

El impacto ambiental de la generación de gases de efecto invernadero en la seguridad alimentaria

Análisis desde la perspectiva de la fabricación de envases flexibles para alimentos



Marina Beltaco
marinabeltaco@gmail.com

Bioquímica (UNL)
Magister en Gestión de Seguridad Alimentaria (Universidad ISALUD)
ANMAT Delegación Santa Fé

Director:
Mg. Ing. Walter García (Universidad ISALUD)

Co-director:
Lic. Martín Deferrari (Universidad ISALUD)

Comité evaluador:
Mg Martín Langsam (Universidad ISALUD)
Ing. Jorge Debanne (Universidad ISALUD)
Dra. Marta Beconi (UBA Agronomía)

1. Introducción

Desde hace 200 años, el clima es un factor determinante para la seguridad alimentaria, desde el advenimiento de la revolución industrial, la habilidad humana para controlar las fuerzas de la naturaleza y gestionar su propio entorno ha crecido enormemente. Los avances en el almacenamiento, transporte y tecnologías han hecho de la elaboración de alimentos y su envasado una nueva área.

A nivel global, los sistemas alimentarios dependen más del clima que hace años, los posibles impactos del cambio climático sobre la seguridad alimentaria tienden a verse en lugares en donde la agricultura pluvial es la principal fuente de sustento.

Un sistema alimentario es vulnerable cuando uno o más de los componentes de la seguridad alimentaria es incierto o inseguro. La disponibilidad de alimentos está determinada por las cantidades físicas de los alimentos que se producen, almacenan, procesan, distribuyen e intercambian. Cuando existen carencias agravadas por las acciones que ejerce el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sobre la atmósfera y que provocan modificaciones en el clima, la introducción de prácticas de mitigación que crean la competencia del uso del suelo y la atribución de valor a los servicios ambientales para mitigar las emisiones de GEI que tiene el potencial de causar cambios significativos en la accesibilidad a los alimentos es una medida de la capacidad de asegurar los derechos, que se define como el conjunto de recursos que un individuo o grupo requiere para obtener acceso a los alimentos (A. Sen 1989, en FAO 2003). Hasta la década de 1970, la seguridad alimentaria se vinculaba principalmente a la producción de alimentos y el comercio global (Deveraux y Maxwell, 2001) pero desde entonces el concepto se ha ampliado para incluir el acceso a los alimentos. La FAO estima

que el impacto del cambio climático sobre la producción agrícola mundial será leve hasta el año 2030, luego se hará más severo en las zonas más vulnerables y con menor capacidad de adaptación, lo que causará mayor inseguridad alimentaria. El cambio climático es un reto para toda la humanidad, especialmente en momentos en los que se plantean presiones cada vez más fuertes en cuanto a alcanzar acuerdos globales y vinculantes que superen al Protocolo de Kioto y que impulsen los servicios certificados. Esto nos hace pensar que el cambio climático trasciende lo estrictamente ambiental, puesto que impacta sobre la agricultura, la economía, el comercio y la seguridad alimentaria. Es imprescindible promover modelos productivos sostenibles que provean alimentos seguros y que contribuyan a mejorar la vida de las comunidades.

Tradicionalmente, los procesos productivos eran diseñados contemplando factores de funcionalidad, calidad, costo, ergonomía, rentabilidad, seguridad, entre otros. Es un hecho que la sociedad ha desarrollado interés sobre temas de índole ambiental como el agotamiento de los recursos naturales y la degradación del ambiente. La industria entonces trata de responder utilizando tecnologías amigables con el ambiente. La determinación de emisiones de GEI en la línea de producción de una empresa de envases alimentarios se enmarca dentro de esta tendencia a ejercer y desarrollar una gestión ambiental proactiva y responsable.

La explosión del consumo en las últimas décadas, vinculada al crecimiento de la población y a un estilo de vida más dinámico, que lleva al consumo de unidades individuales, unido a la tendencia de usar y descartar, ha producido un aumento significativo del impacto ambiental generado por el sector de envases y embalajes. Con el impacto ambiental ejerciendo una gran influencia sobre los consumidores, el empaque cobra una importancia crítica en la selección de un producto, y aquí es donde los proveedores del empaque pueden trabajar conjuntamente con los fabricantes de alimentos para ser exitosos en el mercado. Los envases modernos han hecho la vida más fácil en muchos aspectos: la preparación de los alimentos y su almacenamiento, y el mejoramiento de su vida útil; desafortunadamente, estas ventajas a nivel social generan daño ambiental; las salidas son el reciclaje y el diseño de métodos más eficientes de producción. El consumo de alimentos congelados y comidas preparadas, grandes demandantes de envases flexibles, han ido aumentando en función de los nuevos hábitos de compra y del cambio de las situaciones laborales familiares.

Para la producción de envases de plástico se consumen muchos recursos energéticos, en la actualidad estos recursos energéticos se obtienen prácticamente en su totalidad a partir de fuentes de energía no renovable y, al utilizarlos, se producen emisiones de GEI. Las temperaturas medias globales han aumentado principalmente debido a la acumulación de GEI en la atmósfera. Las principales causas se deben a la combustión de fósiles (carbón, combustible y gas) que día tras día incrementan su demanda mundial de energía, y esta demanda se traslada a la agricultura y a los alimentos. Los procesos de calentamiento global no muestran signos de disminución y provocan grandes modificaciones en las condiciones climáticas.

Estos cambios impactan seriamente en las cuatro dimensiones del concepto de seguridad alimentaria:

- Disponibilidad.
- Acceso.
- Utilización.
- Estabilidad del sistema alimentario.

Los efectos se encuentran presentes actualmente en el mercado alimentario global, y son particularmente significantes en las áreas rurales donde declina la productividad. Los impactos se sufren en aquellas regiones donde la cadena de suministro se discontinúa, se pierden bienes de sustento por inclemencias climáticas, disminuye el poder adquisitivo y peligra la salud y seguridad alimentaria de sus pobladores.

2. Contexto, antecedentes y justificación

La demanda global creciente sobre los recursos naturales está agotando las fuentes naturales de aprovisionamiento, al tiempo que genera una presión insostenible sobre el medio ambiente, mientras la demanda de alimentos puede aumentar en un 70% hasta el año 2050, el 60% de los principales ecosistemas del mundo que contribuyen a la producción de estos recursos ya se han degradado o se están utilizando de manera insostenible.

El CO₂ es el gas más importante en el calentamiento global, debido a que su concentración manifiesta un aumento del 80% entre los años 1970 y 2004. Se proyecta que el CO₂ equivalente tendrá un aumento de 25% a 90% entre los años 2000 al 2030 (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos, IPCC, 2007). Las elevadas emisiones de GEI generan, entre otros efectos, escasez de agua que, sumada a la actividad industrial, producen la contaminación y un círculo vicioso inextinguible (PNUMA, 2011).

Según la British Standards Institution “*los GEI son responsables de causar el fenómeno reconocido como calentamiento global y cambio climático*”. Los mayores GEI naturales son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). Otros GEI creados por el hombre como los clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) que, si bien se encuentran en una menor concentración en la atmósfera, tienen un alto potencial de calentamiento global (BSI, 2008, p. 12).

El aporte de los distintos gases de efecto invernadero (GEI) es medido en función del dióxido de carbono, para este fin, la unidad de medida utilizada es el dióxido de carbono equivalente, (CO₂e). El valor de éste se calcula multiplicando la masa de un determinado gas de efecto invernadero por su potencial de calentamiento global. De esta forma, el dióxido de carbono equivalente asociado a 1 kg de metano es igual a 1 kg de metano x 25 kg CO₂e/kg metano = 25 kg de CO₂e (BSI, 2008).

