

Maestría en Gestión de la Seguridad Alimentaria

Trabajo Final de Maestría

Autora: Marina Beltaco

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

2016

Director: Mg. Ing. Walter García

Cómo citar: Beltaco M. (2016). *El impacto ambiental de la generación gases de efecto invernadero en la seguridad alimentaria: análisis desde la perspectiva de la fabricación de envases flexibles para alimentos*. [Trabajo final de Maestría, Universidad ISALUD]. RID ISALUD. <http://rid.isalud.edu.ar/handle/1/445>





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.

Alumna:	Marina Beltaco.
Director:	Mg.Ing.Walter García
Co-director:	Lic. Martín Deferrari

Buenos Aires, diciembre de 2016

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se analiza la influencia de la emisión de Gases de Efecto Invernadero en la producción de envases flexibles destinados a alimentos y su efecto sobre la Seguridad Alimentaria en un pensamiento ambiental, proyectándonos hacia un futuro cercano, tratando de generar evidencia, convocar a la reflexión y proporcionar información que contribuya al desarrollo de procesos tendientes a mejorar la realidad actual y lograr diseños sustentables que mitiguen las consecuencias del aumento de los Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera.

En este caso en particular se analiza la emisión de GEI en la línea de producción de la empresa entrerriana Petropack Paraná S.A., de la provincia de Entre Ríos. La huella de carbono del producto es el resultado de la medición de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), generadas durante el proceso de fabricación de las bobinas destinadas a los envases flexibles alimentarios.

Se describe entonces el proceso productivo, realizado en la Planta I de la empresa, y se identifican las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero. Se definen las metodologías usadas para recolectar los datos necesarios y se identifican las fuentes de emisión de GEI en el proceso. Se trata de determinar el proceso productivo en donde se genera mayor cantidad de emisiones de GEI, para su posterior evaluación e intento de reducción.

Palabras clave: Huella de Carbono (HdC) - Gases de Efecto Invernadero (GEI) - Inventario de Gases de Efecto Invernadero - Industria de envases flexibles alimenticios - Dimensiones de la Seguridad Alimentaria.

ÍNDICE

<i>ANTECEDENTES</i> -----	10
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i> -----	14
<i>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</i> -----	16
<i>Objetivo General</i> -----	16
<i>Objetivos Específicos</i> -----	16
<i>TIPO DE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN</i> -----	17
<i>JUSTIFICACIÓN</i> -----	18
<i>METODOLOGÍA</i> -----	23
<i>Capítulo I. El Cambio Climático y sus efectos sobre la seguridad alimentaria</i> ----	24
<i>I.1. Importancia del Análisis del Ciclo de Vida</i> -----	28
<i>Capítulo II. La Huella de Carbono</i> -----	31
<i>II.1. Definición de Huella de Carbono</i> -----	34
<i>II.2. Metodología de Cuantificación</i> -----	35
<i>Capítulo III. Identificación y medición de los Gases de Efecto Invernadero en una empresa regional.</i> -----	37
<i>III.1. Información sobre la empresa</i> -----	42
<i>Alcance del Ciclo de Vida</i> -----	44
<i>Fuentes de Emisión de Gases Invernadero</i> -----	46
<i>Tipos de Emisión de Gases Invernadero consideradas</i> -----	46
<i>Gases de Efecto Invernadero involucrados</i> -----	47
<i>Recolección de datos</i> -----	48
<i>Cálculo de emisiones</i> -----	49
<i>Emisiones por tipo de resina</i> -----	49
<i>Emisiones por transporte de Materia Prima</i> -----	50
<i>Emisiones por concepto de electricidad</i> -----	51
<i>Ahorro en emisiones por el material reciclado</i> -----	52
<i>Ahorro de energía</i> -----	52
<i>DISCUSIÓN Y RESULTADOS</i> -----	56
<i>CONCLUSIONES</i> -----	58
<i>ANEXO</i> -----	60
<i>Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero</i> -----	62

Índice de imágenes, figuras y tablas

<i>Figura 1</i> Diseño metodológico.-----	23
<i>Aplicaciones del Análisis del Ciclo de Vida.Figura 2</i> -----	29
<i>Figura 3</i> Vista del conjunto de extrusoras de la Planta I -----	38
<i>Figura 4.</i> Tambores de aspiración-----	39
<i>Figura 5.</i> Conformación de globo uniforme -----	39
<i>Figura 6.</i> Conformación de las bobinas-----	39
<i>Figura 7.</i> Depósito de films-----	40
<i>Figura 8.</i> Flota de transporte-----	41
<i>Figura 9.</i> Vista externa de la Planta 1 de Petropack Films-----	42
<i>Figura 10.</i> Conformación de las bobinas -----	43
<i>Tabla 1.</i> <i>Figura 11.</i> Reducción de micronaje en producción de bolsas de polietileno -----	43
<i>Figura 12</i> <i>Figura 13.</i> Mapa de proceso productivo de bobinas de film de polietileno -----	45
<i>Figura 14.</i> Origen de emisiones GEI en proceso de extrusión -----	48
<i>Figura 15.</i> Emisiones por tipo de resina utilizado -----	50
<i>Figura 16</i> -----	51
<i>Figura 17.</i> Distribución y uso de energía en una planta tipo y a nivel de máquina -----	53
<i>Figura 18.</i> Consumo de Energía Específica en planta para la extrusión y consumo de energía de máquina extrusora -----	54
<i>El siguiente cuadro sintetiza el proceso de trabajo realizado en la Planta. Figura 19</i> --	56
<i>Figura 20.</i> Sistema de extrusión completo en esquema -----	60
<i>Figura 21.</i> Corte de vista superior del sistema de aspiración y conformación de globo de polietileno -----	60

<i>Figura 22 Motor reductor utilizado en el proceso de fabricación, modelo BW90Q</i>	63
<i>Figura 23. Resistencias tipo abrazadera</i>	64
<i>Figura 24. Conjunto integrado de resistencia eléctrica cerámica y cubierta de aislamiento</i>	66
<i>Figura 25. Integración de resistencias eléctricas y cubiertas de aislamiento</i>	67
<i>Figura 26. Extrusora con cilindro calentado mediante inducción</i>	67

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 cuatro 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 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 Gases de Efecto Invernadero 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, citado en la 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. Esto provoca una preocupación generalizada y temor a una crisis mundial inminente, con pocas perspectivas de una recuperación rápida ya que los efectos climáticos se hacen presentes con más asiduidad. El enfoque estratégico de

FAO e IPCC define la adaptación como “ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o sus efectos”.

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, como fue el acuerdo COP21 de diciembre de 2015, en París. 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.

Un sistema alimentario es un conjunto de interacciones dinámicas entre los medios biogeofísicos y humanos, y además incluye las actividades y resultados a lo largo de la cadena alimentaria, (producción, almacenamiento, elaboración, distribución, intercambio, preparación, consumo). La seguridad alimentaria es el resultado del funcionamiento del sistema alimentario en su conjunto a nivel local, nacional y mundial.

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. El desempeño ambiental de los procesos y servicios se ha vuelto un aspecto clave de diferenciación competitiva para minimizar los efectos negativos de sus operaciones al ambiente y así mejorar el desempeño ambiental. La determinación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero 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 y particular, 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 respecto a otro, y aquí es donde los proveedores del empaque pueden trabajar conjuntamente con los fabricantes de alimentos para ser exitosos en el mercado. La industria de los envases flexibles está en un proceso de reinención buscando una mayor sostenibilidad ya que es una tendencia creciente en el mundo entero la búsqueda de tecnologías que mitiguen los efectos del aumento de la emisión de Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera y así retardar las causas de la inminente inseguridad alimentaria en las poblaciones vulnerables a los efectos del *Cambio Climático*.

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, ha ido aumentando en función de los nuevos hábitos de compra y del cambio de las situaciones laborales familiares.

El supermercadismo es el principal factor que influye en la expansión del envase. Un estudio realizado por la Subsecretaría de Comercio Interior reveló que para cualquier rubro alimenticio, la mayor frecuencia de compra se realiza en supermercados. Actualmente el envase flexible se encuentra en todo tipo de productos alimentarios: aguas, frutas, carnes, lácteos, etc.

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 gases de efecto invernadero (GEI), entre estos gases se encuentran el Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbono (HFC), Perfluorocarbono (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF₆).

Una de las causas del calentamiento global es el aumento de las concentraciones atmosféricas mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) y uno de los indicadores reconocidos internacionalmente para comprender la dinámica de GEI es la *Huella de Carbono*.

Las temperaturas medias globales han aumentado principalmente debido a la acumulación de Gases de Efecto Invernadero 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 pelagra la salud y seguridad alimentaria de sus pobladores.

ANTECEDENTES

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. Según la Unión Europea, 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.

Desde hace más de 20 años se ha empezado a trabajar en medir la emisión de Gases de Efecto Invernadero y su suma total, conocida como la Huella de Carbono por medio de diferentes metodologías; las compañías están exigiendo a sus proveedores minoristas el valor de su Huella de Carbono, lo que significa que las empresas adoptan la tendencia de medirla en cada uno de sus productos y etapas de procesos para lograr ser sustentables y competitivas en el mercado global. Esta determinación constituye una ventaja en un mundo cada día más consciente de la problemática ambiental.

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 gases de efecto invernadero (GEI) generan, entre otros efectos, escasez de agua que, sumada a la actividad industrial, producen la contaminación y un círculo vicioso inextinguible (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2011).

