

La huella de carbono de la producción agrícola del brote de té certificado en Argentina

LYSIAK, E.¹

RESUMEN

En los últimos años han crecido fuertemente las demandas ambientales para una agricultura más sustentable. Estas demandas generaron la necesidad de medir la huella de carbono (HC) como una herramienta para cuantificar el impacto en el calentamiento global. En este trabajo se mide la huella de la producción agrícola del brote de té certificado y en la puerta de la industria, en Argentina. Con los resultados y sus puntos críticos puede definirse una línea de base sobre la cual mejorar el desempeño ambiental del cultivo. El presente estudio calcula las emisiones de CO₂e (dióxido de carbono equivalente) de la producción de plantines, la plantación del cultivo y la producción anual del brote de té puesto en la industria. Los datos fueron tomados de ocho productores de cinco grupos certificados diferentes, entre los años 2013 y 2016. Para el cálculo de la huella de carbono se utilizó el protocolo de las normas ISO 14067, ISO 14040 e ISO 14044 y los cálculos se realizaron en el software Simapro® 8.0.2 utilizando el modelo CML. Los resultados de la huella se dividieron en cinco modelos, mínimo, bajo, medio, alto y máximo rendimiento, siendo los resultados 122, 92, 90, 83 y 76 g CO₂e por kg de brote de té certificado. Medido en kg de té seco, la huella de carbono para el nivel de rendimiento medio es 405 g, más bajo que casos conocidos de Darjeeling y Kenia. Los principales factores que influyen en el nivel de emisiones son la fertilización nitrogenada, el consumo de diésel y el transporte del producto final, que representan el 70%, 8% y el 7%, respectivamente. Además de continuar con la medición de la huella para las etapas de industrialización, es aconsejable extender las mediciones hacia la producción de fertilizantes en Argentina, como así también la medición a campo de las emisiones directas debido a la fertilización con nitrógeno, debido a su alto impacto.

Palabras clave: ambiente, fertilizante, hoja de té, té seco, Misiones.

ABSTRACT

In recent years, demands for the sustainability of agriculture have grown strongly. These demands generated the need to measure the carbon footprint as a tool to quantify the impact on global warming. In this paper, the agricultural production of certified tea in Argentina is calculated. The results obtained and the identification of the hotspots is a baseline that can be used to improve the environmental performance of the crop. The present study measures CO₂e (carbon dioxide equivalent) emissions from seed production, planting of the crop and annual production of the tea leaf placed in the industry. The data were taken from eight producers from five different certification groups between the years 2013 and 2016. For the determination of the Carbon Footprints, the protocols of the standards ISO 14067, ISO 14040 and ISO 14044 were used and the impacts were calculated using the CML model in the software Simapro® 8.0.2. The results of the carbon footprint were

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Cerro Azul, Ruta Nacional 14, km 836, (3313) Cerro Azul, Misiones. Correo electrónico: lysiak.emiliano@inta.gob.ar

estimated for five crop models: minimum, low, medium, high and maximum yield, being the results 122, 92, 90, 83 and 76 gr CO₂e per kg of tea leaf. In terms of one kg of dry tea, the carbon footprint for the average level of yield is 405 gr, which is lower than the published cases of Darjeeling and Kenya teas. The main factors influencing the level of emissions are nitrogen fertilization, diesel consumption and transportation of the final product, which represent 70%, 8% and 7%, respectively. Further analysis should include the footprint of the different stages of industrialization and also the actual footprint of the production and use of fertilizers in Argentina, especially nitrogen, due to its high emissions.

Keywords: environment, fertilizer, leaf production, dry tea, Misiones.

INTRODUCCIÓN

El té seco, tal como se lo conoce al momento de consumirlo, se abastece de la producción primaria de brotes de té que mayormente se cultivan en regiones cálidas. Argentina es el octavo productor mundial de té y el sexto exportador en 2015 (International Tea Committee, 2016). En Argentina la zona productora de té se encuentra en la provincia de Misiones con 37.945 ha y en Corrientes con 1.772 ha (Lysiak y Albarracín, 2014). Estimativamente, existen 4500 productores primarios de té que abastecen a 75 plantas procesadoras (Lysiak, 2016).

En la producción de té, las certificaciones agrícolas han crecido principalmente bajo la norma Rainforest Alliance Certified™ (RAS). A principio de 2016 se contabilizaron 9.741 ha de té certificadas, de las cuales aproximadamente un 50% corresponden a pequeños productores tealeros y 50% a empresas procesadoras verticalmente integradas (Lysiak y Alvarenga, 2016).