Según el último estudio de la Dirección de Cambio Climático (2000) la “contribución” argentina en la emisión de GEI es de

0,84%, que sitúa a nuestro país, por volumen, en el puesto 25 a nivel mundial, y en el 53 de las emisiones per cápita. En el período que va desde los años 1950 al 2005, nuestro país “contribuyó” con el 0,5% de las emisiones globales, esto implicó, según observaciones realizadas por expertos, el aumento en la temperatura media en el norte de país, disminución en la zona cordillerana, aumento en el nivel del mar, del río Paraná y del Río de La Plata, con los consecuentes daños colaterales como dificultades en la provisión de agua potable, enfermedades tropicales como el dengue, mayor riesgo de incendios forestales, con la consecuente pérdida de calidad del suelo. Para los próximos treinta años, los miembros del Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático (IPCC) prevén cambios que se intensificarán a lo largo del siglo como más precipitaciones intensas con secuelas de inundaciones, daños y hasta muertes en ambientes urbanos y olas de calor más frecuentes e intensas.

La industria alimentaria y los productos afines son responsables estimativamente de aproximadamente el 20-30% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Un boletín científico de la Unión Internacional de Ciencia y Tecnología (IUFOST, 2010, citado por Rojas Wang, 2011) informó que las empresas de alimentos con conciencia ambiental están empezando a estudiar la huella de carbono de sistemas alternativos de procesamiento y envasado. Esta acción se realiza dentro de la iniciativa para elegir las opciones que tengan el menor impacto, lo que a menudo está asociado con una reducción de costos.

Argentina ocupa el tercer lugar en la lista de los países de América Latina emisores de CO₂, según Schneider y Samaniego (2010). Las principales fuentes de emisión de los alimentos difieren según la cadena, la empresa y el producto. En la cadena de suministro las mayores emisiones provienen de los envases de alimentos y de los envases de alimentos congelados. La industria de plástico para envases supera las 250.000 toneladas, en el caso del PET que es usado para las bebidas sin alcohol, la producción superaría las 70.000 toneladas anuales para la fabricación de unos 1.200 millones de unidades. Este material es utilizado en la elaboración de gaseosas, aguas minerales, aceites, vinagres y jugos de frutas. También se utiliza el poliestireno para postres, quesos, yogures y margarinas.

Hay estudios europeos y americanos que demuestran un aumento constante de cinco tipos de comportamientos ambientales entre consumidores de los cinco mercados que marcan tendencia en el mundo: Brasil, China, Francia, Alemania y Estados Unidos; monitoreados desde 2005 hasta 2011. Los estudios destacan que un 70% de los consumidores afirmó informarse sobre temas ambientales antes de sus compras, muy por encima del 40% que se registró en el 2005. En ese mismo renglón, más del 50% afirmó rechazar envases por razones ambientales, mientras que en el 2005 esta afirmación no alcanzaba al 30%. Conforme aumenta el interés de acción ambiental, los consumidores se aseguran de estar más informados (Ecochek, Bélgica; iniciativa “Grenelle de l’Environnement”, Francia 2007;).

El comercio de productos sostenibles certificados, además de bienes y servicios relacionados con el medio ambiente, va en au-

mento. A pesar de que este tipo de comercio representa, a día de hoy, una fracción menor del comercio mundial, estos mercados suelen crecer más rápido que los convencionales. Las prácticas de comercio sostenible, promovidas por una mayor concientización por parte de los consumidores, y patrones de producción y consumo sostenibles en las empresas elaboradoras, tienen el potencial de mejorar cuestiones sociales y medioambientales urgentes. La inversión responsable en los sistemas alimentarios es esencial para mejorar la seguridad alimentaria. Crear incentivos económicos para aplicar normas en pro de la sostenibilidad y métodos de trazabilidad que permitan hacer un seguimiento de los productos desde su origen hasta el consumidor contribuye a promover el comercio sostenible. Empezar asociaciones en pro de cadenas de suministro eficaces con exportadores internacionales puede beneficiar especialmente a los pequeños productores, así como ayudar al desarrollo y la expansión de la infraestructura de una cadena de suministro sostenible, incluidos el almacenaje, el embalaje y el transporte. Además, reforzar las instituciones nacionales y los marcos reguladores contribuiría a apoyar estas actividades de economía verde y fomentar nuevas iniciativas en pos de reforzar el concepto y la dimensión de la definición de seguridad alimentaria, la que dice que “**existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana**” (FAO, 1996).

Esta definición, comúnmente aceptada, señala las siguientes dimensiones de la seguridad alimentaria: **Disponibilidad de alimentos, Acceso a los alimentos, Utilización biológica de los alimentos** a través de una alimentación adecuada, agua potable, sanidad y atención médica, y **Estabilidad alimentaria**. Respecto de este último punto, para tener seguridad alimentaria una población, un hogar o una persona deben tener acceso a alimentos adecuados en todo momento, no deben correr el riesgo de quedarse sin acceso a los alimentos a consecuencia de crisis repentinas como por ejemplo, una crisis económica o climática, ni de acontecimientos cíclicos como la **inseguridad alimentaria estacional**. De esta manera, el concepto de **estabilidad** se refiere tanto a la **dimensión de la disponibilidad** como a la del **acceso** de la seguridad alimentaria.

El proceso de calentamiento global no muestra signos de disminuir y se espera que se produzcan grandes cambios en las condiciones meteorológicas. Estos cambios tendrán un serio impacto en las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria: disponibilidad, accesibilidad, utilización y estabilidad del sistema alimentario. Tendrá un impacto en la salud humana, los medios de subsistencia, la producción de alimentos y canales de distribución, así como el cambio en la compra de energía y flujos de mercado. Sus impactos serán a corto plazo como resultado de eventos meteorológicos más frecuentes e intensos, y a largo plazo, como resultado del cambio en las temperaturas y los patrones de precipitación. Así, las poblaciones más vulnerables

y con inseguridad alimentaria es probable que sean las primeras afectadas.

Los sistemas de subsistencia basados en la agricultura que ya son vulnerables a la inseguridad alimentaria corren el riesgo inminente de malas cosechas, nuevos patrones de plagas y enfermedades, falta de semillas y pérdida de cosechas y ganado. Aquellos de zonas rurales que habitan en las costas, llanuras aluviales, montañas están en mayor riesgo. Como un efecto indirecto, las personas de menor recurso económico están en mayor riesgo de inseguridad alimentaria debido a las pérdidas de sus activos.

En el sector de alimentación la adaptación y la mitigación se relacionan mutuamente por lo que la adopción de un enfoque estratégico integrado representa el mejor camino a seguir.

En los últimos años, el envase además de ser el contenedor y el medio de transporte de un producto alimentario se ha transformado en una poderosa herramienta de mercadotecnia y cada vez tendrá más importancia, en función del crecimiento del consumo de las comidas rápidas y congeladas y del supermercado.