La preocupación mundial por las consecuencias adversas del cambio climático ha motivado a diversas organizaciones e instituciones a tomar medidas para conocer a fondo la dinámica de gases de efecto invernadero (GEI). En la década de los noventa surgió un concepto conocido como Huella Ecológica, la cual se compone de varias subhuellas, siendo la más significativa en la actualidad la Huella de Carbono (HC), que se obtiene cuantificando las emisiones de GEI asociadas a, por ejemplo, el ciclo de vida de un producto o servicio a lo largo de un período de tiempo, expresadas en toneladas

de Dióxido de Carbono equivalente (tCO_2). Esta metodología ha sido desarrollada para resolver los problemas ambientales que se destacan negativamente en los tiempos actuales. Su implementación repercute directamente sobre una buena gestión de los recursos ambientales e incide sobre la sustentabilidad ambiental de quien la utiliza.

Según British Standards Institution (BSI) "*los gases de efecto invernadero (GEI) son responsables de causar el fenómeno reconocido como calentamiento global y cambio climático*". Los mayores GEI naturales son el Dióxido de Carbono (CO_2), el Metano (CH_4) y el Óxido Nitroso (N_2O). Otros GEI creados por el hombre como los Clorofluorocarbonos (CFC), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF_6) que si bien se encuentran en una menor concentración en la atmósfera, tienen un alto potencial de calentamiento global (BSI, 2008, p. 12).

Cada gas de efecto invernadero (GEI) tiene un potencial para calentar la atmósfera, llamado Potencial de Calentamiento Global (PCG), que depende exclusivamente de la capacidad de la molécula de absorber la radiación infrarroja y su tiempo de permanencia en el ambiente. Es así como el Dióxido de Carbono tiene un PCG igual a 1, mientras que el Metano y Óxido Nitroso tienen un PCG igual a 25 y 298 respectivamente, es decir 1kg de Óxido Nitroso contribuye 298 veces más al cambio climático que 1kg de Dióxido de Carbono (BSI, 2008).

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, (CO_2e). 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 1kg de Metano es igual a $1kg \text{ de Metano} \times 25 \text{ kg } CO_2E/kg \text{ Metano} = 25 \text{ kg de } CO_2E$ (BSI, 2008).

Según el último estudio de la Dirección de Cambio Climático (año 2000) la "contribución" argentina en la emisión de Gases de Efecto Invernadero 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. Un ejemplo de análisis fue presentado por Waterson y Gillin (2009) en la comparación de los factores que conducen a la Huella de Carbono en la manipulación y distribución de alimentos no perecederos envasados en bolsas flexibles esterilizables como alternativas a las latas y a los tarros o botellas de vidrio tradicional. En lo que respecta a la fabricación de los envases vacíos, la energía necesaria para la fabricación de las bolsas flexibles es un 75% menor que la necesaria para una lata metálica equivalente.

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. Claramente, las fuentes bibliográficas indican que los envases flexibles han experimentado un gran crecimiento en el mundo entero. Es un punto a considerar al momento de pensar en invertir en el mercado de los envases flexibles descartables, dado que el impacto ambiental y como consecuencia de esto, el impacto sobre la seguridad alimentaria, es un elemento que cada vez tiene mayor incidencia.

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.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este trabajo se basa en analizar la sustentabilidad en el proceso productivo de una empresa, la empresa Petropack Paraná, S.A. midiendo y determinando las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de su proceso productivo. En una primera etapa, se comienza por la Planta I, en la producción de las bobinas de polietileno destinadas a envases flexibles para alimentos.

La empresa cuenta con una plataforma informática en la cual, luego de la determinación de las emisiones, se incorporará la calculadora de la Huella de Carbono, lo que permite conocer su valor en los envases producidos en el futuro.

Entre las acciones concretas ligadas a la sustentabilidad que se han llevado a cabo y otras en desarrollo se destacan:

- Utilización de pigmentos orgánicos en las tintas (en reemplazo de los contaminantes metálicos inorgánicos).
- Sala de lavado automático de elementos de impresión (lavado de piezas), lavadora de piezas automática por ciclos de lavado con solvente; circuito cerrado con recuperador de solvente en línea.
- Lavadoras de cilindros anilox; uso de agua y detergentes especiales biodegradables.
- Manejo integral de los solventes: recuperación del diluyente que es reutilizado para limpieza y termo destrucción controlada de los sólidos que contienen desperdicios de tintas. Para concretar esta acción, se está desarrollando una nueva planta de recuperación de solvente.
- Recuperación de scrap de polietileno en Planta I. Proyecto para triplicar la capacidad de reciclado; scrap de polietileno cristal y también el scrap de polietileno impreso.
- Adquisición de nueva tecnología (de origen europeo que tiene muy en cuenta los siguientes aspectos contaminantes: a) bajos niveles de ruido; b) consumo energético reducido: baja relación energía/producción; c)

tasa reducida de emisión al medio ambiente; y d) reducción de los niveles de scrap de polietileno (desperdicios).

En base al proyecto descrito y las acciones implementadas hasta el momento, el problema de investigación a abordar se puede plantear a través de los siguientes interrogantes:

- Conociendo la importante influencia que ejercen las emisiones de Gases de Efecto Invernadero que provocan el Cambio Climático sobre la Seguridad Alimentaria de la población a largo plazo, ¿en qué sector de esta producción en particular se encuentra la mayor fuente de emisión de GEI?
- Teniendo en cuenta factores edilicios y económicos, ¿se podría disminuir la emisión de dichos procesos si éstos sobrepasan los límites?
- ¿Qué inconvenientes de tipo técnicos y de comunicación pueden surgir al intentar recolectar los datos?
- ¿Cuáles son las principales ventajas y desventajas del intento de medición de la Huella de Carbono en la Planta de esta PYME?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

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 Gases de Efecto Invernadero 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.

Objetivos Específicos

- Describir y caracterizar el método de medición de la Huella de Carbono en el sector de la industria alimentaria.
- Presentar una reseña histórica de la empresa Petropack, describir sus procesos de producción y la evolución de su gestión y prácticas ambientales.
- Exponer las principales dimensiones de la Seguridad Alimentaria afectadas por el impacto ambiental del cambio climático y sus consecuencias a largo plazo.
- Determinar las principales ventajas y desventajas de la medición de la Huella de Carbono en la empresa objeto de estudio.

TIPO DE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

Debido a la naturaleza y estado del arte respecto del problema a abordar, este estudio es, en primer lugar, de tipo exploratorio ya que se realiza una revisión de distintos instrumentos de recolección de datos y registros de medición de consumo eléctrico e informes de revistas especializadas y entrevistas con profesionales para aclarar la naturaleza del problema. En segundo lugar se desarrolla un estudio descriptivo. En este tipo de estudio cuando se recolecta información el objetivo es lograr un conocimiento más profundo del objeto de estudio para lograr describirlo mediante la información obtenida (Hernández Sampieri et. al., 2006).

JUSTIFICACIÓN

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; etiquetado de Carbono, California).

El comercio de productos sostenibles certificados, además de bienes y servicios relacionados con el medio ambiente, va en aumento. 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. La inversión responsable contribuye de forma significativa a la mejora de los medios de vida sostenibles, en especial a pequeñas y medianas empresas. Los sistemas alimentarios comprenden una amplia gama de partes interesadas, personas e instituciones, así como el entorno socio-político, económico, tecnológico y natural en el que se lleva a cabo cualquier actividad. El principio 6 para la Inversión Responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios aprobado por el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (CSA) el 15 de octubre de 2014, nos habla de conservar y ordenar de forma sostenible los recursos naturales, aumentar la resiliencia y reducir el riesgo de catástrofes. Uno de los puntos que aborda este principio es evitar y reducir al mínimo, y remediar, según corresponda, los efectos negativos en el aire, la tierra, el suelo y la biodiversidad. Otro de los puntos en este principio habla de reducir el desperdicio y de tomar medidas para reducir las emisiones de Gases de Efecto

Invernadero -www.fao.org/cfs/rai- (*Los Principios fueron elaborados por un grupo de trabajo de composición abierta entre octubre de 2012 y octubre de 2014 y se basan en un proceso inclusivo de consultas celebradas de noviembre de 2013 a marzo de 2014. Se celebraron consultas y talleres regionales en África, Europa y Asia Central, América del Norte, Asia y el Pacífico, América Latina y el Caribe y el Cercano Oriente. En los Principios se incorporan, asimismo, las opiniones recibidas a través de una consulta electrónica realizada a gobiernos, organismos de las Naciones Unidas, organizaciones de la sociedad civil y no gubernamentales, instituciones internacionales de investigación agrícola, asociaciones del sector privado y fundaciones filantrópicas privadas e instituciones financieras internacionales y regionales. Los Principios fueron aprobados por el CSA el 15 de octubre de 2014, en su 41º período de sesiones*).

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.

Un sistema alimentario es un conjunto de interacciones dinámicas entre los medios biogeofísicos y humanos, que influyen tanto las actividades como los resultados a lo largo de la cadena alimentaria (producción, almacenamiento, elaboración, distribución, intercambio, preparación, consumo). La Seguridad Alimentaria es el resultado del funcionamiento del sistema alimentario a nivel local, nacional y mundial.

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, la salud, 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.

El riesgo existe cuando hay incertidumbre acerca de los futuros resultados de los procesos en curso o sobre los eventos futuros. La adaptación consiste en reducir y responder a los riesgos que plantea el Cambio Climático para la vida y los medios de vida de las personas. Reducir la incertidumbre mediante la mejora de la base de información y la elaboración de modelos innovadores para asegurarse contra los

riesgos del Cambio Climático será importante para una adaptación exitosa. 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 supermercadismo.

