto. Otras producciones nacionales fueron reportadas por Viglizzo (2014) como el trigo, girasol, maíz y soja con valores de 330, 190, 120 y 140 kg CO₂ eq respectivamente.

En contexto internacional se presentan una diversidad de valores para comparar, por una parte por las metodologías empleadas y en otro sentido por las condiciones climáticas, forma y tecnología de producción que se emplea. Para Irán con metodología similar a la de este estudio se reportaron en promedio 988 kg CO₂ eq/t de las cuales fueron producidas 48 kg CO₂ eq/t dentro de la chacra y 940 kg CO₂ eq/t fuera de la chacra con sistema de riego presurizado con energía eléctrica (Ghaderpour et al., 2018).

Ghaderpour et al (2018) también reportaron diferencias en relación al tamaño de la explotación y el nivel tecnológico utilizado principalmente el sistema de riego con variaciones para este mismo indicador de 1662.68 kg CO₂ eq/t, 764.97 kg CO₂ eq/t y 534.33 kg CO₂ eq/t en chacras chicas, medianas y grandes respectivamente.

En zonas semihúmedas de España e Italia fueron realizados estudios similares. En España Gallego et al (2011) aplicando la misma metodología que en este estudio determinaron para la categoría Calentamiento Global 320 kg CO₂ eq/t en heno de alfalfa con 11% de humedad.

Al norte de Italia Zucali et al.(2018) calcularon en 98.2 kg CO₂/t el Calentamiento Global con metodología similar al empleada en este trabajo y Bacenetti et al. (2018) obtuvieron valores del indicador Cambio Climático en 84.54 and 80.21 kg CO₂/t con y sin riego, respectivamente en la producción de heno de alfalfa con 14 % de humedad y con metodología del punto medio ILCD (International Reference Life Cycle Data System).

También en zona semihúmeda se reportaron valores de 45 a 200 kg CO₂/t en Saskatoon, Canadá según combinaciones de tratamiento con o sin riego con energía eléctrica y fertilización mineral u orgánica (Sooriya Arachchilage, 2011).

Se determinó que la maquinaria, el consumo de combustible y las emisiones de combustión relacionadas se constituye como un punto crítico ambiental, esto fue reportado por otros investigadores (Bacenetti et al., 2018; A. Gallego et al., 2011; Zucali et al., 2018). En lugares donde el riego es presurizado y la demanda de agua es alta, esta tarea cobra una significancia importante y el consumo de gasoil y maquinaria queda en segundo plano (Ghaderpour et al., 2018).

Del análisis de los subsistemas de la explotación se determinó que el impacto que genera el primer año durante la implantación del cultivo sobre el total es muy importante, esto es debido al poco rendimiento del primer año y las tareas de labranza de suelo que ocupa maquinaria, gasoil, mano de obra, semillas y herbicidas, situación similar ya fue reportada (Bacenetti et al., 2018).

La variabilidad inherente del sistema agrícola es un elemento que afecta la evaluación en las fases de inventario, evaluación de impacto e interpretación (Notarnicola et al., 2016)

Los indicadores ambientales normalizados indican que la toxicidad al suelo y agua representa aproximadamente el 90% de los impactos generados en la producción de heno de alfalfa y están vinculados a la aplicación de herbicida, esta participación de los agroquímicos en las categorías de toxicidad ya fue reportada en cultivos similares (A. Gallego et al., 2011).

Del potencial de Calentamiento Global total se identificó que el 53 % se emite fuera de la chacra, de los cuales la producción de semillas y gasoil ocupa un 71 %. El 47% se emite dentro de la chacra en donde las mayores emisiones son producidas por el uso de combustible y en solo un 3 % se corresponde con la mano de obra.

En los modelos productivos regionalizados se observa que los resultados del inventario y los impactos generados son sensibles al rendimiento de la producción. El modelo productivo 3 rinde un 43% más que el modelo 1, debido principalmente al componente tecnológico, tecnificado y uso de insumos. La sensibilidad de los resultados al rendimiento fue reportada por Bacenetti et al. (2018).

Asociado a este paquete tecnológico se visualiza un requerimiento mayor en máquinas del 26% y combustible 76%, pero menor en agua de riego 30%, semilla 45%, insecticida 30%, herbicida 30% y mano de obra 30%.

Agotamiento abiótico (combustibles fósiles), Calentamiento global (GWP100a) y Eutrofización fueron mayores en el modelo 3 y similares al modelo 2, asociado al mayor uso de combustibles. Para el resto de las categorías el impacto fue superior en el modelo 1.

El aporte al calentamiento global es mayor en el modelo 3 y 2, 34 y 35 % respectivamente, que el modelo 1 y en términos generales un 60 % del mismo es producido fuera de la chacra, con participación mayoritaria de la producción de gasoil. En las emisiones dentro de la chacra las asociadas a la mano de obra son menores al 5%.

