

Huella de Carbono de la cadena de maní de Argentina

BONGIOVANNI, R.^{1,2}; TUNINETTI, L.³; GARRIDO, G.³

RESUMEN

El objetivo general de este caso de estudio es realizar la Huella de Carbono de la producción, procesamiento y transporte del maní en Córdoba, Argentina, para evaluar la contribución de las emisiones de CO₂ equivalente en las diferentes etapas del ciclo de vida de la cadena de valor del maní; estudiar la performance ambiental de esta cadena; y proponer alternativas de mejora a los sistemas de producción, transporte y procesamiento en Córdoba, Argentina; optimizar los procesos agroindustriales para el logro de mejoras ambientales. Este estudio intenta generar resultados que puedan ser comunicados públicamente a diferentes audiencias.

Para cumplir con el objetivo, se relevaron datos de la campaña 2012-2013, con una producción de 1.022.516 t, y un rendimiento promedio de 3,05 t/ha. Los datos se obtuvieron de entrevistas con productores, profesionales e industrias de maní que procesaron un 46% del total, obteniendo 223.000 t de maní confitería y blanchado. La unidad funcional es una tonelada de maní sucio y húmedo en la puerta del campo. Se realizó un análisis de la Huella de Carbono -basado en la norma ISO 14067 (ISO, 2013)- desde la cuna hasta la puerta, que fue el puerto de embarque, ubicado en Zárate (Argentina), incluyendo producción, procesamiento y transporte. La asignación de la carga ambiental entre los productos y subproductos se hizo por valor económico.

Los resultados de la Huella de Carbono obtenidos son: la producción primaria y la industria aportan 87 kg CO₂ eq (37%) y 91 kg CO₂ eq (38%), respectivamente, mientras que el transporte contribuye con 59 kg CO₂ eq (25%). Este análisis también considera el uso de subproductos, tales como la cáscara y el tegumento de maní. A pesar de que el uso industrial de la cáscara genera algunas emisiones, se derivan importantes beneficios ambientales por la combustión de cáscara para la cogeneración de electricidad y calor, lo que reduce las emisiones de CO₂ eq en 196 kg CO₂ eq (-83%), con lo que la cadena alcanza un valor final de 41 kg CO₂ eq. Si no se incluyera el crédito ambiental por valorizar la cáscara y tegumento, los resultados de la Huella de Carbono ascenderían a 237 kg CO₂ eq.

Los resultados también se pueden expresar en función de productos elaborados. Los valores van desde 0,4 kg de CO₂ eq por kg de producto para maní frito, maní tostado, y aceite refinado; 0,7 para harina de maní, maní crocante, garrapiñada, y grana; 0,8 para pasta de maní; y 1 kg de CO₂ eq por kg de extracto de maní. Mientras más fraccionado se venda el producto, mayor será la Huella de Carbono. En algunos casos, el aporte del envase supera al del producto.

El punto crítico en la producción agrícola es la cosecha, explicado por el alto consumo de combustible fósil. La labranza reducida y la reposición de nutrientes al suelo, generan mayores emisiones, que incrementan la huella de carbono del maní. En la industria procesadora, el punto crítico es el secado, por el empleo de gas licuado de petróleo (GLP). El uso del tren a puerto, en lugar de camión, disminuye la Huella de Carbono.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta 9 km 636, X5988AAB Manfredi, Córdoba, Argentina.

²Universidad Católica de Córdoba, Av. Armada Argentina 3555. X5016DHK Córdoba, Argentina. +54 9 3572 528646. Correo electrónico: bongiovanni.rodolfo@inta.gob.ar

³Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro Regional Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1561, X5000JKC Córdoba, Argentina.

Se realizó un análisis de Huella de Carbono de la producción, procesamiento y transporte del maní en Córdoba, Argentina. Este trabajo constituye la primer estimación completa de la contribución de la cadena de valor del maní al potencial de calentamiento global. Los resultados son de utilidad para el análisis de la Huella de Carbono de otros productos alimenticios que usan el maní como ingrediente.

Palabras clave: Córdoba, cáscara, manteca de maní, puntos críticos.

ABSTRACT

The general objective of this study is to perform a Carbon Footprint of peanut production, transportation and processing in Córdoba, Argentina, in order to have a better understanding of the contribution of global warming potential (GWP) emissions in each stage of peanut value chain; study the environmental sustainability performance of this value chain; and to find hotspots in the existing farming, hauling and processing systems, that may be improved for environmental purposes. The intent of the study is to generate results that can be publicly communicated to different audiences.

Methods: Surveys were conducted for the 2012-2013 crop season, in the province of Córdoba, with information supplied by farmers and companies that processed 46% of the total national production (1,022,516 t), i.e., 470,000 t of raw peanuts or 223,000 t of shelled peanuts. The functional unit is 'one metric ton of raw peanuts in Argentina, at the farm gate'. A Carbon footprint analysis -based on the ISO 14067 standard (ISO, 2013)- from cradle-to-gate was conducted, up to the 'port of export' located in Zárate (Argentina), including crop production, processing and transportation. The environmental load allocation was based upon economic value.

Results from Carbon Footprint are: Crop production and mill processing contribute with 87 kg CO₂ eq (37%) and 91 kg CO₂ eq (38%), respectively, while transportation contributes with 59 kg CO₂ eq (25%). This analysis also considers the use of co-products, such as hull and skin. Even though its industrial use also generates some emissions, substantial environmental benefits were derived from the combustion of peanut hulls for electricity cogeneration and heat, which reduced CO₂ eq emissions by 196 kg CO₂ eq (-83%), reaching a final value of 41 kg CO₂ eq. Without considering the use of co-products, results from Carbon footprint are 237 kg CO₂ eq.

GWP was also estimated for a set of peanut-based final products, and expressed in terms of kg of CO₂ eq per kg of product. CO₂ values ranged from 0.4 for fried peanut, toasted peanut, and refined oil; 0.7 for peanut flour, coated peanut, caramelized peanut, and chopped peanut; 0.8 for peanut butter; and 1.0 for essential oil. In some cases, packaging environmental burdens overtake that of the products.

The main hotspot in the farm stage was harvesting, explained by fuel consumption. Reduced tillage and soil nutrient reposition increased CO₂ eq. emissions. In the milling stage, curing was the hotspot, due to the use of liquefied petroleum gas (LPG). Replacing road transportation by railway transportation decreases carbon footprint values.

Conclusions: A Carbon Footprint analysis was successfully performed on the Argentine peanut value chain. This research is the first assessment of the peanut value chain contribution to the global warming potential. Results are useful for the analysis of other food products that use peanut as ingredient.

Keywords: Córdoba, peanut hull, peanut butter, hotspots.