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 proveedores 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;

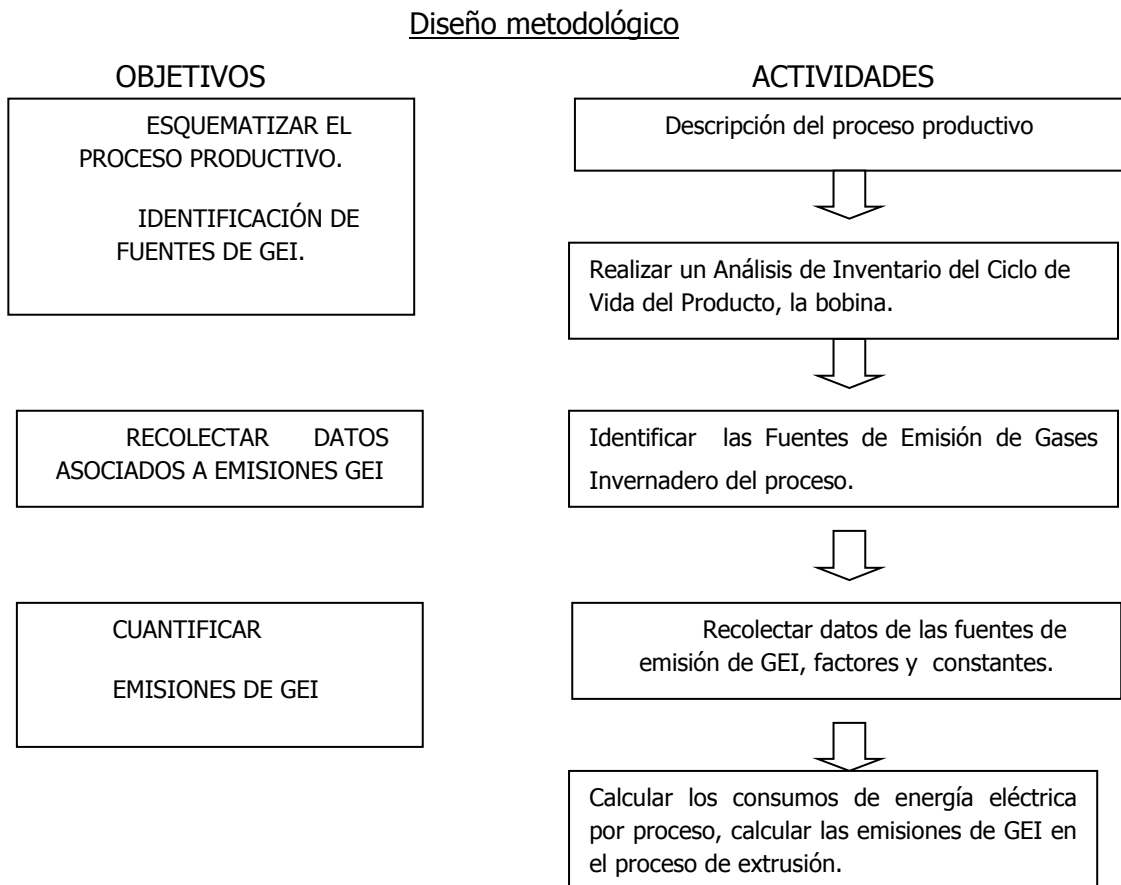
- Evaluar la relevancia del impacto de las emisiones de GEI que tiene el producto en el Medio Ambiente;
- Comunicar a sus clientes, consumidores y sociedad en general el compromiso de reducción de la Huella de Carbono, generando así importantes ventajas competitivas en el posicionamiento de sus productos.

METODOLOGÍA

A continuación se define el diseño metodológico de la investigación. Este se dividió en tres grupos de actividades, cada grupo asociado directamente a uno de los objetivos específicos propuestos:

- 1- Esquematar el proceso productivo de la Planta e identificar fuentes de emisión de GEI.
- 2- Recolectar datos asociados a las Fuentes de Emisiones de GEI.
- 3- Cuantificar las emisiones de GEI.

La siguiente figura 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.



No existen estudios anteriores sobre el tema en Planta I. Figura 1

Información técnica de extrusora Macchi modelo COEX flex® 5 suministrada por el fabricante. Información de consumo suministrada por Responsable de planta. Datos estadísticos IEA (International Energy Agency).

Capítulo I. El Cambio Climático y sus efectos sobre la seguridad alimentaria

Para tratar de responder a nuestro primer interrogante del riesgo del cambio climático decimos que el riesgo existe cuando hay inseguridad acerca de los resultados futuros a partir de los procesos actualmente en curso o de acontecimientos futuros. Cuánto más seguros estamos respecto de un resultado, menor riesgo existe, porque la certeza nos permite realizar una elección con conocimiento y prepararnos para abordar las cuestiones de los efectos del cambio climático. En el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) 2007, el cual da apoyo científico a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) a través de metodologías de trabajo para construir el inventario nacional de GEI de los distintos países del mundo, se concluyó que las pruebas del cambio climático son inequívocas y que se debe en gran parte a la actividad humana. Se considera que el mundo va a registrar un aumento medio de la temperatura de aproximadamente 3°C. Además el IPCC pronostica que el cambio climático tendrá un impacto potencial enorme, ya que se prevé falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a las inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor. En definitiva, es un cambio no sólo ambiental sino de profundas consecuencias económicas, alimentarias y sociales.

El cambio climático está generando un aumento de la inseguridad acerca de la temperatura futura y de los regímenes de precipitaciones, lo cual ocasiona el aumento de probabilidad de pérdidas a nivel productivo, medios de subsistencia, sobre todo en áreas propensas a catástrofes, lo que redundará en un aumento de la inseguridad alimentaria de las personas de esas áreas. Los objetivos y desafíos de la gestión de riesgos son reducir los resultados negativos.

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

La Seguridad Alimentaria es un objetivo importante en las políticas públicas de cada país. Es un concepto complejo que depende de varias variables que han sido conceptualizadas como los cuatro pilares (Disponibilidad, Acceso, Utilización, Estabilidad). 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 compite 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.

Lamentablemente, el desarrollo de las tecnologías menos contaminantes y su incorporación al proceso productivo son muy lentos en un contexto de demanda internacional en rápida expansión. Se deben identificar e implementar acciones efectivas de mitigación y adaptación, adoptar enfoques de adaptación proactivos y anticipativos que aborden los impactos a corto plazo del aumento de la variabilidad climática, pero que ayuden también a las comunidades locales a prepararse para los impactos a largo plazo derivados.

El cambio climático afecta a todas las dimensiones de la Seguridad Alimentaria (FAO, 2008). En los países en desarrollo, la industria alimentaria debe realizar una transformación importante para responder a los retos relacionados con la seguridad alimentaria y la respuesta al cambio climático. Las proyecciones basadas en el crecimiento de la población y los esquemas de consumo alimentario indican que el cambio climático reducirá, con alta probabilidad, la productividad y la estabilidad de la producción en algunas zonas que ya tienen altos niveles de inseguridad alimentaria.

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

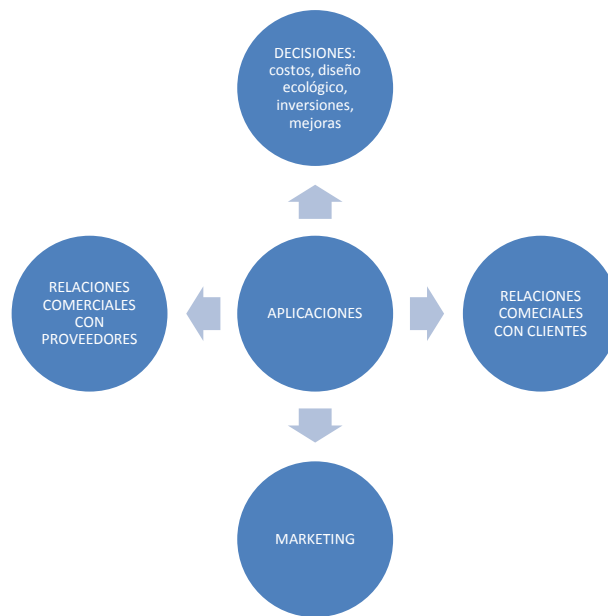
Europa se comprometió en Doha, Qatar, en la Cumbre del Clima a un objetivo de reducción de emisiones en línea con su legislación doméstica, de un 20% en 2020 respecto a los niveles de 1990, que podría aumentarse hasta el 30% si los demás países tomaran compromisos comprobables de mayor envergadura. Luego, 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.*

I.1. Importancia del Análisis del Ciclo de Vida

El desempeño ambiental se está convirtiendo en un importante impulsor de valor de marcas de productos, además de una fuente importante de legislación y normativa ambientales. Como resultado de este proceso los minoristas y proveedores de primer nivel han respondido mediante el fomento de sus proveedores para mejorar el impacto ambiental de sus productos. Además de los aspectos extrínsecos a la gestión ambiental, por razones de satisfacción del consumidor y sus inquietudes en la búsqueda de una diferenciación positiva, existen motivos intrínsecos al propio productor que hacen que este tipo de herramientas tengan gran interés, ya que el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y su aplicación específica al cálculo de una huella es esencial a fin de identificar oportunidades para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y mejorar el desempeño ambiental de una cadena de suministro. Es necesario asimismo demostrar la responsabilidad corporativa y de producto, y satisfacer las necesidades de información con respecto a la Huella de Carbono.

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. Un Análisis del Ciclo de vida puede ser utilizado para varios fines, ayudando en la toma de decisiones (compara las diferentes escenas y considera costos) y como resultado, puede ayudar a seleccionar el proceso o producto con mejor desempeño ambiental. Esta información puede ser usada en comparación con otras variables, tales como los costos y el desempeño operativo. El ACV tiene múltiples aplicaciones, tal como se representa en la siguiente figura:



Aplicaciones del Análisis del Ciclo de Vida. Elaboración propia. Figura 2

Conocer las emisiones de Gases de Efecto Invernadero 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.