Por su parte, para la empresa en particular, para el sector de envase y empaque de alimentos, y para los consumidores en general, es importante saber que los beneficios de analizar la huella de carbono representan las posibilidades de:

- Disponer de un método claro y consistente para evaluar, verificar y neutralizar las emisiones de GEI de sus productos a lo largo de su ciclo de vida;
- Identificar áreas donde hay potencial para reducir emisiones y optimizar operaciones y costos;
- Facilitar la evaluación de configuraciones alternativas de los productos y los sistemas de fabricación y logística en base a la huella de carbono;
- Facilitar la selección de materias primas y suministradores en base a la huella de carbono;
- Contar con una herramienta eficaz para la gestión energética y ambiental de la compañía;
- Poseer una base de información para anticiparse a futuras regulaciones;
- Evaluar la relevancia del impacto de las emisiones de GEI que tiene el producto en el Medio Ambiente;
- Comunicar a sus clientes, consumidores y sociedad en general el compromiso de reducción de la huella de carbono, generando así importantes ventajas competitivas en el posicionamiento de sus productos.

3. Objetivos, metodología y desarrollo

Para satisfacer la demanda de alimentos de la población mundial que se prevé crecerá a 2,5 mil millones hacia el 2050, será fundamental intensificar las producciones obteniendo mayores rendimientos, lo que incluye el mantenimiento y la optimización de los recursos energéticos y el aumento de la eficiencia en el sector comercio-industria.

El sector industrial alimentario es un importante emisor de GEI

pero cuenta con posibilidades para reducir sustancialmente las emisiones mediante prácticas mejoradas de gestión.

La relación entre seguridad alimentaria y comercio es a través de la disponibilidad de alimentos (oferta) y en cierta medida la estabilidad a un precio razonable. Esto se logra a través de la producción nacional (agricultura) y por las importaciones (comercio internacional). Estos elementos, agricultura y comercio internacional, son identificados como temas instrumentales, son medios a través de los cuales se logra la seguridad alimentaria. La importancia relativa de ambos instrumentos en lograr la disponibilidad de alimentos a precios razonables depende de la estructura productiva, los recursos naturales disponibles para la producción de alimentos que está en competencia con otros usos potenciales como la bioeconomía, y de la política comercial de cada país.

El cambio climático, consecuencia del calentamiento global, puede caracterizarse como un elemento desestabilizador de la agricultura y del comercio y, a través de éstos, de la seguridad alimentaria. La relación del cambio climático con la agricultura es muy compleja, puesto que la agricultura no es sólo la producción de alimentos. En una conceptualización amplia, la producción de alimentos compete en la utilización de los recursos naturales agrícolas, con otros usos como la producción de biocombustibles, los textiles, los plásticos, etc.; lo cual tiene consecuencias para nuestro análisis.

En el caso del comercio, la relación con el cambio climático es bidireccional. El comercio agrícola internacional, caracterizado por el transporte de *commodities* que implica grandes volúmenes y largas distancias, es un consumidor importante de energía fósil y por lo tanto de emisiones de GEI.

Por otra parte, las preocupaciones medioambientales podrían resultar progresivamente en la imposición por parte de los países importadores de “barreras verdes” al comercio agrícola. Éstas señalan la importancia de llevar adelante programas dirigidos a mitigar el impacto sobre el calentamiento global.

Es importante entonces, desarrollar y fomentar una industria climáticamente inteligente, lo que es crucial para lograr las metas de seguridad alimentaria y cambio climático (FAO, 2013). Preservar y reforzar la seguridad alimentaria requiere que todos los sistemas de producción que se relacionan a los alimentos, y en este punto se incluye a los envases y embalajes, tengan una mayor resiliencia, sean capaces de desarrollarse de un modo más adecuado, y esto requiere una transformación en la gestión de los recursos e insumos y una eficiencia más alta en su uso. La transición a estos sistemas generará beneficios significativos en materia de mitigación, reduciendo las emisiones de Carbono por unidad de producto.

Para tratar los problemas generados por el cambio climático se adoptó el Protocolo de Kioto del año 1997, el cual establecía que los países desarrollados e industriales debían limitar sus emisiones de GEI. Este compromiso obligaba a reducir en un 5% las emisiones de GEI entre el año 2008 al 2012, utilizando como base las emisiones de GEI del año 1990 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, 2010). Más allá de los límites marcados por el Protocolo, la Unión Europea se comprometió en Doha, Qatar, en la Cumbre del Clima, a un objetivo de reducción

de emisiones en línea con su legislación doméstica, de un 20% en 2020 respecto a los niveles de 1990, que podría aumentarse hasta el 30% si los demás países tomaran compromisos comprobables de mayor envergadura. Luego, en diciembre de 2014, en Lima, Perú, más de 190 naciones del mundo, concluyeron en la elaboración de un nuevo acuerdo que se definió en París a fines de 2015, en donde se propusieron reglas básicas sobre cómo todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo, reducirán sus emisiones a nivel nacional y local para avanzar hacia un desarrollo sostenible con miras a 2020, en donde vence el Protocolo de Kioto. En el Acuerdo COP21 de París (Naciones Unidas, 2015), en las consideraciones principales se tiene presente la *prioridad fundamental de salvaguardar la seguridad alimentaria y acabar con el hambre, y la particular vulnerabilidad de los sistemas de producción de alimentos a los efectos adversos del cambio climático*, y en el art. 2, inc. b. se propone: *aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos.*

Este trabajo se basó en analizar la sustentabilidad en el proceso productivo de una empresa del interior del país, dedicada a la fabricación y venta de envases flexibles para alimentos, midiendo y determinando las emisiones de GEI en la producción de la Planta. Se plantea contar con una plataforma informática en la cual, luego de la determinación de las emisiones, se incorporará el calculador de la huella de carbono, lo que permitirá conocer su valor en los envases producidos en el futuro.

3.1. Objetivo General

El propósito de este trabajo es generar evidencia, convocar a la reflexión y proporcionar información sobre la relación existente

entre la emisión de GEI que provocan el cambio climático, y la seguridad alimentaria de la población futura. Asimismo, la realización de este trabajo, permitirá generar una línea de base de la realidad de la empresa para la posterior evaluación de intervenciones, entregar información que contribuya al diseño sustentable y a largo plazo revertir los daños ambientales, midiendo la emisión analizando el proceso del cálculo de la huella de carbono en la planta productora de bobinas de polietileno para el envase de productos alimenticios.

3.2. Metodología

El gráfico 1 tiene como objetivo, esquematizar de forma clara las secuencias y relaciones entre cada una de las actividades desarrolladas durante la investigación para recolectar los datos necesarios en el proceso productivo.

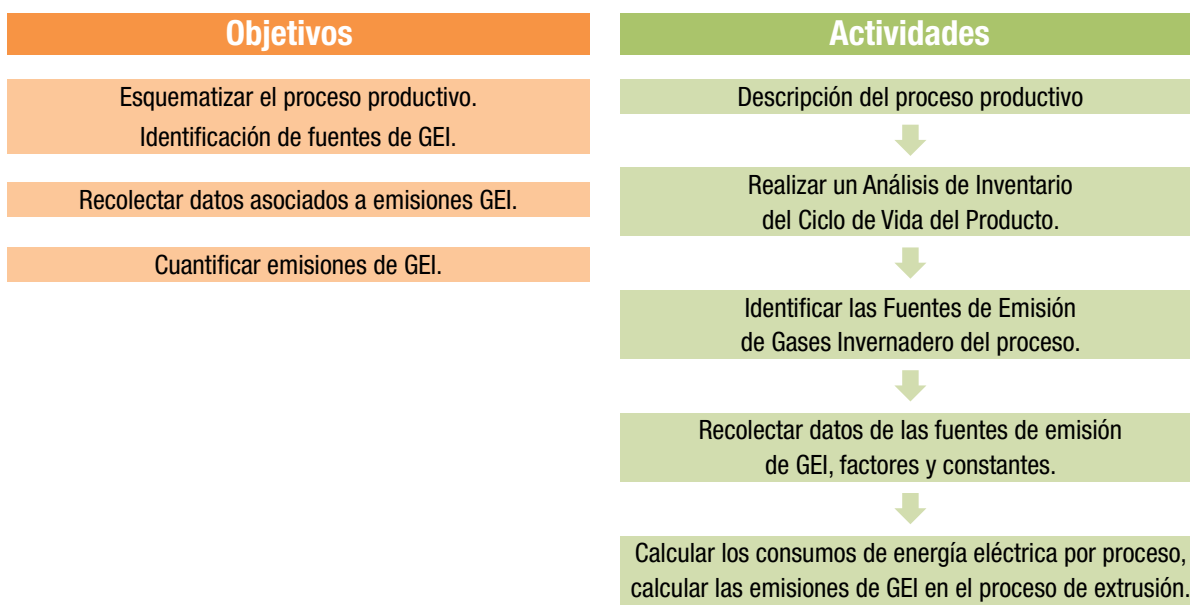
3.3. Importancia del análisis del ciclo de vida