Las normas RAS se focalizan en diferentes aspectos de la sustentabilidad de la producción de té y de la chacra (establecimiento productivo). Entre ellos, está la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo la reducción del consumo de combustible (Red de Agricultura Sostenible, 2017). A medida que se van actualizando las normas, las exigencias aumentan hacia la certificación de emisiones como puede ser la huella de carbono (HC).

Los antecedentes en las estimaciones de la HC en el té son pocos y solo se pueden mencionar los trabajos sobre la cadena del té hasta el consumo, del té de Darjeeling (Cichorowski *et al.*, 2015) y del té de Kenia (Azapagic *et al.*, 2016). Otro estudio a nivel de producción de brote de té es en la provincia de Guilan en Irán, pero siguiendo una metodología distinta a la HC (Soheili-Fard *et al.*, 2014). En Argentina no hay antecedentes, por lo cual hace más relevante la medición de la huella.

La huella de carbono, por la información que brinda, es una herramienta muy útil para determinar puntos críticos, los que posteriormente pueden ser intervenidos para la

mejora del impacto ambiental de los procesos productivos. Tener una línea base de la HC en el té genera diferentes beneficios. Uno de ellos es el de permitir comparaciones con otros productores mundiales. La desagregación por procesos permite determinar las fases que tienen un alto impacto sobre las emisiones promoviendo su mejora. La cuantificación de los resultados permite medir las mejoras a través del tiempo. Este antecedente en la medición facilitaría el acceso a certificaciones de la huella de carbono para los productores y empresas del sector.

Los usuarios de esta información, además de los del sector privado, también están los del sector público, en lo que respecta a sus decisiones sobre impactos ambientales de la matriz energética y a la promoción de mejores prácticas ambientales.

El presente estudio se enmarca dentro de un proyecto de medición de la huella de carbono en toda la cadena del té. En esta primera etapa se presentan los resultados de la etapa de producción primaria de té certificado bajo normas RAS. La etapa agrícola considerada va desde la producción del plantín hasta el brote de té entregado en la puerta del secadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta primera etapa, el trabajo abarca la fase agrícola, que se inicia con la producción de los plantines, continúa con la implantación del cultivo que tiene una vida económica superior a los 40 años y termina con la producción anual del brote, con la entrega en secadero. La unidad funcional (UF) es un kg de brote de té certificado puesto en secadero.

A partir de los datos de Lysiak y Alvarenga (2016) se conoce la existencia de 180 productores independientes y ocho empresas procesadoras con sus chacras certificadas. En este caso, el estudio se enfocó en productores independientes certificados bajo las normas RAS. En total se entrevistaron ocho productores de cinco grupos certificados para una o dos campañas agrícolas. Los datos utilizados en los resultados corresponden a cinco

productores de las campañas 2013-2014; tres productores de la campaña 2014-2015 y seis productores de la campaña 2015-2016. Las zonas de los productores fueron las localidades de Leandro N. Alem, Ameghino, Alvear, Campo Grande, Aristóbulo del Valle y Dos de Mayo, todos de la provincia de Misiones. Para el caso de la producción de plantines, se tomó un vivero de referencia de la zona y para la implantación del cultivo, dos productores, uno del sur y otro de la zona centro de Misiones. Además de los datos primarios, la segunda fuente de información fue la base de datos estandarizada Ecoinvent®, para Análisis de Ciclo de Vida, contenida en el software Simapro® 8.0.2 (Pré-consultants, 2014). La tercera fuente de información fueron las comunicaciones personales y los catálogos de insumos.

Finalmente, se consideró el protocolo para el cálculo de la huella de carbono basado en las normas ISO 14040, ISO 14044 e ISO 14067. Los cálculos fueron realizados en el software Simapro® 8.0.2 (Pré-consultants, 2014) usando el modelo CML 2000 (Guinée, *et al.*, 2002). Para los factores de caracterización se usó el estándar desarrollado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Los factores se expresan como Potencial de Calentamiento Global para el horizonte de tiempo de 100 años (GWP100).

En función de que la agricultura en Misiones muestra mucha dispersión en los rendimientos de los cultivos perennes, este estudio midió la HC para diferentes niveles de rendimiento (mínimo, máximo, alto, bajo y medio). Además se hizo un análisis de sensibilidad con los principales factores que impactan en la huella. Finalmente, los resultados preliminares fueron evaluados en una revisión crítica por parte de los coordinadores de los grupos de productores certificados de té.