Todos los productos que se consumen y los servicios que se prestan tienen un impacto sobre el clima y producen gases de efecto invernadero durante su producción, transporte, almacenamiento, uso y disposición final. En este contexto, la Huella de Carbono se ha convertido en un tema en el debate público sobre el cambio climático, atrayendo la atención de los consumidores, negocios, gobiernos, organizaciones no gubernamentales e instituciones internacionales (Peters y Hertwich, 2008).

La importancia del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) a la hora de valorar el impacto ambiental de los envases y contenedores de alimentos se refleja en que es un tema cada vez más estudiado. En el caso de los países en vías de desarrollo, como es el nuestro y la mayoría de los países latinoamericanos, un patrón exportador más acorde con las aspiraciones de desarrollo sostenible y menos vulnerable a las exigencias climáticas frente a la instalación de un concepto económico que considera la reducción de las emisiones contaminantes, exige a los sectores productivos realizar

avances inmediatos en los procesos de cuantificación de sus emisiones y de disminución de los efectos climáticos.

Capítulo II. 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 Gases de Efecto Invernadero, 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.

La Huella de Carbono tiende a transformarse rápidamente en un factor condicionante de las transacciones entre países, específicamente entre países del Hemisferio Sur y Norte, de todo tipo de productos y de servicios. De acuerdo a la información disponible, este condicionamiento estará basado fundamentalmente por la preferencia que muestren los consumidores hacia productos con menor Huella de Carbono. La implementación será a través de una inscripción en los rótulos de los alimentos envasados, la que podrá ser impuesta tanto por entidades estatales (caso Francia) como por entidades privadas (caso Reino Unido). Desde el punto de vista del

consumidor, la rotulación de los productos alimentarios permitirá tomar decisiones informadas al momento de la elección de compra.

En el Reino Unido, el concepto ha empezado a ser asumido por las grandes cadenas de supermercados, estando una de ellas ya rotulando sus productos con la Huella de Carbono contabilizada para sus sistemas de distribución y expendio al público, mediante la aplicación de una metodología desarrollada por el Carbon Trust. Esta cadena de distribución ya solicitó a sus proveedores (entre ellos, productores argentinos de vinos) que rotulen sus productos con la Huella de Carbono, además de indicar sus compromisos de mitigación a corto y mediano plazo. La solicitud se enmarca en el Carbon Disclosure Project (CDP), una alianza de inversionistas institucionales comprometidos en realizar acciones conjuntas frente al riesgo climático. Se trata de un tema que emerge con importancia creciente y que amenaza con establecerse como una nueva exigencia de los países desarrollados.

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 Gases de Efecto Invernadero (GEIs) de los distintos sectores que integran su economía. Hasta el momento 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.

Existe un tema de relevancia, al momento de comparar resultados de los valores de cálculo de la Huella de Carbono de un Producto (HCP) entre diferentes actores (países, productores), y es la cuestión metodológica, la que debe verse en dos dimensiones: los procedimientos de cálculo y los factores de emisión. Existen principios para tener en cuenta al momento del cálculo como:

- la *Relevancia*: en el cálculo se incluye la información que es determinante para obtener un dato que es fiel imagen de las emisiones de GEI de la empresa, se debe considerar la actividad económica desarrollada, es

decir, se deben incluir las emisiones de GEI de las que la empresa haya sido responsable por el desarrollo de su actividad;

- la *Integridad*: si todas las fuentes de emisión relevantes y emisiones que están dentro de los límites del inventario están contabilizadas es posible realizar estimaciones, y éstas son aceptadas siempre que se justifiquen y documenten de forma transparente;
- la *Consistencia*: se deben usar metodologías que permitan comparaciones a lo largo del tiempo;
- la *Transparencia*: la información debe ser clara, efectiva y comprensible;
- la *Precisión*: los datos deben ser ciertos y no contener errores.

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. Si bien en todos los casos se trabaja con el criterio de aplicar los factores de emisión del IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático), es posible encontrar dos ámbitos en los cuales se tiende a aplicar factores de emisión de origen distinto, a saber: cuando un país cuenta con información que les ha permitido generar factores país-específicos; y/o en áreas no cubiertas por el IPCC.

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, de forma de estar en condiciones de transformar la amenaza en oportunidad, que permita aumentar o, en el peor escenario, mantener la competitividad de los productos agropecuarios nacionales.

II.1. Definición de Huella de Carbono

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. En un artículo publicado por Johnson (2008, pp. 36-37) se especifican diferentes definiciones para la Huella de carbono, obtenidas de distintas fuentes bibliográficas. Entre ellas, se destacan las siguientes:

"... es una metodología para estimar la emisión total de gases de efecto invernadero (GEI) en carbonos equivalentes de un producto a través de su ciclo de vida, desde la materia prima hasta el producto terminado..."

"... es una técnica para identificar y medir las emisiones individuales de gases de efecto invernadero de cada actividad dentro de los procesos de una cadena de suministro y el sistema, para atribuirlos en cada producto de salida..." (Carbon Trust, 2007).

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.

II.2. 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.
- Proporciona un punto de referencia para los programas en curso destinados a reducir las emisiones de GEI.
- 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.

La Guía PAS 2050 no es aplicable a la evaluación de otros impactos (sociales, económicos y ambientales), sino que está enfocada al impacto de las distintas actividades en la elaboración de un bien o servicio en el calentamiento global.

Capítulo III. Identificación y medición de los Gases de Efecto Invernadero en una empresa regional.

En el presente capítulo se realiza una descripción del proceso productivo de la Planta I de la empresa Petropack Films S.A., fabricante de bobinas de polietileno coextruido destinadas a envases flexibles para alimentos, 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.

La empresa comenzó su operación en 1986, incrementando considerablemente su capacidad de producción con proyectos de expansión a corto plazo. Es una firma de origen y capital entrerrianos. Es la empresa más importante en cuanto a packaging, es la principal impresora flexo gráfica en envases (33 millones de metros en promedio por mes); provee a la industria alimenticia en general. Sus envases se exportan a Uruguay, Paraguay, Chile, Centro América, Costa Rica, Honduras. Además, se realiza exportación indirecta. Se encuentra en el Parque Industrial "Gral. Manuel Belgrano" de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos. Es líder en la zona en el cuidado del Medio Ambiente y Mejora Continua, certificó sus productos con la Norma de Calidad ISO 9001-2000 y puso en marcha sus recursos humanos y materiales para dar forma a su proyecto de certificación de la Norma ISO 14000 de Gestión Ambiental. Con este objetivo se trabaja en los siguientes frentes:

a) Evaluación del impacto ambiental producto de la actividad diaria y tipificación de los aspectos evaluados por grado de criticidad para el hombre y el medio ambiente.

b) Estimulando la Educación Ambiental y capacitando en procedimientos y planes de acción basados en la mejora continua.

Medidas tomadas, entre otras: adquisición de nueva tecnología con bajo nivel de ruido, consumo de energía reducido, tasa de emisión reducida.

La empresa, posee dos plantas construidas con 216.880m² de superficie e instalaciones de 13.034m² y construyendo su tercer planta en terrenos propios, anexos a las anteriores. Las plantas están diseñadas con proyección sustentable en lo económico, financiero y ambiental. La Planta I cuenta con extrusoras de última

generación que permiten la fabricación de todo tipo de bobinas requeridas por el mercado para atender las necesidades del comercio y la industria.

Figura 3 Vista del conjunto de extrusoras de la Planta I



Fuente: Beltaco (2015)

La coextrusión de láminas y películas es una de las aplicaciones más importantes del proceso de extrusión, por medio de esta tecnología es posible extruir una película con un color de fondo y otro de cara o como un sándwich en el cual un material se encuentra en la capa intermedia y otro u otros en los exteriores. El número de capas puede llegar a cinco.

Una vez que ingresan los pallets a la zona de depósito, se los estiba y se sacan los bancales para alimentar los puestos de trabajo de materia prima que alimentan la extrusora. 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. En esta fase, la empresa trabaja con varias extrusoras Carnevalli mono y tricapa, y con dos equipos coextrusores de última generación de origen italiano, marca Macchi.

Figura 4. Tambores de aspiración



Fuente: Beltaco (2015)

Figura 5. Conformación de globo uniforme



Fuente: Beltaco (2015)

Figura 6. Conformación de las bobinas



Fuente: Beltaco (2015)

Impresión: si el film extrudado llevará un diseño, éste ingresa a la etapa de impresión, allí se utilizan equipos flexográficos con capacidad de imprimir hasta 10 colores sobre diferentes sustratos, alcanzando definiciones excepcionales para el mercado de los empaques.

Laminación: otra etapa en el proceso de producción es la 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. Utiliza laminadoras Nordmeccanica de alta tecnología para laminar con y sin solventes según el requerimiento de cada tipo de envase.

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.

Logística: en la búsqueda constante de ofrecer un servicio más amplio, Petropack posee una flota de camiones que le permite entregar los envases en cualquier punto del país.

Expedición: el producto terminado, las bobinas, se traslada por medio de zorras hidráulicas hasta la zona de pesaje e identificación y se recubre con un film de polietileno para conservarlo. Por medio de autoelevadores a explosión, luego de superar los controles de calidad, se almacena en los depósitos de la empresa hasta la llegada de la fecha de entrega.

