



UNIVERSIDAD DE CHILE

**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**CAMBIOS EN LAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS DE CHILOÉ Y SU
EFECTO EN LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

FRANCISCA MACARENA MENESES JIMÉNEZ

**Santiago, Chile
2022**



UNIVERSIDAD DE CHILE

**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**CAMBIOS EN LAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS DE CHILOÉ Y SU
EFECTO EN LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

**CHANGES IN AGRICULTURAL PRACTICES IN CHILOÉ AND THEIR
EFFECT ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS**

FRANCISCA MACARENA MENESES JIMÉNEZ

**Santiago, Chile
2022**



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS



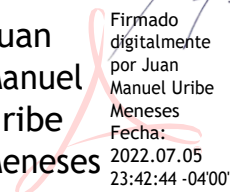
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

CAMBIOS EN LAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS DE CHILOÉ Y SU EFECTO EN LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Memoria para
optar al título Profesional de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables.

FRANCISCA MACARENA MENESES JIMÉNEZ

		Calificaciones
PROFESOR GUÍA Jorge Pérez Quezada Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D.		7,0
PROFESORES EVALUADORES Luis Morales Profesor de Física y Ciencias Naturales, Ph.D.		7,0
Juan Manuel Uribe M. Ingeniero Agrónomo.	Juan Manuel Uribe Meneses 	7,0
COLABORADORAS Nicole Montenegro Varela Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, M.Sc.		
Bárbara Gómez Montenegro Ingeniera Agrónoma.		

Santiago, Chile
2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Teresa y Guillermo, por el constante apoyo, cariño y aliento, por ser un ejemplo de esfuerzo y alegría, mi fuente de inspiración. A mi hermana Camila por siempre estar disponible, alegre y revolucionaria.

A mis amigas de este proceso universitario, Topi, Vale S, Coni y Vale C, por todo el tiempo compartido y disfrutado entre estudio, trabajos, conversaciones y risas, sin ellas este camino no habría sido lo mismo. También a mis amigas y amigos del Olimpo con quienes compartimos jornadas de estudio y de diversión.

A Nicol Montenegro por dedicar parte de su tiempo a apoyarme, alentarme y guiarme en el largo proceso de desarrollo de mi memoria.

A Bárbara Gómez y a todo el equipo de PRODESAL de Chonchi por la ayuda y buena disposición durante el trabajo en terreno.

Al Programa de Estímulo a la Excelencia Institucional (PEEI) de la Universidad de Chile por proporcionar los fondos para la realización del trabajo en terreno que fue fundamental en el desarrollo de esta memoria.

Al profesor Jorge Pérez por su guía y disposición para desarrollar de la mejor manera este trabajo de tesis.

Finalmente, a Pablo Venegas por el cariño y soporte que me ha proporcionado. Y a nuestra amada hijita Aída Venegas por ser la hermosa y alegre luz que hoy ilumina nuestras vidas.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivo General	4
Objetivos Específicos.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS	5
Área de Estudio	5
Materiales	6
Metodología	6
Identificación de cambios en las prácticas agropecuarias de Chiloé.....	6
Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero en los distintos sistemas agrícolas existentes en la isla de Chiloé.....	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
Identificación de cambios en las prácticas agropecuarias de Chiloé.....	10
1. Reemplazo de los fertilizantes y protectores de cultivos orgánicos por químicos:.....	13
2. Desaparición de la minga y reemplazo de la mano de obra humana por maquinaria agrícola:.....	14
3. Disminución de la diversidad de cultivos:	14
4. Disminución de la superficie agrícola total.....	15
Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero en los distintos sistemas agrícolas existentes en la isla de Chiloé.....	15
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXOS Y APÉNDICES.....	32

RESUMEN

En Chile las emisiones de GEI se calculan a escala regional, por sectores productivos. Se estima que en la Región de Los Lagos el sector agrícola ganadero representa el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Dentro de esta región, Chiloé es un patrimonio agrícola mundial, donde actualmente coexisten tres tipos de sistemas agrícolas: tradicional, convencional y agroecológico. Surge entonces la necesidad de comprender cómo varían las emisiones entre los distintos sistemas agrícolas de Chiloé. Para ello, se identificaron los cambios en las prácticas agropecuarias y se analizaron las emisiones de GEI en los distintos sistemas agrícolas existentes en la isla. Los cambios en las prácticas agropecuarias se identificaron desde fuentes bibliográficas. Para estimar las emisiones de cada sistema, se utilizó el programa Cool Farm Tool (CFT) con datos de 30 predios (10 por cada tipo de agricultura) pertenecientes a la comuna de Chonchi, evaluando la existencia de diferencias significativas entre las emisiones resultantes. Los cambios identificados fueron: a) reemplazo de fertilizantes y protectores de cultivos orgánicos por químicos, b) desaparición de la minga y reemplazo de la mano de obra por maquinaria agrícola, c) disminución de la diversidad de cultivos y d) disminución de la superficie agrícola total. Por otro lado, se encontró que no existen diferencias significativas en las emisiones de los diferentes sistemas, que en promedio emiten 2.999 ± 1.521 , 3.443 ± 2.376 y 3.746 ± 1.837 kg CO₂ eq ha⁻¹ año⁻¹ (tradicional, convencional y agroecológico, respectivamente). Este hallazgo ha sido reportado por otros estudios, ya que al parecer las diferentes prácticas agrícolas tendrían más influencia en la absorción de carbono que en las emisiones. No obstante, destacan la alta emisión por fertilización en los sistemas agroecológico y tradicional, debido a las altas dosis de fertilizantes aplicadas (orgánicas y sintéticas) y la alta emisión por manejo del ganado en el sistema convencional producto de una mayor carga animal. Por último, este estudio muestra la necesidad de identificar aquellas prácticas de gestión que pueden ayudar a reducir las emisiones de GEI.

Palabras clave: Gases de efecto invernadero, Sistemas agrícolas, Cultivos, Ganadería, Praderas.

ABSTRACT

In Chile, greenhouse gas (GHG) emissions are calculated on a regional scale by productive sectors. In Los Lagos region the agricultural and livestock activities represent 40% of greenhouse gas (GHG) emissions. Within this region, Chiloé island maintains agricultural traditions that have mixed with modern practices and today coexist three types of agricultural systems: traditional, conventional and agroecological. Our objectives were to describe the agricultural practices of the three different types of agricultural systems of Chiloé island and estimate their GHG emissions. Changes in agricultural practices were identified from bibliographic sources and surveys. To estimate the emissions of CO₂, CH₄ and N₂O, data were collected from 30 farms (10 of each system) in the area and used as input for the Cool Farm Tool (CFT) software. Observed changes are a) replacement of organic fertilizers and pest management products by chemical products, b) disappearance of the minga (collaborative work) and replacement of workforce by agricultural machinery, c) decrease in crop diversity, and d) decrease in agricultural land use. No significant differences were found in the GHG emissions, which on average were $2,999 \pm 1,521$, $3,443 \pm 2,376$ and $3,746 \pm 1,837$ kg CO₂-eq ha⁻¹ year⁻¹ (traditional, conventional and agroecological, respectively). This finding has been reported in other studies, as it seems that different agricultural practices have more influence on carbon absorption than on GHG emission. It is necessary to highlight the high emission from fertilization in the agroecological and traditional systems (due to high doses of fertilizers), the high emission from livestock management in the conventional system (due to higher stocking rates), and finally, the difference in land area covered by agroecological, conventional and traditional systems, which are approximately 75%, 15% and 10%, respectively. Our study shows the need to identify those management practices that can help reducing GHG emissions.

Keywords: Greenhouse gases, Farming systems, Crops, Livestock, Grasslands.

INTRODUCCIÓN

La influencia humana en el sistema climático es indudable y va en aumento. Gran parte de los cambios observados desde 1950 no tienen precedentes en los últimos siglos y milenios (IPCC, 2014). Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) han presentado un aumento sostenido desde el inicio de la revolución industrial en el año 1750 (IPCC, 2019a). La atmósfera y el océano se han calentado, la cantidad promedio de nieve y hielo ha disminuido y el nivel del mar ha aumentado (IPCC, 2013; IPCC, 2014). Estos cambios en el clima han impactado a los sistemas naturales y humanos de todo el planeta (IPCC, 2014).

La agricultura y la ganadería son importantes fuentes antropogénicas de GEI a nivel mundial, responsables del 24% y 10,5% de las emisiones totales, respectivamente, aportando principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (IPCC, 2019b; INIA, 2021a). El potencial de calentamiento del CH₄ y del N₂O es 28 y 265 veces más que el CO₂, respectivamente (IPCC, 2019b), destacando que las actividades agropecuarias son la principal fuente antropogénica de N₂O por la aplicación de nitrógeno a los suelos en cantidades superiores a la demanda real de los cultivos (IPCC, 2019b).

Chile, como parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), con el objetivo de estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida las interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático (ONU, 1992; MINREL, 1995). En este contexto, el año 2006 el Gobierno lanzó el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Siete años después, el Ministerio de Agricultura presentó el Plan de Adaptación al Cambio Climático del sector Silvoagropecuario (MINAGRI, 2013). Desde el año 2012, la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente ha implementado el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHile), encargado de la actualización bienal del Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI) (SNICHile, 2018). Por último, el año 2020 entró al congreso chileno el Proyecto de Ley Marco del Cambio Climático, que establece, entre otras materias, la meta de carbono neutralidad para el año 2050; este proyecto aún se encuentra en trámite constitucional, pero ya fue aprobado por la Cámara de Diputados (Observatorio Ley de Cambio Climático para Chile, 2021).

Si bien Chile no es un emisor relevante de GEI a nivel mundial (al año 2020 aportaba sólo un 0,23%) (Hannah & Roser, 2020), las emisiones del país han aumentado significativamente, siendo el sector agricultura el segundo mayor contribuyente (10,5% al año 2018) debido a la producción animal y fertilización de suelos (Martínez, 2020). Específicamente en la Región de Los Lagos, el sector agropecuario adquiere más relevancia al representar alrededor del 40% de las emisiones, producto del proceso digestivo del ganado y el uso de fertilizantes (SNICHile, 2018; MMA, 2019).

Dentro de esta región, el patrimonio agrícola del archipiélago de Chiloé es de importancia mundial, ya que fue uno de los primeros siete en ser reconocidos como Sitios Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM), es decir, es un lugar que ha sido creado, modelado y mantenido por innumerables generaciones de agricultores, pastores y pescadores, quienes en base al conocimiento local y a la experiencia, construyen estos importantes sistemas agro culturales y paisajes (ODEPA, 2013). Si bien esto demuestra que aún existe parte de la agricultura tradicional, el sistema agrícola de Chiloé se ha ido transformando luego de haber permanecido casi inmóvil por cientos de años (Salières et al., 2005). En las últimas décadas, los principales factores de cambio en el mundo rural han sido el ingreso de las empresas acuícolas y los estímulos del Estado como el Sistema de Incentivos de Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD). El primero ha disminuido la fuerza de trabajo en el campo al ofrecer empleo asalariado, y el SIRSD ha generado un aumento sostenido del ganado al bonificar la fertilización de praderas (Rojas, 2013).

Hoy en día, en el archipiélago coexisten tres sistemas agrícolas: tradicional, convencional y agroecológico. El tradicional corresponde a un remanente de lo que existió antaño, caracterizado por la rotación de cultivos, uso de animales en la labranza, fertilización natural, trabajo cooperativo entre campesinos y producción para autoconsumo (Salières et al., 2005). El convencional se ha instalado recientemente con la modernización agraria y la llegada de la industria salmonera, y se caracteriza por la especialización, mayor tecnología e inclusión de fertilizantes químicos. Por último, el agroecológico, promovido desde hace aproximadamente treinta años por el Centro de Educación y Tecnología (CET) Chiloé, se distingue por diseñar sistemas silvoagropecuarios sustentables en base a principios agroecológicos, es decir, sistemas autosuficientes que casi no producen contaminación, y además, por fomentar la conservación de papas nativas (SIPAM, 2006)

Las estimaciones de emisiones de GEI del sector agropecuario en Chile se han realizado a escala regional y sin diferenciar entre sistemas agropecuarios (MMA, 2019; Novoa et al., 2000). Considerando esto, la presente memoria estudia los sistemas agrícolas tradicional, convencional y agroecológico del archipiélago, comparando sus prácticas y las emisiones de GEI asociadas, para conocer cómo los cambios en las prácticas agropecuarias influyen hoy sobre la emisión de GEI.

Objetivo General

Evaluar los cambios en las prácticas agropecuarias en Chiloé y su efecto sobre la emisión de gases de efecto invernadero.