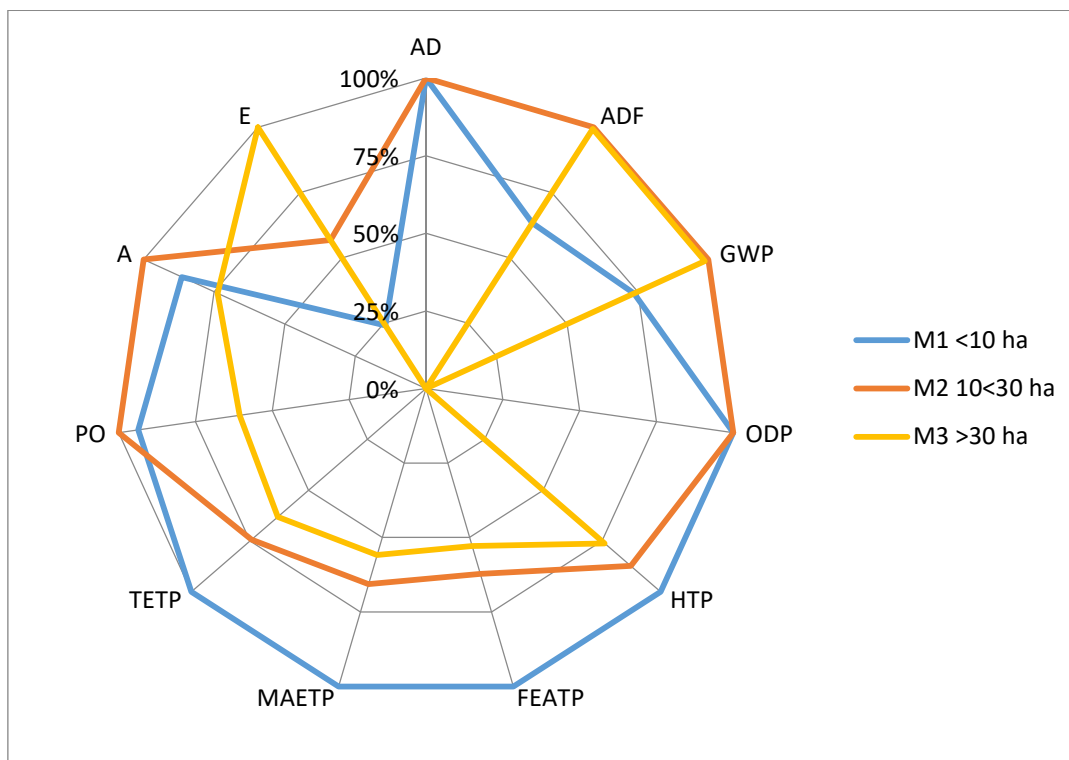
El 99 % de los impactos normalizados son producidos dentro de la chacra y de ellos las categorías de toxicidad terrestre y acuática son las principales asociadas al uso de herbicidas, fertilizantes e insecticidas.

En la Figura 5.1 se observa la participación porcentual de las categorías comparada para cada modelo productivo. Las diferencias en los indicadores de Agotamiento Abiótico y Capa de Ozono están relacionadas principalmente a la fabricación de alambre acerado para atar los fardos en los modelos 1 y 2.

También se observa que el peor comportamiento ambiental lo tiene el modelo 1, en donde el bajo rendimiento de producción no llega a compensar las emisiones e impactos generados por los insumos utilizados. La situación de mayores impactos por unidad de producción en función del tamaño de la chacra y tecnología aplicada ya fue reportada en un contexto de riego mecanizado por Ghaderpour et al. (2018).

Figura 5.1

Comparación relativa entre los modelos productivos de cada categoría de impacto.



Nota. Elaboración propia. Esta figura muestra la participación en cada categoría de impacto para cada modelo productivo. Aclaraciones: Agotamiento abiótico AD; Agotamiento abiótico (combustibles fósiles) ADF; Calentamiento global GWP; Agotamiento de la capa de ozono ODP; Toxicidad humana HTP; Ecotoxicidad acuático de agua dulce FEATP; Ecotoxicidad acuática marina MAETP; Ecotoxicidad terrestre TETP; Oxidación fotoquímica PO; Acidificación A; Eutrofización E.

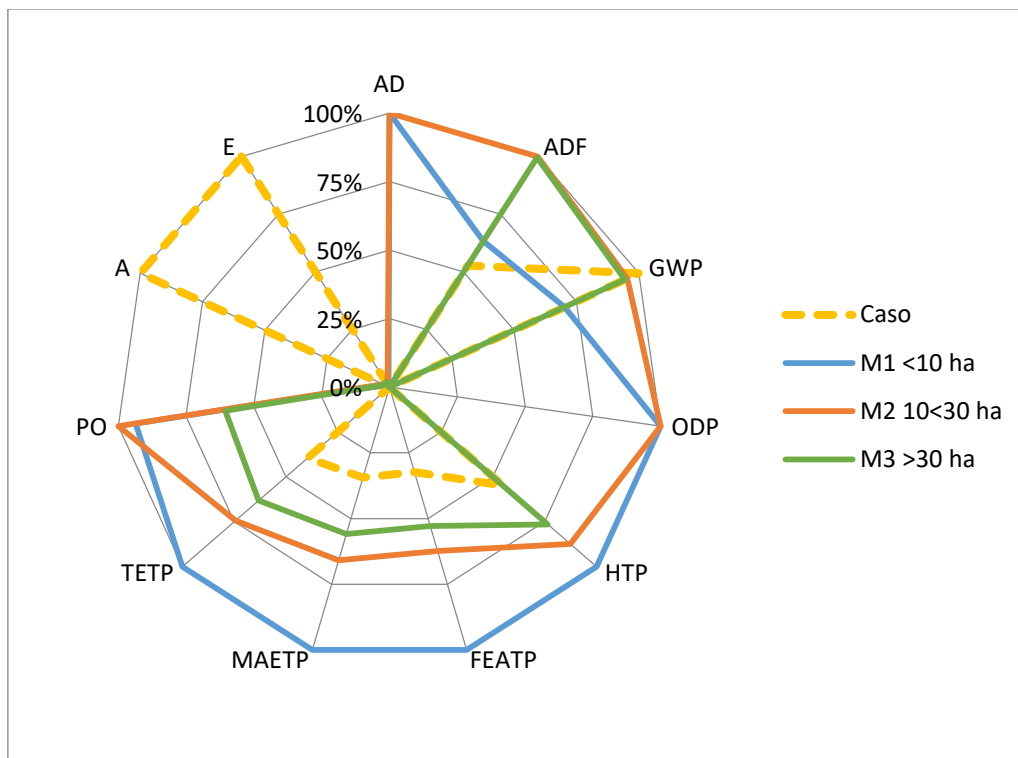
De los procesos identificados fuera de la chacra se destacan en su importancia el Agotamiento abiótico (combustibles fósiles), Calentamiento Global y Eutrofización siempre más alto en el modelo 3 por consumir más combustible, maquinaria e insumos.