Alcance del estudio: Sistema de producción agrícola del brote de té

El sistema de producción agrícola se representa en la figura 1, donde están presentes las tres etapas: la producción

de plantines, la plantación y la producción anual del brote de té, para pasar posteriormente a la fase del procesamiento industrial (secado). Actualmente la práctica de las nuevas plantaciones se realiza con plantines clonales, aunque aún para la producción anual es fuerte la participación de plantaciones con origen en semillas. La producción de plantines clonales es muy similar a los de semilla, diferenciándose solo en la etapa inicial. Los plantines se siembran en bolsitas plásticas y son fertilizados y regados bajo cubiertas plásticas y medias sombras.

Logrado los plantines, son transportados al siguiente proceso, que es la plantación del té. Actualmente, las nuevas plantaciones se realizan sobre terrenos que ya tienen un uso agrícola, como ser plantaciones viejas o terrenos con malezas y arbustivas. Los desmontes para la plantación de té son escasos, por lo que no se consideraron. Luego de la limpieza y preparación del terreno se realiza una plantación manual de los plantines. A partir de esta etapa se realizan la fertilización y las tareas de control necesarias. Según el desarrollo de la planta a partir del cuarto año se realizan además podas mecánicas para la formación de las llamadas “mesas de cosecha”.

Anualmente las actividades que se realizan son la poda anual, la “canteada” (poda lateral de la mesa de cosecha) y según sea afectada la plantación, se pulveriza con acaricidas. En algunos casos, cada varios años se realiza una poda fuerte similar a la poda anual, pero cortando la mesa a un nivel más bajo. Estas actividades se hacen generalmente en los meses de invierno y comienzo de primavera.

En los meses de primavera-verano se realizan varias cosechas mecánicas (entre 4 y 8). Estas consisten en el corte y recolección de los brotes de la plantación. También se hacen controles de malezas en forma manual, mecánica y químicas. La fertilización es una de las principales actividades culturales, realizada generalmente en forma mecánica una o dos veces. El brote luego de cosechado debe ser llevado en camión al secadero.

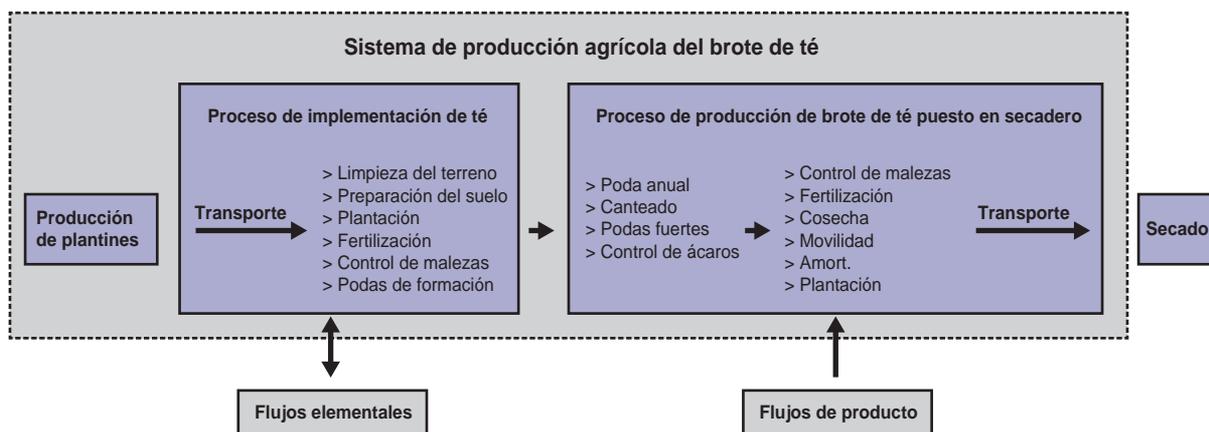


Figura 1. Sistema de producción del brote de té.

Los productores pueden tener plantaciones en diferentes chacras lo que implica una movilidad en camioneta y movilidad de la maquinaria para utilizar. Finalmente según sea el estado de la plantación su vida útil económica puede superar los 40 años.

Las chacras certificadas, además de considerar la implementación de manejos sustentables, deben realizar la conservación de áreas naturales, pudiendo ser estas montes, o bañados, entre otras.