INTRODUCCIÓN

Argentina es el principal exportador de productos de maní, seguido por China, India y EE. UU. (USDA, 2015). En 2014, la industria argentina del maní, integrada por 24 empresas procesadoras y sus respectivos productores asociados, exportó el 94% de su producción a más de 106 países (Uncomtrade, 2015). La industria del maní está con-

centrada en el centro-sur de la provincia de Córdoba, representando un caso típico de un sector de competitividad no precio (o competitividad estratégica), donde hay otros factores distintos al precio que hacen atractivos a los productos (Brue y McConnell, 2002). En otras palabras, es un encadenamiento productivo regional de fuerte integración, que reafirma su competitividad sobre la introducción de cambios tecnológicos en productos o procesos (innovaciones tecnológicas) y cambios organizacionales (innovación

organizacional) dirigidos al aseguramiento de la calidad (marcas, imagen empresarial y publicidad, diseño, imagen "país"), a una vocación exportadora, y al desarrollo de sinergias público-privadas (redes y acuerdos comerciales) (Bongiovanni *et al.*, 2012).

El objetivo de este trabajo es calcular la huella de carbono de la cadena del maní producido e industrializado en la provincia de Córdoba, Argentina, con la finalidad de identificar las actividades que generan los mayores impactos y que tienen el mayor potencial de mejora. Desde el punto de vista de la cadena, interesa la potencialidad de esta metodología para determinar puntos críticos en la producción, procesamiento y transporte para poder plantear alternativas tecnológicas que permitan mejorar la eficiencia, bajo la mirada de la sustentabilidad. Este trabajo busca generar resultados que puedan ser comunicados a todos los actores interesados.

No existen muchos antecedentes científicos de estudios similares en maní, aunque se pueden mencionar los estudios el Ramsey Report (2010) y el estudio general del Environmental Working Group (2011).

El análisis está destinado a los diferentes actores de la cadena del maní: productores agrícolas, productores industriales, cámaras, asociaciones vinculadas, etc., quienes podrán utilizar los resultados: a) para que las propias empresas trabajen en la mejora continua de la gestión ambiental interna; b) para comparar el desempeño de la cadena del maní con productos alternativos, o con las mismas cadenas en otros países; c) como herramienta de marketing, competencia, y diferenciación, d) para brindar información a los consumidores, a los mercados nacionales/internacionales (huella de carbono u otros impactos); o e) como herramienta para gestionar políticas de apoyo al sector y a la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El relevamiento de datos se realizó para la campaña de cultivo 2012-2013, en la provincia de Córdoba, con información proporcionada por productores y empresas que procesaron el 46% del total de la producción nacional (que fue de 1.022.516 t), es decir, se relevó el sistema productivo y de procesamiento de 470.000 t de maní en caja o bien 223.000 t de maní confitería. Se realizó un Análisis de Huella de Carbono del tipo "desde la cuna hasta la puerta", que fue el puerto de Zárate (Argentina), debido a que Argentina exporta el 94% de los productos de maní. El análisis incluye el impacto directo de la producción primaria, procesamiento y flete. El sistema también incluye los impactos indirectos derivados de la extracción de materias primas; los recursos y energía necesarios para las labores culturales, el procesamiento industrial y los fletes, hasta llegar al puerto.

La unidad funcional es "una tonelada de maní sucio y húmedo en caja en la puerta del campo, en Argentina". La asignación de la carga ambiental entre los productos y subproductos se hizo por valor económico.

El estudio incluyó tres fuentes de información: 1) relevamiento a productores y procesadores sobre datos de producción y procesamiento en la región central de Córdoba, Argentina, 2) bases de datos estandarizadas para Análisis de Ciclo de Vida (Ecoinvent, 2014), y 3) bibliografía.

El protocolo para el cálculo de la Huella de Carbono basado en la norma ISO 14067 (ISO, 2013) se implementó en el software Simapro® 8.0.3 (Pré-consultants, 2014) usando el modelo CML2000 (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).

Se realizó un análisis de sensibilidad con respecto a las prácticas culturales, tipo de flete, y balance de nutrientes.

Descripción de los sistemas

Cultivo: el maní no debe sembrarse en el mismo lote, sino después de transcurridos cuatro años, en un esquema de rotación que incluya cultivos resistentes a enfermedades que puedan afectar al maní, en suelos con buen drenaje, arenosos a franco arenosos. El maní debe ser rotado con cultivos resistentes a nematodos, hongos del suelo y otras enfermedades. Los cultivos recomendados son maíz, sorgo, trigo, cebada, centeno, y pasturas perennes con alto porcentaje de gramíneas. La fecha de siembra aproximada es a partir del 15 de octubre de cada año, seguida por un promedio de ocho tratamientos en forma de pulverizaciones para la protección del cultivo (malezas, insectos y enfermedades). La cosecha del maní es un proceso de dos etapas relacionadas, el arrancado y el descapotado, de modo que la eficiencia de la primera condiciona el resultado de la siguiente. La cosecha comienza con el arrancado, que consiste en arrancar, sacudir, y ubicar las plantas de varias hileras en una sola hilera, en forma invertida. Las cajas de maní quedan en la parte superior de dicha hilera, lo que permite un primer secado natural a campo por pérdida de humedad. El mejor momento de arrancado es cuando el cultivo tiene el porcentaje más alto de granos enteros maduros y el mayor rendimiento. El momento óptimo no es fácil de establecer, debido a que el maní es una planta indeterminada y continúa emitiendo nuevos clavos y desprendiendo las vainas viejas hasta el momento de la cosecha o de la senescencia. El descapotado es la operación mecánica que consiste en separar las vainas del resto de la planta, a través de una serie de procesos que se realizan dentro de la máquina descapotadora. Se realiza cuando la humedad del maní en la hilera desciende del 40-45% (al momento de arrancado) al 20-24%, después de cuatro a diez días de oreado (inicio del descapotado). Los restos vegetales vuelven al suelo mientras que las vainas (cajas) se depositan en la tolva de la descapotadora. Después de la cosecha, se suele realizar un barbecho verde (o verdeo de cobertura) con centeno o trigo para generar una cobertura vegetal y proteger el suelo de los vientos de agosto y lluvias de primavera, especialmente en zonas susceptibles a la erosión hídrica o eólica.