Se observa mejor desempeño ambiental en Agotamiento abiótico, Toxicidad humana, Ecotoxicidad acuático de agua dulce, Ecotoxicidad acuática marina, Ecotoxicidad

terrestre, Oxidación fotoquímica al relativizar cada categoría de impacto entre la chacra analizada y los modelos productivos observamos. La categoría Calentamiento Global levemente superior a todos los modelos y resalta la significancia de las categorías Acidificación y Eutrofización vinculadas al uso de fertilizantes nitrogenados en principalmente. En la Figura 5.2 se grafican estos resultados.

Figura 5.2

Comparación relativa del estudio de caso en relación a los modelos productivos para cada categoría de impacto.



Nota. Elaboración propia. Esta figura muestra la participación relativa en cada categoría de impacto para el estudio de caso y los modelos productivos. Aclaraciones: Agotamiento abiótico AD; Agotamiento abiótico (combustibles fósiles) ADF; Calentamiento global GWP; Agotamiento de la capa de ozono ODP; Toxicidad humana HTP; Ecotoxicidad acuático de agua dulce FEATP; Ecotoxicidad acuática marina MAETP; Ecotoxicidad terrestre TETP; Oxidación fotoquímica PO; Acidificación A; Eutrofización E.

La conjunción de todos estos factores mencionados hace que las emisiones generadas sean bajas en relación otros estudios similares, aunque la disparidad de métodos de evaluación, faltantes de información de inventarios sobre todo los procesos fuera de la chacra y ambientes característicos dificulta la comparación, este tema ya fue indicado por Meir et al. (2015).

6. CONCLUSIONES

La producción de heno de alfalfa bajo riego en Alto Valle se caracterizó por consumir pocos recursos, energía eléctrica, mano de obra e insumos. Las condiciones agroecológicas de la zona permiten que se pueda producir de esta manera, con suelos fértiles, agua disponible por gravedad y condiciones ambientales que producen que pocas plagas y enfermedades afecten a este cultivo.

El informe realizado es el primer reporte de un ACV en heno de alfalfa en la región y se desatacó en el estudio de caso el impacto de la aplicación de herbicidas en las categorías toxicidad de suelo y agua con participación cercana al 90%, por su parte el Calentamiento global calculado fue de 195 kg CO₂ eq. por tonelada.

En los modelos productivos descritos en la región se evidenció que a mayor tecnificación y utilización de maquinaria, mayor el consumo de combustible y menor cantidad de mano de obra con mejores rendimientos. Para las categorías de impacto Calentamiento global (GWP100a), Eutrofización y Agotamiento el modelo productivo 3 presentaron el peor comportamiento ambiental y en el resto de las categorías mejor.

A continuación se mencionan algunas propuestas de trabajo para mitigar los efectos del cambio climático que se generan en la producción de heno de alfalfa bajo riego en Alto Valle de Río Negro.

Las propuestas se dividieron en dos partes, una sobre los impactos ambientales más significativos según resultados normalizados y la otra sobre prácticas de manejo de la producción.

6.1. Sobre el los indicadores ambientales

El uso de agroquímicos debe ser estudiado y totalmente fundamentado. Al adicionar estos productos en el sistema productivo introducimos los impactos relacionados a su fabricación. La recomendación a la utilización del agroquímico debe considerar el impacto que genera en el ambiente dentro y fuera de la chacra.

Para el caso de herbicidas e insecticidas los impactos ambientales se producen principalmente en las categorías toxicidad al suelo, agua y humana, muchas de estas

categorías solo están presentes y son significativas por el uso de estos insumos. Explorar líneas de control biológico y aumentar la biodiversidad de insectos y ácaros benéficos puede ser oportuno.

El uso de fertilizantes nitrogenados debe ser estrictamente el necesario, generan lixiviados de nitratos y emisión al aire de amoníaco y otros compuestos nitrogenados, los fertilizantes aportan mayoritariamente a las categorías eutrofización y acidificación.

La maquinaria moderna y en buenas condiciones consume menos combustible y produce emisiones gaseosas en menor cantidad. La utilización de enfardadoras de hilo sería más conveniente que la de utiliza alambre para atar los fardos.

Al momento de escoger insumos indispensables hacerlo con aquellos contengan menor impacto ambiental en su fabricación y causen menos impacto en su uso.