Consideraciones y supuestos

Antes de conocer los resultados, es necesario mencionar algunas consideraciones que fueron tenidas en cuenta y tienen impacto en estos.

La Unidad Funcional (UF) seleccionada para este caso es el kilogramo de brote de té certificado bajo normas RAS. Al momento de comparar con estudios de Darjeeling y Kenia se utiliza la UF de kg de té seco el cual insume 4,5 kg de brote de té, aunque esto puede variar.

La huella de carbono solo corresponde a las actividades que directamente se deben al cultivo de té y no se intenta calcular una huella "corporativa" de la chacra. En Misiones las chacras generalmente tienen una producción diversificada y la certificación cubre todas estas actividades, no así este estudio.

No se considera la captura de CO₂ (dióxido de carbono) que pueda existir por la conservación de un área natural. Esta captura se podría considerar en el caso del cálculo de una huella corporativa como una actividad de mitigación según ISO 14067.

Los cambios en la materia orgánica y biomasa se consideraron constantes en el tiempo. Una vez establecida la plantación, la mesa de cosecha se mantiene en valores estables. Al no existir labores frecuentes en el suelo, la materia orgánica en el suelo se mantiene constante (Barbaro, 2016, com. pers.).

Los cálculos por volatilización del fertilizante fueron realizados basándose en el manual Simapro® con datos característicos del suelo y lluvia de Misiones (Barbaro y Olinuck 2016, com. pers.).

No se consideraron emisiones por cambios en el uso del suelo, principalmente porque las plantaciones son anteriores a 1990 según PAS 2050:2008 (British Standards Institution, 2008) o en el caso de ser nuevas, se realizan sobre antiguas plantaciones o montes bajos con similar nivel de biomasa a la obtenida en la plantación nueva de té.

No se consideró la captura de CO₂ del brote, según lo estipulado en la ISO 14067.

La plantación es considerada como un bien de uso (ISO 14067) con una vida útil de 40 años, aunque puede tener una vida mayor. Otros estudios consideran la incorporación de nueva superficie a la ya cultivada para incorporar el impacto de nuevas plantaciones (Asapagis *et al.*, 2016), pero como en Misiones esta actividad en los últimos años fue baja, se consideró más representativa la opción elegida, dado que las implantaciones nuevas dependen de la situación económica de las economías regionales.

El estudio se realizó únicamente sobre productores certificados RAS. El uso de los resultados para productores no certificados de té puede ser justificado si no existe información al respecto, pero deberían considerarse menores niveles de rendimiento y fertilización.

La calidad de los datos obtenidos es objetiva y verificable por tratarse de productores que usualmente registran datos, por exigencia del sistema propio de certificación.

Inventario

Como parte del estudio se calculó la Huella de Carbono de la producción en vivero de plantines de té clonal, que son los que actualmente se utilizan en nuevas plantaciones,

Concepto	Unid./ha	Cant.
Acaricida	litros	0,50
Glifosato	litros	3,75
Diésel	litros	490,30
Tractor	kg	15,56
Transporte en Camioneta	km	42,00
Semillas de avena	kg	30,00
Flete	km	210,85
Urea	kg	125,00
Plantines de té	u	10.075,50
Fert. 23-05-20 o similar	kg	250,00
Implementos agrícolas	kg	1,80

Tabla 1. Inventario de la implantación de una ha de té.

Concepto	Unid.	Niveles de rendimiento					Desviación estándar
		Mínimo	Bajo	Medio	Alto	Máximo	
Rendimiento	t de brote por ha	10,00	12,29	15,26	18,22	23,50	3,558
Acaricida	litros por t UF	0,038	0,011	0,006	0,003	0,002	0,010
Glifosato	litros por t UF	0,061	0,098	0,077	0,062	0,064	0,031
Diésel	litros por t UF	2,377	2,557	2,117	1,820	1,684	0,612
Maquinaria	kg por t UF	0,152	0,130	0,108	0,093	0,087	0,030
Km Camioneta	km por t UF	-	0,812	0,713	0,646	-	0,854
Km transporte maq.	km por t UF	-	0,281	0,277	0,346	-	0,365
Flete	km por t UF	10,000	4,764	3,544	2,721	1,702	3,975
Urea	kg por t UF	-	4,526	5,943	6,899	7,660	4,662
Nitrato de Amonio	kg por t UF	-	1,162	1,353	1,482	-	3,384
Fert. 23-05-20 o similar	kg por t UF	35,000	13,362	12,218	11,446	12,340	9,601
Compost	kg por t UF	-	23,239	14,044	7,840	-	33,230
Amort. De la Plantación	años por t UF	0,0025	0,0020	0,0016	0,0014	0,0011	0,000

Tabla 2. Inventario de la producción de brote de té para diferentes modelos.

pero como el impacto en el brote de té es mucho menor al 1%, no se incluyó en esta presentación.