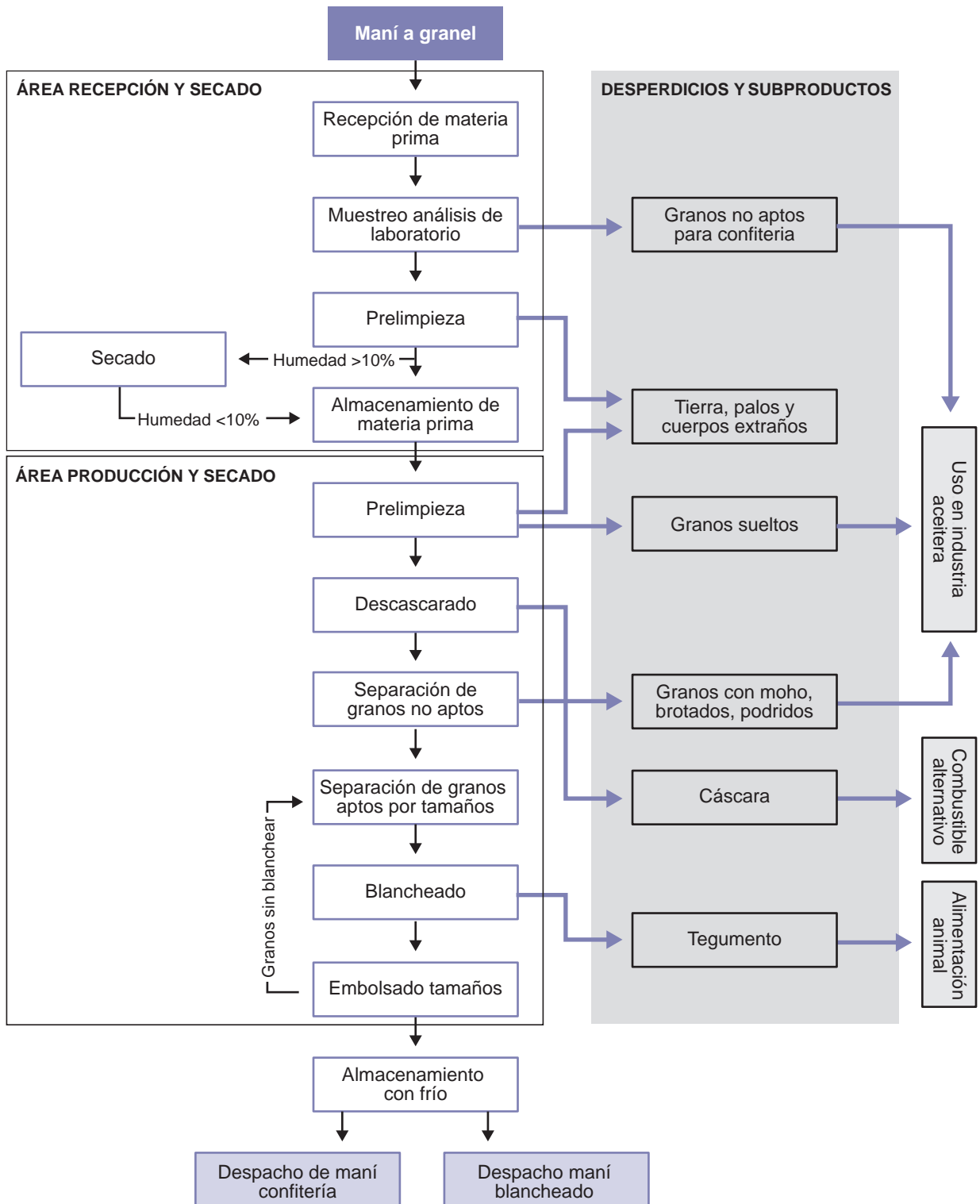


Figura 1. Operaciones dentro de la planta procesadora de maní.

Fase industrial (figura 1): el maní se comercializa en vainas, principalmente a granel, y es transportado desde el campo en camiones. Al ingresar a la planta procesadora, los camiones son pesados en una báscula y se extrae una muestra según la Norma de Calidad para la Comercializa-

ción de Maní, Resolución 12/99 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Si no reúne los requisitos para maní confitería, no se admite la descarga y se destina a la industria aceitera. Si reúne los requisitos para maní confitería, se ingresa en planta, y se inician los

Compañía	C5	C4	C3	C2	C1
Producción (%)	47,91%	6,43%	18,95%	13,84%	12,86%
Cultivo de maní					
Rendimiento (t/ha)	3,05	3,50	3,05	4,79	3,05
Precipitaciones durante el ciclo (m ³ por UF)	2525	1710	2960	1120	1340
Uso de vehículo (km por UF)	6,54	12,86	4,72	15,87	3,41
Uso de vehículo (kg diésel por UF)	0,55	1,29	0,44	1,20	0,26
Transporte de semillas, por camión (tkm)	47,50	32,50	37,50	16,56	47,79
Transporte de semillas, por camión (kg diésel por UF)	0,22	0,13	0,17	0,09	0,25
Siembra del maní (kg de semilla por UF)	40,98	42,62	40,98	28,21	44,26
Siembra del maní (kg diésel por UF)	0,90	1,59	1,27	0,76	2,13
Tractor, producción (kg por UF)	0,13	0,10	0,13	0,08	0,13
Sembradora, producción (kg por UF)	0,06	0,05	0,06	0,04	0,06
Tinglados (m ² por UF)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Protección del cultivo					
Pulverización (kg diésel por UF)	1,17	1,31	0,75	0,86	1,34
Pulverizadora, producción (kg por UF)	0,32	0,19	0,32	0,14	0,22
Tinglados (m ² por UF)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Agua de pozo para pulverizar (L por UF)	252	249	420	167	420
Glifosato (kg por UF)	0,87	0,64	0,47	0,35	0,56
Adherente (kg por UF)	0,01	0,16	0,12	0,11	0,18
Herbicidas, otros (kg por UF)	0,57	0,40	0,50	0,27	0,42
Insecticidas, otros (kg por UF)	-	-	0,001	-	-
Lactophen (kg por UF)	-	-	-	0,02	0,04
Fungicidas (kg por UF)	0,14	0,12	0,16	0,14	0,14
2,4-DB (kg por UF)	0,10	0,24	0,11	0,14	0,22
2,4-D (kg por UF)	0,26	0,25	0,17	0,15	0,23
Ácido fosfórico (kg por UF)	0,34	0,01	-	0,01	0,02
Aceite mineral (kg por UF)	0,66	0,29	0,36	0,21	0,33
Bidones HDPE (kg por UF)	0,16	0,14	0,19	0,10	0,16
Cosecha					
Arrancado (kg diésel por UF)	3,05	2,66	1,91	1,34	3,66
Tractor, producción (kg por UF)	0,13	0,40	0,13	0,31	0,48
Arrancadora, producción (kg por UF)	0,05	0,16	0,05	0,12	0,19
Tinglado (m ² por UF)	0,13	0,004	0,001	0,003	0,004
Descapotado (kg diésel por UF)	4,57	3,45	3,19	3,48	4,57
Tractor, producción (kg por UF)	0,13	0,40	0,13	0,38	0,60
Descapotadora, producción (kg por UF)	0,06	0,19	0,06	0,19	0,29
Tinglado (m ² por UF)	0,001	0,004	0,001	0,003	0,01
Cultivo de cobertura					
Siembra (kg de centeno por UF)	9,84	-	13,11	-	26,23
Siembra (kg diésel por UF)	1,98	-	0,46	-	0,17
Tractor, producción (kg por UF)	0,25	-	0,13	-	0,02
Esparcidora, producción (kg por UF)	0,02	-	0,01	-	0,002
Tinglado (m ² por UF)	0,002	-	0,001	-	0,00002
Transporte					
Del campo a la industria (kg diésel por UF)	5,21	5,07	5,49	3,59	4,86
Flujo de residuos finales					
Bidones de HDPE (kg por UF)	0,16	0,14	0,19	0,10	0,16

Tabla 1. Inventario de las compañías relevadas (C5 a C1) en la producción primaria.

procesos industriales. La prelimpieza se realiza mecánicamente. Una máquina limpiadora típica cuenta con un sistema de aspiración y de zarandas.