6.2. Sobre la producción

Es conveniente que se tenga en cuenta el impacto de la implantación en el consumo de recursos, utilización de herbicidas, cantidad de labores al suelo y el riego; la longevidad de la pastura debe ser maximizada.

En los modelos descritos a los 5 años se produce el roturado y recambio de la pastura, debe tenerse en cuenta en el decaimiento de la producción la carga ambiental de la implantación para buscar variedades y manejos que permitan aumentar la cantidad de ciclos productivos, de esta manera se amortizar el impacto del primer año.

De la misma manera estudiar el incremento porcentual en rendimiento de los insumos incorporados, reduciendo los mismos o eliminando aquellos que no generen un incremento en producción justificable. La magnitud en las categorías de impacto depende del rendimiento de alfalfa pero la presencia depende de la manera de producir y los insumos empleados.

Sería interesante analizar la diferencia de producción y el ACV asociado en producción de heno de alfalfa convencional en comparación con producciones alternativas, orgánicas o producciones bajas en insumos fertilizantes, herbicidas e insecticidas.

Estudiar la relación entre cantidad de cortes y producción anual de la pastura para determinar la cantidad mínima de segadas que mantenga la productividad, el consumo de recursos y mano de obra en esta operación es el principal componente ambiental en la etapa de producción.

La producción de semilla de alfalfa contiene en su ACV una alta carga ambiental, ser eficiente en la densidad de siembra para lograr los mismos objetivos productivos es conveniente.

También es importante evaluar a largo plazo la evolución del contenido del carbono orgánico del suelo, para esta chacra en el plazo de 3 años en producción no ocurrieron cambios.

Mantener el sistema de riego por gravedad es oportuno, todos los sistemas analizados que utilizan energía para bombear agua adicionan un impacto ambiental en la generación de electricidad y los sistemas de bombeo y cañerías.

Toda acción que realicemos tendiente a minimizar los insumos, generar menos residuos y emisiones manteniendo o elevando el rendimiento de la pastura conlleva directa o indirectamente a generar el mismo producto con menores impactos ambientales y por ende con menor contribución al calentamiento global.

Conocer con detalle los componentes fuera de chacra es muy importante para estudios posteriores, en particular del sistema de riego por gravedad; cálculo de las huellas hídricas azul, verde y gris; el destino final, consumo y residuos de los productos y máquinas principalmente

7. BIBLIOGRAFÍA

- Anschau, A., & Bongiovanni, R. (2017). *Evaluación de la huella hídrica de la alfalfa para una mejor adaptación al cambio climático*. VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y IV Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2017.
- Bacenetti, J., Lovarelli, D., Tedesco, D., Pretolani, R., & Ferrante, V. (2018). Environmental impact assessment of alfalfa (*Medicago sativa* L.) hay production. *Science of The Total Environment*, 635, 551-558. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.161>
- Barbier, J., Respighi, E., Etchichury, L., Moscardini, O., Zaballa, C., González, S., Torchia, N., Pallares, U., Clarembeaux, C., & Manchiola, J. (2012). *Documento País 2012. Riesgo de Desastres en la Argentina*.
- Bárcena, A., Samaniego, J., Galindo, L., Ferrer, J., Alatorre, J., Stockins, P., Reyes, O., Sánchez, L., & Mostacedo, J. (2017). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Una visión gráfica. *Santiago de Chile: cepal*.
- Basigalup D. (Ed.). (2007). *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Ediciones INTA.
- Bianchi, A. R., & Cravero, S. A. C. (2010). Atlas climático digital de la República Argentina. *INTA Ediciones, 51*.
- Boletín Oficial República Argentina—Ley de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global—Ley 27520*. (s. f.). Recuperado 25 de julio de 2021, de <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/224006>
- Boltshauser, V., & Villarreal, P. (2007). Área 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*.
- Bongiovanni Marcos, D., Rosana, M., & Amín, S. (2018). *Uso de digestato como biofertilizante derivado de la generación de biogás*. Congreso Argentino de la Ciencia del suelo.

- Bongiovanni, R. G., & Tuninetti, L. (2021). O Huella de Carbono de la cadena de trigo de Argentina. *LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida*, 5, e55551-e55551.
- Bongiovanni, R., & Hilbert, J. (2019). *Plataforma "Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales" del INTA*. 18.
- Bongiovanni, R., Tuninetti, L., & Garrido, G. (2014). Huella de Carbono de la cadena de mani de Córdoba. *Grana*, 980, 652.
- Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., & Kuhlmann, H. (2000). Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5(6), 349. <https://doi.org/10.1007/BF02978670>
- Brizzio, J., González, D. A., Jockers, E., Mendía, J., Taranda, N., & Sheridan, M. (2017). Cambios en el uso del suelo zona rural-residencial del oasis regado de Cipolletti. *1º Encuentro Nacional sobre Periurbanos e interfases críticas*.
- Burkart, R., Bárbaro, N. O., Sánchez, R. O., & Gómez, D. A. (1999). *Eco-regiones de la Argentina*.
- Buscar por Nro. Y Fecha del Boletín Oficial | Infoleg – Información Legislativa y Documental. (s. f.). Recuperado 29 de junio de 2021, de http://www.infoleg.gob.ar/?page_id=216
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista digital universitaria*, 8(10), 1-12.
- CAFI | Producción Argentina de peras y manzanas. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2021, de <http://www.cafi.org.ar/nuestra-produccion/>
- Cancio, H. (2016). *Cultivo de Alfalfa. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. INTA*.