Objetivos Específicos

- Identificar los cambios en las prácticas agropecuarias de Chiloé.
- Analizar la emisión de gases de efecto invernadero en los distintos sistemas agrícolas existentes en la isla de Chiloé.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El presente estudio se enmarca en la zona centro-norte de la Isla Grande de Chiloé (Figura 1), ubicada entre 41° y 43° de latitud sur. Los climas presentes según la clasificación de Köppen son: templado lluvioso sin estación seca en la zona occidental y templado lluvioso con leve sequedad estival en la oriental. La temperatura media anual no supera los 14°C y la precipitación anual bordea los 2.500 mm, sólo en enero y febrero desciende a 60 mm (CIREN, 2020).

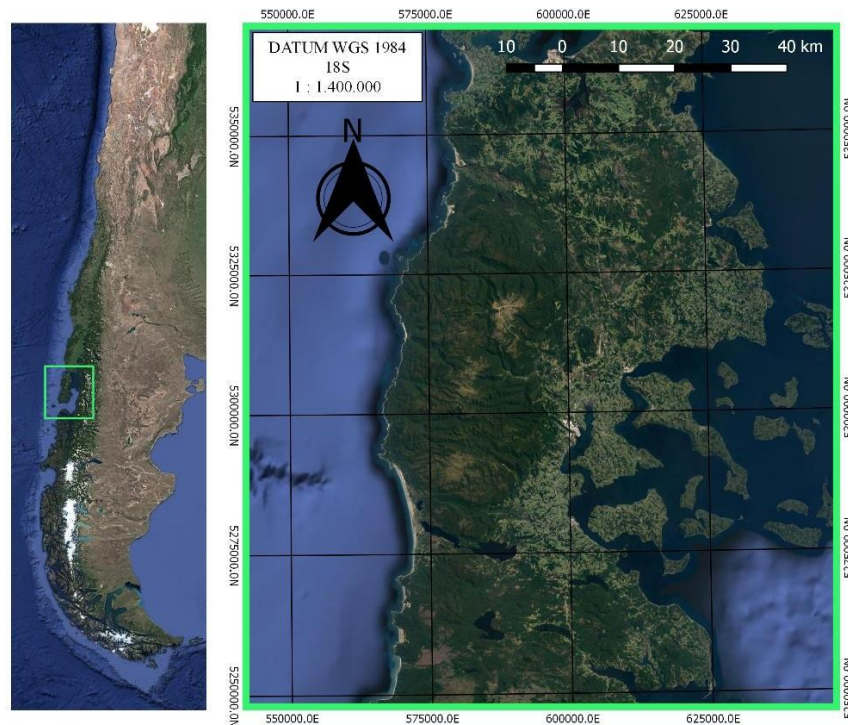


Figura 1. Área centro-norte de la Isla Grande de Chiloé, Provincia de Chiloé, Chile.

El 32% de su superficie es de aptitud agropecuaria y el 68% forestal (Gayan y Dumont, 1997). Los suelos, derivados de cenizas volcánicas evolucionadas en condiciones de excesiva humedad, presentan alto contenido de materia orgánica, de 30 a 35% en superficie, tienen gran capacidad de retención de agua y son ácidos (en algunas zonas el pH es inferior a 4,3). Su fertilidad natural es baja, siendo el fósforo el elemento más crítico, además, existe un déficit de calcio y nitrógeno disponible. Se clasifican en dos grandes tipos: rojos arcillosos en la cordillera de la Costa y trumaos y ñadis en el llano central (Alcayaga et al., 1975; CIREN, 2020). Actualmente, las principales actividades de la isla se desarrollan en torno a

los cultivos, el ganado y los productos del mar (FAO, 2021; Rojas, 2013; CET, 2011). Las actividades agropecuarias se concentran en la zona centro-norte de la isla, donde los agricultores se dedican a la producción de papas exóticas y nativas, hortalizas y a la cría de ovinos, bovinos, porcinos y aves de corral (SIPAM, 2006; CET, 2011). Para los pequeños agricultores estas actividades son principalmente de subsistencia (CET, 2007; Koohafkan y Altieri, 2011). Sin embargo, también existen predios más grandes, dedicados a la producción de ganado y leche (Carmona y Nahuelhual, 2009).

Materiales

La información bibliográfica se obtuvo de artículos académicos, artículos informativos desarrollados en el Archipiélago de Chiloé, censos agropecuarios y documentos elaborados por el INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), la ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias), el INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario), el SAG (Servicio Agrícola y Ganadero) y el CET (Centro de Educación y Tecnología, Chiloé).

Con respecto a la estimación de emisiones de GEI, los datos se obtuvieron de encuestas realizadas a 30 agricultores (10 por cada tipo de agricultura) pertenecientes a la comuna de Chonchi (Ver Apéndice III) y se utilizó la calculadora de GEI Cool Farm Tool (CFT) disponible en <https://app.coolfarmtool.org/> (Cool Farm Alliance, 2020). El estudio se acotó a esta comuna por motivos de factibilidad. Chonchi se consideró representativa del área de estudio porque contiene todos los rubros agropecuarios presentes en la zona centro norte de la isla (INE, 2007).

Metodología

Identificación de cambios en las prácticas agropecuarias de Chiloé

Los cambios fueron identificados a partir de una revisión bibliográfica de las fuentes mencionadas en la sección de materiales. Se consideraron los cambios acontecidos desde aproximadamente el año 1980 hasta la actualidad, porque en dicho año se habría iniciado la transformación del modo de vida chilote, dando origen a la nueva ruralidad (Ramírez, 2016).

Además, en base a una revisión bibliográfica de las mismas fuentes, se realizó una caracterización de los tres sistemas agrícolas que hoy existen en la isla (Ver Figura 2): tradicional, convencional y agroecológico (Salières et al., 2005, SIPAM, 2006) a través de una tabla comparativa, donde los criterios fueron los componentes de la agricultura identificados en terreno: diversidad de cultivos, rotación, fertilización, labranza, rendimiento, riego, diversidad de ganado, manejo ovino, manejo bovino y manejo de la pradera.



Figura 2. Sistemas agrícolas existentes en la isla de Chiloé: A) tradicional, B) convencional y C) agroecológico.

Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero en los distintos sistemas agrícolas existentes en la isla de Chiloé

Para estimar la emisión de GEI se seleccionó la calculadora Cool Farm Tool (CFT), herramienta eficiente, completa y fácil de manejar (Cordero, 2017) permitiendo realizar la estimación en algunos días (Denef et al., 2012). CFT fue diseñada para uso mundial, por lo que ofrece amplias opciones de cultivos, permite caracterizar el tipo de suelo a partir de variables edáficas y estima las emisiones integrando diversos modelos ya existentes a nivel mundial (Denef et al., 2012; Kayatz, et al., 2020). En la estimación de emisión de N_2O del suelo por la aplicación de fertilizantes utiliza el modelo de Bouwman et al. (2002), para el factor de emisión asociado a pesticidas se basa en Audsley (1997), para el cambio de uso de suelo, prácticas de labranza, sistema de manejo del estiércol, compostaje y gestión de residuos sigue la guía del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2006), en

la alimentación del ganado utiliza la fórmula derivada de Hillier et al. (2011), para los combustibles fósiles se basa en el modelo ASAE (2006) y para el uso de energía utiliza los factores de emisión de GHGprotocol (2003). Considerando lo antes mencionado, CFT cumple con ser flexible para modelar el caso de Chiloé, y además, los datos requeridos por la herramienta son en su mayoría conocidos por los agricultores. A grandes rasgos, con respecto a los cultivos, precisa información del área cultivada, la cantidad cosechada, los fertilizantes y pesticidas aplicados, el riego y la energía utilizada para distintos procesos del cultivo, y para el ganado, requiere la cantidad de animales, la alimentación y la gestión del estiércol (Cool Farm Alliance, 2020).

Los datos requeridos se obtuvieron mediante una encuesta (Ver Apéndice III) que fue diseñada con el fin de recaudarlos en términos comprensibles por los agricultores. Aquellos datos que se juzgaron desconocidos por ellos dada su complejidad técnica, fueron estimados posteriormente consultando bibliografía y a técnicos agrícolas funcionarios de PRODESAL Chonchi (Programa de Desarrollo de Acción Local). Estos profesionales fueron esenciales durante el trabajo en terreno realizado en octubre de 2021, inicialmente en la selección de los encuestados y luego en el contacto con ellos y traslado al predio. La encuesta se aplicó a una muestra de 30 agricultores adscritos al programa PRODESAL de la comuna de Chonchi, 10 correspondientes a cada sistema agrícola, elegidos según el criterio de los funcionarios del programa. El estudio se acotó sólo a esta comuna para facilitar el traslado hacia los predios. Dicha comuna es representativa del área de estudio, ya que contiene todos los rubros agropecuarios presentes en la zona centro norte de la isla (INE, 2007).

Luego se organizaron los datos para ser ingresados a la herramienta, tanto los obtenidos en terreno como los estimados a partir de consultas bibliográficas y a funcionarios de PRODESAL. La herramienta CFT estima las emisiones de CO₂, N₂O, CH₄ y el total en CO₂-equivalente. La estimación se realiza a nivel predial para el período de un año, a través de distintas evaluaciones: *cultivos en general*, *cultivo de papas*, *ganado bovino* y *otro ganado* (Ver Apéndice I), que estiman las emisiones de forma independiente. Cabe mencionar que en el caso del ganado, la evaluación *ganado bovino* incluye la pradera y su fertilización, en cambio, la evaluación *otro ganado* (en este caso principalmente ovinos) no considera datos de la pradera, por lo tanto cuando los ovinos pastaban en un terreno diferente al de las vacas, se utilizó *cultivos en general* para contabilizar las emisiones de dicha pradera.

Las evaluaciones fueron completadas dependiendo de su existencia en cada predio, y luego, sus resultados sumados para obtener el valor de emisión total de cada predio en kilogramos de CO₂-equivalente por hectárea al año (Ver Apéndice II). La emisión en CO₂-equivalente corresponde a la cantidad de CO₂ que causaría el mismo forzamiento radiativo integrado que cierta cantidad emitida de un GEI o una mezcla de ellos; se calcula multiplicando la emisión de un GEI por su potencial de calentamiento global; en el caso de las mezclas de gases, se suman las emisiones de CO₂-equivalente correspondientes a cada gas (IPCC, 2013). El CH₄ tiene un potencial de calentamiento global 28 veces mayor que el CO₂, y el N₂O, 265 veces mayor que el CO₂ (IPCC, 2019b). Los valores de emisión de cada sistema agrícola se expresaron por hectárea con el fin de facilitar la comparación. Adicionalmente, se consultó a los seis funcionarios de PRODESAL Chonchi por un valor aproximado de cobertura de cada

sistema agrícola en la comuna, ellos en base a su conocimiento adquirido en terreno llegaron al consenso de que 10% corresponden al sistema agroecológico, 15% al convencional y 75% al tradicional. Es necesario recalcar que este valor corresponde a una evaluación de los funcionarios, para obtener un valor real se requiere un estudio de tipificación que abarque todos los predios de la comuna.

Posteriormente se realizó el análisis de las emisiones por hectárea para los principales rubros productivos identificados: papas, hortalizas, bovinos, ovinos y praderas. Se consideraron 'principales' aquellos que aportaran en el financiamiento del predio y que, por tanto, ocuparan un porcentaje considerable de su superficie. Cabe mencionar que en los sistemas prediales en que algún rubro no estaba presente, o estaba con muy poca relevancia, no se le asignó emisiones. El análisis se llevó a cabo mediante un gráfico de cajas, superpuesto a un gráfico de puntos con los datos de emisión de los predios muestreados. Además, dado que las muestras no cumplieron el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) para evaluar la existencia de diferencias significativas entre los sistemas agrícolas dentro de cada rubro (exceptuando el cultivo de hortalizas, que sólo contaba con dos datos en el sistema convencional); esta prueba corresponde a la alternativa no paramétrica a ANOVA (Fisher, 1921).

