UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Evaluación del Impacto Ambiental Generado en la Producción de *Snacks* en una Microempresa del Municipio de Manizales

Gloria Patricia Cardona Cuervo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química

Manizales, Colombia

2016

Evaluación del Impacto Ambiental Generado en la Producción de *Snacks* en una Microempresa del Municipio de Manizales

Gloria Patricia Cardona Cuervo

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería - Ingeniería Ambiental

Directora:

Ph.D. Ingeniera María Teresa Dávila Arias

Codirector:

Magister Gabriel Hernando Cadavid Marín

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química

Manizales, Colombia

2016

Dedicatoria

A Francisco, por su constante apoyo en el camino hacia la educación como medio para ser libre.

A Valeria, quien se ha convertido en una gran motivación desde que vino al mundo a través de mí.

A mi familia, por su constante apoyo moral.

Agradecimientos

A la docente de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales María Teresa Dávila Arias, por su constante disposición en la elaboración del presente trabajo.

Al ingeniero Gabriel Hernando Cadavid Marín, por sus valiosos aportes para la culminación del presente trabajo final.

A la empresa Comestibles Horizontes por su colaboración con el suministro de los datos necesarios para el desarrollo del trabajo.

A la empresa Celbit Ltda., mi proyecto de vida y financiadora del presente trabajo.

Resumen

Este trabajo de grado presenta el impacto ambiental generado en la producción de *snacks* de papas fritas por parte de una microempresa en el municipio de Manizales Caldas - Colombia, a partir de la variedad de papa Capiro R-12, con ayuda del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y los balances de materia y energía. Se utilizan datos primarios y secundarios de la industria de *snacks;* para el año 1994 la Agencia de Protección Ambiental del Gobierno Federal de los Estados Unidos (EPA), catalogó el proceso de producción de *snacks* de papas bajo el código de clasificación de recurso SCC3-0203603, con emisiones a la atmósfera de material particulado y componentes orgánicos volátiles. Los vertimientos a los ríos se cuantifican por medio de las categorías de impacto ambiental, como son: potencial de calentamiento global (16,457 kg Eq. CO_2/Ton. de MP, donde kg Eq. es kilogramo equivalente y MP es materia prima), consumo de recursos energéticos (43,2 MJ), potencial de eutrofización (30,9958 kg Eq. PO_4^{3-} /Ton. de MP), potencial de acidificación (0), consumo de materias primas (1 Tm) y potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (0,2337 kg Eq. C_2H_4/Ton. de MP). Como resultado se obtiene mediante hojas de cálculo de la simulación del proceso productivo los siguientes factores de emisión en kilogramo/tonelada de producto: Material Particulado Filtrable: 0,2340, Material Particulado Inorgánico: 0,1735, Material Particulado Orgánico: 0,0447, Material Particulado Total: 0,2182, Compuestos Orgánicos Volátiles: 0,0026.

Palabras clave: Categorías de impacto ambiental, papa capiro R-12, Análisis de Ciclo de Vida, *snacks de* papas fritas**.**

Abstract

Environmental Impact Assessment Generated in the Production of Snacks in a Microenterprise Municipality of Manizales.

This undergraduate work presents the environmental impact in the production of *snacks* of chips by a micro-enterprise in Manizales-Caldas- Colombia city, from potato variety Capiro R-12, using Cycle Analysis Life (LCA) and matter and energy balances. For 1994 the Environmental Protection Agency of the Federal Government of the United States (EPA), he cataloged the production process potato *snacks* under the source classification code SCC 3-02- 036-03, which specified the emissions of particulate matter and volatile organic compounds. Discharges into rivers are quantified by the environmental impact categories, such as: global warming potential (16,457 kg. Eq. CO_2/Ton. de MP) where kg. Eq. It is equivalent kilogram and is the raw material MP, consumption of energy resources (43,2 MJ), eutrophication potential (30,9958 kg - Eq. PO_4^{3-} /Ton. of MP), acidification potential, consumption of raw materials (1 Tm) and potential formation of photochemical oxidants (0,2337 kg- Eq. C_2H_4/Ton. of MP). Using spreadsheets to simulate the production process the following emission factors are obtained in kg / tonne of product: Particulate Matter Filterable: 0,2340, Inorganic Particulate Material: 0,1735, Organic Particulate Material: 0,0447, Particulate Matter Total: 0,2182, Volatile Organic Compounds: 0,0026.

Keywords: Environmental Impact Categories, Capiro potato R-12, Cycle Analysis Life, snacks of chips.

Contenido

Pág.

1. Antecedentes 20
1.1 Mundiales 20
1.2 Nacionales 23
1.3 Locales 24

2. Planteamiento del Problema 27
2.1 Definición del problema 27
2.2 Justificación 28
2.3 Objetivos 30
2.3.1 Objetivo general 30
2.3.2 Objetivos específicos 30
2.4 Alcances 31

3. Marco Teórico 33
3.1 Metodologías para la evaluación de impactos ambientales en los sistemas alimentarios 34
3.1.1 Metodologías ad hoc o Panel de expertos: 34
3.1.2 Método de Leopold 35
3.1.3 Método del Instituto Batelle - Columbus 36
3.1.4 Listados de chequeo 37
3.1.5 Redes 37
3.1.6 Balances de materia y energía 38
3.1.7 Análisis de Ciclo de Vida (ACV) 38
3.1.8 Balances de materia y energía 43

4. Metodología 45
4.1 Selección de la metodología de evaluación 45
4.2 Descripción del sitio de estudio 46
4.3 Caracterización de la materia prima y de los vertimientos 47
4.3.1 Recolección de datos secundarios: Reportes de literatura para la recolección de información secundaria de la caracterización de la materia prima 47
4.3.2 Recolección de datos primarios: Análisis de laboratorio realizado para caracterización de la materia prima para el caso de estudio y del vertimiento en la zona de lavado 49
4.4 Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida para la producción de Snacks 51
4.5 Definición del Objetivo y el Alcance 55
4.6 Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) 58

4.7 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) 59
4.8 Evaluación del Análisis de Ciclo de Vida 60
4.9 Caracterización de las categorías de impacto 62

5. Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida 63
5.1 Balances de materia 63
5.2 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) 68
5.3 Evaluación del Análisis de Ciclo de Vida 69
5.4 Caracterización de las categorías de impacto 70
5.5 Interpretación del Ciclo de Vida 71
5.6 Generalización de la metodología para otras empresas 71

6. Análisis de Resultados y discusión 74
6.1 Análisis de resultados 74
6.2 Propuesta de alternativas de mitigación de impactos 77
6.2.1 Tratamiento de efluentes líquidos 77
6.2.2 Control de Olores y Emisiones 78
6.2.3 Disposición de Residuos Sólidos 79

7. Conclusiones y Recomendaciones 81
7.1 Conclusiones 81
7.2 Recomendaciones 83

8. Anexo: Hoja de cálculos 85

Lista de figuras

Pág.

Figura 3-1 Marco de referencia de un Análisis de Ciclo de Vida (Conservación y Carbono S.A.S, 2016)..... 42
Figura 3-2 Principales puntos de contaminación de un proceso productivo (Agrolca Manager, 2016)..... 43
Figura 4-1 Ubicación de la microempresa (fuente propia)..... 46
Figura 4-2 Localización de la microempresa (fuente propia)..... 47
Figura 4-3 Línea de producción de los *snacks* de papas fritas (fuente propia) 52
Figura 4-4 Proceso general para la producción de *snacks* de papa frita – adaptación al idioma (Environmental Protection Agency, 1994)..... 53
Figura 5-1 Balances de materia en las secciones de lavado, pelado, filtrado y picado. ……..64
Figura 5-2 Balances de materia en las secciones de escurrido, freído, secado y selección. 66
Figura 5-3 Balances de materia en las secciones de salado, empacado primario y empacado secundario. 68

Lista de tablas

Pág.

Tabla 3-1 Categorías de impacto ambiental (IHOBE, 2009) 41
Tabla 4-1 Composición química variedad de papa Diacol Capiro R-12..... 48
Tabla 4-2 Composición química de la papa para uso doméstico 48
Tabla 4-3 Análisis de laboratorio y métodos empleados en la caracterización de la materia prima y producto terminado..... 50
Tabla 4-4 Composición de la Papa Capiro R-12 con cáscara 50
Tabla 4-5 Composición de la Papa Capiro R-12 pelada y lavada 50
Tabla 4-6 Composición de la Papa Capiro R-12 procesada (Producto Final)..... 51
Tabla 4-7 Análisis DQO de la corriente de agua residual..... 51
Tabla 4-8 Factores de emisión para material particulado y compuestos orgánicos volátiles (Environmental Protection Agency, 1994) 54
Tabla 4-9 Objetivo del estudio 55
Tabla 4-10 Alcance del estudio 57
Tabla 4-11 Elementos de la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida..... 60
Tabla 4-12 Ecuaciones empleadas para calcular las categorías de impacto. (Cadavid Marín, 2014)..... 61
Tabla 5-1 Composición típica del aire (Cadavid Marín, 2014)..... 67
Tabla 5-2 Composición típica del gas natural (Cadavid Marín, 2014) 67
Tabla 5-3 Elementos de la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida..... 69
Tabla 5-4 Caracterización categorías de impacto..... 70
Tabla 5-5 Caracterización de los factores de emisión..... 71
Tabla 5-6 Caracterización de los factores de emisión para las tres empresas. 72
Tabla 5-7 Caracterización de categorías de impacto para las tres compañías..... 72

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
µm	Microgramo
ACV	Análisis de Ciclo de Vida
CCI	Corporación Colombia Internacional
CFC	Cloroflurocarbonados
CORPOICA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EICV	Evaluación e Impacto de Ciclo de Vida
EPA	*Environmental Protection Agency*
ICV	Inventario de Ciclo de Vida
Kcal	Kilocaloría
kg	Kilogramo
kg Eq	Kilogramo Equivalente
mg	Miligramo
MJ	Mega Joule
mL	Mililitro
mm	Milímetro
MP	Material Particulado
P+L	Producción más Limpia.
PA	Potencial de Acidificación
PAO	Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono.
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PE	Potencial de Eutrofización
PFOF	Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos
PIB	Producto Interno Bruto
PROEXPORT	Asociación de Productores-Exportadores de Frutas y Hortalizas.
PyME's	Pequeñas y Medianas Empresas
Tm	Tonelada métrica

Introducción

La calidad del agua es un factor determinante en la sostenibilidad de toda empresa que realiza transformaciones a la materia, ya que éstas utilizan el recurso hídrico para aprovecharlo en todos los procesos físico-químicos y, finalmente realizando un vertimiento a ríos y quebradas sin un previo tratamiento. Dichos vertimientos generan una preocupación ante los diferentes actores que integran una comunidad a pesar de la legislación ambiental que se presenta en el país, ya que presentan consecuencias negativas en la flora, fauna y la salud de la población por el alto contenido de químicos tóxicos e infecciosos que afectan la calidad de las fuentes hídricas.

Las pequeñas y medianas empresas (PYME'S) generalmente no realizan una evaluación del impacto ambiental que presenta el proceso productivo, esto se debe a diversos aspectos como la falta de procedimientos para los análisis, poco conocimiento sobre las categorías de impacto al ambiente, vacíos en la legislación colombiana y el alto costo que implicaría el tratamiento de los residuos del proceso.

Es por esto que por medio del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se evalúa el impacto que presenta el proceso de producción de *snacks* de papa frita en una comunidad de Manizales - Caldas, en cuanto a la generación de residuos sólidos, emisión de gases en el proceso de fritura y el vertimiento a las fuentes hídricas durante el acondicionamiento de la materia prima por medio de las siguientes categorías de impacto ambiental: Potencial de Calentamiento Global (PCG), Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono Estratosférica (PAO), Potencial de Eutrofización (PE), Potencial de Acidificación (PA), Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos (PFOF).

Para determinar de forma cuantitativa el impacto generado por la producción de *snacks* y establecer alternativas para la mitigación de éstos, es necesario establecer los límites de evaluación; se trabajó un caso de estudio en la microempresa Comestibles Horizontes, los límites de trabajo son: desde la entrada de materia prima hasta la salida del producto empacado y paredes internas de la planta de producción, en este caso se definió una materia prima y un producto específico, para determinar y cuantificar las etapas, entradas, salidas y desechos del proceso, por medio del consumo de las materias primas, que en este caso es la variedad de papa Capiro R-12, aceite, sal y del consumo de recursos energéticos como gas natural y electricidad.

Siguiendo los pasos de identificación, cuantificación y caracterización de todas las categorías de impacto involucradas en el ACV se plantea como una estructura de trabajo basada en 7 capítulos: Antecedentes, Planteamiento del problema, Marco Teórico, Metodología, Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida Para la Producción de *Snacks*, Resultados y Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.