El análisis del ciclo de vida (ACV) es una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental del producto a lo largo de todo su ciclo de vida. Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos. La manera y forma en la que se recopilan estas entradas y salidas se conoce como inventario de ciclo de vida.

Conocer las emisiones de GEI y su suma, la huella de Carbono, permite identificar las posibles rutas a seguir para reducir o mitigar las emisiones, es una herramienta de gran alcance para descarbonizar la cadena de suministro de productos.

Gráfico 1

Diseño metodológico



3.4. La huella de carbono

La huella de carbono nace como una medida de cuantificar y generar un indicador del impacto que una actividad o proceso tiene sobre el cambio climático, más allá de los grandes emisores. El concepto huella de carbono se originó en movimientos ambientalistas, principalmente británicos, que cuestionaron el consumo de alimentos producidos lejos del sitio de consumo, respaldando el consumo preferencial de alimentos de origen local, por considerarlos más amigables con el medio ambiente al no incluir las emisiones de GEI atribuidas al transporte desde regiones lejanas. La consecuencia en el Reino Unido fue que el término fue asumido por los grandes distribuidores de alimentos, entre otros. No hay un origen claro de la definición, como hoy se le conoce, sin embargo es probable que sea una extensión del concepto de huella ecológica, desarrollado por el ecólogo William Rees a principio de los '90. Desde el año 2005 el concepto de huella de carbono ha tomado mayor fuerza a través de diversas campañas.

Esta herramienta permite a las empresas ganar ventajas competitivas, un mejor manejo de riesgos, y dar un valor agregado a sus productos. La huella de carbono, resultado de la suma de GEI, entendida bajo el concepto de gestión ambiental y de responsabilidad social empresarial (RSE), responde a un cambio global en la forma actual de hacer negocios. La huella de carbono también puede ser usada como una herramienta para optimizar procesos, especialmente aquellos referidos al uso eficiente de materias primas y energías.

Argentina formó parte del grupo de países en vías de desarrollo denominado G77 + China en la conferencia sobre cambio climático en Durban, Sudáfrica (COP 17). Es un grupo clave, ya que aglutina a 134 países, entre ellos potencias emergentes como Brasil, China e India, y gran parte de las naciones sudamericanas, africanas y asiáticas. Además, nuestro país, como parte de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, tiene la obligación de reportar su inventario nacional de emisiones y absorciones de GEI (GEIs) de los distintos sectores que integran su economía. Hasta el momento de realización de este trabajo, se han presentado tres comunicaciones nacionales con un inventario que reporta emisiones al año 2000. Para dar cumplimiento a las obligaciones resultantes de la Convención se ha convocado a instituciones interesadas a participar de los trabajos en proyecto.

Actualmente, no existe un procedimiento de cálculo internacionalmente aceptado, habiendo algunos desarrollos más empleados que otros, como es la norma técnica británica conocida con el nombre de PAS 2050:2008 y que, dentro de los desarrollos existentes, aparece como más orientada a productos que a empresas. Por tanto, es altamente probable que dos valores de huella de carbono de un mismo producto no sean comparables debido a diferencias en las metodologías de cálculo, las que pueden provenir del alcance de los ciclos de vida, de los límites de cuantificación y, lo que podría ser más relevante, de diferencias en los factores de emisión considerados.

Por lo anterior, es vital que el país genere información sobre el

tema, con análisis y evaluación de sus principales productos agropecuarios de exportación, identificación de las posibles fases críticas y definición de estrategias de mitigación.

No existe una definición única de huella de carbono, debido a que el alcance de los procesos y los correspondientes límites de cuantificación varían entre las diferentes estrategias metodológicas actualmente disponibles, no obstante todas concuerdan en el concepto involucrado.

Así, puede decirse que la huella de carbono de un Producto (bien o servicio) es la sumatoria de los gases de efecto invernadero que son emitidos como resultado de las acciones de generación y comercialización del bien o servicio en cuestión, involucrando en las acciones de "comercialización" aquellas emisiones asociadas a la preparación del producto para su entrega en el mercado (selección, limpieza, embotellado, embalaje, cadena de frío) y las de traslado hasta el sitio de expendio al público.

Algunas estrategias metodológicas sólo consideran las emisiones de dióxido de carbono provenientes del consumo de energía requerido para manufacturar y transportar los insumos y el producto mismo. Otras estrategias toman en cuenta todos los gases de efecto invernadero emitidos, expresando la huella de carbono resultante en dióxido de carbono equivalente (CO₂E), para lo cual hacen uso de los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) que ofrece el IPCC.

3.5. Metodología de cuantificación

En el presente estudio se ha empleado el procedimiento metodológico descrito en la norma británica conocida como PAS (Publicly Available Specification) 2050 versión 2008. El procedimiento metodológico PAS 2050:2008 fue creado con el fin de gestionar las fuentes de emisión a lo largo del "Ciclo de Vida del Producto" e informar a los consumidores sobre el mismo.

Los beneficios que ofrece esta metodología para organizaciones y empresas que desean estimar las emisiones de GEI de sus productos son:

- Permite la evaluación interna del ciclo de vida de las emisiones de GEI de bienes y servicios.
- Facilita la evaluación de procesos alternativos de producción, métodos de manufactura, selección de materias primas y proveedores, en base a las emisiones por ciclo de vida del producto.
- Permite la comparación de bienes y servicios usando un enfoque común, reconocido y estandarizado para la evaluación de ciclo de vida de los GEI.
- Sirve como soporte para la presentación de informes sobre responsabilidad corporativa.

4. Resultados

4.1 Identificación y medición de los GEI en una empresa del interior del país.

Se realizó una descripción del proceso productivo de la empre-

sa, se desarrolla un inventario del Ciclo de Vida del Producto, se identifican las fuentes de emisión de GEI más relevantes y se analizan las ventajas y desventajas de oportunidades de reducción de emisiones de GEI. Las etapas de proceso realizadas en esta planta son:

Coextrusión, extrusión: aquí el polietileno es convertido en film, de una a cinco capas, según las especificaciones técnicas y requerimientos del producto a ser envasado. La máquina extrusora toma la materia prima (grumos de polietileno) aspirándolos desde los tambores y los transforma mediante calor, conformando un globo uniforme. Una vez comenzado el proceso la extrusora debe ser alimentada en forma continua y manual a través de aspiradoras que toman la materia prima desde tambores, dichos tambores son continuamente alimentados manualmente por los operarios al sonar una alarma de nivel durante el proceso de producción. Los equipos utilizados en esta instancia representan, por cantidad y calidad de transformación, la base y solidez de la compañía.