Por otra parte, se efectuó un análisis de la emisión total predial por hectárea mediante un gráfico de caja y un análisis de varianza ANOVA, para evaluar la existencia de diferencias significativas entre los tres sistemas agrícolas. Este análisis estadístico se efectuó una vez verificada la normalidad de las muestras a través de la prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965)

Finalmente, se realizó un cuadro resumen con los promedios de emisión por hectárea de cada sistema agrícola, considerando las categorías de emisión estimadas por CFT. Es necesario mencionar que para efectos del presente estudio, algunas categorías fueron reorganizadas con el fin de estandarizar las emisiones entre los rubros. Así, pasto, fertilización de pastizales y uso de energía fueron separadas de las emisiones de bovinos y agregadas a la pradera de bovinos, por otra parte, uso de energía se trasladó del ganado ovino a la pradera ovina. En el Cuadro 4 se muestra la reorganización de categorías, y en el Apéndice II, la organización que entrega CFT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de cambios en las prácticas agropecuarias de Chiloé

Lo que se define como sistema agrícola tradicional chilote, inició alrededor del año 1833. Se trata de grandes predios con una pequeña parte productiva, escaso equipamiento agrícola, uso de abonos naturales y trabajo cooperativo entre campesinos. En el pasado, la explotación de los predios se consideraba ineficiente, por lo que la población activa (entre 15 y 40 años) debía emigrar, mientras que mujeres, niños y ancianos continuaban las siembras. Así, con métodos rudimentarios se formó una economía de subsistencia apenas capaz de cubrir las necesidades familiares en base a huertas, pampas con pocas ovejas y algún ganado mayor, un bosquecillo proveedor de leña y un corral marino; cada vecino era a la vez agricultor, ganadero, pescador y leñador (Salières, et al., 2005; Ramírez, 2016). Este sistema, tal como se describe, permaneció casi intacto hasta 1980, año en que se inicia la transformación del modo de vida chilote en respuesta al nuevo sistema económico, dando origen a una nueva ruralidad (Bravo et al., 2014; Ramírez, 2016). Con esto, el sistema tradicional ha transitado desde la subsistencia familiar hacia una agricultura modernizada, que supera la etapa de autoconsumo y produce excedentes para la venta a través de producciones más intensivas (Salières, et al., 2005; Márquez, 2005; Bravo et al., 2014).

En este tránsito el sistema tradicional ha mutado dando origen al sistema tradicional actual, además, han surgido dos tipos de sistemas agrícolas casi de forma paralela, el convencional y el agroecológico. El sistema convencional se caracteriza por una mayor especialización, uso de semillas mejoradas, fertilizantes, agroquímicos y maquinaria para trabajar la tierra; prácticas que permiten conseguir rendimientos satisfactorios (Salières, et al., 2005; Mercado, 2013; Ramírez, 2016). El agroecológico deriva del conocimiento tradicional y recoge elementos de la ciencia moderna concluyendo en principios agroecológicos, que aplicados prácticamente orientan el estudio y la gestión de agroecosistemas productivos, equilibrados, resilientes y viables económica y culturalmente (Venegas et al., 2018). Este último sistema ha sido fundamental en la recuperación y conservación del germoplasma de variedades nativas de papa chilota (Altieri, 2016).

Producto de esta transición, en la actualidad el sector agrícola de Chiloé es diverso, pudiéndose clasificar en los tres sistemas agrícolas antes mencionados (Salières et al., 2005; SIPAM, 2006). Las características de estos se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Comparación de los sistemas agrícolas: Tradicional, convencional y agroecológico; los criterios comparativos corresponden a componentes que definen la agricultura de la zona según se observó en terreno.

TRADICIONAL	CONVENCIONAL	AGROECOLÓGICO
Diversidad de cultivos		
Papas nativas y gran variedad de hortalizas y cereales (Weber, 1903; Alcayaga, 1975; Urbina, 1996; Paredes, 2020)	Papas (la mayoría semillas certificadas y pocas nativas) (INDAP, 2018) y hortalizas (INE, 2007).	Papas nativas y variedades de hortalizas. Promueve la diversidad de cultivos (Venegas, 2013).
Rotación de cultivos		
Rotación mínima 6 años (Urbina, 1996, Galdames, 2007; Bravo et al., 2014.): 1. Roce y quema, y luego fertilización con estiércol de oveja 2. Papa 3. Trigo o avena 4. Pradera por 3 años	Rotación mínima de 4 años (Sandaña, 2015): 1. Papa 2. Pradera por 3 años, ojalá incluyendo leguminosas	Sistema de rotación diseñado incluyendo todos los cultivos y praderas para establecer un equilibrio que luego se expresa en la sanidad de los cultivos, mantención de niveles de materia orgánica y fertilidad promedio a lo largo de la rotación (Venegas et al., 2018). Si el suelo es muy productivo se recomienda rotación de 3 a 4 años, si no, de 7 años y más (Infante & San Martín, 2016).
Fertilización de cultivos		
Estiércol de oveja, algas marinas (lamilla, pelillo, luga, sargazo), conchas molidas calcinadas, potasio, guano rojo y guano blanco. Se abonan papas y hortalizas aplicando fertilizante directo al surco (Alcayaga, 1975; Galdames, 2007; Ramírez, 2016; Bahamonde, 2017; Urriola, 2018).	Papas: salitre potásico, superfosfato triple, muriato de potasio, Nitromag y mezcla de papas NPK (8-25-15), además, se utilizan los fungicidas sistémicos Curzate y Moxan, para tratar el tizón tardío (Barría, 2007; Acuña, 2010). Hortalizas: compost, salitre potásico, superfosfato triple y mezcla de papas NPK (Barría, 2007; Pertierra et al., 2020).	Papas: roca fosfórica o guano rojo (fósforo), salitre orgánico (nitrógeno), Soprocal (carbonato de calcio), estiércol de cama o corral; también se aplican preparados biológicos, como bokashi, té de estiércol y té de compost, que ayudan a la fertilidad, sanidad y resistencia a enfermedades. Para tratar el tizón se emplea caldo bordelés (CET, 2011b). Hortalizas: compost, vermicompost, abono verde, supermagro, té de compost de humus o de bokashi, caldo bordelés (CET, 2011b).
Labranza para el establecimiento de cultivos		
Se utilizan técnicas rudimentarias de preparación de la tierra por falta de maquinaria agrícola (Alcayaga, 1975). Se requiere la ayuda de familiares y vecinos para trabajos más pesados a través de la minga (Comunidad de Notuco, 1986; Ramírez, 2016; Urriola, 2018). Las herramientas de labranza	Papa: normalmente se aplica un herbicida sistémico 1 o 2 meses antes de la plantación para eliminar malezas, cuyos residuos orgánicos se incorporan mediante la preparación del suelo, proceso necesario para lograr una buena cama de semillas. La maquinaria utilizada es: arado de vertedera o discos,	Papa: no se recomienda un barbecho muy largo, porque el suelo descubierto expuesto a grandes cantidades de agua pierde nutrientes esenciales. Lo ideal es arar y mullir la tierra con una rastra de discos, y luego que han emergido una gran cantidad de malezas, pasar nuevamente la rastra y posteriormente realizar

son: luma, gualato de madera, troncúe, rastras de madera o hierro, azadones, guadañas, hachas, horquetas y rastrillos. Éstos son empleados de forma manual o arrastrados por una yunta de bueyes (Weber, 1903; Plath, 1973; Comunidad de Notuco, 1986; Ramírez, 2016).	arado rotativo, arado de cincel, rastra de discos, rastra de clavos, resortes o rodillos, vibrocultivador, rotovator y rastrones niveladores (Sandaña, 2015). Hortalizas: se realiza una cama de cultivo de 30 cm de profundidad con un motocultivador para asegurar un buen mullimiento (INDAP, 2020).	las últimas labores superficiales para controlar las malezas que continúen emergiendo. Hortalizas: se realiza una cama alta (30 cm profundidad) utilizando pala y rastrillo (CET, 2011b).
Rendimiento cultivos		
Papa: rendimiento de 20 es a 1 (Weber, 1903).	Papa: rendimiento de 13 es a 1, con una producción promedio de 32 ton/ha (INDAP, 2020), hortalizas: producción promedio de 90.000 unidades/ha (Muñoz et al., 2017).	Papa: rendimiento de 10 es a 1 con una producción promedio 15,3 ton/ha (CET, 2011b), hortalizas: producción promedio de 80.000 unidades/ha (Vallejos et al., 2017)
Riego cultivos		
El cultivo de papas no es regado (Ministerio de Economía, 1955).	El cultivo de papas no es regado (INE, 2007); el invernadero se riega frecuentemente, sobre todo en verano, para asegurar la humedad del suelo (Muñoz et al., 2017).	El cultivo de papas no es regado (CET, 2011b); en el invernadero se usa riego tecnificado (Venegas et al., 2018), se riega 2 veces a la semana o de acuerdo a la necesidad del cultivo (Infante & San Martín, 2016).
Diversidad de ganado		
Ovinos, caprinos, bovinos, porcinos y caballares (Oficina Central de Estadísticas, 1875).	Ovinos, bovinos y porcinos (INE, 2007).	Ovinos, bovinos y porcinos (Venegas et al., 2018; Gómez, 2010; Infante & San Martín, 2016).
Manejo ovino		
Alimento: sólo pastoreo (Bravo et al., 2014). En el pasado, este ganado no se desarrollaba más por la falta de pasto seco y de abrigo contra lluvia y vientos (Weber, 1903). Manejo del estiércol: una parte es recogido para la fertilización de papas y huertas (Urriola, 2018). En el año 1955 existían 147.023 cabezas de ganado ovino en Chiloé (Ministerio de Economía, 1955).	Alimento: principalmente pradera natural y en menor proporción praderas sembradas, en invierno se pueden alimentar con fardos, bolos y/o alimento concentrado (González & Tapia, 2017; Lobos & Pavez, 2017). En el año 2007 existían 144.374 cabezas de ganado ovino en Chiloé (INE, 2007).	Pastoreo rotativo intensivo. Alimento: Principalmente pastoreo, en invierno se alimentan sólo con pasto seco. Manejo del estiércol: Parte del estiércol se recoge para realizar fertilizantes y el resto se desparrama en el potrero (Venegas et al., 2018; Dietl et al., 2009).
Manejo bovino		
Alimento: papas y pastoreo (Bravo et al., 2014); en invierno se llevan al monte a ramonear árboles, arbustos y quillares (Weber, 1903). Manejo del estiércol: una parte es recogido para la fertilización de papas y	Alimento: principalmente pradera, en invierno se alimentan con fardos, bolos y/o alimento concentrado, este último se proporciona sobre todo a los terneros es sus primeros meses (Barría, 2007).	Alimento: principalmente pastoreo y en invierno se alimentan con pasto seco, se procura guardar la mayor cantidad de pasto. Manejo del estiércol: parte se recoge para semicompostarlo y luego

huertas (Urriola, 2018). En el año 1955 existían 83.657 cabezas de ganado bovino en Chiloé (Ministerio de Economía, 1955).	En el año 2007 existían 112.916 cabezas de ganado bovino en Chiloé (INE, 2007).	agregarlo a las praderas, el resto se desparrama (Gómez, 2010).
---	---	---

Manejo de praderas

El cultivo principal es el pasto miel, también se cultiva trébol y alfalfa. El pasto se corta en enero, se seca y guarda a mano para forraje en el invierno (Comunidad de Notuco, 1986; Weber 1903). No hay registros de fertilización adicional a la aplicada a las papas, que es el cultivo precedente en la rotación (Bravo et al, 2014).	Generalmente se siembra ballica y avena, y se fertilizan con superfosfato triple, muriato de potasio y Can27 utilizando maquinaria agrícola para la preparación del suelo, siembra y fertilización (Zúñiga, 2021). La cosecha para realizar fardos y bolos se realiza con maquinaria de tracción mecánica (propias o arrendadas), existe una alta demanda de maquinaria, la época de cosecha es de octubre a marzo para fardos y de diciembre a marzo para bolos y en ambos casos se concentra en diciembre y enero (Barría, 2007).	Se implementa el apotreramiento en la totalidad de las praderas con conexión entre potreros, la sobre-siembra de especies forrajeras, el fomento de la diversidad de especies forrajeras, el uso de fertilizantes orgánicos, la instalación de cobertizos, la instalación de cortinas cortavientos con arbustos y árboles nativos en límites prediales, la mantención de bosque nativo y la reforestación, área de exclusión para restauración (Venegas et al., 2018). Se fertiliza con roca fosfórica, cal y estiércol (Dietl et al., 2009). El pasto se corta cuando inicia la emisión de las espigas predominantes, luego se realiza el semisecado revolviendo el pasto dos veces para guardar el forraje con 33-38% de contenido de humedad (Dietl et al., 2009) este proceso se realiza en diciembre; se corta con segadora de discos y se guarda con choper de descarga trasera (Gómez, 2010).
--	---	--

Las principales transformaciones rurales identificadas fueron la promoción del paquete tecnológico agrícola convencional de la revolución verde y luego la llegada de la industria salmonera. Esta última es la que modifica de forma más radical el modo de vida chilote (SIPAM, 2006; Rojas, 2013; Bravo et al., 2014). Los cambios en las prácticas agropecuarias, derivadas de estas transformaciones, se detallan a continuación:

1. **Reemplazo de los fertilizantes y de protectores de cultivos orgánicos por químicos:** Alrededor de la década de 1930 el país buscaba cambiar el sistema de abono orgánico manejado por los campesinos desde antaño, incentivando el uso de abonos sintéticos industrializados y maquinaria agrícola con el fin de mejorar los índices de productividad para evitar que predios que tenían alto potencial se siguieran cultivando con un rendimiento bajísimo. Estos fertilizantes llegaron a un costo que superaba los márgenes de ganancia de los agricultores chilotes, lo que sumado a las profundas raíces culturales, ralentizaron la adopción de estas prácticas (Urriola,

2018). Sin embargo, gracias a políticas institucionales estatales, el agricultor chilote fue incorporando progresivamente estas prácticas para alcanzar la transferencia productiva. INDAP y PRODESAL han fomentado este cambio a través de asesorías técnicas, programas de riego, regeneración de praderas, recuperación de suelos degradados, diversificación productiva, etc. (SIPAM, 2006; CET, 2011; Ramírez, 2016).