Inicialmente es necesario entender el desarrollo de la industria de *snacks de* papas fritas en el mundo, la nación y la localidad que rodea la empresa, identificando cómo se encuentra y cómo se enfoca la producción y una descripción de las necesidades de evaluación del impacto ambiental de empresas del sector de alimentos lo cual se muestra en el capítulo 1. En el capítulo 2, se presenta el planteamiento del problema, soportando las ideas con las cuales surge la iniciativa de evaluación del impacto ambiental en las MIPYMES productoras de alimentos, específicamente productoras de *snacks* mediante Análisis de Ciclo de Vida. En tercer lugar, en el capítulo 3 se presenta el marco teórico en donde se revisa de forma teórica otro tipo de metodologías para determinar el impacto que tiene un proceso productivo al medio ambiente, en el capítulo 4 se describe la metodología empleada, se presenta el modo en el cual se tomó la información primaria y secundaria para la posterior aplicación del ACV y los balances de materia y energía necesarios para determinar las diferentes categorías de impacto de la microempresa. En el capítulo 5 se presenta la aplicación del ACV, conceptos y enfoques del desarrollo, para ejecutar los objetivos planteados en el presente trabajo, en el sexto capítulo se presentan los

resultados y discusión y en el séptimo capítulo se presentan conclusiones y recomendaciones para mitigar los impactos generados.

1. Antecedentes

Por definición el *snack* es un alimento que se consume fuera del horario de la comida principal, por lo general en la calle y en un periodo corto de tiempo. La demanda de alimentos tipo *snack* (dulces o salados) va en aumento debido a que se vive un estilo de vida más agitado, horarios de trabajo prolongados, sumado a una mayor presencia de la mujer en la vida laboral. Como consecuencia a la hora de elegir un producto se busca aquello que sea fácil de consumir, listo para calentar y preparar y si el envase es de una porción, es lo ideal (Escuela Agraria A.V.E, 2010). Los *snacks* salados son generalmente de vegetales, granos, cereales y aperitivos que no necesitan ser freídos; en cuanto a los *snacks* dulces se tienen productos a base de cocoa, frutas y azúcar.

1.1 Mundiales

Existe un creciente número de plantas productoras de alimentos tipo *snacks* en el mundo y esta tendencia se sigue en Colombia. El crecimiento del sector ha sido permanente desde 1990 y se estima un comportamiento del sector igual o superior para los próximos años gracias a la diversificación de los mercados que ha tenido Colombia liderada por PROCOLOMBIA (Exportaciones - Turismo - Inversión Marca País), antes PROEXPORT. La razón principal de esta tendencia es el crecimiento de la población urbana, el aumento de los ingresos y la preferencia de los consumidores por los alimentos pre-listos y de fácil preparación y consumo (PROEXPORT COLOMBIA, 2012).

Los *snacks de* papas fritas comúnmente se presentan en unidades que pesan en promedio 25 – 35 gramos y en menor proporción 110 – 150 gramos, empacados en bolsas de aluminio, polipropileno y polietileno, a su vez estos son empacados en paquetes de 10 o 12 unidades para la venta en tiendas y supermercados. El tipo de empaque depende en gran medida del tipo de empresa, ya que generalmente en las grandes compañías como Frito Lay, los recursos permiten un empacado en atmósfera inerte que conlleva a un mayor tiempo de conservación, mientras que en las PYMES los empaques son de materiales menos resistentes y sin control de la atmósfera de empacado, por lo cual los *snacks* tienden a deteriorarse en un tiempo menor (Fuente Propia).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el principal productor de papa en el mundo para el año 2013 fue China con una participación del 24,2%, seguido por India 12,3%, Federación Rusa con 8,2%, Estados Unidos 5,4% y Alemania 2,6%. Para el mismo año, los rendimientos por hectárea de estos cinco principales productores de papa, indican que Estados Unidos tiene el mayor rendimiento con 51,38 ton/ha, seguido de Alemania con 43,9 ton/ha e India con 25,09 ton/ha (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Las empresas productoras de alimentos en Estados Unidos, conteniendo las de *snacks,* presentaron importantes desafíos en los últimos 5 años debido a una disminución del ingreso promedio por hogar. Se estima que el 35% de familias cambiaron sus hábitos de adquisición por este motivo. No obstante, la industria ha demostrado su capacidad de adaptación a las nuevas tendencias y necesidades. En el año 2012, más de 56 millones de quintales de papa fueron destinados a la producción de *snacks* de papas fritas en Estados Unidos, siendo el líder mundial en producción de *snacks* de papas fritas, donde sus principales países de exportación son México y Canadá, superando ventas anuales de USD $ 9 billones y genera más de 65.000 empleos en el país y siendo las marcas *Lays, Pringles, Goldenflake, Dickel's Snack Food, Snayder's - Lance Inc* las marcas estadounidenses líderes a nivel mundial; al igual el consumo per cápita es de 10 kg. en

Estados Unidos y en Venezuela supera los 5 kg. (PRO ECUADOR - Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2014).

A pesar del beneficio que se obtiene en la vida diaria de las personas debido a los cambios de estilos de vida específicamente en el modo de alimentación, varios estudios han revelado que la producción de papas fritas o *snacks* similares contribuyen en gran medida a los impactos ambientales a lo largo de su ciclo de vida debido a los requerimientos de energía para su procesamiento por sus altos niveles de contenido de agua y las posteriores emisiones contaminantes en los procesos de freído dadas por la reacción violenta que ocurre al sumergir las papas en aceite caliente (Foster, C., y otros, 2006).

Debido que los *snacks* de papas fritas representan un gran segmento de la industria, constituyen un ejemplo representativo de estudio de emisiones contaminantes; las técnicas de cálculo de estas emisiones son de gran importancia en el momento de obtener precisión de la información y su posterior análisis para la toma de decisiones tanto a nivel empresarial como a nivel de gubernamental con miras a un desarrollo sostenible tanto a nivel económico como ambiental (Australia, Environment, 1999).

De igual modo, la correcta delimitación del sistema de estudio objeto de evaluación del impacto ambiental, permite una adecuada estimación de las emisiones para el impacto ambiental del caso puntual de estudio, así, por ejemplo, en Republica Checa se reportan emisiones a la atmósfera de 1,28 kg. CO_2 Eq. / kg. de producto terminado de *snacks* de papas fritas, este dato puede servir como punto de referencia para realizar estudios comparativos en casos puntuales en Colombia dado que la materia prima objeto de estudio posee características similares en su composición y en Colombia la evaluación del impacto ambiental de las MIPYMES productoras de *snacks* de papas fritas se encuentra poco documentada (Jr, Jelínková, & Jaresová, 2013).

1.2 Nacionales

Colombia tiene un mercado de *snacks* dulces y salados del 10% de Latinoamérica: USD $541,6 millones, con un crecimiento del 70% en cinco años. Los productos más atractivos para los consumidores son: papas fritas y productos crujientes, con un valor de USD $235,3 millones, equivalentes al 43% del total consumido en el país. Los *snacks extruidos* ocupan el segundo lugar, con un valor de mercado de USD $102,7 millones y un crecimiento del 68% con un consumo per cápita de 2,5 kg. por año (Industria Alimenticia, 2008).

El líder del mercado de *snacks en* Colombia es la compañía Pepsico con su filial Frito Lay, le sigue la empresa Yupi, con sede en Cali la cual cuenta con el 15% de participación y una tercera firma de Bogotá que produce la marca Súper Ricas. Sin embargo, en la región del Valle hay un grupo de empresas que han aumentado su participación en el mercado con Productos Calima, Rosquillas Caleñas, Manitoba, Del Alba que buscan posicionarse entre los consumidores nacionales y extranjeros (El País, 2014).

El sector productivo de transformación de alimentos, se caracteriza por la generación de residuos sólidos y líquidos de tipo convencional (no tóxico). El impacto negativo de esta industria radica tanto en el uso de tecnologías obsoletas como en el desperdicio y la falta de sistemas de tratamiento previos de los vertimientos como son el uso de trampas de grasa y su mantenimiento inadecuado. Adicionalmente, el sector alimentos posee una alta cantidad de subproductos, para los cuales el mercado es incipiente (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

Adicional a lo anterior, la emisión de normas cada vez más estrictas para ejercer controles por parte de las autoridades ambientales de modo que las empresas realicen un transporte y una disposición adecuada de los residuos, contribuye a la generación de residuos debido a que las empresas más pequeñas no logran ajustarse a estos requerimientos debido a los limitados recursos económicos con que cuentan las MIPYMES, lo cual conlleva a que

estas se deshagan de los mismos de la manera más fácil posible, como verterlos al sistema de alcantarillado o disponiéndolos para la recolección habitual de las empresas de aseo (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

Como apoyo al control ambiental el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial la Resolución número 909 del 5 de junio de 2008, establece las normas y estándares de emisiones admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008) y la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

1.3 Locales

En la clasificación de empresas productoras de *snacks* según la participación en el mercado, se encuentran las intermedias, como productos Yolis en la ciudad de Armenia o Comestibles Mapy en Manizales, que representan un punto de quiebre entre los grandes productores y los pequeños. Las microempresas, en particular, el Eje Cafetero tienen una representación importante para el sector dentro de Colombia.

En Manizales, Chinchiná y Villamaría existen microempresas que se caracterizan por ser de tipo familiar, en las cuales se evidencia un factor común y es el nivel artesanal que prima en la elaboración de sus productos; sumado a esto, las fluctuaciones económicas de la papa que constituye la materia prima principal y que afecta los márgenes de utilidades considerablemente en algunas de épocas del año, hacen que el músculo financiero de estas MIPyMEs sea deficiente y constantemente estén buscando créditos bancarios (Osorio, 2016).

La informalidad y la producción en zonas no aptas para realizar estos procesos sumado a la falta de recursos económicos aumentan la brecha que existe entre la producción, el sostenimiento y el cumplimiento de la normativa ambiental que afecta un posible crecimiento económico de las microempresas del sector snacks en la región. Esto es evidenciado por los propietarios de las microempresas que lo comunican de manera directa al responder entrevistas en las cuales afirman que carecen de registro INVIMA para procesar alimentos o la consecución de este permiso los ha llevado a adquirir préstamos bancarios para realizar las adecuaciones respectivas de la planta de producción (Osorio, 2016).

En el ámbito social las PyME's tienen una fuerte incidencia por el gran número de ellas otorgándoles una fuerte presencia en el tejido social (Araya, 2003). A pesar del impacto económico favorable que este tipo de producción trae para los empresarios y la generación de empleo, hay evidencia del impacto ambiental negativo que puede producir debido a la contaminación, especialmente por emisiones atmosféricas, generación de vertimientos y residuos sin ningún tipo de tratamiento.

En Manizales y Villamaria, según datos obtenidos en la Cámara de Comercio de Manizales por Caldas existen 61 empresas dedicadas al procesamiento de alimentos con el Código CIIU 1089 que corresponde a “Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p.” la cual arroja tres nombres de empresas productoras de papas tipo snack con lo cual se podría hacer un estimado de las empresas potenciales para realizar la implementación de la evaluación del impacto ambiental.

No obstante, la búsqueda realizada por la Cámara de Comercio de Manizales por Caldas, no es exacta dado que la búsqueda arroja una cantidad de empresas, y otros códigos CIIU no utilizados podrían tener otras empresas productoras de snacks registradas, es así como se evidencia en una entrevista realizada a algunos de los productores en Manizales y Chinchiná que el número de productores es mayor (Osorio, 2016).

El aumento del consumo de las hojuelas de papas fritas ha hecho que las diferentes empresas de producción incluyan métodos alternativos, tanto de materias primas como del aceite empleado, como ejemplo se tiene la inclusión de hojuelas de diferentes gramos y el uso de aceites vegetales para la fritura (fuente propia empresa).

2. Planteamiento del Problema

2.1 Definición del problema

La importancia de la microempresa en la economía del país abarca el 49% de la mano de obra y tiene un promedio de 1.1 trabajadores por establecimiento, la empresa grande ocupa el 19% del tamaño del país, tiene 526,3 trabajadores por firma y una pequeña empresa tiene un 32% de la ocupación del país con un promedio de 30,4 trabajadores por empresa, lo cual evidencia la generación de desarrollo económico de los países por parte de las MIPYMES (Guaipatín, 2003).

Sin embargo, comparando el beneficio social en lo que respecta a generación de empleo frente al posible impacto ambiental de las empresas manufactureras, surge una dicotomía sobre la manera de alcanzar un equilibro entre los impactos económico, social y ambiental en una economía en desarrollo en un país como Colombia (Zevallos, 2002).

Aceites, plásticos, almidones y gases de efecto invernadero son algunos de los elementos que diariamente son generados por este sector y, mientras que las grandes empresas pueden afrontar los costos del plan de manejo ambiental y adquirir equipos especializados que mitiguen el problema (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008), las MIPYMES que representan la mayor fuente generadora de empleo en la economía del país, poseen pocas posibilidades de confrontar esta situación (Guaipatín, 2003).

En Caldas, por ejemplo, existen plantas productoras de *snacks,* siendo los siete principales 1. Pasabocas el Paisa, 2. Dumis, 3. Papis, 4. Colombianitas, 5. Comestibles Horizontes, 6. Comestibles Mapy y 7. Productos Sabanita. Estas MIPyME's elaboran sus productos principalmente mediante freído en aceite, cuyo vapor es emitido sin control a la atmósfera al igual que los residuos sólidos y vertimientos generados. Es por esta razón que surge sobre la necesidad de identificar posibles áreas de intervención para facilitar que estas compañías adecúen su manejo ambiental sin afectar la labor económica que hacen a favor del país.

En resumen, la no evaluación del impacto ambiental de las plantas de producción de *snacks* puede conducir un efecto negativo para el medio ambiente por los siguientes motivos: (a) no se cuenta con los métodos necesarios para realizar la cuantificación del impacto ambiental para las PyME's, (b) falta de procedimientos de mitigación y control ambiental por parte de la legislación colombiana para las PyME's, (c) elevados costos para tratamientos a los efluentes y emisiones que se generan durante el proceso de producción y el desconocimiento del aporte ambiental negativo que generan los desechos sólidos.