En la tabla 1 se muestra el inventario para la implantación de una hectárea de té, el cual surge del promedio de dos productores relevados. Las cantidades del inventario son el acumulado desde el inicio de las labores hasta el cuarto año. En esta etapa del cultivo hay una alta incidencia del gasto en maquinarias, tanto en kilogramo de tractor, implementos y consumo de combustible diésel. Esto varía según sea la situación inicial del terreno, el cual es necesario limpiar. En este caso los modelos considerados parten de diferentes situaciones. Uno parte de un pastizal y el otro de un yerbal viejo; un monte bajo con arbustivas y un pastizal. Esto incide en el consumo de combustible, pero no en el cambio de la biomasa que se supone constante por lo mencionado anteriormente.

El transporte de los plantines del vivero de referencia se hace en pequeños camiones. También se considera el transporte con camioneta de otros insumos y personal para la implantación y control.

Se utilizan en promedio 10.075 plantines por hectárea plantados inicialmente y para la reposición de fallas. La fertilización se hace al momento de la plantación con alguna fertilización adicional en el desarrollo de la planta. También se suelen sembrar cubiertas verdes para proteger el suelo.

En la tabla 2 se muestran los diferentes modelos de producción en función de los rendimientos; 15.258 kg es el promedio de brote verde por ha. En lo que respecta al uso de insumos, el acaricida es utilizado por todos los productores, pero su frecuencia de aplicación es una

oportunidad cada dos años como promedio o la aplicación a la mitad de las plantaciones por año.

El control con herbicida generalmente es una vez por campaña pulverizándose sobre las líneas por las que transita la máquina cosechadora y no cuenta con cobertura por la plantación.

Para todas las actividades mecánicas se utilizan tractores livianos de 25 HP, generando que el desgaste de la maquinaria tenga un valor bajo de impacto en los resultados. Básicamente, siempre se utiliza el mismo tractor para todas las tareas cambiando los implementos de poda, fertilización, pulverización y cosecha.

Existen algunos productores que cuentan con más de una chacra certificada y necesitan de movilidad para su cuidado. Generalmente estas chacras no están muy alejadas. Con el promedio de todos los productores, se determinó que los kilómetros recorridos con camioneta son de 0,71 km por t de brote. Por un lado, este valor resulta de sumar los km recorridos en el año por los productores, dividido las t de producción (promedio de 10,88 km por hectárea) y, por otro lado, 4,22 kilómetros (0,27 km por t), transportando la cosechadora e implementos con carretones enganchados a los camiones que transportan el brote.

Para el transporte de la producción se utilizan camiones medianos para cargas que varían entre las 6 y 12 t. Los secaderos se encuentran a 27 km de la chacra, en promedio. La cantidad de viajes depende del peso de la carga de cada caso y de los rendimientos por hectárea.

La fertilización es una de las principales actividades que tiene el cultivo. Generalmente consiste en la aplicación de un fertilizante con nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en pri-

mavera y otra con urea en enero. Mayormente, la fuente de fertilización nitrogenada es urea, pero también existen casos de uso de nitrato de amonio.

La fertilización con abonos orgánicos no es común en el sector, pero en ocasiones los productores agregan algún residuo de las agroindustrias para mejorar las condiciones del suelo. Del relevamiento se registró un productor que realizó un compost con aserrín, corteza de pino y fibra de té.

Finalmente, el consumo de combustible diésel ronda los 32 kg/ha para la realización de todas las labores mecánicas. La variación del consumo entre los diferentes modelos se da principalmente por variaciones en la cantidad de actividades realizadas y no tanto por el consumo de los tractores, que como ejemplo ronda entre 1,01 y 2,1 kilogramos por hora de trabajo.