2. **Desaparición de la minga y reemplazo de la mano de obra humana por maquinaria agrícola:** La minga es una tradición campesina de colaboración entre vecinos y amigos en una tarea conjunta (Navarrete, 2017). El reemplazo de esta tradición está directamente relacionado con la llegada de la industria acuícola. Desde 1980 la participación de la población local en dicha industria ha aumentado por su creciente demanda de mano de obra, que proviene sobretodo de las zonas rurales. Esto, ha fomentado la migración de jóvenes desde el campo a las ciudades, disminuyendo su interés por el mundo rural y su potencial productivo (CET, 2007; Ramírez et al., 2010). Si bien esta industrialización ha producido un aumento en la población total de la isla, también ha ocasionado una migración intra-territorial hacia las ciudades disminuyendo la población rural (CET, 2011). Producto de la pérdida de mano de obra en el campo, la minga ha prácticamente desaparecido y ha sido sustituida por el jornal pagado, que asegura la realización de la cosecha en el momento adecuado (Ramírez et al., 2009; Ramírez, 2016). Además, los predios han debido recurrir a nuevas estrategias para abordar las labores agrícolas, como la incorporación de tractores, segadoras y empacadoras, que posibilitan un ahorro de tiempo y de trabajo en las épocas de siembra y cosecha; generalmente los agricultores no cuentan con sus propios tractores, sino que contratan el servicio por día (Bravo, 2004; Ramírez et al., 2009). Sumado a esto, se ha producido un envejecimiento del campo, los pequeños agricultores de edad avanzada continúan trabajando la tierra, mientras los jóvenes se dedican a otros oficios aportando ingresos al predio a cambio de vivienda y alimentación proporcionados por el minifundio (Gómez, 2003). De esta forma, se han ido perdiendo las tradiciones chilotas, reemplazadas por máquinas que realizan las mismas labores en corto tiempo (Ramírez, 2016) y gran parte de la agricultura ha quedado relegada a un espacio de reserva por si hay dificultades en el mercado de trabajo (Ramírez et al., 2009).
3. **Disminución de la diversidad de cultivos:** Chiloé es uno de los centros de origen de la papa, por lo que sus habitantes han desarrollado y perfeccionado el cultivo contando hoy con más de doscientas variedades. Sin embargo, al transcurrir los años, el agricultor de Chiloé se ha concentrado en la producción de algunas variedades comerciales para lograr un aumento de rendimiento que permita satisfacer el consumo familiar y generar algunos excedentes. Es por esto, que hoy este cultivo presenta una escasa renovación de material genético y una pérdida de potencial productivo (CET, 2011).

4. **Disminución de la superficie agrícola total:** La superficie de cultivos disminuyó de 20.342 ha en 1977 a 10.607 ha en 1997 y aumentó levemente a 12.700 ha el 2007 (Bravo et al., 2014). Esto se evidencia en el cultivo de papa, que también sufrió una disminución de superficie: en 1977 se sembraron 7.800 ha (promedio de 0,61 ha por explotación), en 1997 se sembraron 4.502 ha (0,27 ha por explotación) y el 2007 se sembraron 3.306 ha (0,35 ha por explotación). La misma situación ocurre con el trigo, sin embargo, su casi desaparición se debe más a razones climáticas, reducción de superficies de rotación y falta de mano de obra, además del mayor acceso a harina y pan ya elaborado; así el trigo que se cultivaba en 4.371 ha en 1977, en 1.162 ha en 1997, al 2007 sólo se sembraban 180 ha (INE, 1977; INE, 1997; INE, 2007; Bravo et al., 2014).

Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero en los distintos sistemas agrícolas existentes en la isla de Chiloé

El análisis de emisiones por hectárea para los principales rubros productivos se presenta en la Figura 3. Como se puede observar, en papas y hortalizas los tres sistemas agrícolas tienen una emisión semejante, que en las papas bordea los 1.300 kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹ y en hortalizas los 2.300 kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹. Haverkort et al. (2014) estimaron que la emisión de GEI promedio del cultivo de papas en Chiloé bordea los 130 kg CO₂eq ton⁻¹. En el presente estudio el promedio de emisiones para los tres sistemas es 124 ± 26 kg CO₂eq ton⁻¹, y separadamente 156 ± 77 kg CO₂eq ton⁻¹, 150 ± 33 kg CO₂eq ton⁻¹ y 64 ± 32 kg CO₂eq ton⁻¹ en el sistema agroecológico, tradicional y convencional, respectivamente. Considerando lo anterior, el sistema agroecológico y tradicional actual son lo más cercano a las cifras de emisión del cultivo de papa descrito por Haverkort para Chiloé. Cabe señalar que las emisiones por tonelada de papa se obtuvieron del valor de emisión por kilogramo otorgado por CFT.

Tanto en papas como en hortalizas, el sistema agroecológico registra los valores de emisión más altos, producto de las elevadas dosis de fertilizantes orgánicos aplicadas. En el caso de la papa, se aplican en promedio 38.560 ± 35.978 kg ha⁻¹ de fertilizantes orgánicos y un promedio de 1.640 ± 1.250 kg ha⁻¹ de fertilizantes químicos. Independiente de la dosis, Fernández-Luqueño et al. (2009) encontraron que la aplicación de fertilizantes orgánicos aumenta la emisión de GEI en comparación a fertilizantes sintéticos, por otra parte, la adición de material orgánico aumentaría la capacidad del suelo para retener carbono (Dendooven et al., 2012). Para este cultivo no existen diferencias significativas entre los sistemas agrícolas analizados (P = 0,1542). Es interesante destacar que en todos los predios agroecológicos muestreados se cultivan hortalizas, no así en los otros sistemas, y en contraste, todos los predios convencionales muestreados cultivan papas, lo que indicaría que los agricultores de la zona han adaptado este cultivo, originario y tradicional en Chiloé, a prácticas agrícolas convencionales como el uso de fertilizantes sintéticos. Haverkort et al.

(2014) hallaron que Chiloé y La Serena, son los sitios que aplican la mayor dosis de fertilizantes al cultivo de papas en Chile, estiman que en Chiloé se aplican alrededor de 250 kg N ha⁻¹, 460 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 290 kg K₂O ha⁻¹. Según las encuestas realizadas, los agricultores de Chonchi aplican en promedio las siguientes dosis de fertilizantes: 227 ± 301 kg N ha⁻¹, 671 ± 805 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 343 ± 333 kg K₂O ha⁻¹, valores bastante superiores a lo documentado por Haverkort et al. (2014).

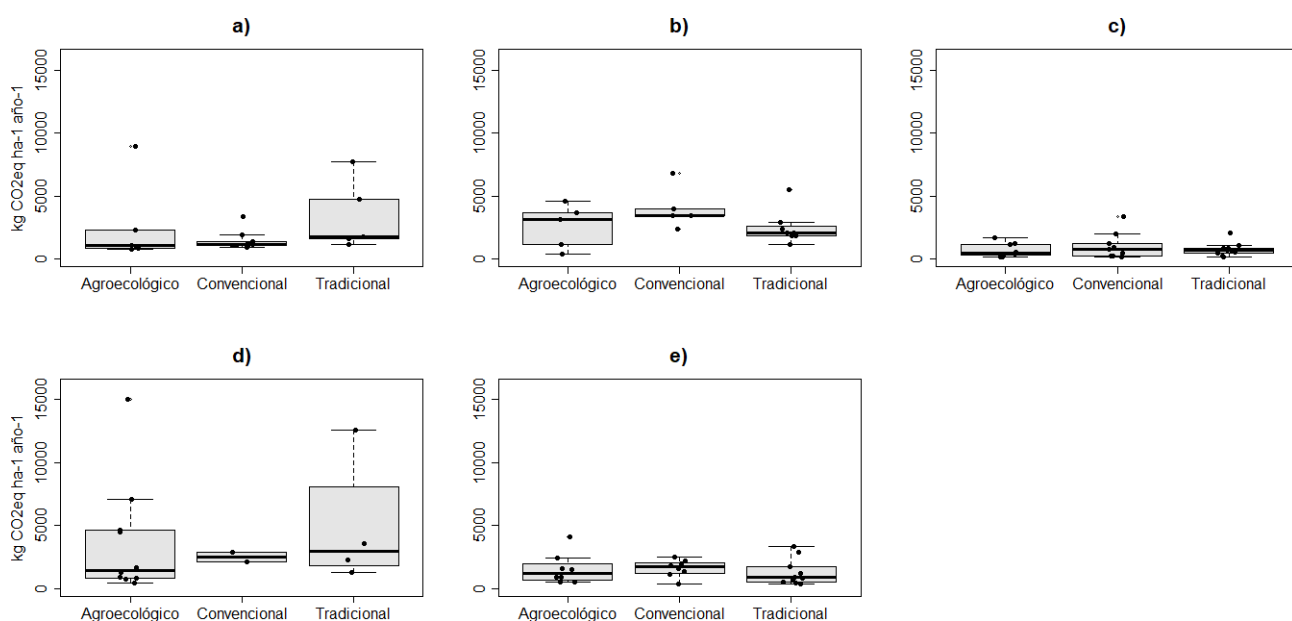


Figura 3. Emisiones de GEI de los sistemas agrícolas *agroecológico*, *convencional* y *tradicional* para los rubros: a) papas, b) bovinos, c) pradera, d) hortalizas y e) ovinos.

En cuanto al ganado bovino, ovino y la pradera para alimentarlo, no existen diferencias significativas relacionadas al sistema agrícola ($P = 0,14$; $P = 0,48$ y $P = 0,86$, respectivamente). Se observa que las medianas de emisión alcanzan valores similares para los tres sistemas agrícolas, circundando los 2.900 kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹ (17,8 kg CO₂eq kg peso vivo⁻¹), 1.200 kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹ (10,5 kg CO₂eq kg peso vivo⁻¹) y 600 kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹ en bovinos, ovinos y pradera respectivamente. Es de interés mencionar que el valor de emisión promedio del ganado ovino obtenido en este estudio está dentro de los rangos estudiados por Marino et al. (2016) para el manejo convencional de ovinos en distintas partes del mundo, que presentan un promedio de 15,3 ± 5 kg CO₂eq kg peso vivo⁻¹, por otra parte, la emisión obtenida en bovinos está cercana al rango de emisión de los sistemas convencionales del mundo, resumidos en Desjardins et al. (2012), que corresponde a 13,3 ± 3 kg CO₂eq kg peso vivo⁻¹.

De forma adicional, se presentan la media, desviación estándar y mediana de los valores de emisión por hectárea, por rubro, para cada sistema agrícola (Ver Cuadro 2). No existen diferencias significativas entre los sistemas agrícolas en los rubros analizados, como se

mencionó anteriormente. Se analizaron todos los rubros del Cuadro 2, excepto hortalizas, por la insuficiencia de datos en una de las muestras (sistema convencional). Es interesante resaltar que en los cultivos agroecológicos de papas y hortalizas, en las praderas con manejo convencional y en los cultivos tradicionales de hortalizas, la desviación estándar es mayor que la media, lo que indica que existe una gran variabilidad en estos rubros.

Cuadro 2. Valores de emisión a) media \pm DE y b) mediana, por hectárea al año [kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹] de los principales rubros para los tres sistemas agrícolas.