2.2 Justificación

Siendo Comestibles Horizontes una de las microempresas líderes en producción de *snacks* en la ciudad de Manizales, y que la proponente y realizadora de este trabajo posee vínculos laborales con esta compañía, resulta pertinente sugerir una evaluación del impacto ambiental generado en la producción de *snacks,* comenzando con esta compañía del municipio de Manizales para su posterior generalización en la región y eventualmente en el país.

La evaluación del impacto ambiental se podría generalizar en otras MIPYMES que cuenten con máximo cinco empleados y una producción por lotes; estas empresas poseen una infraestructura similar que se evidencia, en el diagrama presentado por la Agencia de

Protección Ambiental del Gobierno Federal de los Estados Unidos (EPA) (Environmental Protection Agency, 1994) que muestra un diagrama del proceso *batch* de producción de *snacks* de papas fritas similar a la empresa Comestibles Horizontes, lo cual permitiría una réplica de la evaluación en MIPYMES del sector dadas las condiciones de similitud tanto de infraestructura como el uso de igual materia prima y gas natural como combustible para la etapa de freído.

Identificar, caracterizar y cuantificar dichos impactos ambientales con sus residuos, consumo y vertimientos asociados a cada etapa del ciclo de vida del producto para evaluar e implementar acciones correctivas en aras de una disminución de la contaminación al medio ambiente por medio de los balances de materia y energía. Es así como se hace importante resaltar que no sólo la producción y consumo de materias primas y el consumo energético para la línea de producción, son las únicas etapas del ciclo de vida de un producto que generan diversas transformaciones al medio ambiente; también se debe tener en cuenta las emisiones a la atmósfera, agua y tierra y los residuos que resultan al finalizar la vida útil del producto, ya sea por deterioro o por consumo total (Sanes Orrego, 2012).

Para la evaluación del impacto ambiental, es necesario evaluar la mayoría de impactos involucrados en el proceso productivo, que en este caso serían: vertimientos al agua, emisiones a la atmósfera, producción de desechos sólidos y consumo energético (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

Adicionalmente, los factores de emisión establecidos por la Agencia de Protección Ambiental del Gobierno Federal de los Estados Unidos (EPA) para el proceso de producción de *snacks* de papas fritas, son: Material Particulado Filtrable, Material Particulado Inorgánico, Material Particulado Orgánico, Material Particulado total, Componentes Orgánicos Volátiles (Environmental Protection Agency, 1994); con los cuales se determina la cantidad de emisiones de la empresa a la atmósfera y el cumplimiento de la norma colombiana (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008).

La aplicación de la evaluación del impacto ambiental a PyME's de producción de *snacks* permite identificar el impacto generado por los vertimientos y emisiones durante el proceso de producción, detallando de forma cuantitativa el grado de contaminación; con esta información disponible, se facilita proponer diversas estrategias de prevención al ecosistema, ajustando los parámetros que evalúan las diferentes leyes de protección del medio ambiente en Colombia, mejorando así la calidad de los desechos industriales, disminuyendo y mitigando el daño ecológico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008).

Con la información recolectada y la evaluación del impacto ambiental, la empresa objeto de estudio tendrá información de las condiciones de operación de la planta y así prever los posibles impactos ambientales que generaría la actividad productiva ante la eventual ubicación en una zona industrial y de este modo anticipar costos y condiciones de operación que permitan un crecimiento sostenible y acorde al cumplimiento de la normatividad ambiental.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Evaluar el impacto ambiental de una microempresa productora de *snacks.*

2.3.2 Objetivos específicos

- Revisar diferentes metodologías propuestas para la evaluación de impacto ambiental en PyME's y seleccionar una para este caso específico.

- Determinar las variables representativas para el caso de estudio involucradas en el proceso y medirlas.
- Evaluar e interpretar el Impacto ambiental con base en las variables medidas.
- Plantear alternativas de mitigación del impacto.

2.4 Alcances

Para la producción de *snacks* de papas fritas se establece como única materia prima la variedad de papa Capiro R - 12, para identificar los límites de aplicación de la evaluación del impacto, permitiendo cuantificar las entradas y las salidas de la materia prima, producto y desechos y los consumos energéticos durante el proceso, brindando alternativas de mitigación del impacto para la microempresa Comestibles Horizontes, formando una aplicación a futuro a nivel local y nacional.

El alcance del trabajo se enfoca en una microempresa de la ciudad de Manizales que procesa hasta 1000 kg. de papa Capiro-R12 equivalentes a 20 bultos cada semana y cuenta con cinco empleados como máximo. Se pretende implementar una metodología establecida en la literatura para evaluar el impacto ambiental de la microempresa del caso de estudio que permita su posterior aplicación en otras empresas con características de operación similares (proceso *batch*, máximo cinco empleados, producción de *snacks* de papa frita).

3. Marco Teórico

La evaluación del impacto ambiental, implica una línea de acción que permita conocer las futuras alteraciones que va a conllevar sobre el medio ambiente una acción o actividad determinada, con base en estas se determinan las medidas preventivas, correctivas y compensatorias y el plan de seguimiento ambiental, con el fin de verificar y estimar la operación de éstas medidas (Conesa Fernández, 1997).

En el caso de una empresa ya establecida, la evaluación del impacto ambiental conlleva a determinar la situación actual de la actividad productiva y valorar las alteraciones del medio ambiente como consecuencia de las operaciones causantes de impactos. Permite, además, introducir medidas preventivas y/o correctoras que atenúen los efectos negativos de las operaciones identificadas (Conesa Fernández, 1997).

Adicionalmente, cada empresa tendrá su propia política ambiental de acuerdo a sus características particulares que le permitan elaborar indicadores para determinar el grado de atenuación o corrección de los efectos negativos, consecuencia de la puesta en práctica de las medidas anteriores. De esta forma se consigue una mejora continua y cíclica en donde se definen unos objetivos limitados y alcanzables en un primer ciclo, para posteriormente cuando se logran estos, definir nuevos y más ambiciosos objetivos en un segundo ciclo de modo que se busque una mejora continua en la empresa (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013).

3.1 Metodologías para la evaluación de impactos ambientales en los sistemas alimentarios

La adecuada selección de una metodología para realizar la evaluación de Impactos Ambientales en cualquier proyecto, depende de la capacidad de alcance de los diferentes recursos técnicos y económicos, disposición legal, y la particularidad de la persona a cargo de la evaluación. La mayoría de las metodologías no abarcan la suficiente información para concluir de forma adecuada sobre los diversos impactos generados por la puesta en marcha de un proyecto; es por esto que se hace necesaria una integración de metodologías aplicadas a éste (Mijangos-Ricardez & López Luna, 2013).

En la actualidad existen varias metodologías para evaluar impactos ambientales, de las cuales algunas se desarrollaron para un proyecto específico lo cual no permite su generalización. La metodología es sistemática pero su aplicación se debe realizar teniendo en cuenta avances y retrocesos para identificar y comprender las consecuencias de la actividad en su entorno. Para la selección de la metodología se deben realizar algunas consideraciones previas importantes para su adecuada aplicación, las cuales son: costos económicos, requerimientos de datos y disponibilidad de los mismos, marco normativo vigente, tipo de proyecto y aseguramiento de la independencia de los resultados logrados en relación con la percepción de los evaluadores (Mijangos-Ricardez & López Luna, 2013).

3.1.1 Metodologías ad hoc o Panel de expertos:

Está basada en la recopilación de información a personas especializadas en el área de proyectos, brindando información sobre los diversos impactos ambientales que éste podría ocasionar, dando asesoría sobre medidas correctivas e implementación de tecnologías para el seguimiento y control. La información recopilada junto con las tecnologías se codifica por medio de normas o experiencias prácticas en entornos de programas computacionales. Los sistemas de expertos son normalmente fáciles de usar y requieren

respuestas a una serie de preguntas para realizar un análisis particular (Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, 2011).

Ejemplos del uso de esta metodología es la evaluación de impactos ambientales en el desarrollo de actividades de turismo alternativo (González & Otero, 2003); evaluación de impactos ambientales para la ampliación de instalaciones de plantas procesadoras de gas (PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A., 2009). Esta metodología en estos casos de estudio, se aplica para construcciones y actividades que afectan el entorno en una gran extensión de tierra.

3.1.2 Método de Leopold

Es un método utilizado en la Evaluación de Impactos Ambientales - EIA -. Se utilizan matrices de interacción en ciertas características de interés, la cuales son empleadas para casi cualquier tipo de proyecto. En las columnas van organizadas las acciones del proyecto y en las filas los componentes del medio con sus características. Este método se encuentra limitado por 100 acciones y 88 características, con un total de 8800 posibilidades de interacción. Permite determinar de manera subjetiva los impactos por medio de una escala numérica, comparando alternativas, identificando diferentes interacciones y determinando si es un impacto de menor magnitud o importancia las acciones de un proyecto (Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley, 1971).

Esta metodología permite evaluar escenarios en procesos industriales para la evaluación de impactos ambientales de procesos productivos en los cuales se deseen implementar buenas prácticas de gestión ambiental o mejorar las existentes para cumplir con la normatividad vigente, un caso particular ha sido aplicado en una empresa generadora de residuos peligrosos (Herrera Sepúlveda, 2016) de la ciudad de Manizales.

Esta metodología suele ser empleada en conjunto con Metodologías ad hoc o Panel de expertos para generar una evaluación lo más amplia y detallada posible (González & Otero, 2003). Ha sido usada en la evaluación del impacto ambiental en industrias del sector de alimentos específicamente en la industria láctea y cárnica (Prado Farfán, 2013) en la cual se analizaron matrices para evaluar el impacto de estas dos actividades productivas en una comunidad.

Este método es de bajo costo y permite identificar los posibles impactos a partir de una visión del conjunto de las interacciones posibles; no obstante, la metodología no evita la subjetividad en cuanto a la cuantificación de los impactos y no permite visualizar las interacciones (Mijangos-Ricardez & López Luna, 2013). Por lo tanto, la metodología debe emplearse para cada situación particular de la actividad productiva a evaluar.

3.1.3 Método del Instituto Batelle - Columbus

Es un método matricial causa-efecto que mediante criterios de calificación permite valorar de forma cuantitativa la matriz de Leopold. Es una lista de verificación con escalas de ponderación; se realiza mediante una matriz de importancia en la calificación de cada impacto (casillas de cruce actividad-factor) se basa en cuantificar la importancia mediante una calificación. Las desventajas más notables consisten en que los índices de calidad ambiental disponibles son los que fueron desarrollados en los Estados Unidos de América, para un medio en particular, por lo que, en rigor, no son válidos para medios distintos (Espinoza, 2002).

Este método ha sido empleado en conjunto con la matriz de Leopold, para evaluar el impacto ambiental en industrias procesadoras de alimentos específicamente del sector cárnico y lácteo (Prado Farfán, 2013). De igual forma, las matrices causa-efecto se han utilizado en la evaluación de impactos ambientales en una planta procesadora de alimentos tipo *snack* a base de plátano y tubérculos (Sánchez Mazzini, 2013).

3.1.4 Listados de chequeo

Contiene una serie de temas relacionados con los impactos que el usuario debe usar a manera de pregunta en el momento de la planificación y desarrollo de la valoración del proyecto, son un método simple, por lo que se usan en evaluaciones preliminares. Sirven para determinar los posibles impactos más relevantes que pueden ocurrir posteriores a la realización de un proyecto (Conesa Fdez.-Vitora, 1997). Dichos temas están en una lista de factores ambientales como lo son: agua, suelos, atmósfera, flora, fauna, recursos naturales y culturales, que se ven afectados por la acción humana, evitando que ninguna alteración relevante sea omitida (Mijangos-Ricardez & López Luna, 2013).

Son utilizadas en las etapas incipientes de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), convirtiéndose en un instrumento que apoya la determinación de impactos importantes de un proyecto, brindando alternativas; sin embargo, son rígidas, no dinámicas, lineales para impactos específicos y sin brindar ubicación a los problemas ni prioridades. Esta metodología ha sido empleada en combinación con la metodología Ad-hoc en la evaluación de impactos ambientales en el desarrollo de actividades de turismo alternativo (González & Otero, 2003)

3.1.5 Redes

Crea relaciones entre las acciones y los efectos del proyecto a largo plazo, interconectando los efectos según su importancia y entre diferentes metodologías para el EIA como las matrices. No proporcionan criterios para decidir la importancia de los impactos; si la red es muy amplia, genera confusión y dificultad en el manejo de la información (Mijangos-Ricardez & López Luna, 2013). Permiten evaluar impactos acumulativos como deforestación de laderas, disminución de caudal ecológico, contaminación de aire por partículas (Espinoza, 2002).

3.1.6 Balances de materia y energía

Cuantifica las emisiones contaminantes a la atmósfera y a las corrientes de agua por medio de efluentes y la generación de desechos sólidos. Se basan en principio en inventarios de condiciones existentes para compararlas con los cambios que resultarán de una acción propuesta. Necesitan de información del proyecto para establecer líneas básicas de desarrollo, proponiendo soluciones a la contaminación (Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, 2011).