El segundo proceso es el de secado mecánico. La humedad del maní se suele mantener por debajo del

10% para prevenir el desarrollo de hongos que producen aflatoxinas. Este contenido de humedad es difícil de alcanzar con el secado natural a campo, ya que también pierden humedad los tallos y las cajas, lo que reduce la eficiencia de la descapotadora. El secado normalmente

Compañía	C5		C4		C3		C2		C1	
Recepción, prelimpieza, acopio y secado	Input	Output	Input	Output	Input	Output	Input	Output	Input	Output
Maní en caja (sucio)	1000		1000		1000		1000		1000	
Material extraño		39,60		98,80		58,20		49,20		119,90
Tierra		29,70				70,40		36,60		
Humedad		19,90		18,00		25,60		25,60		21,70
Muestreo (va a molino aceitero)		1,10		1,10		1,10		1,10		1,10
<i>Maní que va a descascarado</i>		910		882		845		888		857
Electricidad (kwh)	27,40		21,90		13,70		17,30		9,40	
Gas natural (m³)	5,40		1,60		8,40		3,60			
GLP (propano) (kg)			0,30				0,30		4,10	
Diésel (L)	0,30				0,90					
Descascarado										
Maní en caja (limpio y seco)	910		882		845		888		857	
Tierra						5,90				42,90
Material extraño						31,00				
Otros residuos						25,00				
Cáscara		247,20		266,10		180,60		270,00		203,50
Maní que va a molino aceitero		148,30		127,70		130,70		123,40		76,40
<i>Maní descascarado</i>		514		488		471		494		535
Electricidad (kwh)	44,20		48,20		46,90		39,90		51,70	
Diésel (L)	0,40		1,00		1,00					
Almacenamiento en frío										
<i>Maní descascarado</i>	514		488		471		494		535	
Diésel (L)	0,0		0,50		0,20		0,70		0,80	
Electricidad (kwh)	5,80		6,30		4,20				5,80	
GLP (propano) (kg)							0,50		0,40	
Blancheado										
<i>Maní descascarado</i>	334		254		356		198		428	
Piel		11,70		5,20		6,40		10,90		7,50
Humedad		5,00		5,20		7,10				
Maní que va a molino aceitero		16,70		29,20		12,50				15,00
Maní blacheado		301		215		330		187		397
Electricidad (kwh)	10,00		10,60		11,70		10,10		9,90	
Gas natural (m³)	2,70		4,70		8,10		3,80		5,30	
Diésel (L)					0,0					
GLP (propano) (kg)							0,10		0,0	
Transporte										
Camión a puerto (km)	10				495		542		551	
Tren a puerto (km)	522									

Tabla 2. Inventario de procesamiento en las compañías relevadas (C5 a C1). Valores en kg, o en la unidad indicada.

se realiza en acoplados-tolva secadores con doble fondo, por el que se insufla aire natural (turbina) o caliente (turbina con un quemador), dependiendo de la humedad ambiental. El maní se seca hasta alcanzar el 10% de humedad. El proceso de limpieza también se realiza mecánicamente con una máquina equipada con un sistema de aspiración y de zarandas. El flujo de material a limpiar recibe una primera aspiración, que evita la formación de polvillo. Luego, una segunda aspiración remueve polvillo, ramas, hojas, cajas rotas y prepara el material para la clasificación que se hace a través de diferentes tipos de zarandas. Un tercer proceso de aspiración, combinado con cribas ajustables, permite que el maní pase a través de las aperturas, y que los cuerpos extraños sean barridos. Las cajas (vainas) limpias que salieron de la máquina de limpieza pasan al descascarado. Esta sección está equipada con cilindros descascaradores y cóncavos reemplazables. Simultáneamente, un sistema de aspiración remueve el polvillo y los fragmentos de vainas, equipado con una trampa para granos para evitar que se pierdan granos. Las vainas aspiradas caen a una expansión de la cámara de aspiración (ciclón), saliendo fuera del circuito. Este material es retirado por camiones. El maní obtenido del proceso de limpieza es sometido a la selección, que consta de tres etapas, según el grado de precisión: (A) Selección por vibradoras, donde las máquinas separan por diferencia de peso específico los granos sanos y los granos enteros, de los granos con moho, brotados o podridos, y los cuerpos extraños. (B) Selección electrónica, donde las máquinas electrónicas policromáticas separan los granos fuera de estándar, destinándolos a la industria aceitera. (C) Selección por tamañadoras, donde la selección se hace según el tamaño y las máquinas separan los granos de diferente calibre (número de granos por onza). El producto de esta etapa, que es el maní confitería, se envasa en bolsas de 25-50 kg (o big-bags de 1250 kg) y se almacena en cámara de frío hasta su despacho. El maní confitería obtenido puede ser blanchado. Para esto se transporta a una tolva de horno, atravesando cuatro zonas de calor con temperatura en forma ascendente entre 75° y 90 °C. Luego atraviesa dos zonas a temperatura ambiente, que permite la contracción del grano y el desprendimiento de la piel. El maní es alimentado a las peladoras que consisten en rolos con superficie rugosa para retener y aspiran la piel. Luego es alimentado a la electrónica (seleccionadora bicromática) la cual separa maní con daños visibles. El primer rechazo de la electrónica es transportado en elevador hasta la tolva que alimenta nuevamente al pelador, el segundo rechazo de electrónica es transportado en elevador y embolsado como maní industria. El maní aceptado por la electrónica se transporta hacia el elevador de embolsado. El maní atraviesa una zaranda que separa el maní entero del partido. Dicha zaranda al ser vibratoria actúa también como transporte. Al final de esta se encuentran colocadas trampas magnéticas para la retención de metales ferrosos. Finalmente, se transporta a tolva de embolsado de maní entero o tolva de maní partido.

Inventario ambiental

La tabla 1 muestra la información de inventario de las empresas productoras relevadas, junto con el flete del campo a la industria, mientras que la tabla 2 presenta los datos de las empresas procesadoras, incluyendo el flete de los productos finales hasta el puerto de exportación.

Producción primaria

La cantidad de CO₂ fijada por los cultivos depende de la materia seca que generan. En la fotosíntesis, las plantas convierten el dióxido de carbono y agua en glucosa (C₆H₁₂O₆) y oxígeno, de acuerdo a la siguiente reacción: 6 CO₂ (g) + 6 H₂O (l) --> luz solar --> 6 O₂ (g) + C₆H₁₂O₆ (g). Resolviendo esta ecuación de la estequiometría de la fotosíntesis (6CO₂+6H₂O = C₆H₁₂O₆ + 6O₂), las plantas fijan 1,47 g de CO₂ por gramo de materia seca del cultivo. Dado que la materia seca del maní es -en promedio- de 1,5 t MS/ha (Haro *et al.*, 2007), se puede deducir que la fijación de CO₂ en el cultivo de maní fue de 2,205 t de CO₂/ha. También se consideró la fijación de CO₂ por parte del verdeo de cobertura que se hace luego de la cosecha del maní. La materia seca del centeno es de 3,437 t MS/ha; por lo tanto la fijación de CO₂ en el verdeo de cobertura fue de 5,05 t de CO₂/ha (Bairogria y Cazorra, 2010). Finalmente, se obtiene una fijación total para una ha de campo sembrada con maní y luego con centeno como verdeo de cobertura, de 7,25 t de CO₂/ha. Sin embargo, y de acuerdo con la norma ISO 14067:2013 de Huella de Carbono, la fijación de CO₂ por la biomasa al inicio del cultivo, y la emisión de CO₂ por la biomasa en el punto de oxidación, al final del ciclo del cultivo, resultan en un balance neutro de emisiones de CO₂.