		Agroecológico	Convencional	Tradicional
Papas	a)	2.491 \pm 3.211	1.424 \pm 743	3.394 \pm 2.797
	b)	1.061	1.140	1.778
Hortalizas	a)	3.693 \pm 4.577	2.486 \pm 489	4.929 \pm 5.180
	b)	1.436	2.486	2.926
Bovinos	a)	2.595 \pm 1.756	4.004 \pm 1.669	2.429 \pm 1.328
	b)	3.167	3.475	2.059
Ovinos	a)	1.749 \pm 1.362	1.581 \pm 673	1.268 \pm 1.054
	b)	1.497	1.689	862
Pradera	a)	631 \pm 578	1.038 \pm 1061	757 \pm 545
	b)	382	791	664

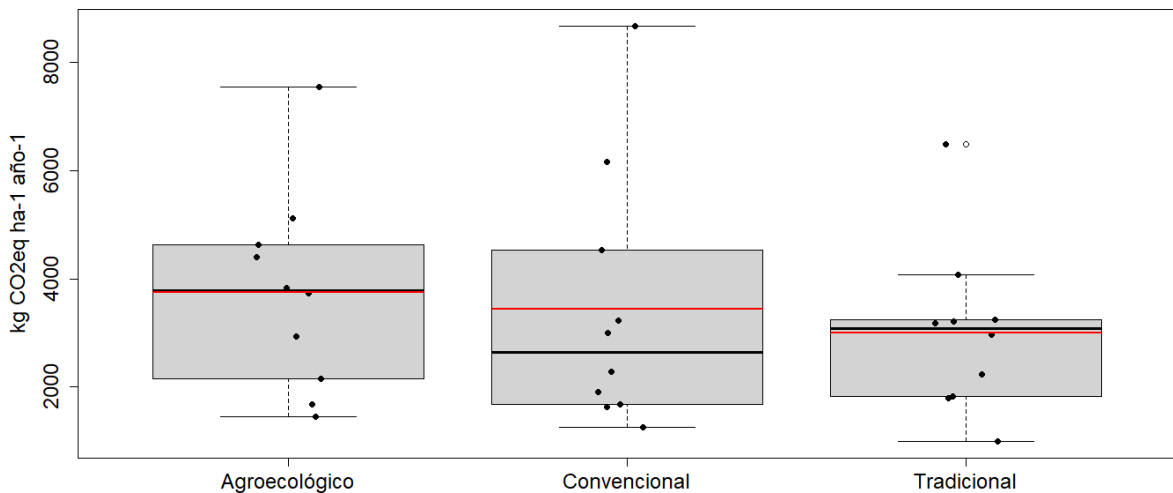


Figura 4. Emisión total de GEI predial por hectárea al año [kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹] en los distintos sistemas agrícolas existentes en la isla de Chiloé. La línea negra indica la mediana y la línea roja la media.

Por otra parte, se analizaron los valores de emisión total predial por hectárea para cada sistema agrícola (Ver Figura 4). Según el análisis realizado no hay diferencias significativas ($P = 0,693$), debido a que existen valores muy dispersos de emisiones en los tres sistemas.

Sin embargo, la emisión GEI total de un predio promedio es bastante diferente entre los tres sistemas agrícolas (Cuadro 3), debido a las diferencias en el promedio de hectáreas productivas. Así, un predio promedio del sistema tradicional es el que más emite, ya que se trata de predios más grandes, y un predio promedio agroecológico es el que emite menos, porque son predios más pequeños.

A nivel comunal, 39.965 ha corresponden a explotaciones agropecuarias (INE 2007), de las cuales se estima que 10% corresponden al sistema agroecológico, 15% al convencional y 75% al tradicional, por lo que la emisión total comunal de cada sistema serían 14.971, 20.640 y 89.891 ton CO₂eq año⁻¹ respectivamente, alcanzando un total de emisión comunal asociada a la agricultura de 126.992 ton CO₂eq año⁻¹. Siguiendo este análisis y asumiendo que la proporción de los tres tipos de agricultura se puede extrapolar a todo Chiloé, la emisión estimada de cada sistema sería 133.812, 184.483 y 803.461 ton CO₂eq año⁻¹ para el sistema agroecológico, convencional y tradicional respectivamente, ya que en el archipiélago 357.213 ha corresponden a explotaciones agropecuarias (INE 2007).

Cuadro 3. Resumen de emisiones promedio para cada sistema agrícola.

	Promedio de emisión GEI por hectárea [kg CO ₂ eq ha ⁻¹ año ⁻¹]	Promedio de hectáreas productivas de un predio [ha]	Emisión GEI de un predio promedio [kg CO ₂ eq año ⁻¹]
Agroecológico	3.746 ± 1.837	6.8	25.473
Convencional	3.443 ± 2.376	11.9	40.972
Tradicional	2.999 ± 1.521	16.5	49.484

Finalmente, en el Cuadro 4 se muestra el análisis por categorías para cada rubro. En ese cuadro, las altas emisiones de papas y hortalizas en los sistemas agroecológico y tradicional se deben a las altas emisiones de los fertilizantes aplicados al suelo. Dichas emisiones (categoría “Suelo/fertilizante”) están influenciadas por valores extremos (Figura 4) producto de las altas dosis de aplicación de fertilizantes orgánicos en el sistema agroecológico, y a las altas dosis de fertilización principalmente con mezclas químicas, a veces el doble de la dosis recomendada, en el caso del sistema tradicional. La descripción de las categorías de emisión se encuentra en el Apéndice IV.

Con respecto al manejo del ganado, un valor interesante es la baja emisión de la fermentación entérica del ganado ovino en la agricultura tradicional, en comparación a los otros dos sistemas, lo que probablemente esté relacionado con la menor carga animal que presenta el sistema tradicional (Cuadro 5), ya que Fernandez et al. (2017) indican que a medida que incrementa la carga animal aumentan las emisiones generadas por la actividad ganadera. Sin embargo, no existen diferencias significativas en la carga animal bovina (P = 0,12) y ovina (P = 0,5) entre los sistemas agrícolas.

En cuanto al manejo de praderas, la principal diferencia se observa en aquellas destinadas al ganado bovino, siendo el sistema convencional el que presenta los mayores valores en las tres categorías de emisión: pasto, fertilización de pastizales y uso de energía. Estos altos valores pueden estar ligados a la alta carga animal presente en algunos casos (Fernandez et al., 2017), llegando a existir 3,5 unidades de ganado bovino por hectárea, mientras que en los otros sistemas el promedio es 1 unidad por hectárea.

Un valor que llama la atención es la alta emisión por producción de alimentos del sistema agroecológico, esto se debe a la existencia de un predio dedicado a la cría de pollos Broiler. Por otra parte, hay ciertas categorías con valores ausentes como el uso de energía en los cultivos de hortalizas del sistema convencional, lo que se debe a que sólo hay dos predios que producen hortalizas, de ellos, sólo uno tiene invernadero (única superficie regada en los predios encuestados) y se riega por gravedad, además ninguno de estos predios utiliza energía en maquinaria, ya que en general las hortalizas se manejan de forma manual. Otro caso es la ausencia de protección de cultivos en el sistema agroecológico, esto se debe a que en este sistema no se aplican pesticidas, herbicidas ni fungicidas. Por último, la ausencia de producción de semillas en los sistemas agroecológico y convencional en el rubro Pradera ovinos, se debe a que sólo en el sistema tradicional la alimentación del ganado ovino incluye papas.

En resumen, las principales diferencias en la emisión de GEI por hectárea entre los sistemas agrícolas se deben a la cantidad de fertilizantes aplicados en los cultivos de papas y hortalizas, y a la carga animal en las emisiones del ganado. Sin embargo, no hay grandes diferencias de emisión entre los tres sistemas agrícolas estudiados. Resultados similares fueron obtenidos por Dendooven et al. (2012), que analizaron las diferencias de emisión de GEI en dos sistemas de labranza, uno de labranza cero con rotación de cultivos y retención de residuos en el suelo y otro de labranza convencional con remoción de los residuos y monocultivo de maíz, obteniendo que los diferentes tipos de labranza tuvieron poco impacto en las emisiones, pero sí originaron efectos significativos en el almacenamiento de carbono en los suelos. Sumado a esto, Astier et al. (2014) estudiaron las diferencias en las emisiones de GEI entre un cultivo convencional y otro orgánico de paltas, sin hallar diferencias significativas en las emisiones.

Es importante mencionar que en terreno se observó que los suelos del sistema convencional han sido los más afectados por la expansión de la plaga del pololo café (*Phytoloema herrmanni*) que afecta hoy a las praderas de la isla. El estado larvario de dicha especie, que habita bajo tierra, se alimenta de raíces de gramíneas pudiendo producir pérdidas del 5% a casi la totalidad de la producción. Se cree que la causa de la proliferación de esta plaga sería el uso indiscriminado de productos químicos y el cambio climático (DiarioChiloé, 2020).

Cuadro 4. Promedio de emisiones de GEI [kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹] por rubro, desglosado en las categorías de emisión.

Categoría de emisiones		Promedio emisiones GEI [kg CO ₂ eq ha ⁻¹ año ⁻¹]		
		Agroecológico	Convencional	Tradicional
Papas	Producción de semillas	167,7	73,8	333,7
	Producción de fertilizante	85,4	90,3	227,2
	Suelo / fertilizante	1.583,8	736,9	1.945,0
	Protección de cultivos		72,3	53,3
	Uso de energía	373,5	313,0	236,0
Hortalizas	Producción de semillas			
	Producción de fertilizante	257,5	287,7	185,1
	Suelo / fertilizante	2.666,1	1.737,7	2.662,1
	Protección de cultivos			
	Uso de energía	38,5		47,1
Bovinos	Producción de alimento	73,4	1290,7	36,3
	Fermentación entérica	2.125,5	2.044,5	2.187,9
	Manejo del estiércol	111,9	27,7	11,8
Pradera Bovinos	Pasto	794,5	1.143,7	784,8
	Fertilización de pastizales	12,7	211,5	80,6
	Uso de energía	8,6	41,1	17,7
Ovinos y otro ganado	Producción de alimento	955,6	27,3	6,4
	Manejo del estiércol	1.157,8	650,5	
	Fermentación entérica	1.158,3	1.200,2	770,0
Pradera ovinos	Producción de semillas			242,9
	Producción de fertilizante	43,0	38,4	78,1
	Suelo / fertilizante	266,3	224,6	257,1
	Protección de cultivos			
	Uso de energía	61,2	80,0	35,0

Cuadro 5. Carga animal promedio de cada sistema agrícola [N° animales ha⁻¹].

	Carga animal bovinos	Carga animal ovinos
Agroecológica	1,2 ± 0,9	9,5 ± 7,7
Convencional	2,0 ± 1	9,5 ± 7,3
Tradicional	1,1 ± 0,7	8,6 ± 4

Considerando lo antes mencionado, sería importante estudiar la capacidad del suelo de los distintos sistemas agrícolas para absorber carbono y complementariamente realizar un estudio de tipificación de los predios de la comuna en los tres sistemas tratados, creando indicadores para clasificarlos, además del conocimiento de los técnicos agrícolas de la comuna utilizado en este caso. Asimismo, en términos de representatividad de la muestra y validez estadística, sería óptimo ampliar la muestra de agricultores por tipo de agricultura. También sería conveniente realizar un estudio para abarcar a todos los agricultores de la comuna de Chonchi, ya que en este caso se contactó sólo a los agricultores inscritos al programa PRODESAL, que si bien posee representantes de los tres sistemas agrícolas, en general corresponden a productores en desarrollo quedando fuera agricultores más grandes que han pasado a otros programas de asistencia técnica con enfoque más comercial.

El estudio de las emisiones de GEI provenientes de la agricultura es relevante considerando que este sector representa un 16,9% de las emisiones del país (ODEPA, 2013) y que en la Ley Marco de Cambio Climático, que actualmente se encuentra en tercer trámite constitucional en el Senado, se propone como meta lograr la carbono neutralidad al 2050 (Observatorio Ley de Cambio Climático para Chile, 2021). Es por tanto fundamental analizar las emisiones de este sector, para generar medidas enfocadas a reducirlas o a aumentar la capacidad de absorción de carbono del sistema.

CONCLUSIONES

En Chiloé se ha integrado el modelo de producción convencional para alcanzar mayores rendimientos, en una nueva ruralidad marcada principalmente por la falta de mano de obra y el envejecimiento de la población rural. Se han incluido los fertilizantes sintéticos, herbicidas, fungicidas y maquinaria agrícola, para lograr realizar trabajos que antaño se efectuaban por grandes grupos de personas, ahora en poco tiempo y por un grupo reducido. También se ha adoptado el uso de semillas mejoradas para alcanzar mejores rendimientos, disminuyendo la gran diversidad antes existente, sobre todo de variedades nativas de papas. Finalmente, la superficie total dedicada a la agricultura en la isla ha disminuido, a pesar de lo cual algunos predios aún conservan prácticas de la agricultura tradicional, como arar con gualato o con yunta de bueyes, fertilizar con algas y estiércol, e incluso, realizar la minga. Algunas de estas prácticas han sido recogidas por la agroecología, que se ha instalado en el área de estudio desde la década de 1990, en una búsqueda por difundir un diseño de agroecosistema sustentable en base a principios agroecológicos y al rescate de conocimientos tradicionales. El trabajo de terreno fue fundamental en la clasificación de los tipos de agricultura que integran esta transición y que actualmente coexisten (agroecológica, convencional y tradicional).