Como ejemplo de aplicación, esta metodología se aplica de en conjunto con la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, en un proceso de producción de bioetanol; en la fase de análisis de inventario se ejecutan los balances de masas y energía y se cuantifican las descargas. Éstas se definen mediante el consumo de energía y las emisiones al aire y al agua, así como los residuos sólidos (Sánchez, Cardona, & Sánchez, 2007).

3.1.7 Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

En un proceso productivo se debe contemplar además del pre-tratamiento de la materia prima, la transformación y separación del producto, diversos factores como el envasado, distribución, uso, mantenimiento y disposición final, que generan impactos negativos al medio ambiente que pueden incluso tardar años en desaparecer. Como es bien conocido en la actualidad, el deterioro de la capa de ozono, la falta de tratamiento a los efluentes que tienen como disposición final las quebradas y ríos, y la descarga de desechos sólidos sin purificar a lugares inadecuados, ha propiciado diversas metodologías en diferentes países, organizaciones y empresas, representantes políticos y la comunidad en general, para tomar medidas drásticas y eficientes, disminuyendo el impacto negativo al ecosistema, sin tener la necesidad de bajar la calidad del producto final y sin cerrar las empresas, pero si, cambiando la línea productiva, los recursos físicos utilizados y realizando una integración térmica del proceso (Sanes Orrego, 2012).

Dado que la industria agroalimentaria presenta un importante peso en la economía de la nación, es necesario tener presente en las fases de diseño, desarrollo e implementación de éstas, una relación entre los productos y la prevención, minimización recuperación y reciclado de efluentes y residuos como parte esencial de la empresa. Por esto es necesario aplicar tecnologías limpias que tengan un menor consumo de recursos renovables y que sean respetuosos con el medio ambiente, utilizando materias primas que reduzcan los efluentes y los residuos generados, a su vez la recuperación y desarrollo de nuevas aplicaciones de compuestos de interés presentes en dichos vertimientos y residuos, obteniendo un valor agregado para otro tipo de industria o como subproductos del mismo proceso productivo (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2003).

De las diversas metodologías utilizadas para disminuir el impacto negativo al medio ambiente, surge el Análisis de Ciclo de Vida, el cual se encarga de abordar y analizar los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o de una actividad productiva, ya que la producción y consumo sostenibles, solo se lograrán si se piensa en el impacto ambiental en cada etapa de toma de decisiones en el campo industrial y de consumo (Sanes Orrego, 2012).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que se utiliza para calcular el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida; se basa en el análisis de la información de entradas y salidas del sistema para determinar impactos ambientales posibles (IHOBE, 2009). Es esencial para la implementación de estrategias a nivel empresarial y estatal en el contexto de prevención de la contaminación (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

Cuando se cuantifican las entradas/salidas del sistema productivo (proceso de fabricación), se le denomina “de la puerta a la puerta”; la cuantificación de entradas y salidas sienta las bases para un siguiente análisis y evaluación de los efectos

medioambientales concernientes con el producto. Estas emisiones y posibles afectaciones al medio ambiente y a los seres humanos se designa como Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV) (IHOBE, 2009).

Se ha determinado por parte de ISO (*International Organization for Standarization*) un marco para estandarizar la metodología de ACV, según la familia ISO 14.040 (IHOBE, 2009):

- UNE EN ISO 14:040:2006: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- UNE EN ISO 14.044:2006: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices.

Gracias al ACV comienza a surgir el concepto de desarrollo sostenible, ambos generan una ecología industrial basados en la eco-eficiencia, gestión ambiental y parques industriales eco-eficientes, que en conjunto buscan optimizar los procesos productivos por medio de los diversos compromisos empresariales adquiridos por políticas, responsabilidad y normas ambientales, sin descuidar las tecnologías, calidad y la economía de la empresa, generando una reducción de la contaminación generada a lo largo del ciclo de vida de un producto (Leal, 2005).

Algunas categorías de impacto ambiental que presenta un producto para la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida, se presentan en la tabla 3-1

Tabla 3-1 Categorías de impacto ambiental (IHOBE, 2009)

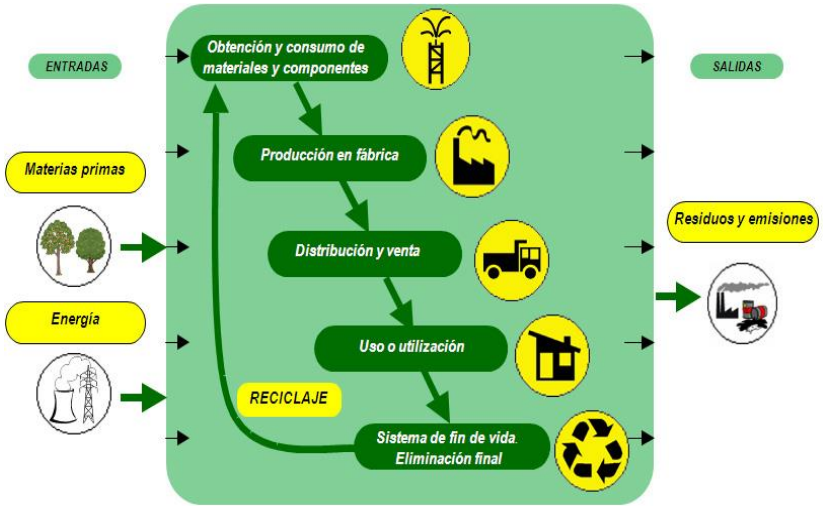
Categoría de impacto ambiental		Unidad de referencia	Factor de caracterización
Calentamiento global	Fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas	kg. Eq. CO_2	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
Consumo de recursos energéticos	Energía consumida en la obtención de las materias primas, fabricación, distribución, uso y fin de vida del elemento analizado.	MJ	Cantidad Consumida
Reducción de la capa de ozono	Efectos negativos sobre la capacidad de protección frente a las radiaciones ultravioletas solares de la capa de ozono atmosférica.	kg Eq. CFC-11	Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO)
Eutrofización	Crecimiento excesivo de la población de algas originado por el enriquecimiento artificial de las aguas de ríos y embalses como consecuencia del empleo masivo de fertilizantes y detergentes que provoca un alto consumo del oxígeno del agua.	kg Eq. NO_3	Potencial de Eutrofización (PE)
Acidificación	Pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera	kg Eq. SO_2	Potencial de Acidificación (PA)
Consumo de materias primas	Consumo de materiales extraídos de la naturaleza.	Tm	Cantidad Consumida
Formación de oxidantes fotoquímicos	Formación de los precursores que dan lugar a la contaminación fotoquímica. La luz solar incide sobre dichos precursores, provocando la formación de una serie de compuestos conocidos como oxidantes fotoquímicos (el ozono-O_3 es el más importante por su abundancia y toxicidad)	kg Eq. C_2H_4	Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos (PFOF)

Para la cuantificación de las contribuciones que genera la producción de alimentos es necesario recopilar y medir todas las variables del proceso, como son las entradas, las salidas, los consumos de agua, energía y combustibles; es por esto que el ACV trabaja bajo un inventario de los flujos de la línea de producción y el impacto asociado a éstas y a su vez evalúa los impactos ambientales que presenta la producción en general. Se tiene entonces que el Análisis de Ciclo de Vida presenta tres etapas fundamentales: definición del objetivo y alcance, análisis del inventario de ciclo de vida (ICV) y evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV), las cuales presentan de forma general el marco de referencia de un ACV como se muestra en la figura 3-1 (Conservación y Carbono S.A.S, 2016).

Figura 3-1 Marco de referencia de un Análisis de Ciclo de Vida (Conservación y Carbono S.A.S, 2016)

Implementar un ACV presenta diversos beneficios para las PyME's ya que se logra recopilar información importante en el proceso productivo, permitiendo la identificación de los diferentes puntos claves de contaminación, como se muestra en la figura 3-2, brindando una optimización del sistema y disminuyendo los impactos ambientales generados, teniendo así una planeación estratégica e información clara y precisa que podría llegar a ser de uso público. Así también está el mejoramiento de la calidad, aumentando el nivel de competitividad del producto con ayuda de una mejora de la imagen, logrando así una inclusión en mercados internacionales. (Conservación y Carbono S.A.S, 2016).

Figura 3-2 Principales puntos de contaminación de un proceso productivo (Agrolca Manager, 2016)



La figura 3-2 muestra un esquema de los pasos a tener en cuenta para la evaluación del Ciclo de Vida de un Producto durante todo el proceso productivo, cuantificando entradas, salidas y emisiones.

3.1.8 Balances de materia y energía

La humanidad a lo largo de su estancia en La Tierra ha estado en constante contacto con la producción, consumo y transformación de los recursos que brinda la naturaleza, para obtener un mejor bienestar en lo económico, en lo social, en la salud y en la satisfacción de diferentes necesidades, logrando una mejor calidad de vida; pero el uso inadecuado de dichos recursos ha tomado fuerza a una problemática ambiental, generando deterioro del medio ambiente, agotamiento de los diferentes recursos no renovables, disminución de la capacidad de renovación de fuentes hídricas y recursos naturales y aumento del calentamiento global; como consecuencia positiva se ha creado el principio general de la Producción Más Limpia (P+L), "la cual es una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental y elevando simultáneamente la competitividad" (Arroyave R & Garcés G., 2007).

El principio de Producción Más Limpia (P+L) y el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) tienen como base fundamental los Balances de Materia y Energía, los cuales brindan una evaluación de la sostenibilidad de una línea de producción y los diferentes impactos ambientales que genera el ciclo de vida de un producto, a través de una recopilación de datos acerca de los equipos que están involucrados en la transformación de la materia prima y la energía producida o consumida durante el proceso, para mejorar y optimizar los diversos recursos físicos y energéticos, ocasionando mejoras ambientales en el proceso productivo. (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008)

Los Balances de Materia y Energía están basados en los principios de conservación de la materia y la energía, que, con ayuda de la información recopilada de la planta de producción, determinan los diferentes flujos de masa y energía, composiciones y temperaturas de todas las corrientes de flujo. Dichos balances son de gran utilidad ya que permiten calcular todas estas variables de las corrientes sin necesidad de medir cada una de ellas, ya que es poco práctico, costoso o casi imposible realizar todas las mediciones. Es así como los cálculos de balance desempeñan entonces un papel importante en el diseño preliminar, en el diseño final y en las operaciones del proceso (Reklaitis, 1986).

Los balances de materia y energía normalmente son aplicados en los procesos industriales, planteando estrategias para analizar la información disponible y llegar a una solución aceptable y coherente. Para el caso de estudio, los balances son aplicados para un proceso por lotes empleando una sola materia prima.

4. Metodología

4.1 Selección de la metodología de evaluación

Las metodologías estudiadas para el cálculo de impactos en sistemas alimentarios son generalmente matrices causa efecto, estas son empleadas en casos de estudio puntuales, es decir, para una sola actividad lo que las constituye en metodologías estáticas en las que un cambio significativo en variables como la materia prima o el combustible de operación, pueden conducir a la necesidad de evaluar un nuevo impacto ambiental con las repercusiones económicas y logísticas que ello conlleva.

Tradicionalmente, los impactos evaluados mediante matrices son analizados aisladamente, por ejemplo, se analizan la calidad de los recursos como agua, suelo y airea; adicionalmente son cualitativas, lo que puede generar subjetividad en la información reportada en la EIA y por lo tanto en la toma de decisiones (OECD, 1995).

Por lo tanto, la metodología de ACV permitirá a la empresa objeto de estudio, elaborar una hoja de ruta del proceso productivo que conlleve a un conocimiento claro de las condiciones actuales del proceso, los impactos de este al medio ambiente, la manera de mitigarlos de un modo alcanzable teniendo en cuenta que los recursos económicos son limitados y de este modo prever en un futuro crecimiento de la empresa los impactos a generar debido al aumento en el consumo de recursos y por lo tanto las acciones de mitigación y corrección a que haya lugar para evitar pérdidas económicas debido a una falta de planeación ambiental del proceso.

Estas actividades permitirán la planeación con miras al cumplimiento de la norma ISO 14001 en un futuro crecimiento económico de la Microempresa (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008). Lo anterior constituye el motivo principal del presente trabajo final.

4.2 Descripción del sitio de estudio

La EIA se realizó en el Barrio La Enea en la ciudad de Manizales donde se encuentra ubicada la planta de producción Comestibles Horizontes. Esta fue clasificada por la Cámara de Comercio de Manizales en el respectivo estudio de uso de suelos como empresa artesanal, razón por la cual puede operar en la ubicación actual.

Figura 4-1 Ubicación de la microempresa (fuente propia).

Figura 4-2 Localización de la microempresa (fuente propia).

4.3 Caracterización de la materia prima y de los vertimientos

4.3.1 Recolección de datos secundarios: Reportes de literatura para la recolección de información secundaria de la caracterización de la materia prima

Se tomó como referente de la literatura para realizar comparaciones con los análisis realizados para la materia prima tomada directamente de la microempresa objeto de estudio.

Para la producción de hojuelas de papas fritas, se utiliza preferiblemente la variedad de papa Diacol Capiro, ya que, por norma los tubérculos destinados a papas fritas deben ser bajos en azúcares reductores y altos en contenido de materia seca; de esta forma se evitan colores y sabores desagradables y se economiza aceite al freír. Para dicha variedad se presenta un porcentaje de materia seca de 17,82 y de almidón de 11,93 (Prada Ospina, 2012).