Con respecto a la vida útil de las plantaciones, no es posible indagar a los productores sobre este ítem porque no existen definiciones claras sobre el periodo de vida útil o de reemplazo de la plantación. Esto se debe al alto costo de la renovación, por lo que se consideró una amortización de la plantación de 40 años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se muestran los resultados de la HC en emisiones directas e indirectas de CO₂e. El modelo medio indica que la producción de brote de té tiene una huella de 90 g de CO₂e por kg de brote de té. Con rendimientos bajos, la HC es de 92 g CO₂e por kg y se reduce para los

rendimientos altos con 83 g CO₂e por kg. Como se observa, la HC se reduce a medida que los rendimientos aumentan, se parte de una huella de 122 g CO₂e para el modelo de menor rendimiento y baja hasta 76 g CO₂e para el modelo de máximo rendimiento.

Los insumos que tienen mayor impacto son la fertilización nitrogenada; el transporte de la producción; el combustible diésel y el uso de la plantación. Estos cuatro ítems generan entre el 83 y 94% de la HC. La fertilización nitrogenada genera entre el 58 y 76% de la HC, siendo en consecuencia un factor crítico. Por su importancia, en la tabla 3 se presentan separadamente las emisiones directas e indirectas solo en el uso de fertilizante nitrogenado. Las emisiones indirectas surgen del uso de productos que generaron emisiones en sus procesos productivos y las emisiones directas corresponden a las emisiones que surgen en el uso del producto, como ser la volatilización del fertilizante y la combustión del diésel. En el modelo medio, las emisiones directas por el fertilizante nitrogenado son de 42 g CO₂e por kg, principalmente por las emisiones de óxido nitroso (N₂O).

Es de destacar que la HC disminuye a mayores niveles de rendimiento. Esto se debe a que existen factores de emisión fijos por ha que disminuyen por UF a mayores rendimientos. Como ejemplo, se destaca la caída del impacto de la plantación y el uso de combustible diésel. Esto remarca cómo la intensificación de la producción permite menores emisiones por kg de producto.

La desviación estándar (DS) de la HC entre los datos es relativamente baja si se la compara con la media, mostrando

Rendimiento	Mínimo	Bajo	Medio	Alto	Máximo	DS
	g de CO _{2e} por UF					
Glifosato	0,61	0,98	0,77	0,62	0,64	0,30
Plantación de té	7,34	5,97	4,81	4,03	3,12	1,15
Acaricida	0,38	0,11	0,06	0,03	0,02	0,10
Diésel	7,87	8,46	7,01	6,02	5,57	1,95
Tractor e implementos	1,17	1,00	0,83	0,71	0,67	0,22
Urea (emisión indirecta)	22,33	16,26	18,02	19,05	20,95	6,81
Fert. K	3,72	1,47	1,36	1,28	1,38	1,02
Fert. P	14,34	2,67	1,81	1,23	1,33	3,47
Nitrato de amonio (emisión indirecta)	-	2,67	3,11	3,40	-	7,49
Compost	-	3,35	2,03	1,13	-	4,63
Transporte brote de té	15,46	8,11	7,55	6,93	5,59	5,56
Transporte Maquinaria	-	0,33	0,33	0,33	-	0,42
Uso Camioneta	-	0,28	0,25	0,22	-	0,28
Emisión Directa Fert. N	48,84	41,17	42,10	38,50	37,54	10,33
Total	122,07	92,84	90,02	83,50	76,82	18,20

Tabla 3. Huella de Carbono por factor causante para los diferentes niveles de rendimiento.

Aumento de principales insumos	25% diésel	25% fertilizante	25% transporte de brote	Con reposición de nutrientes
g CO _{2e} (por UF)	91,8	104,8	91,9	111,1
Cambio con respecto a modelo medio	2%	16%	2%	23%

Tabla 4. Sensibilidad de la HC frente a cambios de los factores críticos.

una menor incertidumbre en el valor de la HC. Existe mayor incertidumbre en las actividades menos frecuentes como el abono con compost, la movilidad en camioneta y de la maquinaria, pero la incidencia de estos tres factores solo representa el 2,9% de la HC en el modelo medio.

Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad sobre el modelo medio para cambios del 25% en los tres principales factores de la HC como: la fertilización, el transporte y el uso de diésel. Además se consideró un escenario donde la fertilización es la necesaria para la reposición de nutrientes (Sosa, 2016, com. pers.). Los resultados se muestran en la tabla 4. Como se aprecia, los aumentos en el consumo de combustible y transporte del producto en un 25% solo cambia la HC un 2%. Lo contrario se observa al aumentar la fertilización un 25%, aumentando la HC un 16%.

Cuando se considera la sensibilidad del modelo con reposición de nutrientes surgen similares cambios que en el caso anterior, aumentando la HC un 23%. Esto marca a la fertilización nitrogenada como uno de los principales puntos críticos con los cuales trabajar para reducir la HC en la producción primaria de té.