Figura 7. Depósito de films



Fuente: Beltaco (2015)

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 de envases 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 Gases de Efecto Invernadero en alguno de los procesos productivos.

Figura 8.Flota de transporte

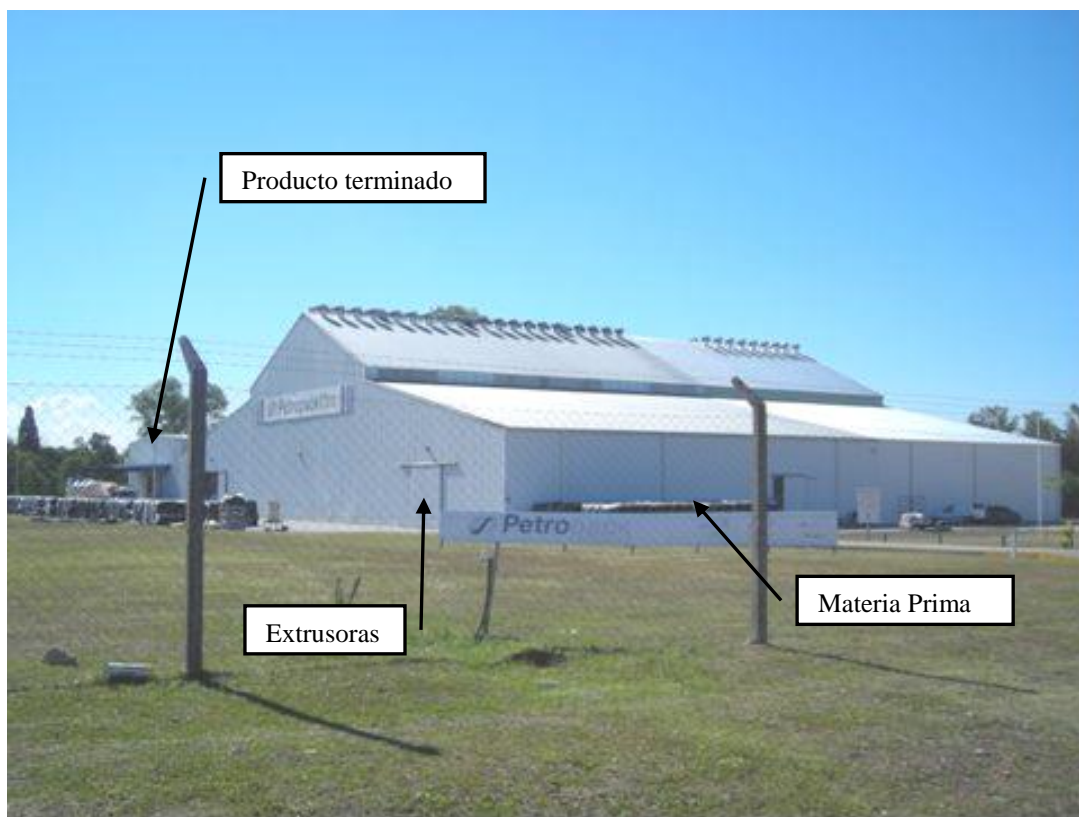


Fuente: Beltaco (2015)

III.1. Información sobre la empresa

La empresa emplea más de 400 trabajadores. El horario de trabajo es de 3 turnos de 8 horas, de Lunes a Domingo. En la siguiente imagen se observa una vista externa de la Planta donde se encuentran indicadas las diferentes zonas.

Figura 9. Vista externa de la Planta 1 de Petropack Films



Fuente: Beltaco (2015)

En esta imagen es posible visualizar una parte del proceso de conformación de las bobinas en la máquina extrusora.

Figura 10. Conformación de las bobinas



Fuente: Beltaco (2015)

En la figura anterior se observa la máquina extrusora completa.

El intento de medir la emisión de GEI en las bobinas de film de polietileno para 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 donde compete Petropack, en los últimos años 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 siguiente tabla, el micronaje se redujo en un 40% en un período de 15 años, lo que es equivalente en peso.

Tabla 1.Figura 11. Reducción de micronaje en producción de bolsas de polietileno

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

Alcance del Ciclo de Vida

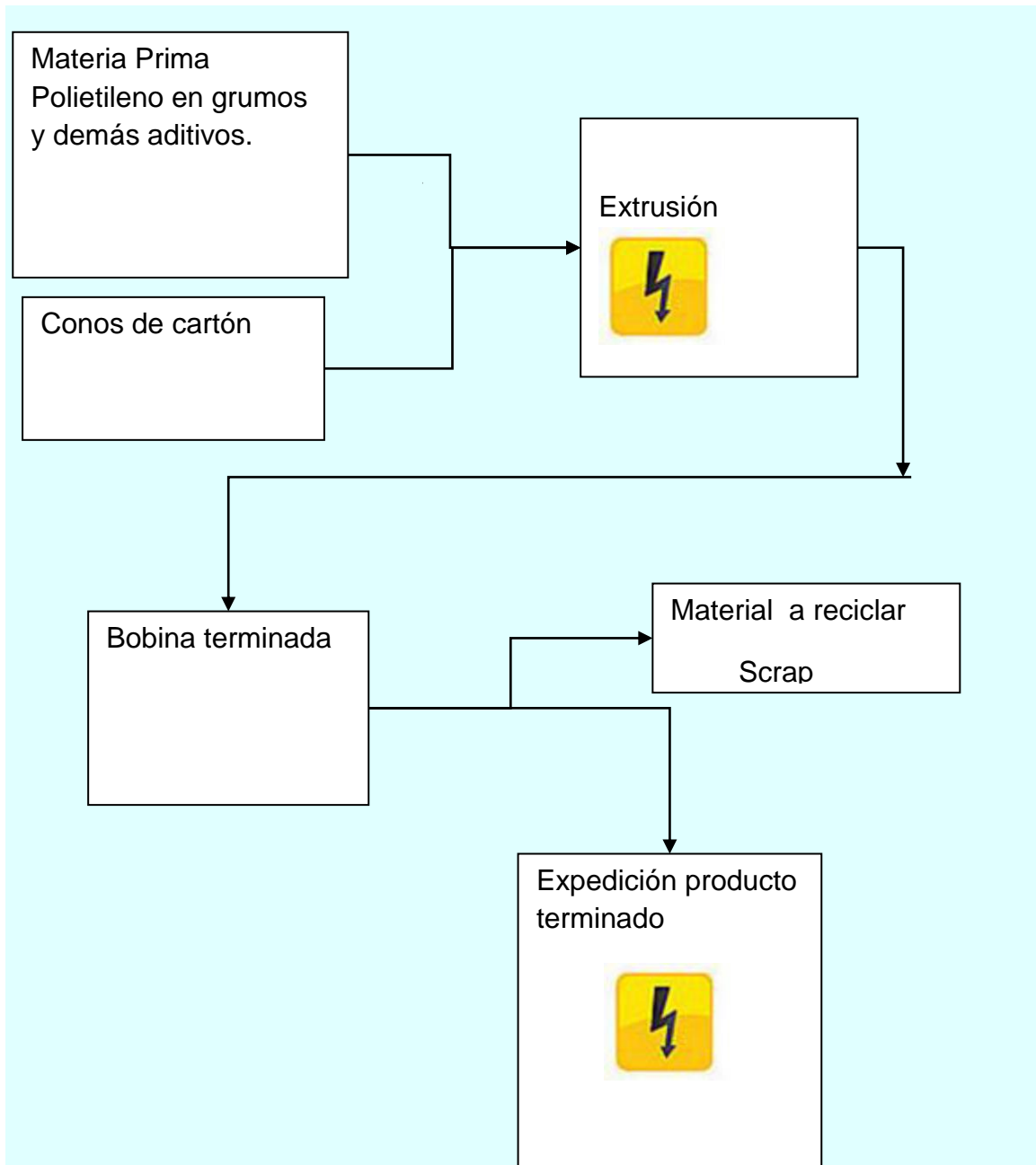
El Ciclo de Vida de un producto evalúa la Huella de Carbono de un producto (bien y/o servicio) a lo largo de toda la cadena de producción, incluyendo en algunos casos el uso o consumo de éstos y el término de su vida útil. Para el presente estudio, se confeccionó el ciclo de vida para el producto evaluado, como también los respectivos mapas de procesos para cada fase del ciclo de vida. El ciclo de vida puede incluir dos alcances:

- *Business-to-consumer (B2C)*: considera el ciclo de vida completo del producto: materias primas, manufactura, distribución y retail, uso del consumidor y disposición final y/o reciclaje del producto;
- *Business-to-business (B2B)*: cuando el ciclo de vida considerado del producto finaliza con la entrega del mismo a una nueva organización para que lo utilice en la elaboración de otro producto.

En el presente estudio fue aplicado el alcance B2B. El Análisis del Ciclo de Vida puede dividirse en cuatro fases: Objetivos y alcance del estudio, Análisis del inventario, Análisis del impacto e Interpretación.

Luego de la definición del modelo de ciclo de vida, se definen las etapas del ciclo, éstas se pueden abordar con diferentes herramientas aunque la más común sería el mapa de procesos que sintetiza las diferentes transformaciones que sufren las materias primas hasta convertirse en el producto. El proceso productivo de la empresa se puede esquematizar de la siguiente manera:

Figura 12 Figura 13. Mapa de proceso productivo de bobinas de film de polietileno



Simbología



ENERGÍA ELÉCTRICA. Elaboración propia

De modo coherente, es preciso definir el alcance y límites del sistema que se va a emplear como base y a reflejar en un mapa de procesos.