Según un estudio de la "Industrialización de la Riqueza Vegetal" la variedad utilizada en el proceso de producción de hojuelas de papas fritas presenta la composición indicada en la tabla 3-2 la siguiente composición (Devia P, Ocampo C, Betancur G, & Otros, 2010).

Tabla 4-1 Composición química variedad de papa Diacol Capiro R-12

Compuesto	Unidad	Total
Agua	%	75,5
Proteínas	%	1,9
Grasas	%	0,1
Carbohidratos	%	19,3
Fibras	%	2,2
Calorías	Kcal	83
Vitamina C	mg	20
Fósforo	mg	26
Hierro	mg	0,6
Calcio	mg	4

Las variedades de papa diferentes a la criolla y que no se utilizan para la producción de *snacks,* presentan la composición de la tabla 3-3: (Prada Ospina, 2012):

Tabla 4-2 Composición química de la papa para uso doméstico

Compuesto	Unidad	Total
Parte Comestible	%	100
Calorías	%	84
Agua	%	76,7
Proteína	%	1,9
Grasa	%	0,1
Carbohidratos	%	19,31
Azúcares Invertidos	%	0,11
Fibra	%	1,0
Cenizas	%	1,0
Calcio	Mg/100g	4,0
Fósforo	mg/100g	26,0
Hierro	mg/100g	1,1
Ácido. Ascórbico	mg/100g	20,0

En otros estudios, para caracterizar la materia prima y el producto, se realizan las siguientes determinaciones analíticas: Humedad, azúcares totales, azúcares reductores libres, determinación de pH, materia grasa, actividad de agua, (Muñoz Q, 2007).

Se considera que es la fuente de nitrógeno para la formación de la acrilamida. La acrilamida forma parte del grupo de agentes tóxicos que se forma durante el procesamiento térmico de alimentos ricos en almidón. La acrilamida se ha clasificado como "probable carcinogénico para humanos"; la exposición a acrilamida causa daño al sistema nervioso en seres humanos y animales y también se considera una toxina anti reproductiva con características mutagénicas y carcinogénicas (Muñoz Q, 2007).

4.3.2 Recolección de datos primarios: Análisis de laboratorio realizado para caracterización de la materia prima para el caso de estudio y del vertimiento en la zona de lavado

- **Métodos analíticos empleados para la composición de la variedad de papa capiro R-12**

Estos análisis son importantes para el proceso dado que con esta información se tiene el insumo fundamental para realizar los balances de materia y así obtener la información para realizar el inventario del ciclo de vida y el cálculo de emisiones atmosféricas.

Para aplicar el ACV en el proceso de producción de *snacks,* se determinó la composición de la papa durante varias etapas del proceso (papa con cáscara, papa procesada y lavada y papa frita como producto final). Los análisis y métodos realizados por el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, fueron los siguientes:

Tabla 4-3 Análisis de laboratorio y métodos empleados en la caracterización de la materia prima y producto terminado.

Análisis	Método
Humedad	Secado en estufa
Grasas	Soxlhet
Fibra cruda	Gravimétrico
Cenizas	Calcinación a 550 °C
Proteínas	Kjeldhal
Carbohidratos	Extracto libre de nitrógeno

- **Resultados de los análisis**

Aplicando las determinaciones analíticas para la caracterización de la materia prima, se obtienen los siguientes resultados en tres partes principales del proceso: materia prima con cáscara, materia prima pelada y lavada, y producto final.

Tabla 4-4 Composición de la Papa Capiro R-12 con cáscara

Determinación	Unidades	Resultado
Humedad	%	78,74
Grasas $_{(BS)}$	%	0,44
Fibra Cruda $_{(BS)}$	%	1,13
Cenizas $_{(BS)}$	%	3,50
Proteína $_{(BS)}$	%	12,11
Carbohidratos $_{(BS)}$	%	82,82

Tabla 4-5 Composición de la Papa Capiro R-12 pelada y lavada

Determinación	Unidades	Resultado
Humedad	%	77,27
Grasas $_{(BS)}$	%	0,38
Fibra Cruda $_{(BS)}$	%	0,81
Cenizas $_{(BS)}$	%	3,35
Proteína $_{(BS)}$	%	8,86
Carbohidratos $_{(BS)}$	%	86,60

Tabla 4-6 Composición de la Papa Capiro R-12 procesada (Producto Final)

Determinación	Unidades	Resultado
Humedad	%	2,75
Grasas (BS)	%	31,51
Fibra Cruda (BS)	%	0,79
Cenizas (BS)	%	3,34
Proteína (BS)	%	5,88
Carbohidratos (BS)	%	58,48

- **Caracterización del vertimiento:**

Para la corriente de agua residual, se calcula la Demanda Química de Oxígeno (DQO) presente en dicho vertimiento, dicha caracterización es necesaria para realizar el cálculo del Potencial de Eutrofización (PE) en el Análisis del Ciclo de Vida. En la tabla 4-11 se muestra el resultado.

Tabla 4-7 Análisis DQO de la corriente de agua residual

Determinación	Unidades	Resultado
DQO	mg O_2/L	800

4.4 Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida para la producción de Snacks

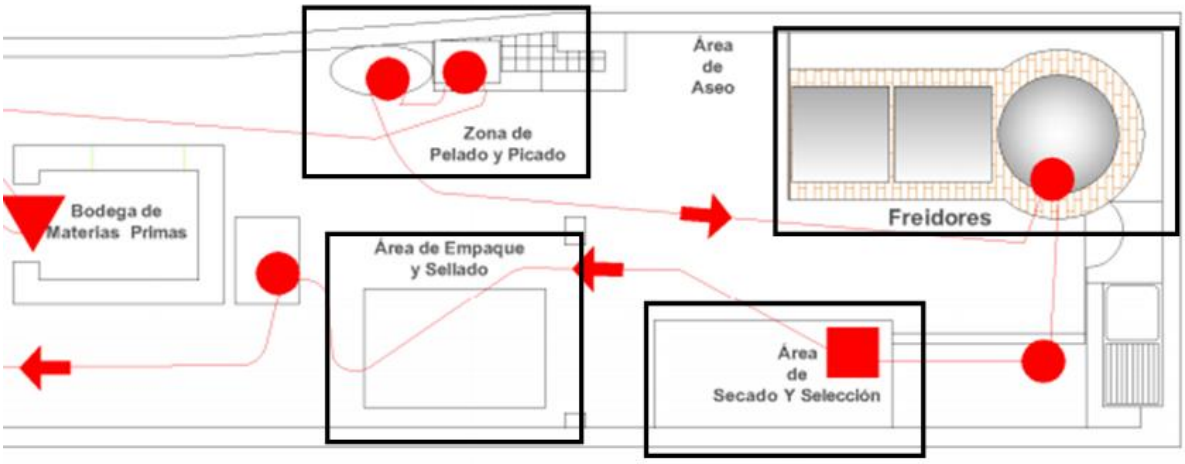
El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) recoge información de los impactos ambientales potenciales generados en la producción de *snacks* de papas fritas, desde la entrada al proceso de la Papa Capiro R-12 hasta el empacado final de los snacks en paquetes de doce unidades. Las cuatro fases en el estudio son: a) definición del objetivo y el alcance, b) análisis del inventario, c) evaluación del impacto ambiental y, d) interpretación (ICONTEC, 2007a; ICONTEC, 2007b).

El alcance del ACV incluye los límites del sistema. El análisis del inventario del ciclo de vida, es una relación de los datos de entrada y/o salida que se requieren para realizar los balances de materia y energía, esta etapa requiere la recopilación de los datos que se necesitan. La evaluación del impacto del ciclo de vida proporciona información adicional para ayudar a evaluar los resultados recopilados en el inventario, es la resolución de los balances de materia y energía. En la interpretación del ciclo de vida se resumen y discuten los resultados como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y el alcance definidos al inicio del ACV (ICONTEC, 2007a; ICONTEC, 2007b).

Los sistemas de producción se dividen en procesos unitarios, lo que facilita la identificación de entradas y salidas del sistema de *snacks.* Para la producción de *snacks* de papas fritas, se hace necesario identificar las partes principales del proceso que presentan descarga al medio ambiente, ya sea en vertimientos a corrientes de agua superficiales y/o alcantarillado o en emisiones a la atmósfera.

En la figura 4-3 se presenta la línea de producción de *snacks* compuesta por cuatro pasos principales que limitan la aplicación del ACV: zona de pelado y picado, freidores, secado y empaque.

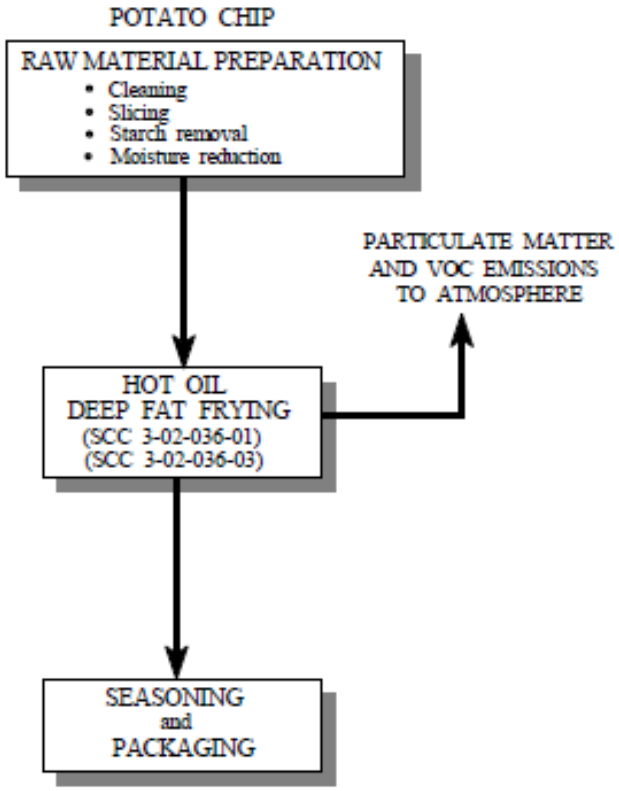
Figura 4-3 Línea de producción de los *snacks* de papas fritas (fuente propia)



Para realizar el cálculo de las emisiones se describe el proceso de fritura de la empresa:

El proceso por lotes de hojuelas de papas está constituido por la inmersión en aceite caliente de la materia prima cruda, durante el tiempo necesario para obtener el color y la textura deseada. La Agencia de Protección Ambiental del Gobierno Federal de los Estados Unidos (EPA), tiene identificado el proceso de fritura en aceite caliente, como "*Batch deep fat fryer with hoods crubber - potato snacks "*bajo el código de clasificación de recurso SCC 3-02-036-03, el cual se presenta de forma general en la figura 4-2 (Environmental Protection Agency, 1994).

Figura 4-4 Proceso general para la producción de *snacks* de papa frita – adaptación al idioma (Environmental Protection Agency, 1994)



Durante el proceso de fritura se presentan emisiones a la atmósfera de material particulado (MP) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), siendo el material particulado el principal contaminante durante la producción. Las emisiones de MP se realizan cuando la materia se introduce en el aceite caliente, ocurriendo una rápida vaporización del agua presente

en ésta, y, por medio de un burbujeo violento, se producen vapores que arrastran partículas de aceite caliente a la atmósfera; la cantidad de MP depende de la humedad, la temperatura y el diseño de los equipos (Environmental Protection Agency, 1994). Por otro lado, los COV presentan un leve porcentaje en las emisiones totales hacia la atmósfera, debido a la baja presión de vapor de los aceites vegetales utilizados, haciendo que se descompongan por efectos de la temperatura.

Para cuantificar la cantidad de MP y de COV, se utilizan diferentes factores de emisión, los cuales relacionan kilogramos de emisión por tonelada de producto (kg /ton de *snacks* producidos), y son reportados por la EPA bajo la clasificación presentada en la tabla 4-3.

Tabla 4-8 Factores de emisión para material particulado y compuestos orgánicos volátiles (Environmental Protection Agency, 1994)

Process	Filterable PM	Condensable PM		COV
		Inorganic	Organic	
Batch deep fat fryer with hood scrubber - potato snacks SCC 3-02-036-03	0,89	0,66	0,17	0,0099

Para los vertimientos generados en el proceso, la eutrofización es el impacto negativo que más importancia cobra en la protección de las fuentes hídricas de la zona. La eutrofización es un fenómeno de contaminación que describe los efectos biogeofísicos y biológicos en un ecosistema acuático, derivados de un incremento en el suministro y disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y fósforo, sílice, potasio, calcio, hierro o manganeso (RAP-AL Uruguay, 2010).

Para realizar el cálculo de la categoría de impacto de Potencial de Eutrofización, se realiza un análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a una muestra de agua residual del proceso por parte del Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

4.5 Definición del Objetivo y el Alcance

El objetivo de un Análisis de Ciclo de Vida, según la NTC-ISO 14044 establece:

Tabla 4-9 Objetivo del estudio

Generalidad	Observación
Aplicación prevista	Proyectar los impactos ambientales del clúster de *snacks* en la ciudad de Manizales (Colombia)
Razones para realizar el estudio	Determinar los impactos ambientales de una empresa de *snacks* local.
Público previsto para comunicar los resultados	Académico: Universidad Nacional de Colombia Empresarial: Empresas productoras de *snacks* en la región de estudio.
Aseveraciones comparativas que se divulgarán	Impactos ambientales del proceso de producción se *snacks* de papas fritas

El alcance, según la NTC-ISO 14044 incluye los siguientes puntos:

Tabla 4-10 Alcance del estudio

.