Comparando los resultados obtenidos con otros estudios similares como los de Darjeeling y Kenia, se aprecia que la HC de la producción primaria de té en la Argentina tiene un menor valor. Ambos estudios consideran dos UF, el kg de té seco y una taza de té, mientras que para este trabajo se considera el kilo de té seco. Tomando un rendimiento de 4,5 kg de brote verde para producir un kilogramo de té seco, la HC de este estudio arrojó un resultado de 0,405 kg de CO_{2e} por kilo de té seco. El caso del té de Darjeeling es muy particular por su zona exclusiva de producción por lo que no es comparable con el de Kenia ni con el de este estudio. Igualmente se indica que la HC del té seco en la parte agrícola de Darjeeling determinó un valor de 5,8 kg de CO_{2e} por kg de té seco (Cichorowski *et al.*, 2015). Un resultado tan elevado se debe a los muy bajos rendimientos, un alto nivel de fertilización y a la gran incidencia del transporte hacia esa zona en particular. En el caso de Kenia, la HC de la fase de producción primaria fue determinada en 0,52 kg para pequeños productores y de 0,30 kg de CO_{2e} por kg de té para grandes productores. Nuevamente la fertilización tiene una alta incidencia entre 84 y 76% para los pequeños productores y grandes productores respectivamente (Azapagic *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

La tendencia a la certificación de la agricultura para lograr procesos más sustentables está haciendo cada día más necesaria la medición de los impactos ambientales de la agricultura. La medición de la Huella de Carbono es una herramienta muy útil para este fin, por eso se consideró importante medir por primera vez la HC en la agricultura certificada de la producción de té en Argentina. En esta primera etapa de estudio, el objetivo del trabajo fue medir la HC de la fase agrícola de la producción de té certificado para productores independientes. Esta fase inicia en la producción de plantines, pasa por la implantación del té y la entrega del brote a los secaderos. Los antecedentes a nivel mundial son escasos y solo se puede hacer algún tipo de comparación con la HC del té de Darjeeling y Kenia.

Los resultados arrojaron que para la producción un kg de brote de té certificado puesto en secadero se emiten 90 g de CO_{2e}, representando 0,405 kg de CO_{2e} por kg de té seco certificado. Este valor es menor a los valores encontrados para los casos de Darjeeling y Kenia, que muestran impactos de 5,8 y 0,52 kg de CO_{2e}.

Dada las grandes diferencias en los niveles de rendimientos que se observan en el sector, se hicieron mediciones de la HC para cinco modelos con diferentes niveles de rendimientos (mínimo, bajo, medio, alto y máximo). Los resultados destacan que a mayores niveles de rendimiento las emisiones de CO_{2e} disminuyen por kg de brote producido. La HC para los modelos fueron 122, 92, 90, 83 y 76 g de CO_{2e} por kg de brote de té respectivamente.

La fertilización nitrogenada es el principal factor generador de emisiones que afectan el calentamiento global. Esto se verifica también para los casos de Darjeeling, Kenia e Irán con diferente metodología (Soheili-Fard *et al.*, 2014). En este estudio el aporte de nitrógeno como fertilizante en el modelo medio representa el 70% de las emisiones totales directas e indirectas. A este factor le siguen en importancia el transporte del brote, con el 8,4% y el uso de combustible diésel en las labores, con un 7% de incidencia. Cabe aclarar que el impacto del uso de nitrógeno puede disminuir por UF, si se compensa con mayores rendimientos.

También se elaboró un análisis de sensibilidad frente a cambios en el uso de fertilizantes, combustible y transporte. De este surge, por un lado, que cambios en el 25% del uso de diésel y transporte solo impactan un 2% en las emisiones.

Por otro lado, el cambio en el uso de fertilizante aumenta la HC un 16%.

Futuras investigaciones deben incluir la medición de la HC en la fase industrial, necesaria para conocer el impacto global de la cadena, lo cual ya se encuentra en estadio inicial. Además, por el alto impacto de la fertilización con nitrógeno es importante medir los impactos de la producción de fertilizantes en Argentina, ya que en este estudio se utilizaron modelos de Europa adaptados a ciertas condiciones locales. También es importante medir las emisiones directas en la aplicación de fertilizantes, tanto para conocer valores regionales, como también para cambiar a formas de aplicación de fertilizante más eficientes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto PNIND 1108074, Programa Cultivos Industriales, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Este estudio no hubiese sido posible sin el aporte de los datos de los productores y de los grupos certificados (Casa Fuentes, El Vasco, Don Basilio, Las Treinta, Yerbatera del Nordeste, K&T, Empro y Picada Africana) que permitieron el vínculo con los productores como así también su revisión crítica de los resultados. Se agradecen los aportes de Rodolfo Bongiovanni, Diana Ohashi, Sebastian Barbaro, Alberto Sosa, José Olinuck y al grupo de yerba mate y té de la EEA INTA Cerro Azul.