Se logró cuantificar las emisiones de GEI en los distintos sistemas agrícolas de la comuna de Chonchi. Las encuestas fueron una herramienta fundamental en esta labor, ya que permitieron acceder a datos reales en lugar de estimar datos a partir de una revisión bibliográfica. La principal dificultad para llevarlas a cabo fue el poco tiempo disponible para la conversación, considerando que la mayoría de los datos eran cuantitativos y en general debían ser estimados *in situ* por los agricultores. Con respecto a la herramienta Cool Farm Tool, su principal ventaja es que requiere datos conocidos por los agricultores, sin embargo, la necesidad de realizar varias evaluaciones por predio dificulta el trabajo, por lo cual sería más conveniente una evaluación a nivel predial. Del análisis de las emisiones se concluye que no existen diferencias significativas entre los tres sistemas agrícolas analizados, resultado que se condice con otros estudios. No obstante, destacan altos valores de emisión asociados a la fertilización en los sistemas agroecológico y tradicional, por las altas dosis de fertilizantes orgánicos aplicados en el agroecológico y sintéticos en el tradicional; los altos valores de emisión por manejo del ganado en el sistema convencional, asociados en este caso a la mayor carga animal de este sistema, y por último la diferencia en el tamaño predial promedio de los sistemas.

De esta memoria surge la necesidad de realizar un trabajo de clasificación de todos los predios de la comuna de Chonchi, aplicar las encuestas a una muestra más grande e identificar prácticas de gestión que puedan ayudar a reducir la emisión de GEI.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, I. (2010). *Informativo 79: Manejo integrado del tizón tardío de la papa*. Osorno: INIA Remehue. Obtenido de <https://tizon.inia.cl/assets/boletines/79-Manejo%20integrado%20del%20tizón%20tardío%20de%20la%20papa.pdf>
- Alcayaga, S., Narbona, M., Millón, M., & Pérez, J. (1975). *Carta Agrológica de la Isla Grande de Chiloé*. Santiago: Corporación de Fomento de la Producción, Departamento de Agricultura y Agroindustrias.
- Altieri, M. A. (2016). Una estrategia agroecológica en Chile como base para la soberanía alimentaria. *Revista ambiente y desarrollo de CIPMA*, 24-29. Obtenido de <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2016/01/CIPMA-Altieri.pdf>
- ASAE. (2006). *ASAE EP496.3 agricultural machinery management*. ASAE.
- Astier, M., Merlín-Urbe, Y., Villamil-Echeverri, L., Garciarreal, A., Gavito, M. E., & Masera, O. R. (2014). Energy balance and greenhouse gas emissions in organic and conventional avocado orchards in Mexico. *Ecological Indicators*, 281-287.
- Audsley, E., Alber, S., & Gemeinschaften, E. (1997). Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. *European Comm., DG VI Agriculture*.
- Bahamonde, R. (2017). *El contexto cultural de la papa en Chiloé*. Ancud: Museo Regional de Ancud.
- Barría, K. (2007). *Caracterización socioeconómica y productiva de agricultores adscritos al programa PABCO. Comuna de Ancud, Provincia de Chiloé*. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fab275c/doc/fab275c.pdf>
- Bouwman, A., Boumans, L., & Batjes, N. (2002). Modeling global annual N_2O and NO emissions from fertilized fields. *Global Biogeochemical Cycles*, 1080.
- Bravo, J. (2004). *La cultura chilota y su expresión territorial en el contexto de la globalización de la economía*. Santiago: Universidad de Chile.
- Bravo, J. M., Naranjo, G., Gil, E., & Ramírez, J. (2014). Minifundio Chilote: Una forma de pervivencia de explotación agrícola tradicional en tiempos de globalización. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 55-77.
- Carmona, A., & Nahuelhual, L. (2009). Tipificación y caracterización de sistemas prediales: caso de estudio en Ancud, Isla de Chiloé. *Agro Sur*, 37(3), 189-199.
- CET. (2007). *Conservation and Adaptive Management of Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS), Chiloé agro-biodiversity cultural system Chile Project*

Framework. Chiloé: Centro de Educación y Tecnología.

- CET. (2011). *Actualización línea base Chiloé: Proyecto GCP/GLO/212/GFF: "Conservación y Gestión Adaptativa de los Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM)"*. Chiloé: Centro de Educación y Tecnología.
- CET. (2011b). *Ficha técnica para el cultivo de papas nativas de Chiloé*. Castro: Centro de Educación y Tecnología (CET). Obtenido de <https://docplayer.es/18721340-Ficha-tecnica-para-el-cultivo-de-papas-nativas-de-chiloe-proyecto-sipam.html>
- CIREN. (2020). *Comuna Dalcahue, Recursos Naturales*. Santiago: Ministerio de Agricultura.
- Comunidad de Notuco. (1986). *Cuaderno de la Historia de Notuco*. Ancud: Cuadernos de la Historia, escritos por la comunidad.
- Cool Farm Alliance. (2020). *Cool Farm Tool*. Obtenido de <https://coolfarmtool.org/coolfarmtool/greenhouse-gases/>
- Cordero, R. (2017). *Evaluación y análisis de la huella de carbono generada en sistemas de producción de tomate a campo abierto y bajo invernadero*. Bogotá: Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Minuto de Dios. Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/5788/TIAG_CorderoAguileraRosaMaria_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dendooven, L., Gutiérrez-Oliva, V. F., Patiño-Zúñiga, L., Ramírez-Villanueva, D. A., Verhulst, N., Luna-Guido, M., . . . Govaerts, B. (2012). Greenhouse gas emissions under conservation agriculture compared to traditional cultivation of maize in the central highlands of Mexico. *Science of the Total Environment*, 237–244.
- Denef, K., Paustian, K., Archibeque, S., Biggar, S., & Pape, D. (2012). *Report of Greenhouse Gas Accounting Tools for Agriculture and Forestry Sectors*. Londres: ICF International and Colorado State University for the project.
- Desjardins, R., Worth, D., Vergé, X., Maxime, D., Dyer, J., & Cerkowniak, D. (2012). Carbon Footprint of Beef Cattle. *Sustainability*, 3279-3301.
- DiarioChiloé. (16 de Junio de 2020). Cómo mantener a raya las plagas que afectan las praderas. *DiarioChiloé*. Obtenido de <https://www.diariochiloe.cl/noticia/agro-y-ganaderia/2020/06/como-mantener-a-raya-las-plagas-que-afectan-las-praderas>
- Dietl, W., Fernández, F., & Venegas, C. (2009). *Manejo Sostenible de Praderas: Su flora y vegetación*. Santiago: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Chile. Obtenido de https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2010/02/Manejo_sostenible_de_praderas.pdf

- FAO. (2021). *Views, Experiences and Best Practices as an example of possible options for the national implementation of Article 9 of the International Treaty*. Chile: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca7907en/ca7907en.pdf>
- Fernandez, L., Diaz, R., & Odili, S. (2017). *Desarrollo de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en América Central*. Fontagro. Obtenido de https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/14652_InformeTecnicoFinal.pdf
- Fernández-Luqueño, F., Reyes-Varela, V., Martínez-Suárez, C., Reynoso-Keller, R. E., Méndez-Bautista, J., Ruiz-Romero, E., . . . Dendooven, L. (2009). Emission of CO₂ and N₂O from soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) fertilized with different N sources. *The Science of the total environment*, 4289-4296. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19411092/>
- Fisher, R. (1921). Studies in Crop Variation. I. An examination of the yield of dressed grain from Broadbalk. *Journal of Agricultural Science*, 107–135. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20010612211752/http://www.library.adelaide.edu.au/digitised/fisher/15.pdf>
- Galdames, M. (2007). *La Papa Nativa de Chiloé: Un Ejercicio Práctico de Soberanía Alimentaria para el Patrimonio de la Humanidad*. Santiago: Universidad Alberto Hurtado.
- Gayan, A., & Dumont, J. C. (1997). *Centro Experimental Butalcura un anhelo chilote hecho realidad [puesta en marcha y estudio de suelos]*. Osorno: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Centro Regional de Investigación Remehue.
- GHGprotocol. (2003). *GHGprotocol*. Obtenido de Emission factors from cross sector tools: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>
- Gómez, B. (2010). *Análisis de un sistema de producción de carne bovina orgánica en base a pradera naturalizada en la isla de Chiloé*. Castro: UArcis Patagonia.
- Gómez, S. (2003). Chile: Expansión Del Cultivo E Industria Del Salmón Y Agricultura Familiar Campesina. *Revista de Sociología*, 149-163. Obtenido de <https://revistadesociologia.uchile.cl/index.php/RDS/article/view/27795/29464>
- González, V., & Tapia, M. (2017). *Manual de manejo ovino*. Santiago, Chile: Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Obtenido de <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-ovino-v2.pdf?sfvrsn=0>
- Hannah, R., & Roser, M. (2020). *Our World in Data*. Obtenido de Chile: CO₂ Country Profile: <https://ourworldindata.org/co2/country/chile#what-share-of-global-cumulative-co2-has-the-country-emitted>

- Haverkort, A., Sandaña, P., & Kalazich, J. (2014). Yield Gaps and Ecological Footprints of Potato Production Systems in Chile. *Potato Research*, 13–31.
- Hillier, J., Walter, C., Malin, D., Garcia-Suarez, T., Mila-i-Canals, L., & Smith, P. (2011). A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. *Environmental Modelling & Software*, 1070-1078.
- INDAP. (12 de Febrero de 2018). *Instituto de Desarrollo Agropecuario*. Obtenido de Noticias y Eventos INDAP: <https://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2018/02/15/peque%C3%B1os-agricultores-de-chilo%C3%A9-se-capacitaron-en-cultivo-de-papas-y-hortalizas-bajo-pl%C3%A1stico>
- INDAP. (1 de Enero de 2020). *Instituto de Desarrollo Agropecuario*. Obtenido de Fichas productivas para la AFC, Región de Los Lagos, 2019-2020: <https://www.indap.gob.cl/fichas-tecnicas-para-la-agricultura-familiar-campesina---temporada-2019-2020/fichas-productivas-afc-loslagos>
- INE. (1977). *V CENSO NACIONAL AGROPECUARIO*. Santiago: Instituto Nacional de Estadísticas.
- INE. (1997). *VI CENSO NACIONAL AGROPECUARIO*. Santiago: Instituto Nacional de Estadísticas.
- INE. (2007). *VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago: Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Obtenido de <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>
- Infante, A., & San Martín, K. (2016). *Manual de producción Agroecológica*. Yumbel: Centro de Educación y Tecnología (CET), Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). Obtenido de <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/n%C2%BA8-manual-de-produccio%C2%81n-agroecologica.pdf?sfvrsn=0>
- INIA. (2021a). *Aportes de INIA a la investigación en emisiones y mitigación de gases con efecto invernadero en el sector agropecuario*. Santiago: INIA. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/5462/NR41903.pdf?sequence=1>
- INIA. (1 de Enero de 2021b). *INIA Remehue*. Obtenido de INIA Remehue: <https://www.inia.cl/regiones/inia-remehue-reg-lr/>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the national greenhouse gas inventories programme*. Technical report, IPCC.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Ginebra: IPCC. Obtenido

de

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf

- IPCC. (2013). *Glosario*. Reino Unido y Nueva York: Cambridge University Press. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Ginebra: IPCC. Obtenido de https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- IPCC. (2019a). *Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales...* Ginebra: IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf
- IPCC. (2019b). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Ginebra: IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/07/03_Technical-Summary-TS_V2.pdf
- Kayatz, B., von Tonder, C., Hillier, ..., Lesschen, J. P., & Dicks, L. (2020). *Documentación técnica de Cool Farm Tool*. Londres: Cool Farm Alliance.
- Koohafkan, P., & Altieri, M. (2011). *Sistemas Ingeniosos del Patrimonio Agrícola Mundial Un Legado para el Futuro*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Kruskal, W., & Wallis, A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 583–621.
- Little, S., Lindeman, J., Maclean, K., & Janzen, H. (2008). *Holos: A tool to estimate and reduce greenhouse gases from farms, Methodology & algorithms for version 1.1.x*. Ottawa: Government of Canada.
- Lobos, I., & Pavez, P. (2017). *Valorización del cordero chilote I.G: Historia, calidad nutritiva y gastronomía de los cortes de carne del primer cordero con denominación de origen en Chile*. Osorno: Instituto de Investigación. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6605/NR40653.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marino, R., S, A. A., D'Andrea, M., Iovane, G., Trabalza-Marinucci, M., & Rinaldi, L. (2016). Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. *Small Ruminant Research*, 50-59.