Generalidad	Observación
Sistema de producto a estudiar	*Proceso de producción de Snacks* de papas fritas.
Funciones del sistema del producto	Proceso tradicional: zona de lavado, pelado y picado, freidoras, secado y empaque.
Unidad funcional	Tonelada métrica de papa (entrada de materia prima)
Límites del sistema	Entrada de la materia prima y salida de la papa empacada, incluyendo las paredes internas que delimitan la planta, con sus diferentes etapas del proceso y la parte final del ducto extractor de vapores
Procedimientos de asignación	Relaciones matemáticas lineales en el balance de materia.
Categorías de impacto seleccionadas y la metodología de evaluación	Calentamiento global, consumo de recursos energéticos, reducción de la capa de ozono, eutrofización, acidificación, consumo de materias primas y formación de oxidantes fotoquímicos. La metodología de evaluación será mediante el cálculo de los balances de materia y energía del proceso.
Requisitos relativos a los datos	Datos primarios determinados en la investigación y factores de emisión determinados por la EPA.
Suposiciones	Combustión completa del gas natural en el freidor.
Limitaciones	El estudio se realizó en una sola empresa de *snacks* de la ciudad de Manizales.
Requisitos iniciales de calidad de los datos	Datos primarios determinados por los analistas del Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
Tipo de revisión crítica, si la hay	Dos jurados de trabajo de final de maestría de acuerdo a la normativa interna de la universidad.
Tipo y formato del informe requerido para el estudio	Plantilla de tesis de maestría de la biblioteca de la universidad.

El propósito fundamental de una unidad funcional es proporcionar una referencia a la cual se relacionan las entradas y salidas. Se necesita esta referencia para asegurar que los resultados del ACV son comparables con otros estudios. Los límites del sistema definen

los procesos unitarios a ser incluidos en el sistema. Los requisitos y descripciones de la calidad de los datos son importantes para comprender la fiabilidad de los resultados del estudio e interpretar correctamente los resultados del estudio (ICONTEC, 2007a; ICONTEC, 2007b).

4.6 Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV)

El análisis del inventario implica la recopilación de los datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema. Los datos para cada proceso unitario dentro de los límites del sistema pueden clasificarse bajo grandes títulos que incluyen: las entradas de energía, de materia prima, entradas auxiliares y otras entradas físicas; los productos, co-productos y residuos; las emisiones al aire, los vertidos al agua y suelo; otros aspectos ambientales. Después de la recopilación de datos, los procedimientos de cálculo, que incluyen: la validación de los datos recopilados, la relación de los datos con los procesos unitarios y la relación de los datos con el flujo de referencia de la unidad funcional; son necesarios para generar los resultados del inventario del sistema definido para cada proceso unitario (ICONTEC, 2007a; ICONTEC, 2007b).

En las zonas de pelado, lavado y freidores se generan residuos sólidos, vertimientos y emisiones a la atmósfera respectivamente. Para los vertimientos que se realizan del agua de lavado que hay presente en la zona de pelado y lavado, se hace necesario determinar el grado de contaminación que presenta según las diferentes categorías de impacto presentadas en la tabla 3-1. Para las emisiones que se presentan en los freidores se deben tener en cuenta las cantidades generadas de monóxido de carbono, dióxido de carbono, diferentes óxidos de azufre y de nitrógeno, metano y vapor de agua y compuestos orgánicos volátiles.

Para determinar el impacto que aportan los vertimientos a los cuerpos de agua, es necesario evaluar cada categoría, determinando si aplica o no el aporte a la contaminación. Es por esto que se presentan a continuación las sustancias que generan consecuencias negativas al medio ambiente, según las categorías de la tabla 3-1. Para el Potencial de

Calentamiento Global se tienen en cuenta especies como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, diversas especies de hexafluoruros de carbono y azufre y perfluoruros de metano y etano, que se representan como kilogramos equivalentes de CO_2 (kg Eq CO_2) (United Nations Framework Convention on Climate Change, 1995). El consumo de recursos energéticos se determina por el gasto que se realiza en la adecuación, procesamiento y empaque de la materia prima y del producto principal, utilizando como factor de referencia el Mega Joule (MJ) para el consumo energético y la tonelada métrica (Tm) para el consumo de materias primas.

En la categoría de impacto del potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO), se trabaja principalmente con sustancias clorofluorocarbonadas, halógenos y hexafluoruros, expresados en kilogramos equivalentes de CFC-11. Para el cálculo del potencial de eutrofización, representado en kilogramos equivalentes de PO_4^{3-}, tiene sustancias representativas como el amoniaco, nitritos y nitratos, DQO y fosfatos. En el potencial de acidificación, sustancias como el ácido clorhídrico, fluorhídrico y sulfúrico, sulfuro de hidrógeno, amoniaco, dióxido de nitrógeno y de azufre, presentan un aporte importante por medio de kilogramos equivalentes de SO_2. Finalmente, para el potencial de formación de oxidantes fotoquímicos, sustancias como el acetaldehído, acetileno, benceno, butano, etano, hidrocarburos, metano y etileno, representan contaminación en kilogramos equivalentes de C_2H_4 (Cadavid Marín, 2014).

4.7 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

La fase de evaluación de impacto de un ACV tiene como propósito determinar qué tan significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados del ICV. En general, este proceso implica la asociación de los datos de inventario con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías, para entender estos impactos (ICONTEC, 2007a).

Tabla 4-11 Elementos de la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida

Generalidad	Observación
Selección de categorías de impacto	
Indicadores de categoría	
Modelos de caracterización	
Asignación de resultados del ICV (clasificación)	
Cálculo de resultados del indicador de categoría (caracterización)	

Los resultados del indicador de categoría, resultados de la EICV (perfil de la EICV), cuantifican el valor de los resultados del indicador de categoría con respecto a la información de referencia (normalización) mediante una agrupación y/o ponderación de los resultados. La EICV trata solamente los asuntos ambientales especificados en el objetivo y el alcance. Por lo tanto, la EICV no es una evaluación completa de todos los asuntos ambientales del sistema del producto bajo estudio (ICONTEC, 2007a).

4.8 Evaluación del Análisis de Ciclo de Vida

Las categorías de impacto que presentan una participación importante en el proceso de producción de *snacks* de papa frita son: Consumo de Recursos Energéticos, Potencial de Eutrofización (PE), Consumo de Materias Primas, Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos y Potencial de calentamiento global; dado que durante el proceso de producción no se presenta la adición de compuestos como los perfluoruros de metano y etano, hexafluoruros de carbono y azufre, cloroflurocarbonados ni halógenos; existe un impacto negativo por parte de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) presente en el agua de lavado procedente de la sección de pelado y picado del proceso, la cual se ve reflejada en el Potencial de Eutrofización (PE). Para las emisiones presentes en la sección de los freidores, es necesario tener en cuenta la cantidad de material particulado y los compuestos orgánicos volátiles que salen por el ducto de aireación a la atmósfera, los cuáles presentan los factores de emisión de la tabla 4-3.

Las ecuaciones empleadas para calcular las categorías de impacto se muestran en la tabla 4-12:

Tabla 4-12 Ecuaciones empleadas para calcular las categorías de impacto. (Cadavid Marín, 2014)

PCG100	1 * Flujo de CO2 (kg) * Factor promedio de emisión de CO2 para Colombia año 2015 (0,219 Ton CO2/MWh) fuente: http://www.siel.gov.co (Sistema de Información Eléctrico Colombiano, 2015)	formación de CO2 en la combustión en el freidor y para 12 KWh-equivalente a la energía gastada para procesar 1.000 kg de MP
PAO	No aplica.	Dado que la industria no genera las sustancias que lo producen
PE	(0,022*DQO/1000)*1758,02+(0,42*0,13)	DQO=800 y flujo de N2 en combustión = 0,13 Kg.
PA	No aplica	Dado que la industria no genera las sustancias que lo producen
PFOF	0,377 * Masa hidrocarburos sin especificar	hidrocarburos sin especificar- corriente de gases (grasa, proteínas, carbohidratos)
Consumo de recursos energéticos	Energía para procesar 1000 kg de papa * 3,6	MJ

4.9 Caracterización de las categorías de impacto

Para los datos presentados en los balances de materia, se determina que las corrientes de agua residual y de emisión de gases son las que presentan los vertimientos a las fuentes hídricas y las emisiones a la atmósfera, respectivamente. Para la corriente de agua residual, se calcula la Demanda Química de Oxígeno (DQO) presente en dicho vertimiento. Este análisis fue realizado en el Laboratorio de Aguas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

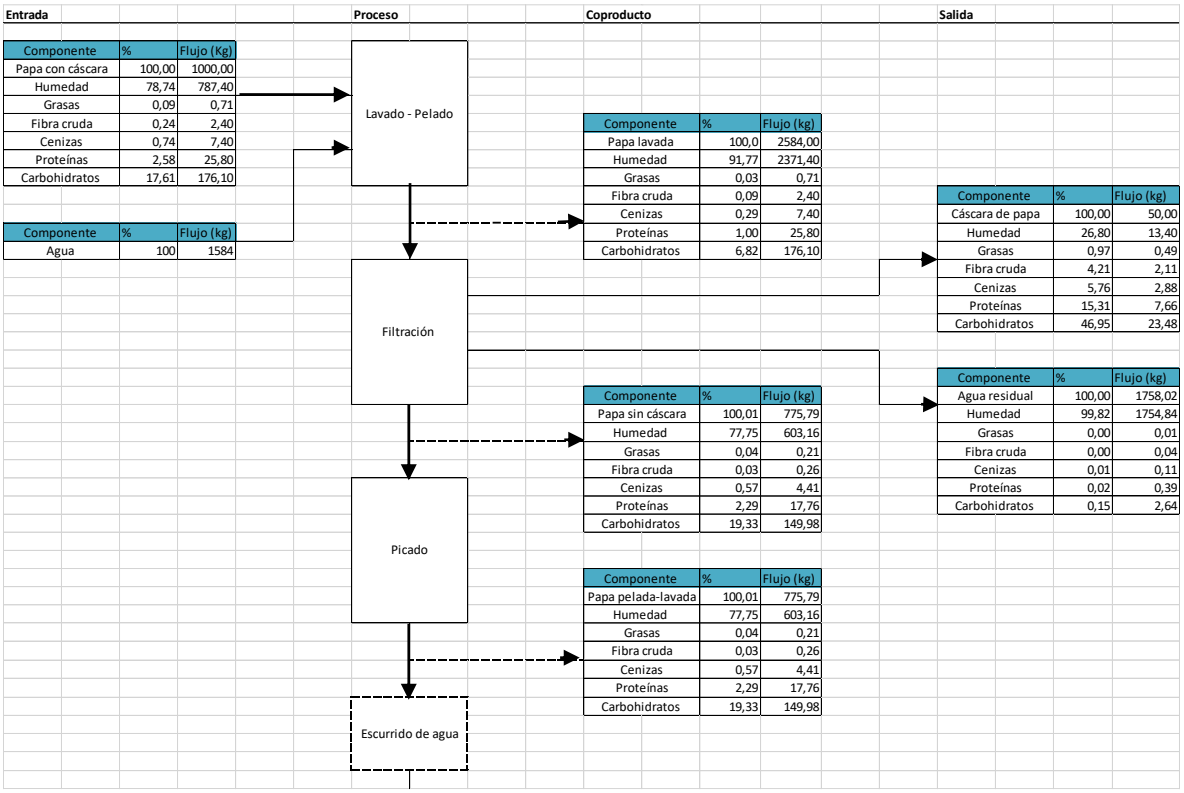
5. Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

5.1 Balances de materia

En las figuras 5-1, 5-2 y 5-3 se muestra el esquema del proceso para la producción de *snacks* de papa frita con los balances de materia. Como base de cálculo se toma una tonelada métrica (Tm). Se empleó una hoja de cálculo en Excel para realizar los balances de materia, esta se dividió en 3 secciones mostrando en cada corriente las entradas y salidas del proceso. Se asume que solo ocurre reacción química únicamente en el freidor debido a la combustión del gas natural.

Los balances se muestran por secciones para su fácil traslado a gráficas en el documento, en las cuales en la parte superior se muestran mediante columnas las corrientes de proceso, en la primera columna se muestran las materias primas de entrada y el flujo de agua (Entrada), en la siguiente columna se muestran las unidades donde ocurre cada proceso (Proceso), una tercera columna muestra cada corriente con el co-producto (cada corriente de salida de co-producto corresponde a la línea punteada) que sale de cada unidad del proceso (Coproducto) y una cuarta columna que muestra las corrientes de vertimientos, residuos sólidos, emisiones atmosféricas, aceite residual y por último el producto final empacado (salida y límite del estudio).

Figura 5-1 Balances de materia en las secciones de lavado, pelado, filtrado y picado.