- Cancio, H., Hafford, M., Gonzalez, M., Villareal, P., & Romagnoli, S. (2013). *Alfalfa para fardo Modelos productivos del Alto Valle*. Ediciones INTA. Río Negro.
- Canziani, P. O., & Milano, F. (2009). La crisis climática y ambiental: Problemas, sinergias y trayectorias para su resolución. *Fiscalidad y medio ambiente*, 7.
- Caviglia, O., Wingeyer, A., & Novelli, L. (2016). El rol de los suelos agrícolas frente al cambio climático. *Serie de Extensión INTA Paraná*, 78, 27-32.
- CO2 Emissions | Global Carbon Atlas. (s. f.). Recuperado 13 de julio de 2021, de <http://www.globalcarbonatlas.org/es/CO2-emissions>
- Cordon, V., Forquera, J. C., & Gastiazoro, J. (2000). *Caracterización climática del Alto Valle del Río Negro, Neuquén y Limay Inferior*. UNCO.
- Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Olivier, J. G. J., Schaaf, E., Solazzo, E., Vignati, E., European Commission, & Joint Research Centre. (2018). *Fossil CO2 emissions of all world countries: 2018 report*. <http://dx.publications.europa.eu/10.2760/30158>
- Crutzen, P. J. (2006). The “anthropocene”. En *Earth system science in the anthropocene* (pp. 13-18). Springer.
- Dale, B. E., Bozzetto, S., Couturier, C., Fabbri, C., Hilbert, J. A., Ong, R., Richard, T., Rossi, L., Thelen, K. D., & Woods, J. (2020). The potential for expanding sustainable biogas production and some possible impacts in specific countries. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 14(6), 1335-1347.
- De Nucci, P. G., Tonatto, J., Iñigo, M., & Romero, E. (2015). Estudio ambiental preliminar de la producción de sorgo azucarado en la provincia de Tucumán usando el análisis de ciclo de vida. *Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en la Argentina*, 15.
- De Nucci, P. G., Tonatto, J., Martínez, M. I., De Boeck, G., Romero, E., & Cárdenas, G. (2016). Perfil ambiental del Sorgo azucarado en Tucuman. Perspectivas de su integración con la caña de azúcar. *Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en la Argentina*, 15.

- FAO. (2015). *Informe de Diagnóstico de los Principales Valles y Áreas con Potencial Agrícola de la Provincia de Río Negro—DT N°8 Infraestructura de Riego*.
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/rionegro/DT_08_Infraestructura_de_Riego.pdf
- Financiamiento por reducción de emisiones derivadas de la deforestación*. (2020, octubre 5). Argentina.gob.ar.
<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/financiamiento-redd>
- Friedlingstein, P., O'sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., & Sitch, S. (2020). Global carbon budget 2020. *Earth System Science Data*, 12(4), 3269-3340.
- Gabinete Nacional de Cambio Climático*. (2018, abril 13). Argentina.gob.ar.
<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/gabinete-nacional>
- Gallego, A., Hospido, A., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2011). Environmental assessment of dehydrated alfalfa production in Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11), 1005-1012. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.05.010>
- Gallego, J. J. (2017). *Efectos de la fertilización con P y S sobre la producción y calidad de alfalfa (Medicago sativa L.) irrigada y el estado orgánico del suelo en el valle inferior del Río Negro*.
- Ghaderpour, O., Rafiee, S., Sharifi, M., & Mousavi-Avval, S. H. (2018). Quantifying the environmental impacts of alfalfa production in different farming systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 27, 109-118.
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.04.002>
- Gonzalez M. (2012). *Análisis de ciclo de vida del producto y huella de carbono*. Fundación Universitaria Iberoamericana.
- Goya Mosquera, H. D. (2021). *Incidencia del cambio climático en la producción de arroz en la zona costera del Ecuador periodo 2009-2019*.

- Hetz, E., & Reina, L. (2013). Consumo y alternativas de ahorro de combustible en la utilización de tractores agrícolas. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 9, 6-11.
- Hilbert, J. A. (2010). El uso de residuos de origen forestal en la generación de energía: La visión desde el Programa de Bioenergía de INTA. *Jornadas Forestales de Entre Ríos*. 24. 2010 11 25-26, 25 y 26 de noviembre de 2010. Concordia. AR.
- Hilbert, J. A. (2012). *La estrategia del INTA en el desarrollo de la producción de biocombustibles como valor agregado*. Congreso de Valor Agregado en Origen. 1. Curso Internacional de Agricultura de Precisión. 11. Expo de Máquinas Precisas. 6. 2012 07 18-20, 18, 19 y 20 de julio de 2012. Manfredi, Córdoba. AR.
- INDEC. (2021). *Censo Nacional Agropecuario 2018: Resultados definitivos / 1a ed.* INDEC.
- Institute of Environmental Sciences at Leiden University (CML). (2021). *Software programme CMLCA 6.1*. <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors>
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Monitoreo de Medidas de Mitigación*. (s. f.). Recuperado 28 de junio de 2021, de <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme* (Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.)). IGES, Japon.
- ISO 14040. (2006). Environmental management–Life cycle assessment–Principles and framework. *Environmental management–Life cycle assessment–Principles and framework*.
- ISO 14044. (2006). *Environmental management – Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines*. International Organization for Standardization.