Impresión: si el film extrudado llevará un diseño, éste ingresa a la etapa de impresión.

Laminación: dependiendo de las características de cada envase, combina diferentes tipos de films con el objeto de alcanzar distintas propiedades ópticas, mecánicas y de barrera, orientadas básicamente a la conservación de alimentos.

Confección: en el proceso de confección, las láminas y los tubos de film son cortados y sellados de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada cliente, dándole las medidas y características finales a cada envase.

Corte o Refile: este proceso le confiere a las bobinas provenientes el ancho final según especificaciones, que será el que finalmente es enviado a los clientes. Todas las bobinas llevan su correspondiente identificación para asegurar la trazabilidad del producto.

Expedición: el producto terminado, se traslada por medio de zorras

hidráulicas hasta la zona de pesaje e identificación y se recubre con un film de polietileno para conservarlo.

Para evitar cualquier contaminación se trabaja a puertas cerradas. La mayor parte de la producción se destina a la generación de envases para alimentos. La empresa posee su propia flota de camiones, lo que permite la entrega a lo largo y ancho de todo el país. Cabe destacar que no existen estudios previos en el establecimiento donde se haya intentado medir la emisión de GEI en alguno de los procesos productivos.

El intento de medir la emisión de GEI en la fabricación de envases flexibles destinados a alimentos es un proyecto destinado a evaluar la huella de carbono para, si el resultado no es el esperado, promover medidas de posibles reducciones para satisfacer las demandas de sustentabilidad que comienzan a solicitarse.

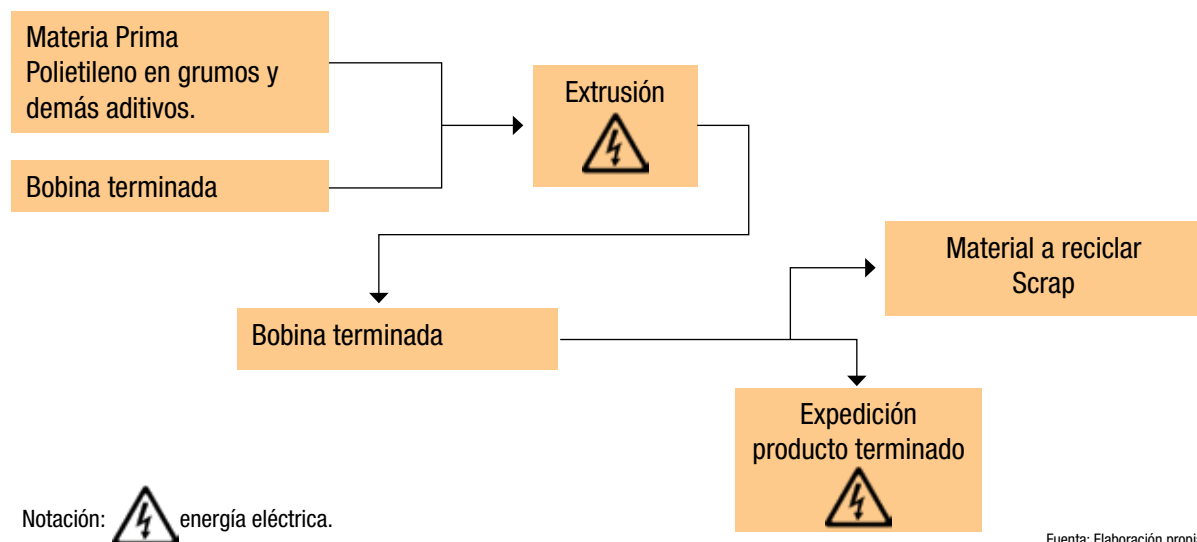
En el importante mercado de los envases, en los últimos años, se ha reducido sustancialmente el material utilizado mediante la aplicación de modernas tecnologías de producción de materias primas y de transformación. En este caso se usan polietilenos lineales en múltiples capas que ofrecen una gran resistencia con mucho más bajo peso. Como se observa en la tabla 1, el micronaje se redujo en un 40% en un período de 15 años.

Tabla 1
Reducción de micronaje en producción de bolsas de polietileno

Año	Espesor (mic)
1993	200
1994	180
1995	160
1998	140
2007	120

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2
Mapa de proceso productivo



Fuente: Elaboración propia

4.2 Tipos de emisión de GEI consideradas

Emisiones directas: incluyen las emisiones GEI resultantes de las operaciones y procesos que ocurren dentro de cada una de las fases del ciclo de vida de un producto y que son necesarias para producirlo, procesarlo y comercializarlo; en otras palabras, son las emisiones de las cuales el producto es responsable directo. Se incluyen todas las operaciones de las que se posee control:

- a) *Materias primas:* corresponde a las emisiones de GEI resultantes de todos los procesos utilizados en la transformación de las materias primas.
- b) *Energía:* corresponde a las emisiones de GEI asociadas con el suministro y el uso de la energía en el ciclo de vida del producto.
- c) *Manufacturación y prestación de servicios:* atañe a las emisiones de GEI derivadas de la manufacturación y prestación de servicios que ocurren como parte del ciclo de vida del producto.
- d) *Funcionamiento de las instalaciones:* se relaciona a las emisiones de GEI del funcionamiento de las instalaciones de la Planta I. El funcionamiento de las operaciones incluye la iluminación, calefacción, refrigeración, ventilación, control de humedad y otros controles ambientales en los locales.
- e) *Almacenamiento:* se refiere a las emisiones de GEI derivadas

de la conservación del producto o almacenamiento previo a las actividades de reutilización o reciclaje.

4.3. GEI involucrados

Los siguientes son los gases de efecto invernadero incluidos: dióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O) y gases refrigerantes con potencial de calentamiento global conocido.

La etapa del ciclo de vida, considerada para la evaluación de las emisiones de GEI, fue la etapa de extrusión. El origen de las emisiones de GEI asociadas a los procesos de extrusiones es la utilización de energía eléctrica.

Aquí se definieron las herramientas, unidades de medida y metodologías para recolectar los datos necesarios para la evaluación de las emisiones de GEI del ciclo de vida de la bobina de polietileno. Durante esta etapa se recolectaron los datos relacionados a las fuentes de emisiones de GEI en el proceso productivo y por último se recolectaron las constantes necesarias para los cálculos.

A. Energía

Herramienta: medidor de energía consumida por la nave, volcada en planillas.

Unidad de medida: Kilowatt/hora

B. Potencia

Herramienta: cálculo de potencia a partir de hojas de datos provistas por el fabricante.

Unidad de medida: Wattio (W).

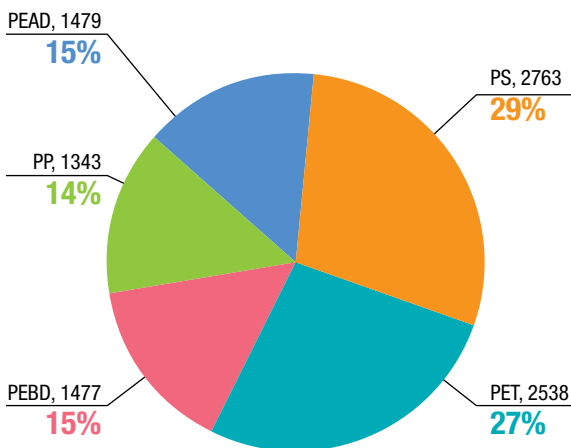
Metodología: Se obtienen los datos de potencia de motores utilizados en las extrusoras y del sistema utilizado para elevar la temperatura del material a extrusar.