- Márquez, L. (2005). *De la agricultura tradicional a la convencional: ahorro y capital en Cruz de Piedra, Estado de México*. México: Universidad Iberoamericana. Obtenido de <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014598/014598.pdf>
- Martínez, R. (2020). *Informe del Inventario Nacional de Chile 2020: Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990-2018*. Santiago: Área de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos, Oficina de Cambio Climático, Ministerio del Medio Ambiente. Obtenido de https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/Informe_del_Inventario_Nacional_de_GEI_serie_1990-2018.pdf
- Mercado, C. (2013). *Estrategias de mantención del patrimonio fitogenético: caso de la papa nativa de Chiloé*. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/egm553e/doc/egm553e.pdf>
- MINAGRI. (2013). *Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario*. Santiago: Gobierno de Chile. Obtenido de https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/plan_CC_Silvoagropecuario.pdf
- Ministerio de Economía. (1955). *III Censo Nacional Agrícola Ganadero, Tomo IV, Resumen General del País*. Santiago: Censo Nacional Agrícola Ganadero.
- MINREL. (13 de abril de 1995). Decreto 123: Promulga la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Decreto 123: Promulga la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Santiago, Región Metropolitana, Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Ley Chile.
- MMA. (2019). *Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990-2016*. Santiago: Oficina de Cambio Climático Ministerio del Medio Ambiente. Obtenido de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/Inventarios-regionales-de-gases-de-efecto-invernadero-serie-1990-2016.pdf>
- MMA. (1 de Julio de 2019). *Ministerio del Medio Ambiente*. Obtenido de Oficina de Cambio Climático Región de Los Lagos: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/La-Urgencia-Los-Lagos.pdf>
- Molina, M. (2020). *geomorfología de la costa rocosa en Chiloé y su relación con las comunidades Huilliche: una mirada desde la geografía física crítica: El caso de la localidad de Cocauque*. Santiago: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.
- Muñoz, C., Peña, G., & Martínez, J. (2017). *Cultivo de lechuga para Chiloé y Patagonia Verde (Lactuca sativa L.)*. Osorno: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA Remehue). Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/4798>

- Navarrete, M. (2017). *Chiloé, archipiélago mágico*. Obtenido de La Minga: <http://www.chileparaninos.gob.cl/639/w3-article-321092.html>
- Novoa, R., & Villaseca, S. (1989). *Mapa Agroclimático de Chile*. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.
- Novoa, R., González, S., Novoa, R., & Rojas, R. (2000). Inventario de Gases con Efecto Invernadero emitidos por la actividad agropecuaria chilena. *Agricultura técnica*, 154-165. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072000000200005
- Observatorio Ley de Cambio Climático para Chile. (1 de Enero de 2021). *Observatorio Ley de Cambio Climático para Chile*. Obtenido de Ley de Cambio Climático en Chile: <https://leycambioclimatico.cl/leyccchile/>
- ODEPA. (2013). *Chile y su agricultura en el contexto global de emisiones de gases*. Santiago: Ministerio de Agricultura, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Obtenido de <https://sgs.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/2767/10016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Oficina Central de Estadísticas. (1875). Descripción Estadística de la Provincia de Chiloé. *Anuario Estadístico de la República de Chile*, 1-30.
- ONU. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York: Naciones Unidas. Obtenido de https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf
- Paredes, P. (2020). Volteo a lumas: Apropiación, resistencia y desaparición de una tecnología agraria nativa en el archipiélago de Chiloé (Chile). *Revista Austral de Ciencias Sociales*, 31-54.
- Pertierra, R., Peña, G., & Muñoz, C. (2020). *Pauta de Chequeo producción hortícola de Chiloé*. Osorno: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4021/NR42344.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Plath, O. (1973). *Arte Tradicional de Chiloé*. Santiago: Museo de Arte Popular Americano Universidad de Chile.
- Ramírez, E., Modrego, F., Claire Macé, J., & Yáñez, R. (2009). *Caracterización de los actores de Chiloé Central*. Santiago: Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.
- Ramírez, E., Modrego, F., Yáñez, R., & Claire Macé, J. (2010). *Dinámicas territoriales de*

Chiloé: Del crecimiento económico al desarrollo sostenible. Santiago: Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

- Ramírez, J. (2016). *Minifundio Chilote: Pasado, presente y futuro de la pequeña propiedad agrícola en la isla de Quinchao*. Santiago: Universidad de Chile.
- Rojas, R. (2013). *Análisis de la evolución y situación actual de la AFC de Chiloé: Una propuesta para una agenda de desarrollo de la AFC en Chiloé*. Ancud: Fundación Senda Darwin.
- Salières, M., Le Grix, M., Vera, W., & Billaz, R. (2005). La Agricultura Familiar Chilota en perspectiva. *Revista LIDER*, 13, 79-104.
- Sandaña, P. (29 de Diciembre de 2015). *Elección y Preparación de Suelos*. Obtenido de Manual interactivo de la papa INIA: <https://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&ctn=59>
- Shapiro, S., & Wilk, M. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 591-611. Obtenido de <https://academic.oup.com/biomet/article-abstract/52/3-4/591/336553?redirectedFrom=fulltext&login=false>
- SIPAM. (2006). *Dinámicas de cambio en Chiloé y su relación con el mundo rural, un proceso en plena evolución*. Castro: SIPAM. Obtenido de <http://docplayer.es/19423536-Dinamicas-de-cambio-en-chiloe-y-su-relacion-con-el-mundo-rural-un-proceso-en-plena-evolucion.html>
- SNiChile. (1 de Enero de 2018). *SNiChile*. Obtenido de <https://snichile.mma.gob.cl/>
- Urbina, R. (1996). *Castro, Castreños y Chilotes*. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso de la Universidad Católica de Valparaíso.
- Urriola, D. (2018). *Chiloé, Nación de la Papa: Su historia, formas de cultivo y gastronomía (1893-1975)*. Santiago: Universidad Finis Terrae.
- Vallejos, J., Saavedra, M., & Céspedes, C. (2017). *Capítulo 6: Producción agroecológica de hortalizas en la Provincia de Arauco*. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6592/NR40642.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Venegas, C. (2013). Producción agroecológica en comunidades campesinas de Chiloé y marca de certificación SIPAM: una experiencia de desarrollo territorial. *LEISA revista de Agroecología*, 27-29. Obtenido de <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-29-numero-4/1005-produccion-agroecologica-en->

comunidades-campesinas-de-chiloe-y-marca-de-certificacion-sipam-una-experiencia-de-desarrollo-territorial

Venegas, C., Gómez, B., Infante, A., & Venegas, R. (2018). *Manual de Transición Agroecológica para la Agricultura Familiar Campesina*. Santiago: Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Obtenido de <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-transici%C3%B3n-agroecologica-afc.pdf?sfvrsn=0>

Weber, A. (1903). *Chiloé: su estado actual, su colonización, su porvenir*. Santiago: Nataniel Mejía.

Zúñiga, Á. (2021). *Programa establecimiento de praderas*. Chonchi: INDAP.

ANEXOS Y APÉNDICES

APÉNDICE I

INTERFAZ EN LÍNEA DE LA HERRAMIENTA COOL FARM TOOL (CFT)

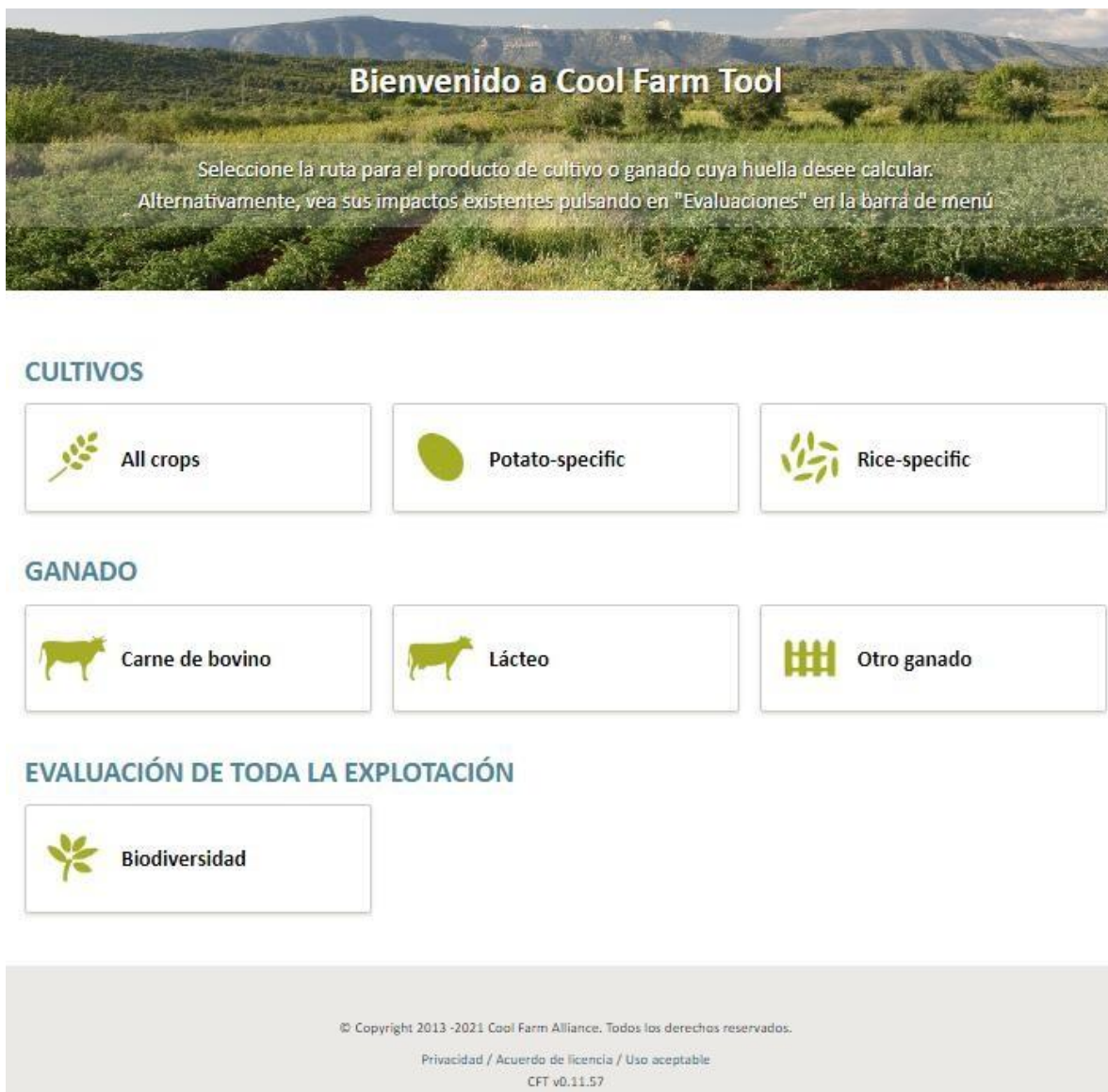


Figura 1. Página principal de la plataforma CFT.



Mis evaluaciones

Nueva evaluación

Agregación

Mis proyectos | francisca...

? Help

español β

¡Bienvenido/a a la plataforma online Cool Farm Tool!

1. Tiene 5 evaluación 2. Tiene 5 evaluaciones

Note, crop footprints which are used as feed items in Dairy assessments cannot be deleted. Verification is available only for crop assessments with GHGs included in its metrics:

Legend

Show 10 entries

Search:

Nombre de evaluación	Ruta	Reporting Year	Metrics	Verification	
bovinosAgricultor1	Carne de bovino	2020		—	<input type="button" value="X"/>
ovinosAgricultor1	Otro ganado	2021		—	<input type="button" value="X"/>
empastadaAgricultor1	Otros cultivos	2021		—	<input type="button" value="X"/>

© Copyright 2013 -2021 Cool Farm Alliance. Todos los derechos reservados.

Privacidad / Acuerdo de licencia / Uso aceptable
CFT v0.11.57

Figura 2. Ventana con las evaluaciones en curso.

Cerrar
Compartir
Más...

papasAgricultor1

Patata · Patata · Producto terminado: 35.000 kilogramos · Rendimiento de cosecha: 35.000 kg / ha

Cultivo
Suelo
Entradas
Combustible y energía
Riego
Carbono
Transporte

Resultados

57%
Completar /
Completa

1. Detalles del cultivo ⓘ

Tipo de cultivo:

Año de cosecha:

Área de cultivo:

Cantidad de producto fresco:

Cantidad de semilla:

Cantidad de producto terminado:

Nombre de evaluación:

1.2 Gestión de residuos de cultivos.

Cantidad de residuos:

Gestión de residuos:

1.3 Subproductos ⓘ

¿Hay algún subproducto de este cultivo que use o venda?