- Jaurena, G., Juliarena, P., & Errecart, P. (2019). Causes and determinants of greenhouse gas emissions in livestock. *Revista Argentina de Producción Animal*, 39(2), 43-60.
- Jockers, E. R., Villarreal, P., Medina, V. H., Ignacio, D., Bergamo, N., Paredes, T., Cascardo, P., Villarroel, L., Romagnoli, S. O., & Malcotti, V. (2020). *Caracterización de los engordes a corral de ganado bovino en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén* (N.º 9876045563). EDUCO.
- John N., N. (2020). *Biograce—Complete list of standard values. Version 4 public to harmonise European GHG calculations*.
- Kaufman I., I. I. (2020). Superficie forrajera implantada en el Alto Valle. *INTA*.
<https://inta.gob.ar/documentos/superficie-forrajera-implantada-en-el-alto-valle>
- Kim, S., & Dale, B. E. (2003). Cumulative energy and global warming impact from the production of biomass for biobased products. *Journal of Industrial Ecology*, 7(3-4), 147-162.
- Klinglmair, M., Sala, S., & Brandão, M. (2014). Assessing resource depletion in LCA: A review of methods and methodological issues. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(3), 580-592. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0650-9>
- Leiva E. H., E. H. (2016). Análisis de ciclo de vida. *Escuela de Organización Industrial, Madrid, España*.
- López, A., Dardanelli, J. L., Collino, D. J., Sereno, R., & Racca, R. W. (1997). Efecto del grado de reposo invernal sobre la producción, consumo y eficiencia en el uso del agua de alfalfa [sic] cultivada bajo riego. *RIA*, 28(2).
- Lysiak E., E. (2018). *La huella de carbono de la producción agrícola del brote de té certificado en Argentina* (N.º 0325-8718). Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional, DNA SICC, INTA.
- Manosalva, J. A., Hilbert, J. A., Schein, L., & Galbusera, S. (2018). *Análisis de ciclo de vida de la producción de maíz en la provincia de Córdoba*.

- Martínez Braceras, N. (2014). *Impacto de variaciones climáticas de origen astronómico en las condiciones ambientales de medios marinos profundos a partir del análisis geoquímico en el eoceno de Sopelana (Bizkaia)*.
- MAYDS. (2020a). *Resumen de la propuesta de financiamiento para el pago basado en resultados de REDD+ de la Argentina Versión preliminar agosto 2020*.
- MAYDS. (2020b). *Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República Argentina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, República Argentina.
- Meier, M. S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C., & Stolze, M. (2015). Environmental impacts of organic and conventional agricultural products – Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management*, 149, 193-208. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.006>
- Mendía, J., Percz, C., Gonzalez Terán, D., Sheridan, M., & Muñiz, J. (2015). Secuestro de carbono orgánico en chacras regadas en el Valle de Río Negro, Argentina. *II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental - II Congreso Nacional de la Sociedad Argentina de Ciencia y Tecnología Ambiental*.
- Mendía, J., Sheridan, M., Gonzalez Terán, D., Muñiz, J., Percz, C., & Gonzalez, D. A. (2016). Encrucijada de cambios hacia el uso sostenible en explotaciones de pequeñas y mediana superficies en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén. *XXVIII Jornadas Nacionales de Extensión Rural y X del Mercosur*.
- Miñon, D. P., Zapata, R. R., & Gallego, J. J. (2018). *Eficiencia en el uso de agua para la producción de carne en sistemas irrigados con diferentes niveles de intensificación*.
- Mitigación o reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. (2018, octubre 23). Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/mitigacion>

- Moreira Muzio, M., Gaioli, F., & Galbusera, S. (2019). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Argentina-2019*. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Muñoz Sevilla, N. P. (2012). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático*. Fundación Universitaria Iberoamericana (ed.).
- Nemecek, T., Bengoa, X., Lansche, J., Roesch, A., Faist-Emmenegger, M., Rossi, V., Humbert, S., Mouron, P., & Riedener, E. (2019). *World Food LCA Database*.
- Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., & Gaillard, G. (2011). Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems*, 104(3), 217-232. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2010.10.002>
- Nemecek, T., Kägi, T., & Blaser, S. (2007). Life cycle inventories of agricultural production systems. *Final report ecoinvent v2. 0 No, 15*.
- Nguyen, T. L. T., & Hermansen, J. E. (2012). System expansion for handling co-products in LCA of sugar cane bio-energy systems: GHG consequences of using molasses for ethanol production. *Applied Energy*, 89(1), 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.023>
- Nieto, M. I., Frasinelli, C. A., Frigerio, K., Reiné, R., & Barrantes, O. (2019). Estrategias de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas ganaderos bovinos extensivos del sur de San Luis, Argentina. Estudio de casos. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(3), 404-411.
- Nieto, M. I., Frigerio, K., Reiné, R., Barrantes, O., & Privitello, M. L. (2020). The management of extensive livestock systems and its relationship with greenhouse gas emissions. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 52(2), 176-188.
- Nishihara Hun, A., Mele, F., & Pérez, G. (2017). A comparative life cycle assessment of the sugarcane value chain in the province of Tucumán (Argentina) considering different technology levels. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(4).