Tabla 2
Emisiones por tipo de resina utilizado

Resina	Emisiones (Kg CO ₂ e/kg)	Electricidad (Kg CO ₂ e)
PS	2,763	288,79
PET	2,538	707,31
PEBD	1,477	588,42
PP	1,343	933,86
PEAD	1,478	392,28

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3
Emisiones por materia prima

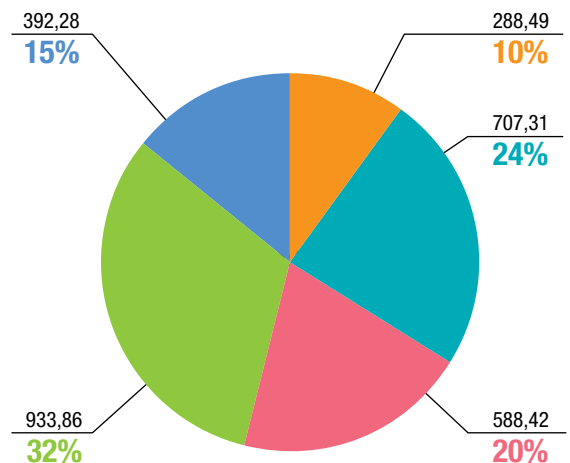


Fuente: Elab. propia

4.4. Cálculo de emisiones

Mediante la aplicación de las fórmulas y los factores de emisión mencionados en las secciones precedentes, se realiza el cálculo

Grafico 4
Emisiones por electricidad (Kg CO₂e)



Fuente: Elab. propia

Tabla 3

Ciudad de origen	Sao Paulo, Brasil
Distancia en Km.	1910 km hasta la ubicación de la empresa.
Transporte terrestre (tCO ₂ e)	0,25
Transporte total (tCO ₂ E)	0,25
PP (tCO ₂ E)	1,05
PET (tCO ₂ E)	1,75
PEAD (tCO ₂ E)	1,12
PEBD (tCO ₂ E)	1,12
PS (tCO ₂ E)	1,89
Resinas recicladas (tCO ₂ E)	0,36

Fuente: Elaboración propia

de las emisiones en la producción de una tonelada de producto. El 95% de las emisiones generadas en la elaboración del producto estudiado corresponde a las emisiones incorporadas en las materias primas adquiridas y a las emitidas debido al consumo eléctrico en la etapa de transformación.

Los primeros datos para los cálculos se basan en los relacionados con las emisiones provenientes de la adquisición de las materias primas, éstas provienen de Sao Paulo, Brasil, y llegan a la planta en estudio por transporte terrestre.

Emisiones por tipo de resina: Las resinas que se utilizan en esta fábrica son PS, PET, PEBD, PP Y PEAD (Descripción en Términos y Vocabulario). Cada tipo de resina requiere cantidades específicas de energía y de insumos para ser transformadas en productos terminados. En la tabla y el gráfico que se exponen a continuación se detallan los resultados de las emisiones promedio de 1 tonelada de producto terminado, agrupados por cada una de las resinas en análisis. Su fuente de elaboración, es a partir de petróleo, y provienen de Sao Paulo, Brasil, de una misma empresa fabricante (Tabla 2).

Emisiones por transporte de materia prima: El transporte de las materias primas desde el lugar de fabricación genera emisiones de GEI. Gracias al informe realizado por The Department of Environment, Food and Rural Affaris (DEFRA) del Reino Unido se ha recopilado una amplia variedad de datos que se utilizan para calcular las emisiones asociadas a los distintos medios de transporte.

Los factores mencionados se utilizaron para ejemplificar los cálculos de las emisiones que corresponden al transporte de la materia prima hasta la planta, las distancias se midieron usando el mapa de Google y de la página web www.searates.com (tabla 3).

La ecuación que calcula las emisiones producidas es la siguiente:

$$\text{Emisiones: } \text{km recorrido} \times \text{kg transporte} \times \frac{\text{kg CO}_2\text{E}}{\text{kg} \times \text{km del tipo de transporte}}$$

Emisiones por concepto de electricidad: La generación de electricidad es la mayor fuente de emisiones de GEI. Utilizando la ecuación siguiente logramos calcular las emisiones debidas a la electricidad:

$$\text{Emisiones: } \text{kW/h consumidos} \times \text{factor de emisión} \frac{\text{kg} \cdot \text{CO}_2\text{E}}{\text{KW/h}}$$

Energía eléctrica consumida durante el proceso de extrusión:

El cálculo de la energía eléctrica consumida durante los procesos de extrusión, consideró a la energía utilizada para elevar la temperatura del material a extrusar y del motor utilizado. De esta forma el consumo total de energía eléctrica durante cada uno de estos procesos se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$EE = EE_{\text{motor}} + EE_{\text{resis}}$$

donde:

EE_{motor} = energía eléctrica consumida por el proceso [kWh]

EE_{resis} = energía eléctrica consumida para elevar la temperatura del material [kWh]

EE_{motor} = Energía eléctrica consumida por el proceso [kWh]:

La potencia es la rapidez con que se efectúa un trabajo, es decir, el trabajo en un determinado tiempo (Potencia = Trabajo/Tiempo). Tomando estos conceptos básicos de física, sabemos que el Trabajo = Fuerza x Distancia, que son precisamente las unidades del Torque. Además sabemos que la velocidad angular se mide en RPM, (revoluciones por minuto) entonces si multiplicamos el torque por las RPM tenemos F x D, que es precisamente la Potencia.

Sacando el diámetro del husillo, el factor de proporcionalidad (K=66,7) y el número de revoluciones podemos obtener la potencia dada por:

$$n = \frac{K^2 \times N}{\pi \times D^3}$$

Donde: n = Número de devoluciones;
 K = Factor de proporcionalidad;
 D = Diámetro del husillo;
 N = Potencia

$$N = \frac{n \times \pi \times D^3}{K^2}$$

$$N = \frac{113,39 \text{ rpm} \times 3,1416 \times 32^3 \text{ mm}}{66,7^2}$$

$$N = 2,223 \text{ Kw}$$

De acuerdo a este dato obtenido a partir de cálculos de construcción de manuales técnicos aportados por el fabricante, se obtuvo la potencia de 2,623 KW = 3,5 hp.

La energía consumida por los motores de una sola extrusora se calcularía como el producto de la potencia consumida de los cinco motores, ya que se pueden realizar hasta 5 capas de extrusión a la vez, en 1 hora de funcionamiento continuo. Se le suman 3 motores más correspondientes al motor que impulsa el aire para la conformación de la burbuja y el motor correspondiente del sistema de tracción para la conformación de las bobinas, obteniéndose el siguiente resultado:

$$EE \text{ motor} = \text{Pot. Motor} \times 5 \times 1 \text{hs} = 2,623(\text{Kw}) \times 8 \times 1(\text{hs}) = 20,984 (\text{Kwh})$$

Resistencias tipo abrazadera: Este tipo de dispositivo permite la transferencia de energía térmica de un cuerpo a otro para lograr la fundición del plástico. El cañón, que es donde en su interior encierra el sinfín, tiene un largo de 593 milímetros, con 9 resistencias tipo abrazadera, las cuales se encargan de calentar el material, que consumen 150 (w) cada una. La energía que consume cada cañón sería entonces:

$$EE_{\text{Resis cañón}} = \text{Pot resis} \times 9 \text{ resistencias} \times 1(\text{hs}) = 0,24(\text{Kw}) \times 9 \times 1(\text{hs}) = 2,16 (\text{Kwh}).$$

Como cada extrusora puede fabricar hasta 5 capas de material, tenemos que la energía total de las resistencias es: $EE_{\text{resis}} = EE_{\text{resis cañón}} \times 5 = 10,8 (\text{Kwh})$.