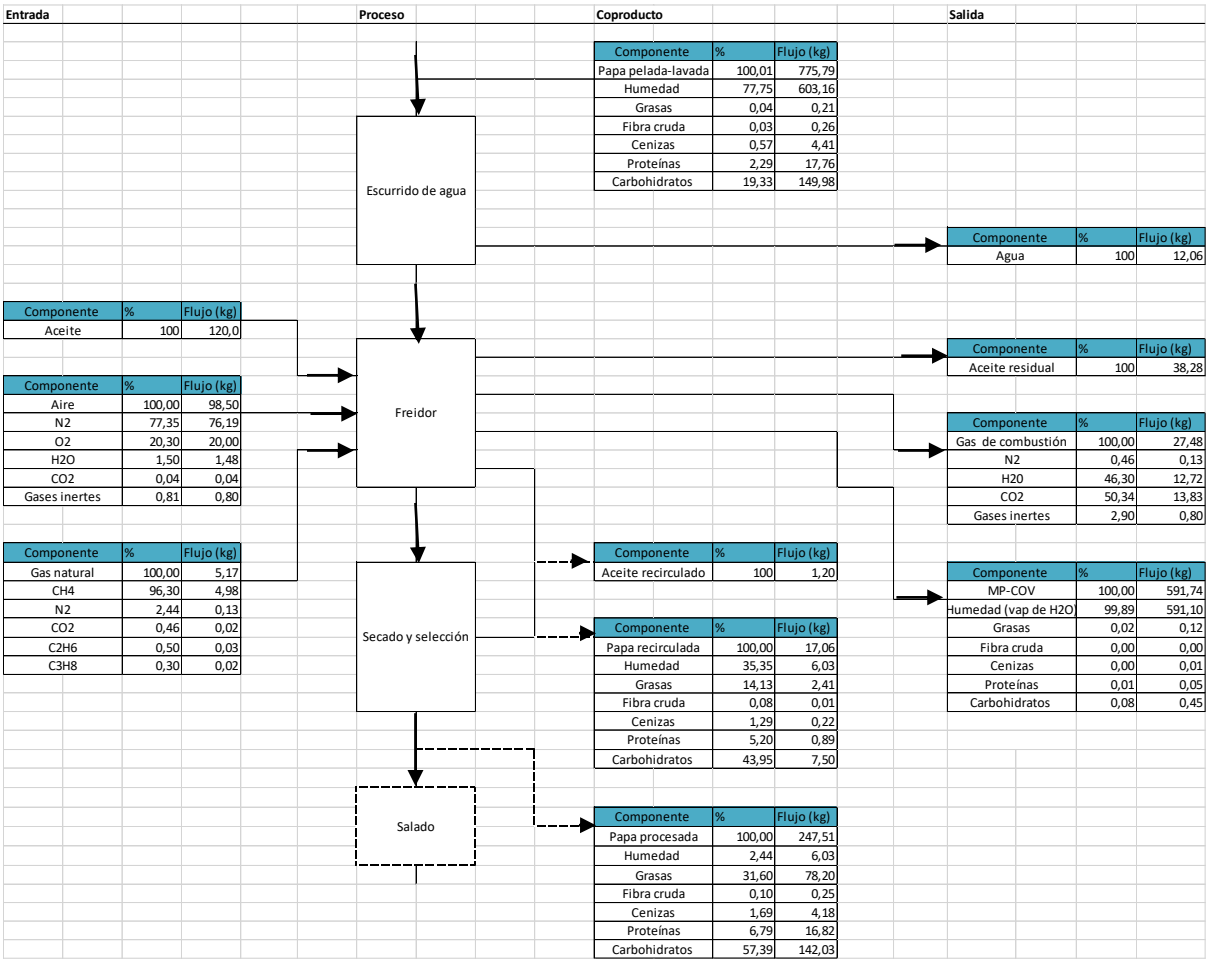
En la unidad de lavado-pelado ingresa la materia prima con las concentraciones reportadas en la tabla 4-4 de la caracterización, los cuales fueron reportados en base seca, por lo tanto, se calcularon en base húmeda para todos los datos reportadas por el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

El flujo de agua corresponde a datos suministrado por el personal operativo de la empresa en donde estima el agua gastada (1584 kg.) para la cantidad de materia prima, en este caso 1.000 kg. como base de cálculo. De esta unidad sale una mezcla de ambas corrientes (ver anexo hoja de cálculo en Excel) hacia el filtro en donde se separa la cascara de papa y el agua residual (columna 4, salida donde se generan residuos y vertimientos).

Las pérdidas en el pelado son de 5% aproximadamente (ver anexo hoja de cálculo en Excel, celda T12), la composición de la corriente de cascara de papa fue tomada de estudios de caso reportados en la bibliografía. El 74% de la humedad de la corriente de salida del filtro sale como vertimiento (ver celda T23 anexo hoja de cálculo en Excel). El 1,5% de las composiciones de la corriente de lavado-pelado que salen como vertimiento son una relación asumida en el proceso).

La humedad en la corriente que sale del filtrado (papa sin cáscara) es producto de restar la de entrada menos las corrientes de generación de residuos y la de vertimientos, de igual forma para las composiciones (ver celda N24 anexo hoja de cálculo en Excel), estas son iguales para la corriente que sale de la unidad de picado dado que solo hay transformación física. El cuadro indica la unidad siguiente del flujo del proceso (escurrido de agua).

Figura 5-2 Balances de materia en las secciones de escurrido, freído, secado y selección.



En la unidad de escurrido de agua, se extrae una humedad del 2% de las papas para generar una fritura más uniforme que genera un vertimiento menor; se asume una remoción de este porcentaje dado que no está cuantificado por la empresa (ver celda en Excel T59). La cantidad de aceite que ingresa al proceso es proporcionada por la empresa dado que este si es conocido en los costos del proceso.

En el cálculo de las emisiones se asumió que al aire se emite el 98% de la humedad de la corriente de entrada dado que es allí donde se deshidratan las papas y se reemplaza el agua por moléculas de aceite. En secado y selección la empresa instala las papas fritas por 5 minutos en un filtro para secarlas y retornar al freidor el aceite que escurrido y se retornan las papas no freídas completamente al freidor. Las recirculaciones de aceite y

papa fueron porcentajes asumidos para efectos del cálculo y debido a la falta de información histórica del proceso.

En la unidad de freído, el freidor consume aire que tiene la composición típica que se muestra en la tabla 5-1:

Tabla 5-1 Composición típica del aire (Cadavid Marín, 2014)

Compuesto químico	%
Nitrógeno	77,35
Oxígeno	20,30
H_2O	1,50
CO2	0,04
Gases inertes	0,81
Total	100

La empresa emplea gas natural como combustible para el freído, el cual tiene la composición típica que se muestra en la tabla 5-2:

Tabla 5-2 Composición típica del gas natural (Cadavid Marín, 2014)

Compuesto químico	%
CH4	96,30
N2	2,44
CO2	0,46
C2H6	0,50
C3H8	0,30
Total	100

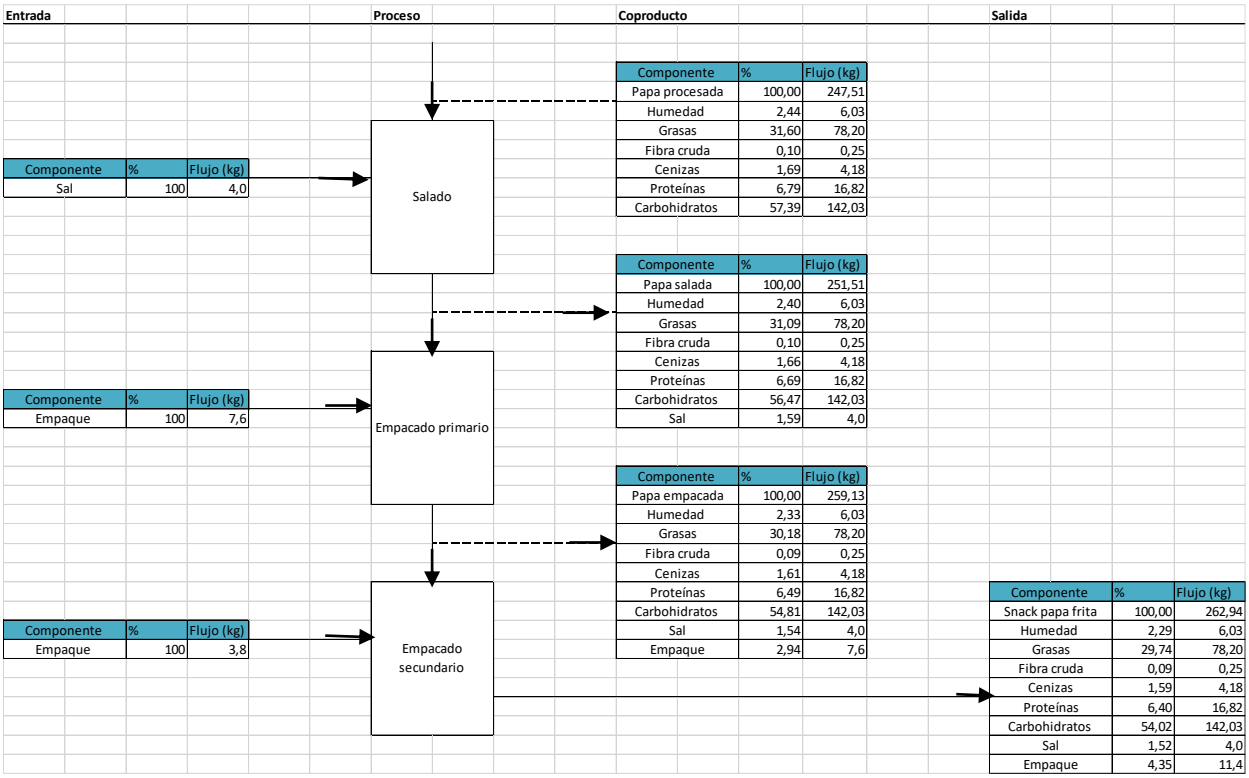
Reacciones químicas del aire con el gas natural en el freidor, para este cálculo se asumió combustión completa:

$$CH_4 + 2O_2 => CO_2 + 2H_2O \quad (4.1)$$

$$C_2H_6 + 3{,}5O_2 => 2CO_2 + 3H_2O \quad (4.2)$$

$$C_3H_8 + 5O_2 => 3CO_2 + 4H_2O \quad (4.3)$$

Figura 5-3 Balances de materia en las secciones de salado, empacado primario y empacado secundario.



En los tres procesos de salado, empacado primario y secundario se suma el peso de la sal y de cada empaque, estos datos son propiedad de la empresa y se encuentran cuantificados.

5.2 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

La fase de evaluación de impacto de un ACV tiene como propósito evaluar qué tan significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados del ICV. En general, este proceso implica la asociación de los datos de inventario con las categorías

de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías, para entender estos impactos (ICONTEC, 2007a).

Tabla 5-3 Elementos de la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida

Generalidad	Observación
Selección de categorías de impacto	Se tienen todas las categorías del proceso.
Indicadores de categoría	Calentamiento global, consumo de recursos energéticos, reducción de la capa de ozono, eutrofización, acidificación, consumo de materias primas y formación de oxidantes fotoquímicos
Modelos de caracterización	La metodología de evaluación será mediante el cálculo de los balances de materia y energía del proceso
Asignación de resultados del ICV (clasificación)	Resultados numéricos del proceso
Cálculo de resultados del indicador de categoría (caracterización)	Balances de materia y energía y factores estándares de cada categoría de impacto

Los resultados del indicador de categoría, resultados de la EICV (perfil de la EICV), cuantifican el valor de los resultados del indicador de categoría con respecto a la información de referencia (normalización) mediante una agrupación y/o ponderación de los resultados. La EICV trata solamente los asuntos ambientales especificados en el objetivo y el alcance. Por lo tanto, la EICV no es una evaluación completa de todos los asuntos ambientales del sistema del producto bajo estudio (ICONTEC, 2007a).

5.3 Evaluación del Análisis de Ciclo de Vida

Las categorías de impacto que presentan una participación importante en el proceso de producción de *snacks* de papa frita son: Consumo de Recursos Energéticos, Potencial de Eutrofización (PE), Consumo de Materias Primas, Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos y Potencial de calentamiento global; dado que durante el proceso de producción no se presenta la adición de compuestos como los perfluoruros de metano y etano, hexafluoruros de carbono y azufre, cloroflurocarbonados ni halógenos; existe un

impacto negativo por parte de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) presente en el agua de lavado procedente de la sección de pelado y picado del proceso, la cual se ve reflejada en el Potencial de Eutrofización (PE). Para las emisiones presentes en la sección de los freidores, es necesario tener en cuenta la cantidad de material particulado y los compuestos orgánicos volátiles que salen por el ducto de aireación a la atmósfera, los cuáles presentan los factores de emisión de la tabla 4-3.

5.4 Caracterización de las categorías de impacto

Para los datos presentados en los balances de materia, se determina que las corrientes de agua residual y de emisión de gases son las que presentan los vertimientos a las fuentes hídricas y las emisiones a la atmósfera, respectivamente. Para la corriente de agua residual, se calcula la Demanda Química de Oxígeno (DQO) presente en dicho vertimiento. En la tabla 4-11 se muestra el resultado.

Para la caracterización de las categorías de consumo energético y de materias primas, y potencial de eutrofización, se muestran los siguientes resultados en la tabla 5-4.