- Notarnicola, B., Sala, S., Antón, A., McLaren, S., Saouter, E., & Sonesson, U. (2016). The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. *Journal of Cleaner Production*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.071>
- Odorizzi A. (2020). *Desafíos, perspectivas y oportunidades de la cadena de la alfalfa en Argentina—Informe noviembre 2020*. <https://inta.gob.ar/documentos/desafios-perspectivas-y-oportunidades-de-la-cadena-de-la-alfalfa-en-argentina-informe-noviembre-2020>
- Pachauri, R. K., & Reisinger, A. (Eds.). (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC.
- Pera y manzana—Alimentos Argentinos*. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2021, de <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=273>
- Peri, P. L., Rosas, Y. M., Ladd, B., Díaz-Delgado, R., & Martínez Pastur, G. (2020). Carbon Footprint of Lamb and Wool Production at Farm Gate and the Regional Scale in Southern Patagonia. *Sustainability*, 12(8), 3077.
- Plan Nacional de Adaptación*. (2018, noviembre 6). Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/plan-nacional>
- Pulita, A. (1989). *Geografía de Río Negro Unidad III – El clima de Río Negro*. <http://aliciaepulita.com.ar/2013/geografia-de-rio-negro-unidad-iii-el-clima-de-rio-negro>
- Ramírez, A. A., Carmona, L. G., & Romero, S. A. (2014). Análisis de ciclo de vida en el sector agrícola: El caso del municipio de Viotá, Cundinamarca (Colombia). *Ambiente y Desarrollo*, 18(35), 117-133.

- Red Argentina de Análisis de Ciclo de Vida*. (s. f.). inicio. Recuperado 6 de agosto de 2021, de <https://analisisciclodevida.wixsite.com/inicio/inicio>
- Requena, J. S., Guimaraes, A., Alpera, S. Q., Gangas, E. R., Hernandez-Navarro, S., Gracia, L. N., Martin-Gil, J., & Cuesta, H. F. (2011). Life Cycle Assessment (LCA) of the biofuel production process from sunflower oil, rapeseed oil and soybean oil. *Fuel Processing Technology*, 92(2), 190-199.
- Rohwer, H. (2013). *Ciencia y Política del Cambio Climático*. Fundación Universitaria Iberoamericana.
- Ryan, D. (2014). Política, cambio climático y desarrollo: Una revisión de la política climática en el sector agropecuario y forestal de diez países de América Latina. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública*, 6(1), 15-27.
- Saez, R., Francescutti, F., & Rótolo, G. (2015). Huella de carbono y energética en la producción de fibra de algodón. *Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en la Argentina*, 15.
- Scialabba, N. E.-H., & Hattam, C. (2003). *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Secretaría de Energía Argentina. (2017). *Cálculo del Factor de Emisiones de CO2 de la Red Argentina de Energía Eléctrica*. Argentina Gobierno.
- SENASA. (2019). *Anuario Estadístico 2019. Centro Regional Patagonia Norte*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.
- SFRN. (2005). *Censo Áreas Bajo Riego 2005*. Secretaría de Fruticultura de la Provincia de Río Negro, Allen.
- SGAyDS. (2019). *Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)*.

- Short, D. A., Mengel, J. G., Crowley, T. J., Hyde, W. T., & North, G. R. (1991). Filtering of Milankovitch Cycles by Earth's Geography. *Quaternary Research*, 35(2), 157-173. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(91\)90064-C](https://doi.org/10.1016/0033-5894(91)90064-C)
- SIMARCC. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://simarcc.ambiente.gob.ar/mapa-riesgo>
- Sooriya Arachchilage, K. I. (2011). *Life Cycle Analysis of Alfalfa Stem-Based Bioethanol Production System* [Master of Science]. Saskatchewan.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Alexander, L. V., Allen, S. K., Bindoff, N. L., Bréon, F.-M., Church, J. A., Cubasch, U., & Emori, S. (2013). Technical summary. En *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 33-115). Cambridge University Press.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2013). *Cambio climático 2013. Bases físicas. Parte de la contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. 222.
- Svampa, F. (2016). Transformaciones territoriales en el Alto Valle de Río Negro, el declive de la matriz frutihortícola en el municipio de Allen. *IX Jornadas de Sociología de la UNLP 5 al 7 de diciembre de 2016 Ensenada, Argentina*.
- Vadas, P., Barnett, K., & Undersander, D. (2008). Economics and energy of ethanol production from alfalfa, corn, and switchgrass in the Upper Midwest, USA. *Bioenergy Research*, 1(1), 44-55.
- Venkat, K. (2012). Comparison of twelve organic and conventional farming systems: A life cycle greenhouse gas emissions perspective. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36(6), 620-649.

- Vera, J. A., & Ferreyra, M. A. (2018). *Estancamiento del ciclo la alfalfa en el alto valle del río Negro: Configuración espacial y tendencias productivas desde una visión regulacionista.*
- Viglizzo, E. (2014). La huella de carbono en la agroindustria. *Anguil. La Pampa: INTA Ediciones. Febrero.*
- Villarreal, P., Bolla, D. A., & Romagnoli, S. O. (2019). *Impacto del cambio del estatus sanitario en la ganadería bovina Patagónica* (N.º 1666-0285). Asociación Argentina de Economía Agraria.
- Watson, R. T., Noble, I. R., Bolin, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D., & Dokken, D. (Eds.). (2000). *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Resumen para responsables de políticas : informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC.* OMM (Organización Meteorológica Mundial) : PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).
- Zanetti, E. A., Gómez García, J. J., Mostacedo, J., & Reyes, O. (2017). *Cambio climático y políticas públicas forestales en América Latina: Una visión preliminar.* <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40922>
- Zucali, M., Bacenetti, J., Tamburini, A., Nonini, L., Sandrucci, A., & Bava, L. (2018). Environmental impact assessment of different cropping systems of home-grown feed for milk production. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3734-3746. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.048>