La energía consumida por hora de 4 extrusoras es: $EE = (EE_{\text{motor}} + EE_{\text{resis}}) \times 4 \text{ extrusoras} = [20,984 (\text{Kwh}) + 10,8 (\text{Kwh})] \times 4 \text{ extrusoras} = 127,136 (\text{Kwh})$

En Argentina existen datos que permiten el cálculo sencillo de las emisiones de la electricidad, tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones: kW/h consumidos} \times \text{factor de emisión} \frac{\text{kgCO}_2\text{E}}{\text{KW/h}}$$

El factor de emisiones por electricidad utilizado en este trabajo es de 0,528 TCO₂e/MWh (Secretaría de Medio Ambiente de la Nación Argentina, promedio de los años 2012-2013-2014). Este factor se utiliza en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que se obtiene de la Secretaría de Medioambiente de la Nación.

Emisiones por energía eléctrica en Planta I =

$$67,127 (\text{tCO}_2\text{e/Mwh} \times 1\text{Mwh}/1000\text{kwh}) = 0,0671 \text{ tCO}_2\text{e/KWh}$$

$$\text{Por 24 horas} = 1,611 \text{ tCO}_2/\text{día}$$

4.5. Ahorro en emisiones por el material reciclado

Al reciclar y reutilizar el material plástico como materia prima en la producción de nuevas resinas, se generan ahorros de energía y de combustibles fósiles en el Ciclo de Vida de los productos plásticos. Desde la perspectiva de la producción de resina, el ahorro de emisiones puede ser superior al 80%.

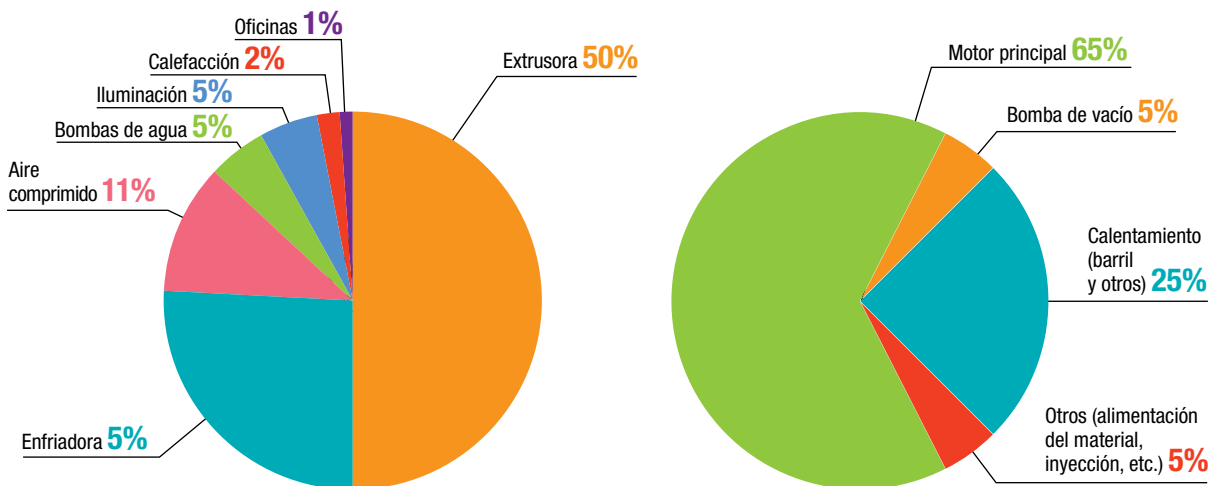
4.6. Ahorro de energía

Para la mayoría de las plantas, las cargas “visibles” de la extrusora serán equivalentes a las cargas de servicio “invisibles”, tales como refrigeradoras, sistemas de aire comprimido y bombas.

Es posible observar el consumo de energía de la extrusora misma utilizando la “sub-medición” o un equipo de monitoreo portátil, y esto a su vez puede ser subdividido para mostrar dónde se consume más energía.

A este nivel, el mayor consumidor de energía es el motor de la extrusora principal, y en la mayoría de los casos, éste consumirá alrededor del 66% del total de la energía utilizada (dependiendo

Grafico 5
Distribución y uso de energía en una planta tipo (izq.) y a nivel de máquina (der.)



Fuente: elaboración propia en base a datos del fabricante.

del tipo de proceso, configuración de la máquina y otras variables). La figura que se expone ofrece una buena guía del modo en que opera el ahorro de energía en la Planta (gráfico 5)

A diferencia de lo que sucede con otras plantas de producción, en donde la eficiencia energética empeora a medida que la velocidad aumenta, la eficiencia energética de las extrusoras mejora a medida que las tasas de producción aumentan.

Se advierte entonces que volverse “ecológico” también puede ser rentable. Amortizar las cargas “fijas” por encima de las cargas de “proceso” para reducir la carga total (por kg) funciona no sólo cuando la “carga” es la energía utilizada, sino también cuando la carga es el costo del producto. Al aumentar la tasa de producción (kg/h) disminuirá el costo relativo (\$/kg) para la mayoría de los costos; una curva general para esto se muestra en el Gráfico 6 y 7. A cualquier nivel y para casi cualquier carga, exigir más de las maquinarias de procesamiento de plásticos aumenta la eficiencia. Sin embargo, ésta no es una relación lineal, es una relación recíproca ($y = Ax - 1 + B$). Y las mejoras tampoco son lineales. Cuando la tasa de producción ya es alta, aumentarla aún más sólo generará mejoras marginales en la eficiencia energética, y con ello la mayor eficiencia implica un menor derroche de energía y menores emisiones de CO₂ a la atmósfera.

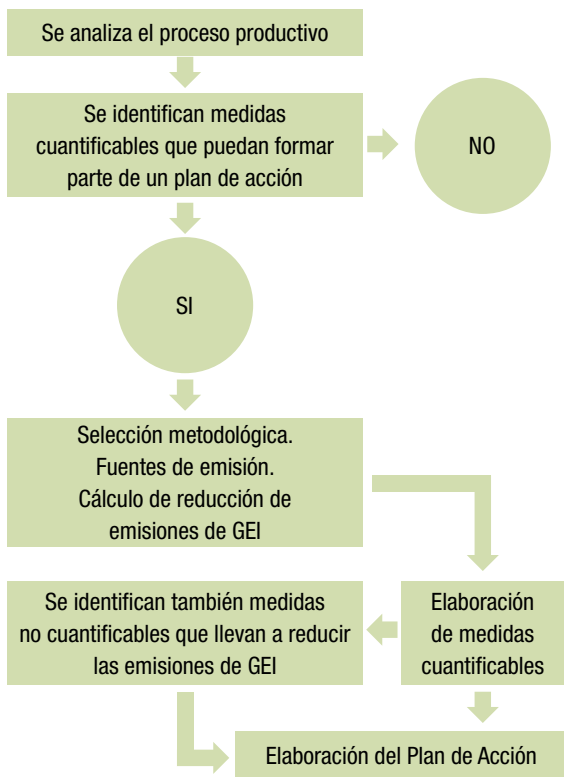
Las extrusoras operan más eficientemente (y no sólo en términos de energía) cuando funcionan en las condiciones de diseño. Tanto como sea posible, la extrusora debe ser programada a la máxima velocidad de diseño, ya que usualmente ésta es la velocidad más eficiente para el calentamiento y para la eficiencia de producción.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos son los primeros en cuanto a identificación de la emisión de GEI, a pesar de las dificultades de tipo técnico y de información, nos ha permitido obtener una medida cuantificable. Debido a que los estudios difieren en la metodología