BIBLIOGRAFÍA

AZAPAGICA, A.; BOREB, J.; CHESEREKB, B.; KAMUNYAB, S.; ELBEHRIC, A. 2016. The global warming potential of production and consumption of Kenyan tea. *Journal of Cleaner Production* Volume 112, Part 5, pp. 4031-4040. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.029>

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. 2008. PAS 2050:2008 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution.

CICHOROWSKI, G.; JOA, B.; HOTTENROTH, H.; SCHMIDT, M. 2015. Scenario analysis of life cycle greenhouse gas emissions of Darjeeling tea. *Int. J. Life Cycle Assess.* 20, 426-439. (Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-014-0840-0> verificado: 15 de mayo de 2017).

GUINÉE, J.; GORRÉE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; KONING, A.; OERS, L.; WEGENER SLEESWIJK, A.; SUH,

S.; UDO DE HAES, H.; BRUIJN, H.; DUIN, R.; HUIJBREGTS, M. 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. i: LCA in perspective. ii: Guide. iii: Operational annex. iii: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 692.

INTERNATIONAL TEA COMMITTEE. 2016. Annual bulletin of statistics 2016. International Tea Committee LTD. Londres.

ISO. 2006. ISO 14040-Environmental Management Life Cycle Assessment Principles and Framework. International Organization for Standardisation (ISO). (Disponible: <https://www.iso.org/home.html> verificado: 06 de febrero de 2017).

ISO. 2006. ISO 14044: Environmental Management, Life Cycle Assessment. Requirements and Guidelines, International Organization for Standardisation (ISO). (Disponible: <https://www.iso.org/home.html> verificado: 06 de febrero de 2017).

ISO. 2012. ISO 14067: Carbon footprint of products. Requirements and guidelines for quantification and communication. International Organization for Standardization (ISO). (Disponible: <https://www.iso.org/home.html> verificado: 06 de febrero de 2017).

LYSIAK, E.; ALBARRACÍN, S. 2014. Relevamiento aerofotogramétrico de la superficie tealera existente en Misiones en el año 2010. Ciencia y tecnología de los cultivos industriales. Año 4, N.º 6. Ediciones INTA. pp. 85-88.

LYSIAK, E. 2016. Cantidad de secaderos de té, capacidad de procesamiento y distribución espacial en las provincias de Misiones y Corrientes. Cerro Azul. EEA INTA Cerro Azul. Miscelánea N.º 73. p. 12. (Disponible: http://inta.gob.ar/sites/default/files/lysiak_e_secaderos_de_te.pdf verificado: 06 de junio 2017).

LYSIAK, E.; ALVARENGA, F. 2016. Caracterización de las chacras tealeras certificadas: Datos para la estimación de huella de carbono en Misiones. Cerro Azul. EEA INTA Cerro Azul. Informe Técnico N.º 97/2016. p. 19. (Disponible: <http://inta.gob.ar/documentos/caracterizacion-de-las-chacras-tealeras-certificadas> verificado: 06 de junio de 2017).

PRE CONSULTANTS. 2014. Simapro 8.0.2. (Disponible: <http://www.pre-sustainability.com/> verificado: 17 de abril de 2017).

RED DE AGRICULTURA SOSTENIBLE. 2017. Guía para la norma RAS 2017. Red de Agricultura Sostenible, A.C. (Disponible: http://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/590b42e454be9_GUAPARALANORMARAS2017.pdf verificado: 23 de junio de 2017).

SOHEILI-FARD, F.; GHASSEMZADEH, H.R.; SALVATIAN, S.B. 2014. An investigation of relation between CO2 emissions and yield of tea production in Guilan province of Iran. *International Journal of Biosciences*. Volume 4, N.º 12, pp. 178-185. (Disponible: <http://www.innspub.net/wp-content/uploads/2014/06/IJB-V4No12-p178-185.pdf> verificado: 07 de noviembre de 2017).