El modelo promedio ponderado de producción se basó en un rendimiento de 3,05 t/ha (Bolsa de Cereales de Córdoba, 2013). La semillas son los mismos granos de maní, previamente clasificados y seleccionados por las propias empresas procesadoras, los cuales reciben un tratamiento con un polímero (peleteado/coating) y un fungicida. La cantidad de semilla sembrada es en promedio, 128 kg/ha o 42 kg/tonelada de maní cosechado, dato relevado en las visitas a campo. Las semillas son embolsadas en las mismas bolsas big-bags que transportan el maní confitería. Estos envases son devueltos y vueltos a usar, hasta que se rompen o descartan. Se considera que cada bolsa se usa 1,5 veces antes de ser descartada. Las semillas son transportadas en camiones desde las plantas industriales hasta el campo, 369 km considerando la ida y la vuelta. La siembra se lleva a cabo con una sembradora de siembra directa, con 16 surcos a 0,70 m, arrastrada por un tractor.

Se consideró la asistencia técnica, que incluye visitas de recorrida, de reconocimiento de malezas para control, de mensura y planimetría, viajes para trasladar los agroquímicos en cada una de sus aplicaciones, control del cultivo y viajes durante la cosecha. Se considera el uso de una camioneta y combustible diésel.

La pulverización se realiza con una pulverizadora auto-propulsada, según los tratamientos necesarios, entre siete

y nueve pasadas. Se usan -en promedio- 1280 litros/ha de agua durante todo el ciclo de cultivo, incluyendo la limpieza del equipo. El efluente resultante de la limpieza del equipo se redistribuye en el lote con la misma pulverizadora. Los productos agroquímicos utilizados, considerando los ingredientes activos, se muestran en la tabla 1. Las cantidades se relevaron en las visitas a campo. Los envases de agroquímicos pueden tener diferentes destinos. En algunos casos quedan distribuidos en los propios campos sin un destino cierto, en otros, se entregan para su reciclado. Para este estudio de caso, se consideró a los envases como residuo sólido tóxico, con una generación de 0,5 kg de plástico por hectárea.

El arrancado se lleva a cabo con una arrancadora – invertidora y un tractor de doble tracción. El descapotado se lleva a cabo con una descapotadora de arrastre, doble hileras (8 surcos) y un tractor de doble tracción.

El 94% de los productores relevados realiza barbecho verde o verdeo de cobertura, de los cuales el 49% siembra al voleo, y el 51% con sembradora. La cantidad de semillas efectivamente sembradas es de 33 kg/ha u 11 kg/t de maní cosechado.

Los consumos de combustible para todas las labores culturales se informan en la tabla 1. Además se considera la ocupación de una parte de un cobertizo donde se resguardan las máquinas de las inclemencias climáticas.

Fase procesamiento industrial

El traslado del maní desde los campos hasta las plantas procesadoras se realiza en camiones de alrededor de 22,5 toneladas. La distancia recorrida es de 369 km, que es valor medio estimado ida y vuelta, (los camiones van vacíos al campo y retornan llenos a su origen).

En la fase de recepción, prelimpieza, acopio y secado, el maní ingresa a la planta, y se seca, de acuerdo con su humedad. Debido a que para el secado puede utilizarse gas natural o gas licuado de petróleo (GLP), en este caso se considera el uso de una combinación de ambos combustibles. También se usa energía eléctrica para secar, tomada de la matriz energética nacional (gas natural: 44,5%, hidráulica: 35,5%, petróleo: 12,3%, nuclear: 5,9%, carbón: 1,8%) (Secretaría de Energía, 2014).

En esta etapa hay una pérdida de granos por el muestreo y análisis que se destinan a la industria aceitera, y también hay mermas de peso por la disminución de la humedad en el secado (2%) y por la prelimpieza, etapa de la cual se extraen palos y tierra (10%). La asignación de cargas a los flujos de salida de productos y subproductos se hizo en función al valor económico, los cuales se muestran en la tabla 3.

La segunda etapa de la industrialización del maní es el procesamiento, donde se separa la cáscara del grano y se seleccionan los granos según su tamaño y aptitud. Para este proceso se usa energía eléctrica. También se incluyen en esta etapa los consumos energéticos derivados de los servicios generales de planta, como ser: instalaciones

Producto	USD/t
Aceite esencial	5.000
Harina	2.500
Aceite refinado	1.500
Aceite	1.114
Blancheado	750
Descascarado	750
Maní para aceite	420
Piel	300
Expeller	280
Piel	150
Cáscara	10

Tabla 3. Factores de asignación económica.

del personal, laboratorios, transformadores con y sin carga (pérdidas), compresor, oficinas técnicas, pañol. En esta etapa hay pérdida de granos por no ser aptos para el proceso, los cuales se destinan a la industria aceitera (14%). También hay mermas de peso derivadas de la limpieza, etapa en la que se extrae tierra; y del descascarado, actividad en la que se quita un alto porcentaje del peso en cáscara (23%). Debido a que los subproductos son aprovechados, la carga ambiental del perfil se distribuye entre las tres salidas del proceso de acuerdo al valor económico. Se incluye el consumo de aceite lubricante usado en las máquinas y equipos para su mantenimiento. También es considerada el agua para riego del predio.

Luego del procesamiento (descascarado y selección) el maní pasa a almacenamiento. En esta etapa se usa energía eléctrica para mantener los granos a la temperatura adecuada. También se usa GLP y diésel para el funcionamiento de autoelevadores, minipalas, un camión volcador que saca la tierra de la planta y una camioneta usada para gestiones varias.

El maní almacenado se encuentra listo para ser despachado y vendido. Una parte de este producto es sometido a un proceso de blanchado donde se le quita la piel (tegumento). Para llevar a cabo este proceso, se utiliza energía eléctrica y calor, el cual es provisto a través de la quema de gas natural. Existen mermas en esta operación, por un lado la misma piel del maní (tegumento) que es usada para alimentación de animales. También hay una merma por selección del maní, de la que se extrae el maní para industria aceitera. Finalmente hay una merma por horneado, etapa de la que surge material volátil. La carga ambiental de este perfil se distribuye entre los productos y subproductos obtenidos de acuerdo al valor económico. Este maní blanchado se almacena en frío a la espera de su traslado hacia despacho. El maní almacenado, ya sea blanchado o sin blanchar es embalado en big-bags, con capacidad para 1250 kg. Estos bolsones son adquiridos en localidades de la misma provincia de Córdoba y trasladados hasta la industria manisera en un utilitario liviano.