8. ANEXOS

8.1. Encuesta relevamiento de campo

Productor:

Localidad – chacra:

Técnico:

Entrevistador:

1) Datos generales

Superficie total de la chacra (ha):

Superficie sembrada (ha):

Detalle cuadro / lote:

Cuadro / lote	Superficie (Ha)	Mes y Año siembra

Cuadro / lote	año	Cortes por año	Fardos por año	Peso fardo	Humedad (%)

2) Preparación de la tierra y siembra

Cantidad de semilla (kg/ha)

Enmiendas al suelo en pre-plantación

Producto	cuadro	Volumen x ha	Frecuencia	
Estiércol				
Compost				
Yeso				
Fertilizante				
N				
P				
K				
Fumigante				
Otro				
Otro				

Herbicidas utilizados en pre-plantación

Producto	Dosis / volumen por ha	Frecuencia

Transporte de los insumos

Tipo	Vehículo	distancia	Cantidad al año

3) Riego

Por manto:

Duración del turnado (días / horas):

Cantidad de riegos dados por riego y por cuadro:

Cuadro año	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr

Largos de riego en los cuadros (m):

Ancho de melga / entre bordos / (m):

Tiempo de riego promedio por cuadro (h):

Caudal promedio que recibe / cual es:

Presurizados:

Potencia bomba

Horas de bombeo

4) Insumos: nutrición / enmiendas, , plaguicidas, fungicidas, herbicidas,

Producto	Cuadro/año	Ppio activo	Grado NPK	Volumen ha	Frecuencia
Estiércol					
Compost					
Yeso					
Fosforo					

Cobre					
Hierro					
Urea					
N					

Plaguicidas, acaricidas, fungicidas

Producto	Cuadro/año	Dosis x ha	Frecuencia

Herbicidas

Producto	Cuadro / año	Dosis x ha	Frecuencia

5) Cosecha y almacenamiento

Insumos

Distancia al almacenamiento (km)

Tiempo de trabajo (h)

Maquinaria (potencia)

Destinos y distancia aproximada

Destino:

Distancia (km):

Uso

6) Trabajo y vivienda

Cuántos de la familia del propietario/a trabajan en la chacra:

Cuántos trabajadores permanentes emplea:

Cuántas viviendas hay en la chacra / habitadas:

Cuántos trabajadores / jornales ocupa al año:

Cuántos trabajadores temporarios/ jornales ocupa al año:

7) Energía:

Total gas oíl consumido al año (l):

Total nafta consumida al año (l):

Total electricidad consumida al año (KWh):

Equipo	utiliza	Consumo unitario	Consumo anual	%
Tractor	Gas oíl			
Camioneta				
Riego / Drenaje				
Vivienda	Electricidad			
Motosierra Motoguadaña	Nafta			
Otro				

Tareas culturales con tractor

Equipo	año	tiempo	Consumo	
Arado				
Rastra				
Cama siembra				
siembra				
Manejo malezas				
Corte				
Secado				
Hilerado				
Enfardado				
Otro				

8) Observaciones / Comentarios adicionales:

8.2. Glosario

°C	Grado centígrado
ACV	Análisis del Ciclo de Vida
AP	Acuerdo de Paris
CAR	Censo Agrícola de áreas Bajo Riego
CH₄	Metano
cm	Centímetro
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNA	Censo nacional agropecuario
CO₂	Dióxido de carbono
CO₂e	Dióxido de carbono equivalente
COP	Conferencias de las Partes
COS	Carbono en el suelo
dS/m	Decisiemens por metro
EICV	Evaluación del impacto
FAC	Fondo Argentino de Carbono
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
g	Gramo
GEI	Gases de efecto invernadero
Gt	Giga toneladas
h	Hora
ha	Hectárea
HFC	Hidrofluorocarbonos
HP	Caballos de potencia
/CV	Inventario del ciclo de vida
INDEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
ISO	Organización Internacional de Normalización
kg	Kilogramo
kg 1,4-DB eq	Kilos de 1,4 diclorobenceno equivalente
kg C₂H₄ eq	Kilos de acetileno equivalente
kg CFC-11 eq	Kilos de clorofluorocarbono equivalente
kg PO₄ eq	Kilos de fosfatos equivalente
kg Sb eq	Kilos de antimonio equivalente
kWh	Kilovatio hora
l	Litro

m	Metro
MAGyP	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación
MAyDS	Ministerio de Agricultura y Desarrollo sostenible
MDL	Mecanismos de desarrollo limpio
Mg MS	Mega gramos de materia seca
mm	Milímetro
MtCO₂ e	Mega toneladas de dióxido de carbono equivalente
N₂O	Óxido nitroso
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
NOAA	Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica
OMM	Organización meteorológica mundial
PFC	Perfluorocarbonos
PK	Protocolo de Kioto
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Ambiente
ppm	Partes por millón
RACV	La Red Argentina de Análisis de Ciclo de Vida
REDD	Reducción de emisiones debidas a deforestación y degradación de bosques
RICV	Red Iberoamericana de Ciclo de Vida
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SETAC	Sociedad de Ecotoxicología y Química Ambiental
SFRN	Secretaria de Fruticultura de Rio Negro
SIMARCC	Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático
SNI-GEI-AR	Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la Argentina
t	Tonelada
UCAR	Unidad de Cambio Rural
UE	Unidades económicas
VCS	Mercados Voluntarios de Carbono