Resumen

Cultivo	Patata
Año	2021
Farm-gate amount	35.000 kg
Yield	35.000,00 kg / ha

Emisiones GEI

Total	1.076 kg CO2e
-------	---------------

Gestión de residuos: 0%

Suelo / fertilizantes: 82%

Protección de cultivos: 4%

Manejo de tierras: 0%

Energía y procesamiento: 11%

Aguas residuales: 0%

Transporte: 0%

Producción de semillas: 3%

Figura 3. Pestañas para introducir los datos de entrada de una evaluación de cultivo de papas.

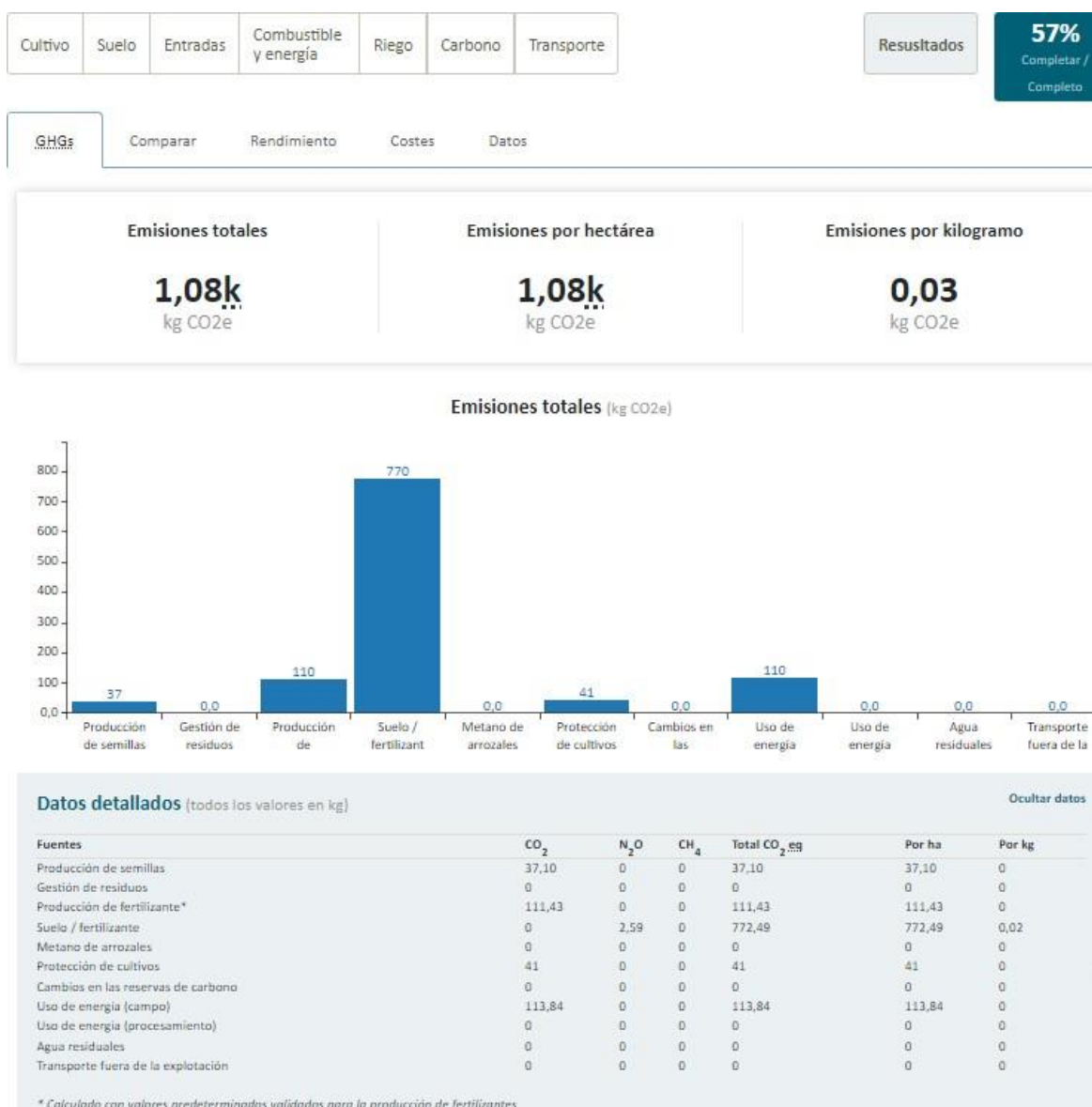


Figura 4. Resultado de la estimación de emisiones para un cultivo de papas.

APÉNDICE II

MODELO ENTRADAS Y SALIDAS EN “CFT”, MÁS EJEMPLO DE LOS RESULTADOS DE EMISIONES DE UN PREDIO ESTUDIADO

Evaluación	Datos de entrada	Resultados emisiones GEI
Cultivos en general	<input type="checkbox"/> Detalles del cultivo <input type="checkbox"/> Características del suelo <input type="checkbox"/> Insumos de fertilizantes y protección de cultivos <input type="checkbox"/> Uso de energía <input type="checkbox"/> Eventos de riego <input type="checkbox"/> Cambios de carbono y secuestro	<ol style="list-style-type: none"> 1. PS = Producción de semillas 2. GR = Gestión de residuos 3. PF = Producción de fertilizante 4. S/F = Suelo / Fertilizante 5. PC = Protección de cultivos 6. CRC = Cambios en las reservas de carbono 7. UE = Uso de energía
Cultivo de papas	<input type="checkbox"/> Detalles del cultivo (incluye información de la semilla) <input type="checkbox"/> Características del suelo <input type="checkbox"/> Insumos de fertilizantes y protección de cultivos <input type="checkbox"/> Uso de energía (incluye tratamiento y almacenamiento) <input type="checkbox"/> Eventos de riego <input type="checkbox"/> Cambios de carbono y secuestro	<ol style="list-style-type: none"> 1. PS = Producción de semillas 2. GR = Gestión de residuos 3. PF = Producción de fertilizante 4. S/F = Suelo / Fertilizante 5. PC = Protección de cultivos 6. CRC = Cambios en las reservas de carbono 7. UE = Uso de energía
Ganado bovino	<input type="checkbox"/> Producción de carne de bovino <input type="checkbox"/> Características del rebaño <input type="checkbox"/> Sistema de pastoreo y su fertilización <input type="checkbox"/> Ingesta de materia seca <input type="checkbox"/> Gestión del estiércol <input type="checkbox"/> Uso de energía	<ol style="list-style-type: none"> 1. P = Pasto 2. FP = Fertilización de pastizales 3. PA = Producción de alimento 4. FE = Fermentación entérica 5. ME = Manejo del estiércol 6. EP = Energía y procesamiento
Otro ganado	<input type="checkbox"/> Información general <input type="checkbox"/> Ganado y su alimentación (pastoreo, mezcla de alimento, ingesta de materia seca, gestión de estiércol) <input type="checkbox"/> Uso de energía	<ol style="list-style-type: none"> 1. UE = Uso de energía 2. PA = Producción de alimento 3. ME = Manejo del estiércol 4. FE = Fermentación entérica

Resultados emisiones GEI [kg CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹] de un predio ejemplo								
Superficie total productiva predio (ha): 33								
		Pradera 3 ha*	Empastada 2 ha	Papas 1 ha		Bovinos 27 ha		Ovinos 3 ha*
	PS	0	0	37,1	P	842,59	UE	
	GR	0	0	0	FP	0,00	PA	
	PF	151,92	46,43	111,43	PA	33,86	ME	1.086,67
	S/F	400	225,8	772,49	FE	2.322,22	FE	1.866,67
	PC	0	0	41	ME	12,56		
	CRC	0	0	0	EP	12,93		
	UE	0	0	113,84				
Total, emisión GEI/ha por rubro		551,92	272,23	1.075,86		3.224,17		2.953,33
Total, emisión GEI/ha predio		3.005,71						

*: ovinos y praderas corresponden a las mismas 3 ha.

APÉNDICE III

ENCUESTA “ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GEI EN PREDIOS AGRÍCOLAS DE CHONCHI”

Datos agrícolas		
1. Nombre:		
2. Ubicación (x, y):		
3. Área total del predio, registrar si hay más de uno:		
4. Clasificación sistema agrícola:		
5. Diversidad de cultivos:		
6. Diversidad de ganado:		
7. Uso de suelo dentro del predio (% de pradera, cultivos, bosque, turbera, etc.):		
Cultivos	Ganado Bovino	Otro ganado
1. Cultivo:	1. Categorías división del ganado:	1. Tipo:
2. Área cultivo: ha	2. N° animales de cada categoría:	2. Cantidad producto terminado: kg
3. Cantidad semilla (sólo papas): n°	3. Peso de cada categoría: kg	3. Categorías división del ganado:
4. Cantidad producto terminado: kg	4. N° venta de animales:	4. N° animales de cada categoría:
5. Fertilizante/s:	5. N° Compra de animales:	5. Duración de cada categoría: meses o años
6. Cantidad fertilizante: kg/ha	6. N° Animales de recambio:	6. Meses de pastoreo
7. Método de aplicación:	7. Meses de pastoreo:	7. Horas al día de pastoreo
8. Fuente de energía utilizada operaciones del campo:	8. Horas al día de pastoreo:	8. Tipo pasto (pradera y/o monte):
9. Cantidad de energía: lts	9. Tipo pasto (pradera y/o monte):	9. Calidad del pasto (alta o baja):
10. Maquinaria:	10. Calidad del pasto (alta o baja):	10. Área de pastoreo: ha
11. Litros petróleo:	11. Área de pastoreo: ha	11. Fin (pastoreo y/o guarda):
12. Horas de uso máquina:	12. Fin (pastoreo y/o guarda):	12. Tipo de fertilizante:
13. Horas de riego por día:	13. Tipo de fertilizante:	13. Cantidad fertilizante: kg/ha
14. Meses de riego:	14. Cantidad fertilizante: kg/ha	14. Tipo forraje (fardos y/o bolos):
15. Caudal de la bomba: lts/s	15. Tipo forraje (fardos y/o bolos):	15. Meses alimentación con forraje: n°
16. Método de riego:	16. Meses alimentación con forraje: n°	16. Cantidad de forraje: kg/animal día
17. Fuente de agua:	17. Cantidad forraje: kg/animal día	17. Tipo de concentrado:
18. Profundidad de bombeo: m	18. Tipo de concentrado:	18. Meses alimento concentrado:
19. Distancia horizontal (bombeo): m	19. Meses alimento concentrado: n°	19. Cantidad de concentrado: kg/animal día
20. Fuente energética de alimentación del riego:	20. Cantidad de concentrado: kg/animal día	20. Gestión del estiércol:
	21. Gestión del estiércol:	21. Porcentaje estiércol gestionado:
	22. Porcentaje estiércol gestionado:	22. Maquinaria utilizada en campo:
	23. Maquinaria utilizada en campo:	23. Litros petróleo:
	24. Litros petróleo:	24. Horas de uso máquina:
	25. Horas de uso máquina:	25. Existencia de animales en talaje y fertilización de dicho predio: n° (animales) kg/ha (fertilizantes)
	26. Existencia de animales en talaje y fertilización de dicho predio: n° (animales) kg/ha (fertilizantes)	25. Existencia de animales en talaje y fertilización de dicho predio: n° (animales) kg/ha (fertilizantes)

APÉNDICE IV

DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN “CFT” CONSIDERANDO EL CASO EN ESTUDIO

Categoría	Descripción
Producción de semillas	Presente sólo cuando existe cultivo de papas, ya que corresponde a emisiones asociada al cultivo del año anterior, que proporciona las semillas para el cultivo presente.
Producción de fertilizante	Emisiones del proceso de producción de fertilizantes.
Suelo / fertilizante	Emisiones producto de la aplicación de fertilizantes al suelo.
Protección de cultivos	Emisiones asociadas al uso de pesticidas, herbicidas o fungicidas.
Uso de energía	En papas y hortalizas, corresponde a las emisiones por uso de energía fósil o eléctrica para riego y/o de energía fósil en la maquinaria para arar y/o fertilizar la tierra. En pradera, corresponde a la emisión por la energía fósil requerida por las máquinas para fertilizar la tierra y/o realizar el proceso de enfardado.
Producción de alimento	Emisiones del proceso de producción del alimento animal, que en este caso corresponde a: pasto fresco, fardos (heno), bolos (silos), alimento concentrado y/o papas.
Fermentación entérica	Emisiones por la fermentación entérica de los animales.
Manejo del estiércol	Emisiones producto del manejo del estiércol.
Pasto	Emisiones N ₂ O del suelo, que ocurren independiente de la fertilización.
Fertilización de pastizales	Emisiones por la aplicación de fertilizantes al suelo.