Los granos de maní no aptos para comercializarse como confitería, se van separando del proceso como maní industria y se entregan a una aceitera para la producción de aceite de maní. El transporte de los granos se hace con camión, y se estimó un promedio de 55 km (ida y vuelta). El camión retorna vacío. Existen dos tecnologías para la extracción de aceite de los granos de maní: en frío y al solvente. Para este estudio se asumió que el 20% del aceite es prensado en frío y el 80% al solvente. El perfil ambiental del prensado del maní industria en frío se relevó en las visitas a planta, mientras que en el caso de la extracción al solvente, se tomó un perfil de la base de datos Ecoinvent versión 2.0 (Ecoinvent, 2014), adaptando los consumos energéticos para Argentina. Durante el procesamiento de los granos de maní industria, además del aceite, se obtiene otro producto denominado “expeller de maní” que se usa para alimentación animal; la carga ambiental del perfil se distribuye entre los dos productos obtenidos de acuerdo al valor económico.

Se tuvo en cuenta la infraestructura de la planta manisera. La infraestructura se consideró con una vida útil de 50 años, tanto edificios como maquinaria.

Traslado de producto terminado hasta puerto

Las big-bags conteniendo maní confitería, blanchado o sin blanchear son transportadas hasta el puerto de Zárate, desde donde se despachan hacia su destino final. El traslado se realiza en camiones de 22,5 toneladas. Se asume el recorrido de unos 1045 km (ida y vuelta). En el caso del aceite el transporte se realiza en tren, la misma cantidad de kilómetros. La tabla 4 brinda información detallada de las emisiones del transporte y de las demás etapas productivas del maní.

Valorización de subproductos

La cáscara de maní, luego de separada del grano, puede tener diferentes destinos, y atravesar diferentes operaciones, como la molienda para aumentar su densidad y facilitar su transporte. De acuerdo a la información relevada, se determinó que el 71% se destina a cogeneración de energía eléctrica y vapor, sin molienda previa y con transporte; el 27% se destina a valorización energética en horno cementero con molienda y con transporte en camión (440 km ida y vuelta); y el 2% restante se destina a

Kg CO ₂ eq por t de maní en caja	C5	C4	C3	C1+2*	Sector	STD
Total sin valorización de subproductos	229	236	256	254	237	13
Total con valorización de subproductos	-1,1	-4	110	93	41,1	61
Fase agrícola - producción primaria	92	80	79	85	87	6
Uso de vehículo	3	6	2	1	2	2
Siembra (semilla y siembra)	17	15	15	16	16	1
Producción de agroquímicos	19	17	14	15	17	2
Pulverización	7	7	7	7	7	0
Cosecha - arrancado	16	16	16	16	16	0
Cosecha - descapotado	19	19	19	19	19	0
Cultivo de cobertura (semillas y siembra)	12	0	6	11	10	3
Transporte	51	67	73	78	59	12
Del campo a la industria	33	22	35	31	32	6
De la industria al puerto	18	45	38	48	27	13
Fase industrial	87	90	105	90	91	8
Recepción, prelimpieza, acopio y secado	33	27	37	24	31	6
Descascarado y procesamiento	23	27	26	28	25	2
Almacenaje	4	5	3	7	5	2
Blanchado	12	16	26	21	17	6
Envasado	3	3	2	3	3	0
Producción de aceite y transporte	13	12	11	7	11	2
Valorización de subproductos	-231	-240	-146	-160	-196	48
Uso de la cáscara	-228	-239	-145	-160	-195	47
Uso de la piel	-2,3	-1,0	-1,3	0,0	-1,4	1

Tabla 4. Huella de Carbono por etapa y por compañía C1 a C5 (impacto en kg de CO₂ eq por t de maní en caja).

*Las compañías C1 y C2 se consideraron juntas. A pesar de que se relevaron por separado, se tomó esta decisión por falta de información en algunos procesos, y por similitudes en la operación de algunos procesos.

alimentación animal, sin molienda y sin transporte, porque se usa localmente.

Durante la cogeneración de electricidad y vapor existe un crédito ambiental, debido al aprovechamiento de la cáscara utilizada para generar energía eléctrica (7%), reemplazando a energía de la matriz argentina; y por el aprovechamiento como calor (57%), reemplazando a gas natural de red. Es decir que del total de energía contenida en la biomasa (17,6 MJ/kg de cáscara), el 7% se transforma en electricidad, el 57% en calor, mientras que el resto de la energía se pierde (Goti, 2015).

Por el lado del horno cementero, el crédito ambiental se consigue por evitar el uso de otro combustible tradicional, que podría ser gas natural, fueloil, leña u otros. En este estudio se asumió que un 82% de la energía de la cáscara es aprovechada como calor reemplazando a gas natural, de acuerdo al poder calorífico de ambos recursos. Es decir que el 82% de la energía contenida en la cáscara reemplaza gas natural (18% se pierde).

En lo que respecta al destino alimentación animal, se produce un ahorro energético derivado de evitar el uso de fuentes de fibra alternativas como componente de la dieta, en este caso, rollos de rastrojo de sorgo, basado en una relación 1:1 de contenido de fibra (De Leon, 2014).

El tegumento se usa para alimentación animal. Se considera el reemplazo de harina de soja, en función al contenido de proteínas. El tegumento del maní tiene un 13% de proteínas, mientras que la harina de soja un 47% (Grosso, 2014).

RESULTADOS

Se construyó un modelo promedio ponderado del sector manisero argentino (ver "Sector" en tabla 4), según la participación en el mercado de las cinco empresas procesadoras relevadas. Estas industrias procesan el 46% de la producción total anual, es decir, 470.000 t de maní en caja, de un total de un millón de toneladas, las que resultan en

223.000 t de maní confitería. La tabla 4 muestra la contribución individual al potencial de calentamiento global de cada una de las fases, para las empresas 1 a 5 (C1...C5), el promedio ponderado del sector (Sector) y la desviación estándar (STD).

Los resultados del Análisis de la Huella de Carbono son: el cultivo de maní contribuye con 87 kg CO₂ eq (37%) y el procesamiento industrial con 91 kg CO₂ eq (38%), respectivamente, mientras que el transporte contribuye con 59 kg CO₂ eq (25%). El análisis también tiene en cuenta la valorización de los subproductos cáscara y tegumento, y si bien las operaciones para concretar la valorización presentan algunas emisiones, los ahorros derivados del reemplazo son de 196 kg CO₂ eq (-83%), por lo que la Huella de Carbono alcanza un valor final de 41 kg CO₂ eq.

Si no se tuviera en cuenta el ahorro ambiental por el uso de los subproductos, los resultados de la Huella de Carbono serían 237 kg CO₂ eq.

En la producción del cultivo a campo, el punto crítico fue la cosecha (41%), debido a las emisiones por la combustión de gasoil, seguida por la producción de glifosato (8,8%), el pesticida más usado, que genera 10,5 kg CO₂ eq por kg de producto. Otros productos también generaron emisiones, tales como el herbicida 2,4-D y otros (9,3%) y los fungicidas (1,8%). El punto crítico en la fase industrial fue la recepción, prelimpieza, acopio y secado (34%), principalmente debido a la quema de GLP como fuente de energía para el calor. El transporte desde el campo a la industria (por camión) contribuyó con el 54%, y con 46% desde la industria hasta el puerto (por camión y por tren).