Fuentes de Emisión de Gases Invernadero

El principio clave para determinar cuáles fuentes de emisión serán consideradas, consiste en incluir las emisiones "importantes" generadas como consecuencia directa o indirecta de la elaboración del producto. Una emisión "importante" es la que, de forma única, contribuye por sobre el 1% del total de emisiones previstas del Ciclo de Vida del Producto. Siguiendo los criterios de la PAS 2050: 2008, no se contabilizaron:

- a) emisiones derivadas del transporte de empleados desde su lugar de residencia hasta el punto de desarrollo de su trabajo.
- b) emisiones derivadas de bienes de equipo que incluyen maquinaria, equipos y edificios utilizados como infraestructura en la producción del producto.

Las emisiones no importantes que deben excluirse son una sola fuente de emisión que resulta en menos del 1% de las emisiones totales. La lógica se basa en enfocar los esfuerzos y el tiempo para el cálculo de las emisiones que realmente contribuyen significativamente en la Huella de Carbono; esto no impide que si se dispone del tiempo y los datos, estas emisiones puedan ser incluidas en posteriores etapas de análisis.

Tipos de Emisión de Gases Invernadero 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.

Gases de Efecto Invernadero 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.

El propósito de definir el límite del sistema para la evaluación de las emisiones de GEI del ciclo de vida de la bobina de polietileno, es definir la etapa del ciclo de vida del producto en la cual se realiza el estudio, definir los procesos productivos que se estudian dentro de esta etapa, e identificar el origen de las emisiones de GEI en cada uno de los procesos involucrados.

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.

La siguiente tabla detalla el origen de las emisiones del proceso. Además, con el desarrollo de esta tabla se completa el primer objetivo específico de la investigación, “desarrollar un diagnóstico de las fuentes de emisión de GEI”.

Tabla 2.Figura 14. Origen de emisiones GEI en proceso de extrusión

PROCESO PRODUCTIVO	ORIGEN DE EMISIONES GEI EN EXTRUSIÓN
<p>PRODUCCIÓN DE BOBINA DE FILM DE POLIETILENO PARA ENVASE FLEXIBLE</p>	<div data-bbox="659 689 828 831" style="text-align: center;">  </div> <p>Energía eléctrica utilizada en extrusora para fundir los grumos de polietileno.</p>

Fuente: elaboración propia.

Recolección de datos

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.

Herramientas, unidades de medida y metodología de recolección de datos

A continuación se definen las herramientas, las unidades y las metodologías utilizadas para recolectar los datos necesarios en los procesos productivos.

A. Energía

Herramienta: medidor de energía consumida por la nave.

Unidad de medida: Kilowatt/hora

Metodología: se toma nota de la energía (Kwh) consumida por 24 horas. (**Herramienta:** datos obtenidos de facturación de energía de Planta I. **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: datos técnicos provistos por el fabricante de extrusoras. Se obtienen los datos de potencia de motores utilizados en las extrusoras y del sistema utilizado para elevar la temperatura del material a extrusar.

Cálculo de emisiones

Mediante la aplicación de las fórmulas y los factores de emisión mencionados en las secciones precedentes, se realiza el cálculo 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 planta I de Petropack 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 3. Figura 15. 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: Franklin Associates, A Division of Eastern Research Group, Inc. "Cradle-to-Gate Life Cycle Inventory of Nine Plastic Resins and Two Polyurethane Precursors." Prairie Village, Kansas, 2007.

Emisiones por transporte de Materia Prima

El transporte de las materias primas desde el lugar de fabricación genera emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

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.

La ecuación que calcula las emisiones producidas es la siguiente:

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

Figura 16

CIUDAD DE ORIGEN	Sao Paulo, Brasil.
DISTANCIA EN KM.	1910km hasta Paraná, Entre Ríos, Argentina.
TRANSPORTE TERRESTRE (tCO ₂ e)	0,25 tCO ₂ E
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

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:

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

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%.

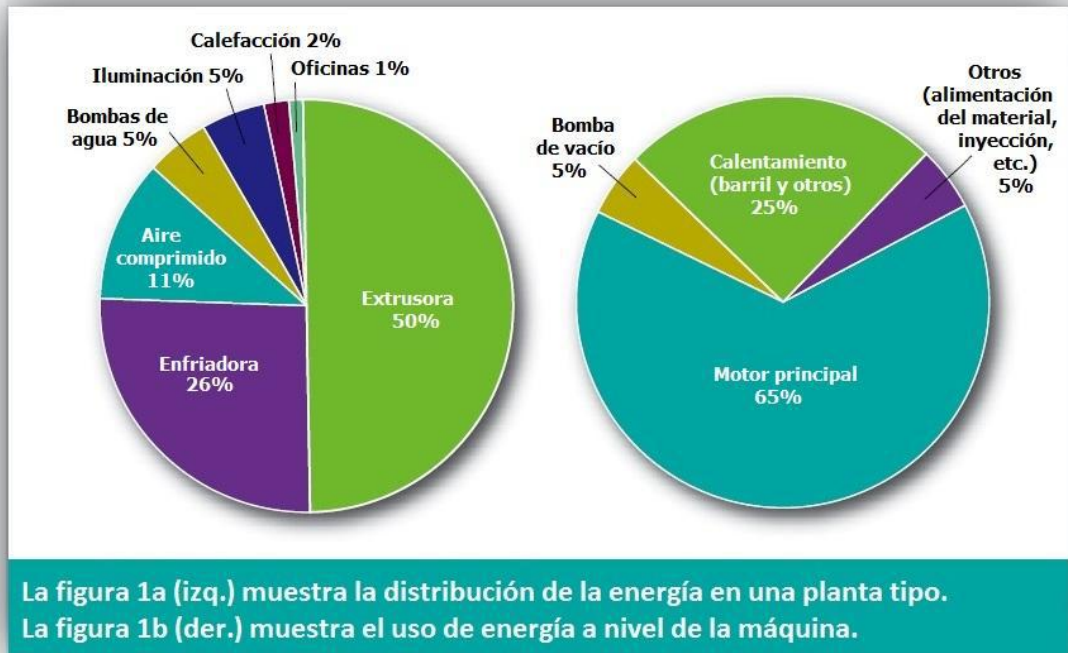
Ahorro de energía

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 nivel de la máquina, la mayoría de las compañías extrusoras observan que su utilización de energía está distribuida tal como se muestra en la figura que continúa.

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 del tipo de proceso, de tornillo, 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.

Figura 17. Distribución y uso de energía en una planta tipo y a nivel de máquina



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 redituable. 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 la siguiente figura.

Figura 18. Consumo de Energía Específica en planta para la extrusión y consumo de energía de máquina extrusora