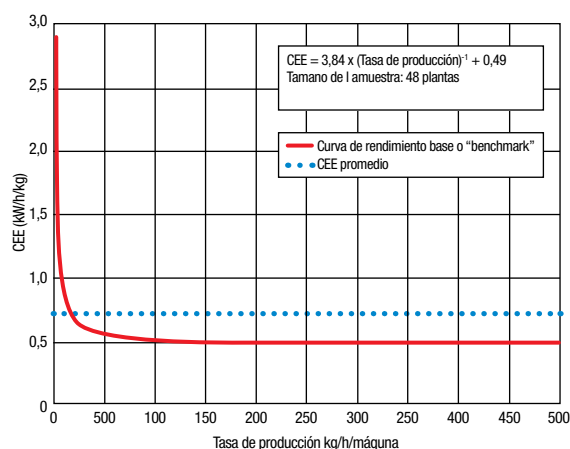
y no están estandarizados, hacer comparaciones con estos resultados puede ser cuestionable. La metodología utilizada para estimar las emisiones de GEI presenta variaciones en los métodos de recolección de datos, las cuales pueden significativamente afectar el resultado del nivel de emisión estimada (Gráfico 8).

Gráfico 8 Síntesis del proceso de trabajo realizado en la Planta



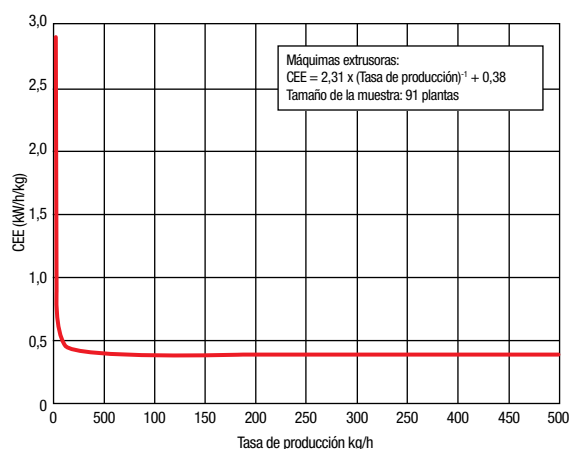
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6
Consumo Energía Específica de la planta para extrusión



Fuente: elaboración propia en base a datos del fabricante.

Gráfico 7
Consumo Energía Específica de la máquina para extrusión



Fuente: elaboración propia en base a datos del fabricante.

Este estudio sugiere, como resultado, que, adoptando tecnologías sustentables en cuanto a energía, es decir, optimizando el consumo de energía causada por el proceso productivo podría ser posible la reducción de los valores de H de C.

Otra medida sustentable recomendada sería el reemplazo gradual de los polímeros convencionales actualmente utilizados por polímeros provenientes de fuentes renovables como la caña de azúcar; esto no ha sido posible aún de implementar debido al costo de importación de dichos polímeros, ya que en nuestra región no existen plantaciones suficientes para el abastecimiento.

Al mantener y profundizar el trabajo en relación a la H de C surgen oportunidades de avanzar en otros temas como el cuidado del agua y la gestión de los residuos, los cuales, como ya se ha mencionado, también se abren paso como requerimientos en los mercados alimentarios internacionales y son tema de discusión en materia de seguridad alimentaria mundial.

En los últimos años, el envase ha dejado de ser solamente el contenedor y el medio de transporte del producto, pasando a ser una parte importante del mismo.

La producción de plástico para envases supera las 250.000 toneladas, en el caso del PET en la industria de bebidas la producción superaría las 70.000 toneladas anuales para la fabricación de unos 1.200 millones de unidades, empleado en la fabricación de envases para postres, quesos, yogures, lácteos, entre otros.

El consumidor actual es cada vez más exigente con respecto a la sostenibilidad de los productos que consume. Por lo tanto

las empresas hacen sus máximos esfuerzos para lograr que los mismos tengan un reducido impacto ambiental.

Como la huella de carbono es un indicador de sostenibilidad medioambiental que mide el impacto en forma de emisiones de GEI que genera un producto, en la actualidad se está incorporando en las etiquetas de los mismos como un factor discriminador a la hora de elegirlos y, para muchas empresas de productos alimentarios, sobre todo de envases alimentarios, comienza a ser una exigencia más por parte del cliente como elemento diferenciador de sus productos.

Las empresas alimentarias, especialmente las que exportan, se preocupan por esta cuestión ya que una gran parte de las emisiones corresponden a los envases, se busca entonces la ecoeficiencia en todos los eslabones, desde la materia prima del producto hasta su envase.

Son muchas aristas del concepto de sostenibilidad o sustentabilidad que está íntimamente relacionado con el concepto de seguridad alimentaria ya que el consumo y producción sostenible de alimentos incluye desde el alimento en sí hasta su envase o embalaje y exige considerar todos los aspectos que reduzcan al mínimo los efectos sobre las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Actualmente se apunta a la industria agroalimentaria en la que los envases y embalajes juegan un importante papel. Los procesos de adaptación y reconversión llevan tiempo y requieren de inversiones, pero mientras antes se inicien más competitiva será la empresa ya que la medición, aplicación y las medidas correctivas necesarias para disminuirla pueden llevar años.

Referencias

- British Standards Institution (BSI, Group Shop). SPECIFICATION (PAS 2050), 2008. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emission of goods and services.
- Dirección de Industria Alimentaria - S.A.G.P. y A. Revista Alimentos Argentinos N° 6 2016.
- Ecoplas. Manual de Valorización de los residuos plásticos.
- FAO. Conferencia de Alto Nivel sobre la seguridad alimentaria Mundial: los desafíos del cambio climático y la bioenergía. Roma, 2008.
- FAO. Cumbre Mundial sobre la Alimentación, Roma, 1996.
- FAO. Los impactos del cambio climático en la seguridad alimentaria. 2013.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). Informe de síntesis: Contribución de los Grupos de trabajo I, II, III, al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza, 2007, 114 p.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (IPCC) Libro de trabajo para el inventario de gases de efecto invernadero. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. 1996
- Informe Final para la Sociedad Rural Argentina (SRA). La huella de carbono como nuevo estándar ambiental en el comercio internacional de agroalimentos. Lic. Sabine Papendieck. Febrero 2010 (fecha de consulta: 20/02/2016).
- Naciones Unidas. Convención Marco sobre el Cambio Climático. Conferencia de las Partes, París, 12 de diciembre de 2015.
- Peters, G.P. et al. 2009. "Trade, transport and sinks extend the carbon dioxide responsibility of countries: An editorial essay". In Climatic Change (Dic. 2009), Vol. 97, N° 3-4, pp. 379-388.
- PNUMA: Guía simplificada del informe especial sobre los HFC y los PFC elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica.
- Rojas Wang, J.P. Siete pasos para gestionar la huella de carbono en su organización. 2011.
- Schneider, H.; Samaniego, J. La huella del carbón en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. CEPAL Buenos Aires. 2010, 46 p.
- Unión Europea. Reglamento N°10/201 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Waterson, T. y Gillin, N. Flexible packaging to be the topic of next AIP technical dinner. 2009.