Resultados para productos elaborados

Solo una de las cinco industrias relevadas produce productos elaborados, que pueden ser vendidos directamente en puntos de venta, por lo que resultó de interés ampliar el estudio con una sola empresa para determinar la Huella

Kg CO ₂ eq / kg producto	Con valorización de subproductos	Sin valorización
Manteca de maní, todos los envases*	0,5	0,9
Manteca de maní, envase de 1/2 kg	0,8	1,2
Garrapiñada - praliné	0,7	1,0
Recubierto	0,7	1,0
Frito	0,4	0,7
Tostado	0,4	0,8
Aceite refinado	0,4	0,5
Aceite esencial	1,0	1,6
Harina	0,7	1,1
Grana	0,7	1,0

Tabla 5. Huella de Carbono de productos elaborados (kg de CO₂ eq por kg de producto).

*Promedio ponderado de manteca de maní envasada en envases plásticos, de acero, y en cajas de cartón con bolsas de polypropileno.

de Carbono de algunos productos tales como manteca de maní, maní tostado, maní frito, garrapiñada, maní recubierto, aceite refinado de maní, aceite esencial de maní, harina de maní y grana. Los resultados de la tabla 5 se expresan en kg CO₂ eq por kg de producto final, siguiendo la norma The International EPD® System, (2012).

La tabla 5 muestra los resultados para los productos considerados. El maní confitería y el maní blanchado se consideraron como insumo o ingrediente. Otros insumos fueron la energía (electricidad y gas natural), harina de trigo, azúcar, sal, aceite refinado, y packaging.

El packaging tiene un impacto significativo en los resultados, que se torna más importante cuando el producto se presenta en tamaños más reducidos. En algunos productos, tales como el maní recubierto, hay una contribución sustancial a los Gases de Efecto Invernadero (GEI) por parte de otros ingredientes, tales como harina, azúcar, sal, saborizadores, etc., representando el 50% del peso total. Dado que la asignación se basó en el valor económico, se puede observar, por ej., que el alto impacto del aceite esencial se explica principalmente por su alto precio.

Análisis de sensibilidad. Escenarios

Escenario 1: producción primaria con labranza reducida, en lugar de siembra directa. Si bien la mayoría de los campos que cultivan maní han adoptado la siembra directa como tecnología de trabajo, algunos de ellos aún mantienen la denominada "labranza reducida", que incluye algunas operaciones previas a la siembra, además de la aplicación de un paquete diferente de agroquímicos. Además este tipo de producción tiene un rendimiento 15% inferior a la siembra directa, aproximadamente. El resultado obtenido modelando este escenario, muestra un mayor impacto respecto al caso base, aunque de poca relevancia. Se trata de un 5% más de impacto, debido principalmente al menor rendimiento mencionado.

Escenario 2: traslado de producto terminado en tren, en lugar de la combinación camión más tren. Los relevamientos realizados en las industrias maniseras dan cuenta del uso de camiones como principal medio de transporte para el traslado de los productos ya industrializados hacia el puerto para su exportación. Debido a que existe una línea férrea que conecta la localidad de Gral. Deheza con el puerto de Rosario, se modela mediante este escenario el impacto ambiental de transportar la totalidad de la producción por tren. Los resultados indican que si bien la distancia recorrida no cambia, la utilización de un medio de transporte más "limpio" desde el punto de vista ambiental provoca una disminución en las emisiones asociadas al transporte y a la cadena del maní en su conjunto. La reducción es del 6% y se debe al menor consumo de combustible por tonelada y por kilómetro recorrido.

Escenario 3: reposición de nutrientes al suelo. La producción agrícola de maní trae aparejada la absorción de nutrientes del suelo por parte de la planta. Siguiendo el método del balance de nutrientes (IPNI, 2010) se estimó que

para un rendimiento de 30 t/ha, el maní se lleva 132,5 kg/ha de nitrógeno (N), 27,4 kg/ha de pentóxido de fósforo (P₂O₅); 40,3 kg/ha de óxido de potasio (K₂O); y 9 kg/ha de azufre (S). Para que el suelo quede en condiciones similares a las que tenía antes de la siembra del maní, es necesario reponer estos nutrientes, por lo que para este escenario se consideró el impacto de fertilizar el suelo con 288 kg de urea; 137,06 kg de fosfato diamónico (FDA); 67,20 kg de cloruro de potasio (ClK); y 50 kg de sulfato de calcio (CaSO₄). Se tiene en cuenta también el uso de un tractor y un fertilizador (Ecoinvent, 2014). Por un lado, los resultados indican que la producción y agregado de los fertilizantes generan un 160% más de impacto que en el caso base, manteniendo el rendimiento constante. Una limitante de este escenario es que no se consideraron los rendimientos marginales que se producirían por la reposición de nutrientes, porque este balance es un ejercicio teórico en el que se usaron datos de rendimiento promedio para la provincia de Córdoba, porque el cultivo de maní no se fertiliza en la práctica, y porque los modelos de simulación de rendimiento de maní escapan a los objetivos de este trabajo. Por otro lado, cabe mencionar que se analiza solo el impacto calentamiento global, sin considerar otros impactos que podrían verse beneficiados, tal es el caso del agotamiento de nutrientes de los suelos, ni tampoco la susceptibilidad de erosión de los suelos.

Se aprecia que los escenarios 1 y 2 no modifican sustancialmente el resultado del caso base, mientras que el escenario 3 sí lo hace. Los valores se exponen sin considerar la valorización de los subproductos del maní (cáscara y tegumento); para incluir este crédito habría que restarle a los valores de emisiones de CO₂ equivalente, 196 kg, obteniendo así los valores netos totales, tanto para el caso base, como para los escenarios.

CONCLUSIONES

Se analizó la Huella de Carbono de la cadena de valor del maní de Córdoba, Argentina. Este trabajo es el primero en calcular el potencial de calentamiento global (GWP) de la cadena del maní y sus productos. Los resultados se presentan para que puedan ser usados como un insumo de próximos trabajos de actualización como así también para que sirva de información de referencia para todos los productos alimenticios que usan el maní como ingrediente.

Los resultados del escenario base del Análisis de la Huella de Carbono permiten concluir que las dos principales etapas de la producción tienen aproximadamente el mismo impacto ambiental. Las etapas: producción primaria del cultivo y procesamiento industrial contribuyeron con el 37% y el 38%, respectivamente, al potencial de calentamiento global total de la cadena del maní, mientras que el transporte contribuyó con el 25%. La valorización de los subproductos reduce en -83% el GWP.

En la fase producción primaria del cultivo, hay potencial para optimizar el consumo del combustible diésel, espe-

cialmente durante la cosecha; como así también las cantidades de agroquímicos usados. Los puntos críticos en la producción primaria del cultivo son la cosecha (41%), la producción de glifosato (8,8%), seguido por el conjunto de otros herbicidas (9,3%), y los fungicidas (1,8%).