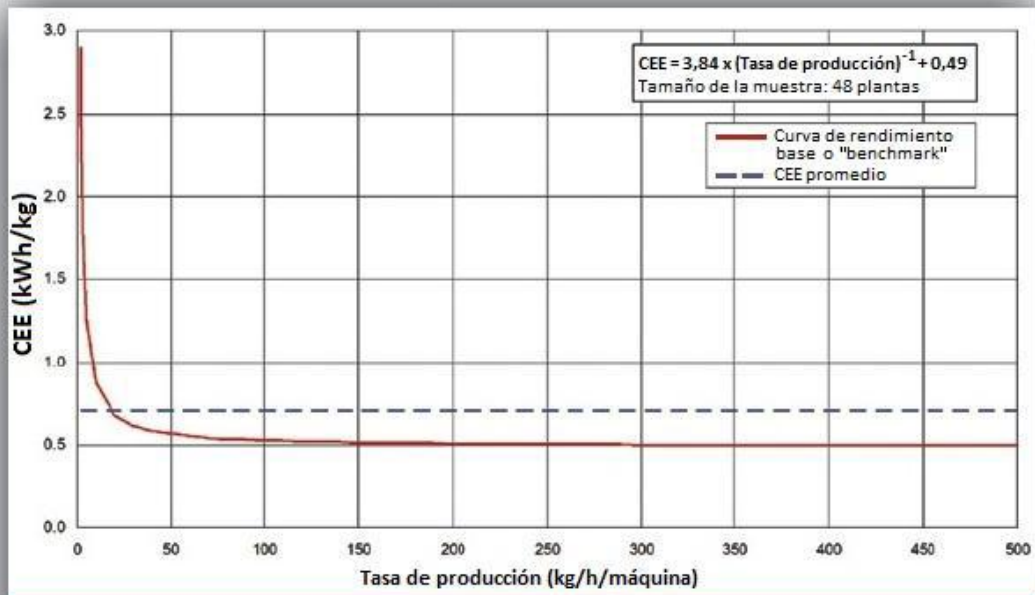


Figura 2: Consumo Energía Específica de la planta para extrusión

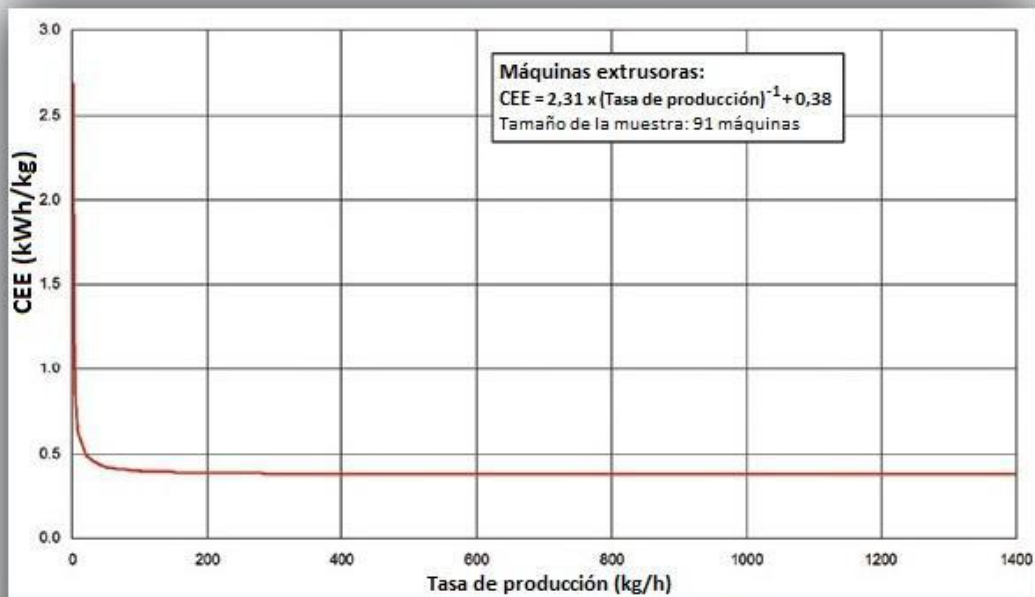


Figura 3: Consumo Energía Específica de la máquina para extrusión

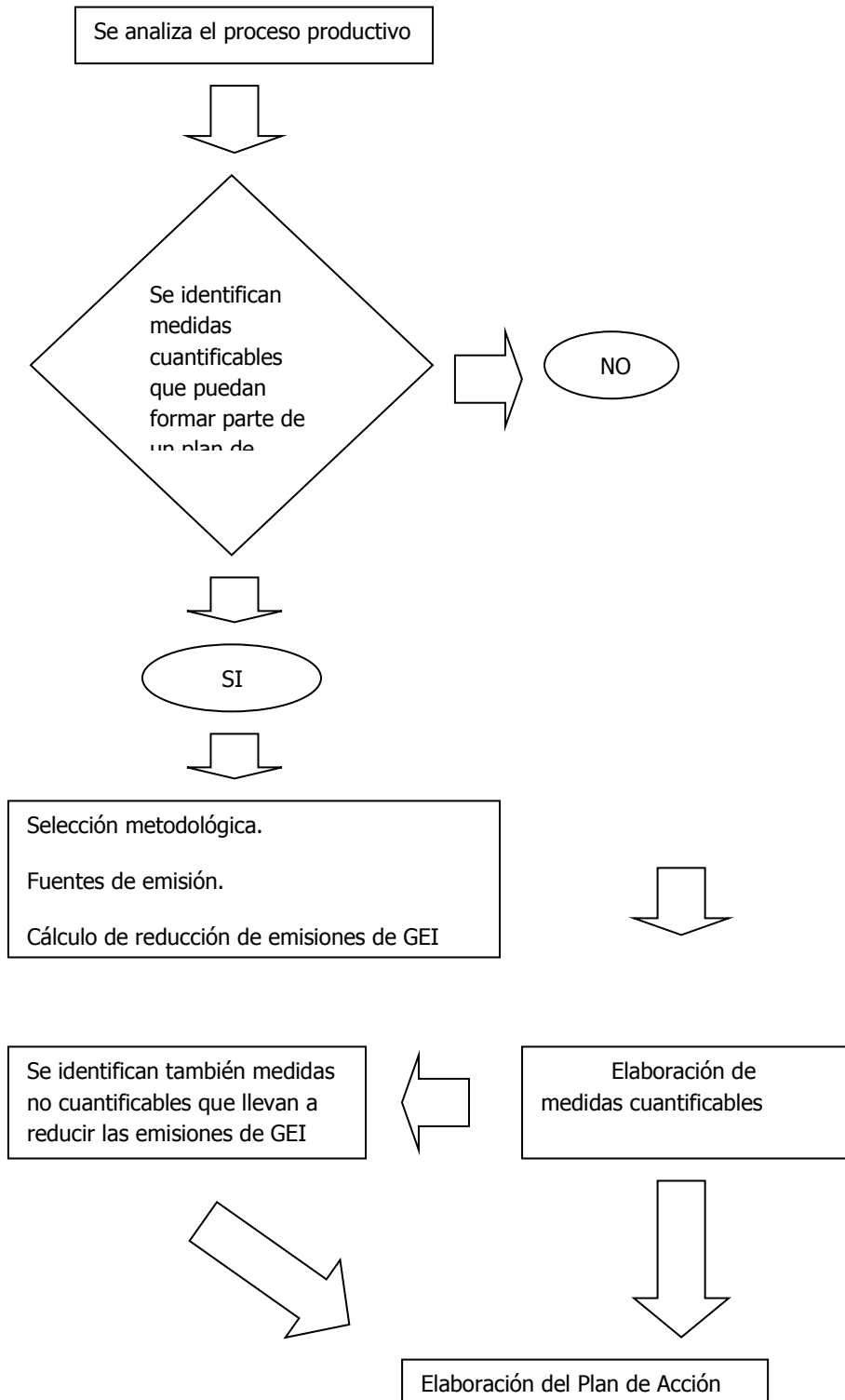
Fuente: elaboración propia en base a datos del fabricante.

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.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

El siguiente cuadro sintetiza el proceso de trabajo realizado en la Planta. Figura 19



Los resultados obtenidos son los primeros en cuanto a identificación de la emisión de Gases de Efecto Invernadero, 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.

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.

La mayor conciencia por los impactos ambientales de la producción y comercialización de productos alimentarios envasados ha dado lugar a la evaluación de las empresas de envases no sólo por su capacidad de proveer productos seguros y de calidad, sino por la capacidad de balancear los aspectos económicos, sociales y ambientales, es decir, por la sustentabilidad.

La asociación público-privada es un elemento clave que facilitaría el éxito de las iniciativas del cálculo de H de C en las pequeñas empresas.

CONCLUSIONES

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 Gases de Efecto Invernadero que genera un producto, en la actualidad se está incorporando en las etiquetas de los mismos como un factor discriminatorio 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.

Los responsables de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero somos todos y cada uno de nosotros como ciudadanos, pero también lo son las empresas a raíz de sus procesos y actividades, hasta el fin del ciclo de vida del producto que se analice.

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.

En un mundo que está cambiando los antiguos conceptos y paradigmas, el desarrollo sostenible es uno de los más importantes, no se trata solamente de medir la Huella de Carbono, que es un indicador, sino de actuar y mejorar.

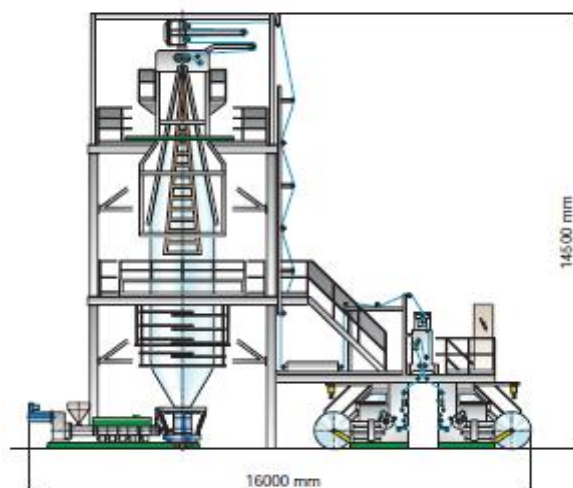
Actualmente se apunta a la industria agroalimentaria en la que los envases y embalajes juegan un importante papel. Los procesos de adaptación y reconversión

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.

En el caso particular de la empresa en estudio, el resultado de esta investigación ha generado la iniciativa de la gerencia a manifestar su intención de mejorar la eficiencia de sus procesos, tratando de conocer su impacto medioambiental, para informarlo a sus clientes, y, en base a sus requerimientos, lograr la ecoeficiencia buscada.

ANEXO

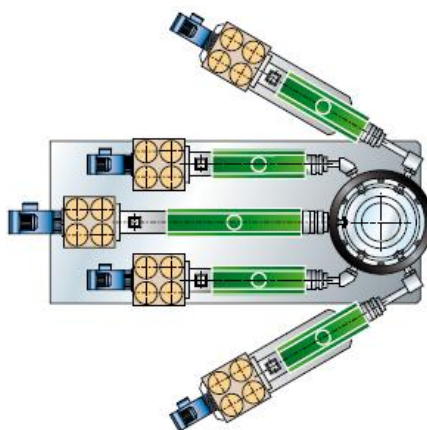
Figura 20. Sistema de extrusión completo en esquema



Fuente: Manual de fabricante (2015)

La siguiente figura representa un corte de la vista superior del sistema de carga de grumos y conformación del globo.

Figura 21. Corte de vista superior del sistema de aspiración y conformación de globo de polietileno



El Polietileno es definido como el polímero producido por la polimerización del Monómero de Etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$). Según el proceso de polimerización, pueden producirse resinas plásticas de alta o baja densidad. Es una poliolefina que es un termoplástico semi-cristalino que se caracteriza por una buena resistencia química y buen aislamiento eléctrico. La dureza del polietileno es una consecuencia de su estructura cristalina. Cuanto mayor es su estructura cristalina, tanto más duro y rígido es el producto. Se puede transformar con facilidad por los sistemas convencionales de producción. Es uno de los grupos de plásticos más utilizados en diferentes aplicaciones, como por ejemplo envases (ECOPLAS, 2011).

El polietileno de alta densidad se produce por proceso de polimerización a bajas presiones. Actualmente se define solamente por su rango de densidad que va desde $0,941\text{g/cm}^3$ hasta $0,965\text{g/cm}^3$. Es utilizado para fabricar botellas de leche, jugo, agua y productos de limpieza. Las botellas de PEAD no pigmentadas son translúcidas, muy buenas barrera al vapor de agua y duras. Las pigmentadas son de mayor resistencia química que las no pigmentadas, propiedad necesaria para el envasamiento de artículos de limpieza, detergentes que tienen una más larga vida. Los artículos de PEAD fabricados por inyección son resistentes a quebraduras y deformación y se utiliza, por ejemplo, en potes para yogurt.

Por su parte, el polietileno de baja densidad se produce por el proceso de polimerización a alta presión. Según este proceso se fabrica la mayor parte del polietileno. Actualmente se define solamente por su rango de densidad que va desde $0,910\text{g/cm}^3$ hasta $0,925\text{g/cm}^3$. Es un plástico que se utiliza principalmente para la fabricación de películas (films) debido a su tenacidad, flexibilidad y relativa transparencia. El PEBD alcanza un punto de fusión elevado, lo cual le otorga preferencia en la opción para aplicaciones donde se necesita sellado térmico. Se usa comúnmente para fabricar películas flexibles para bolsas de venta por menor u otras. EL PEBD también se utiliza en diferentes películas coextrudadas o laminadas que se utilizan para el envasado de diferentes productos alimenticios, cosméticos, etc.), como es el caso de Petropack. También se utiliza en la fabricación de tapas flexibles y botellas. Se le da mucho uso en tuberías y cables dada su propiedad de estabilidad eléctrica y características de procesamiento (ECOPLAS, 2011).

Por último, el polietileno de baja densidad lineal es el plástico utilizado fundamentalmente para películas (films) debido a su tenacidad, flexibilidad y relativa transparencia. El PEBDL es la resina ideal para el moldeo por inyección por su tenacidad superior, y se lo utiliza para artículos tales como bolsas de basura, bolsas de supermercado y recubrimiento de acequias.

Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero

Energía eléctrica consumida durante el proceso de extrusión

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

$$EE = EEmotor + EEresis$$

donde:

$EEmotor$ = energía eléctrica consumida por el proceso [kWh]

$EEresis$ = energía eléctrica consumida para elevar la temperatura del material [kWh]

$EEmotor$ = 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 $F \times D$, 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:

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

Donde

η = Número de revoluciones;
 K = Factor de proporcionalidad;
 D = Diámetro del husillo;
 N = Potencia.

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

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

$$N = 2,623Kw$$

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; con lo cual se verifica que el motor reductor utilizado es el modelo BW90Q.

Figura 22 Motor reductor utilizado en el proceso de fabricación, modelo BW90Q



Fuente: Elaboración propia

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 (PP).

Figura 23. Resistencias tipo abrazadera



Fuente: Manual de fabricación

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:

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

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

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

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

Ecuación 2: Fórmula de emisiones por electricidad

$$Emisiones\ por\ electricidad = N^{\circ}de\ Unidades\ Consumidas\ (kWh) \times Factor\ de\ Emisión\ \left(\frac{kgCO_2e}{kWh}\right)$$

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 =

$$67,127\ (tCO_2e/Mwh \times 1Mwh/1000kwh) = 0,0671\ tCO_2e/KWh$$

$$Por\ 24\ horas = 1,611\ tCO_2/día$$

La ecuación empleada para realizar estos cálculos se muestra a continuación:

$$Emisiones\ de\ otros\ materiales = kilogramos\ de\ producto\ (kg) \times Factor\ de\ Emisión\ \left(\frac{kgCO_2e}{kg}\right)$$

Ecuación 4: Emisiones de otros materiales

DATOS TÉCNICOS DE LA MAQUINARIA Y POSIBLES OPCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La velocidad del tornillo debería ser controlada para brindar una tasa de extrusión tan cerca del máximo como sea posible y aún producir un buen producto. La selección de los motores de la extrusora, así como de la caja de reducciones, es un factor primordial en el buen manejo de la energía.

Calentamiento del material a extrusar

Existen nuevas tecnologías de calentamiento del cañón de la extrusora que en vez de utilizar resistencias utilizan corrientes de Foucolt. La solución más obvia para evitar la pérdida de calor en las extrusoras es el aislamiento de las bandas. Diversas empresas ofrecen en el mercado un conjunto integrado de resistencia eléctrica cerámica y cubierta de aislamiento (ver siguiente Imagen). Los costos de operación del sistema se reducen hasta en un 45% y se estima que el proceso de arranque y puesta a punto es un 35% más rápido.

Figura 24. Conjunto integrado de resistencia eléctrica cerámica y cubierta de aislamiento

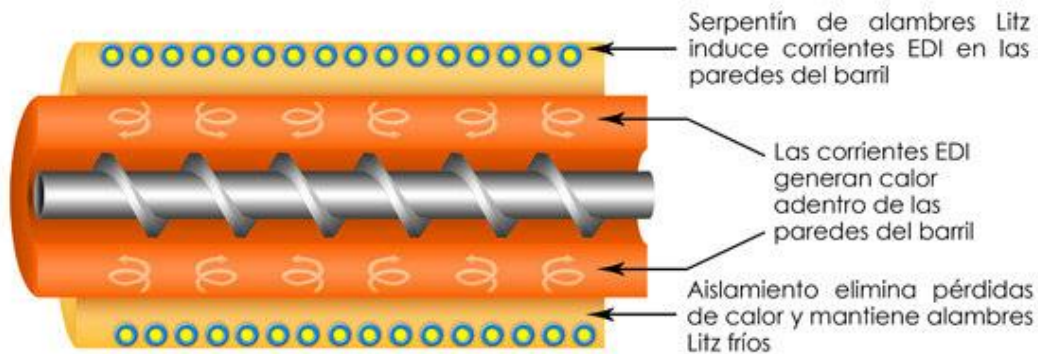


Fuente: Elaboración propia en base a datos de fabricación.

Integración de resistencias eléctricas y cubiertas de aislamiento

Esta técnica se basa en el calentamiento de los cilindros por inducción. La inducción emplea la creación de un campo magnético alrededor de la unidad, el cual genera un flujo de electrones en el metal, que a su vez se transforma en calor y calienta la pieza.

Figura 25. Integración de resistencias eléctricas y cubiertas de aislamiento



Fuente: Elaboración propia en base a datos de fabricación.

Esquema de calentamiento por inducción en cilindro de extrusoras

El campo magnético es generado por una espiral enrollada sobre un material de aislamiento resistente a las altas temperaturas y este último en contacto con el cilindro. En la siguiente imagen se exhibe una extrusora con el cilindro calentado mediante el sistema por inducción.

Figura 26. Extrusora con cilindro calentado mediante inducción



Fuente: Elaboración propia en base a fotografías de la empresa.

En el sistema se combinan zonas calentadas por inducción (en la zona de alimentación) con zonas de calentamiento convencional. Este sistema híbrido proporcionará una reducción del consumo de entre el 30% y 50%. El sistema cuesta entre un 25% y 50% menos que un sistema con todas las zonas de inducción.

Una de las primeras ventajas del calentamiento por inducción mediante este sistema es el ahorro en el consumo eléctrico. Este sistema puede ser empleado para el procesado de cualquier material plástico.

BIBLIOGRAFÍA

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. Disponible en <http://shop.group.com/en/Browse-by-Sector/Energy--Utilities/PAS-2050/> (fecha de consulta: 07/01/16).

ECOPLAS. Manual de Valorización de los residuos plásticos. Disponible en <http://www.ecoplas.org.ar/pdf/11.pdf> (fecha de consulta: 09/02/16).

FAO. Cumbre Mundial sobre la Alimentación, Roma, 1996. Disponible en http://www.fao.org/wfs/index_es.htm (fecha de consulta: 07/01/16).

FAO. Conferencia de Alto Nivel sobre la Seguridad Alimentaria Mundial: los desafíos del cambio climático y la bioenergía. Roma, 2008. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-Rep-S.pdf (fecha de consulta: 07/01/16).

FAO. Los impactos del cambio climático en la seguridad alimentaria. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/elearning/Sites/ELC/SampleLessons/es/1135/lesson.html> (fecha de consulta: 07/01/16).

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 Disponible en <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/pdffiles/spnch5-2.pdf> (fecha de consulta: 07/01/16).

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.

NACIONES UNIDAS. *Convención Marco sobre el Cambio Climático.* Conferencia de las Partes, París, 12 de diciembre de 2015. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf> (fecha de consulta: 06/01/16).

PETERS, G.P. et al. 2009. "Trade, transport and sinks extend the carbon dioxide responsibility of countries: A neditorial essay". In *Climatic Change* (Dic. 2009), Vol. 97, Nº 3-4, pp. 379-388.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE (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. Disponible en http://www.unep.org/dec/docs/Guide_to_TEAP-IPCC_HFCs_report-Spanish.pdf (fecha de consulta: 17/01/16).

ROJAS WANG, J.P. Siete pasos para gestionar la huella de carbono en su organización. 2011. Disponible en http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_140_070311_es.pdf (fecha de consulta: 17/01/16).

SCHNEIDER, H.; SAMANIEGO, J. La huella del carbón en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), Buenos Aires. 2010, 46 p.

UNIÓN EUROPEA. Reglamento Nº10/201 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos. Disponible en <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32011R0010> (fecha de consulta: 09/02/16).

WATERSON, T. y GILLIN, N. Flexible packaging to be the topic of next AIP technical dinner. 2009. Disponible en <http://www.i-grafix.com/packaging/flexible-packaging-to-be-the-topic-of-next-aip-technical-dinner-3/> (fecha de consulta: 17/01/16).

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).

DIRECCIÓN DE INDUSTRIA ALIMENTARIA - S.A.G.P. y A. Revista Alimentos Argentinos N° 6 <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/alimentos/inicio.htm> (fecha de consulta 1/03/2016).