En la fase de procesamiento industrial, el punto crítico es la recepción, prelimpieza, acopio y secado (34%) debido al uso de combustibles fósiles, especialmente GLP en las plantas que no tienen acceso al gas natural. En la fase de transporte, desde el campo a la industria tiene mayor impacto (54%) que desde la industria al puerto (46%), debido a que el peso total transportado desde el campo a la industria es aproximadamente el doble que desde la industria al puerto, a pesar de que la distancia de esta última es aproximadamente el triple que la distancia desde el campo a la industria. Además, el transporte desde la industria al puerto tiene un menor impacto, por la combinación de camión y tren.

Con respecto a los productos elaborados, se concluye que cuanto menor sea el tamaño del envase, mayor será el impacto relativo. En algunos casos (garrapiñada y manteca en pote), el aporte del envase supera al del producto.

El análisis de sensibilidad muestra que la labranza reducida tiene un mayor impacto (+5%) que la siembra directa, debido a los menores rendimientos obtenidos (-15%). El transporte por tren tiene un menor impacto (-6%) que por camión. El balance de nutrientes aumenta el GWP en 159%, debido a la producción de urea (81%), fosfato diamónico (15%) y cloruro de potasio (3%).

Recomendaciones: por un lado, para optimizar el sistema de producción del cultivo, sugerimos que los productores minimicen la dosis de glifosato, en la que se ha encontrado una amplia variabilidad, porque este agroquímico tiene una Huella de Carbono de 10,5 kg por kg de producto. Por otro lado, sugerimos el uso de una esparcidora de semillas para el cultivo de cobertura, porque tiene un impacto significativamente menor que una sembradora de grano fino. La prelimpieza del maní en caja en el campo de origen puede ayudar a disminuir el transporte de tierra y material extraño. También debería evaluarse el secado del maní en caja en origen, tal como se hace en otros países, para evitar el transporte de humedad innecesaria. El sector se puede beneficiar de obras de infraestructura para la provisión de gas natural, ya que es una alternativa de menor impacto que el GLP. Existe un amplio potencial para formular proyectos de inversión para el aprovechamiento de la cáscara de maní, especialmente para aquellos que generen electricidad y calor. Deberían considerarse también estrategias y políticas públicas para extender el uso del tren como medio de transporte de cargas para todas las empresas procesadoras de maní. El packaging de los productos elaborados debería elegirse en función de su impacto ambiental.

Este análisis abre el camino para futuras líneas de investigación. Dentro de las limitantes de este estudio se puede mencionar que el cultivo de maní estudiado abarca una sola campaña de cultivo, comprendido en una rotación cada cuatro años con otros cultivos, tales como trigo, soja o maíz; o

bien con pasturas para producción animal. Un análisis integral del modelo de producción debería considerar el cultivo de maní como un componente más del sistema productivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto PNIND 1108074, Programa Cultivos Industriales, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en convenio con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Este estudio fue posible gracias a la información detallada, valiosa y crítica provista por las empresas miembros de la Cámara Argentina del Maní, las que dedicaron una considerable cantidad de tiempo y esfuerzo para contestar el relevamiento y recibir los visitantes. La presentación de este trabajo en la VI International Conference on Life Cycle Assessment in Latin America (CILCA 2015) fue financiada por la Fundación Maní Argentino y por la Universidad Católica de Córdoba.

BIBLIOGRAFÍA

- BAIGORRIA, T.; CAZORLA, C. 2010. Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. Actas del XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- BOLSA DE CEREALES DE CÓRDOBA. 2013. Departamento de Información Agroeconómica. Informe Especial N.º 54. Producción del cultivo de maní 2012/2013. (Disponible: <http://www.bccba.com.ar/> verificado: 15 de diciembre de 2016).
- BONGIOVANNI, R.; MORANDI, J.; TROILO, L. 2012. Competitividad y calidad de los cultivos industriales: caña de azúcar, mandioca, maní, tabaco, té y yerba mate. Ediciones INTA. Manfredi, Córdoba, Argentina.
- BRUE, S. L.; MCCONNELL, C.R. 2002. Economics. Principles, Problems and Policies (15th ed.). Boston: Irwin/McGraw-Hill.
- DE LEON, M. 2014. Investigador en Producción Animal, INTA Manfredi. (R. Bongiovanni, entrevistador). ECOINVENT. 2014. Database version 3.1. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. (Disponible: <http://www.ecoinvent.org/>).
- ENVIRONMENTAL WORKING GROUP. 2011. Meat Eaters Guide. Methodology. (Disponible: <http://www.ewg.org/meateatersguide/> verificado: 15 de diciembre de 2016).
- GOTI, D. 2015. Cogeneración de energía en Aceitera General Deheza, Córdoba, Argentina. Probiomasa. (Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=oQbWP-dCA0M> verificado: 15 de diciembre de 2016).
- GROSSO, N.R. 2014. Investigador, Universidad Nacional de Córdoba. (R. Bongiovanni, entrevistador).
- GUINÉE, J.; GORRÉE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; KONING, A. D.; HUIJBREGTS, M. 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- HARO, R.; OTEGUI, M.E.; COLLINO, D.; DARDANELLI, J. 2007. Environmental effects on seed yield determination of irrigated peanut crops: links with radiation use efficiency and crop growth rate. Field Crops Research, 103, 217-228.

IPNI. 2010. Soil Fertility Manual. Peachtree Corners, GA 30092, EUA: International Plant Nutrition Institute (IPNI).

ISO. 2006. ISO 14044: Environmental Management, Life Cycle Assessment Requirements and Guidelines, International Organization for Standardisation (ISO).

ISO. 2013. ISO 14067: Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication. International Organization for Standardization (ISO).

PRÉ-CONSULTANTS. 2014. Simapro software. Países Bajos. (Disponible: <https://www.pre-sustainability.com/simapro>).

RAMSEY, S. 2010. American Peanut Council Sustainability Initiative. Keystone Report - Final Results - U.S. Peanut Resource Efficiency Measures All Regions. (Disponible: <http://www.peanut-susa.com/MainMenu/Industry-Research/Sustainability> verificado: 15 de diciembre de 2016).

SECRETARÍA DE ENERGÍA. 2014. Matriz energética nacional de Argentina. (Disponible: <http://www.energia.gov.ar/home/> verificado: 15 de diciembre de 2016).

SIMAPRO. 2014. PRé Consultants. Life Cycle Assessment Software version 8.0.3.14. (Disponible: <http://www.pre-sustainability.com/>).

THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM. 2012. Environmental Product Declaration. Product Category Rules (PCR) Fruits and Nuts. The International EPD® System Estocolmo, Suecia.:

UNCOMTRADE. 2015. United Nations Commodity Trade Statistics Database. (Disponible: <http://comtrade.un.org/db/> verificado: 15 de diciembre de 2016).

USDA. 2015. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Demand Online. (Disponible: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx> verificado 15 de diciembre de 2016).