Tabla 5-4 Caracterización categorías de impacto

Categoría de impacto ambiental	Indicador de categoría	Caracterización
Consumo de materias primas	kg papa capiro R-12	1000
Consumo de recursos energéticos	MJ	43,2
Potencial de eutrofización	kg Eq. PO_4^{3-} /Ton. de MP	30,9958
Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos	kg Eq. C_2H_4/Ton. de MP	0,23374
Potencial de Calentamiento Global	kg Eq. CO_2/Ton. de MP	16,457

Se tomó una base de cálculo de 1000 kg para obtener mejor precisión en los datos de los balances de materia y de las emisiones generadas.

Para calcular los kilogramos de material particulado y de componentes orgánicos volátiles que son emitidos por la chimenea, se aplican los factores de emisión presentados en la tabla 4-7, obteniendo los resultados que muestra la tabla 5-5.

Las emisiones se calcularon con base en los factores de emisión de la EPA (Environmental Protection Agency, 1994) para el proceso de fritura de papas fritas y emisión a la atmosfera sin ningún tipo control previo:

Cantidad emitida = (Flujo final de papa frita (kg)* Factor de emisión) / 1000

Tabla 5-5 Caracterización de los factores de emisión

Tipo de emisión	Indicador de emisión	Caracterización
Material particulado filtrable	kg/Tm de producto	0,2340
Material particulado inorgánico	kg/Tm de producto	0,1735
Material particulado orgánico	kg/Tm de producto	0,0447
Material particulado total	kg/Tm de producto	0,2182
Componentes orgánicos volátiles	kg/Tm de producto	0,0026

5.5 Interpretación del Ciclo de Vida

Esta sección se aborda en el capítulo de resultados y discusión.

5.6 Generalización de la metodología para otras empresas

Tomando los datos de la literatura encontrada a nivel local se calculó un impacto ambiental global teniendo en cuenta que la materia prima procesada reportada directamente por los microempresarios en la entrevista es igual (Capiro R-12) (Osorio, 2016). Para tres empresas registradas en la Cámara de Comercio de Manizales por Caldas, incluyendo la

empresa Comestibles Horizontes, Productos Sabanitas y Colombianitas y asumiendo que cada una procesa una tonelada mensual de papa.

Se obtienen los siguientes datos de emisiones empleando factores de emisión que se muestran en la tabla 5-6:

Tabla 5-6 Caracterización de los factores de emisión para las tres empresas.

Tipo de emisión	**Indicador de emisión**	Caracterización/mes
Material Particulado Filtrable	kg /Tm de producto	0,702
Material Particulado Inorgánico	kg/Tm de producto	0,521
Material Particulado Orgánico	kg/Tm de producto	0,134
Material Particulado Total	kg/Tm de producto	0,655
Componentes Orgánicos Volátiles	kg/Tm de producto	0,008

Se calcularon las emisiones mediante factores de emisión reportados por la EPA (Environmental Protection Agency, 1994) para el proceso de fritura de papas fritas y emisión a la atmosfera sin ningún tipo control previo para 3000 kg de materia prima.

Tabla 5-7 Caracterización de categorías de impacto para las tres compañías.

Categoría de impacto ambiental	**Indicador de categoría**	**Caracterización/mes**	**Caracterización/año**
Consumo de materias primas	kg papa capiro R-12	3000	36000
Consumo de recursos energéticos	MJ	129,6	1555,2
Potencial de eutrofización	kg Eq. PO_4^{3-} /Ton. de MP	92,98	1515,8
Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos	kg Eq. C_2H_4/Ton. de MP	1,64539	19,7
Potencial de calentamiento global	kg Eq. CO_2/Ton. de MP	49,382	592,58

Las tablas 5-6 y 5-7 muestran el aumento en las emisiones atmosféricas al igual que en las categorías de impacto. Para el cálculo de Potencial de Eutrofización se asume igual valor de DQO que para una sola empresa.

6. Análisis de Resultados y discusión

6.1 Análisis de resultados

Un primer cálculo del impacto ambiental fue llevado a cabo empleando el software SimaPro 8.0, con este se evidenció un alto impacto empleando energía eléctrica y gas natural en el proceso y se concluyó que, por las condiciones e índices empleados en el software para el norte de Europa, no se tiene un cálculo real de los impactos generados en el proceso productivo por lo cual fue descartado del estudio y se emplearon balances de materia y energía para el proceso productivo real de la empresa.

La interpretación es la fase del ACV, en la cual los hallazgos del análisis del inventario y de la evaluación de impacto se consideran juntos. La fase de interpretación debería proporcionar resultados que sean coherentes con el objetivo y el alcance definidos, que lleguen a conclusiones, expliquen las limitaciones y proporcionen recomendaciones (Gomez Olachica & Zurique Narvaez , 2009). Los hallazgos de la interpretación del ciclo de vida deberían reflejar los resultados del elemento de evaluación (ICONTEC, 2007a).

Las limitaciones para el cálculo del impacto ambiental fueron por ausencia de información en la empresa debido al empirismo con el que se ha laborado hasta la fecha. Adicionalmente los datos de confidencialidad en cuanto a la adición de saborizantes, no permitió una evaluación más detallada del impacto.

De acuerdo con los cálculos realizados para la caracterización de categorías de impacto se observa que el Potencial de Eutrofización representa un 3,1 % respecto de la cantidad

de materia prima que ingresa (1000 kg), el Potencial de Calentamiento Global representa un 1,6 % respecto de la cantidad de materia prima que ingresa (1000 kg) y el Consumo de Recursos Energéticos un 4,32 % respecto de la cantidad de materia prima que ingresa (1000 kg), lo que los constituye como los mayores impactos al medio ambiente.

En la etapa de pelado y lavado es donde se genera una mayor contaminación por la alta carga orgánica indicada en el valor de la DQO. Esto muestra que los vertimientos de la empresa de snacks no cumplen con la norma establecida en la Resolución 631 de 2015 (DQO = 600 mg/L) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). La cantidad y porcentaje que representa, se emplea para emitir este análisis dado que no existen cálculos de impactos ambientales similares para el sector *snacks* en empresas a pequeña escala en Colombia empleando la metodología de ACV.

El Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos representa un 0,02 % con respecto a la cantidad de materia prima que ingresa (1000 kg), lo cual representa un porcentaje bajo con respecto a las demás variables del proceso.

La caracterización del vertimiento se realizó para una única muestra debido a que los costos de análisis no permiten a la empresa realizar muestreos adicionales por tanto el dato de Potencial de Eutrofización es un dato estimado pero que puede servir de insumo para una investigación posterior.

De igual modo el freidor genera emisiones atmosféricas que toman importancia cuando la cantidad de materia prima procesada aumenta. En la etapa de freído, se evapora el agua y se absorbe aceite (proceso de deshidratación y luego de absorción). No obstante, la empresa no está obligada a cumplir la normativa en cuanto a emisiones atmosféricas para fuentes fijas por el tipo de proceso productivo (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008).

El carácter dinámico que posee la tabla de balances de materia para el proceso es una fuente de información importante a la hora de tomar decisiones que contemplen todas las variables tanto económicas como ambientales que permitan un crecimiento sostenible ya que la idea de expansión de la empresa en las ventas implicará un mayor uso de recursos y, por ende, mayor cantidad de emisiones, vertimientos y producción de residuos sólidos lo cual en muchos casos no es contemplado en los planes de negocio de las empresas nacientes o en crecimiento y no se tiene presupuestado el sistema de gestión ambiental, pago de tasas retributivas o implementación de tratamientos de fin de tubo, que implicarían un retroceso en el crecimiento de la empresa generando consecuencias negativas tanto para los empresarios como para las personas empleadas y en general para el desarrollo de la ciudad. La tabla es de carácter dinámico porque permite visualizar cambios en el proceso no solo con la materia prima, sino que, con futuras variaciones como el combustible para el freidor, se puede predecir la contaminación que generará la actividad productiva.

De acuerdo con los cálculos realizados para la caracterización de categorías de impacto, se aprecia que el potencial de eutrofización y el potencial de calentamiento global son los mayores impactos al medio ambiente. En la etapa de pelado y lavado es donde se genera una mayor contaminación por la alta carga orgánica indicada en el valor de la DQO que contribuye al potencial de eutrofización.

La EPA reporta que el proceso de fritura de papas genera 2,55 kg (material particulado y compuestos orgánicos volátiles) / Ton de producto (Environmental Protection Agency, 1994). En el caso de estudio el total de compuestos orgánicos volátiles es de 0,6 kg para un producto de 247,51 kg (producto antes de empacar y salar); por lo tanto, realizando un estimado para 1000 kg (1 Tm de producto) se tiene un total de 2,5112 kg/Tm de producto antes de empacar y salar, lo cual muestra una buena aproximación a lo reportado, evidenciado en la diferencia de 0,0388 kg/Ton de producto.

Con datos de compra de materia prima y la cantidad procesada en cada lote y con la tabla dinámica del presente trabajo se iniciará un reporte histórico de la cuantificación de los impactos, costos, gastos y utilidades de la empresa, esta información estaría sistematizada en principio en tablas de Excel, que por tema de costos es un objetivo alcanzable en el corto plazo y de utilidad para la futura implementación en otras MIPYMES del país.

La generalización hacia un cálculo futuro del impacto de tres MIPYMES del sector, permite evidenciar el aumento significativo de la contaminación con el aumento del Potencial de Eutrofización que es el indicador directo de la contaminación del recurso hídrico. De igual modo, el aumento en el Potencial de Calentamiento Global, el cual es el directo implicado en el cambio climático.

Las emisiones atmosféricas también evidencian la contaminación del aire que se puede generar por el aumento en el material particulado emitido, lo cual evidencia la necesidad de implementar un control de las emisiones.

6.2 Propuesta de alternativas de mitigación de impactos

6.2.1 Tratamiento de efluentes líquidos

Uno de los principales problemas de contaminación del sector lo constituye el arrastre de grasas y aceites en los efluentes de lavado. La instalación de una trampa de grasas, permitiría separar primariamente la grasa contenida en las descargas líquidas que se vierten al sistema de alcantarillado; esta por su bajo coste podría ser una alternativa viable para la empresa. Las principales ventajas de las trampas de grasas y aceites son (Comisión Nacional del Medio Ambiente - Región Metropolitana, 2000):

- Favorecen la fluidez del sistema.
- Adicionalmente se elimina el problema de generación de olores.
- DBO (demanda biológica de oxigeno) disminuye del orden de 30%.

La instalación de las trampas de grasas de 600 litros sería adecuada para un establecimiento con un lavaplatos y con dos llaves funcionando (22 litros / minuto), que tiene un costo aproximado de USD $870 (Comisión Nacional del Medio Ambiente - Región Metropolitana, 2000), esta sería adecuada para el proceso de estudio dado que la planta no está procesando la materia prima todo el tiempo sino por lotes: lavado, pelado y picado y posteriormente freído, cuando la operación inicial ha terminado.

Como sugerencia, se indicó que la Cámara de Comercio de Manizales, posee personal experto en el tema de tratamientos de vertimiento mediante trampas de grasas para las MIPYMES, lo cual puede servir para capacitar de modo gratuito a las personas en el debido manejo de esta.

6.2.2 Control de Olores y Emisiones

Las emisiones de olores y humos, generados a partir de fritura, son posibles de reducir a través de la aplicación de medidas de prevención, como es el caso de procurar unas condiciones óptimas de operación en cuanto a control de temperatura y una baja humedad de la materia prima, esto se logra con un control de proveedores y exigencias de calidad en la materia prima adquirida; estas simples medidas permitirían que las emisiones atmosféricas disminuyan, esto se realizó en el plan de manejo ambiental que la microempresa implementó internamente, no obstante la normativa no la obliga a tener un Sistema de Gestión Ambiental como es el caso de empresas generadoras de 10 kg de residuos peligrosos cada mes.

La empresa ha construido un extractor de vapores que opera por succión de aires y ha prolongado la chimenea, con esta medida sencilla se tiene un control de emisión de olores a nivel del suelo que pueda ser molesto para las personas del vecindario.

Una campana de extracción in-situ con carbón activado, es una alternativa que puede emplear la empresa, para disminuir la emisión de olores a la atmosfera que pueden incomodar a las personas vecinas del sector, dado que está ubicada en una zona urbana.

Algunos ejemplos de costos de sistemas de extracción con filtros incorporados son los siguientes:

- Instalación de extractores de aire con filtros anti grasa de acero inoxidable: costo promedio USD $870.
- Filtros de carbón activado: con varias placas de carbón activado USD $130 cada una (duración 3 meses).

Aunque estas alternativas son las más viables para la empresa, el costo sigue siendo elevado para la producción tan pequeña ya que en este momento poseen una producción de 5 bultos por semana (1000 kg/mes).

6.2.3 Disposición de Residuos Sólidos

La instalación de puntos ecológicos permitirá la minimización y reciclaje, de los desechos sólidos provenientes del consumo, por su carácter de asimilables a domésticos deben disponerse en rellenos sanitarios y allí con sometidos a reciclaje. Este simple cambio permitió al personal generar una conciencia ambiental dado que cada persona tiene claridad del sitio indicado para disponer los residuos.

La disposición de aceites (de fritura) y grasas (de trampas) no está permitida en rellenos sanitarios. La opción recomendada es su envío a instalaciones especiales, las cuales reciben este tipo de residuos, para su mezcla con otros tipos de aceites y solventes,

formando una mezcla que se entrega a industrias cementeras para su uso como combustible alternativo (Comisión Nacional del Medio Ambiente - Región Metropolitana, 2000), adicionalmente para otras industrias que emplean aceite usado como materia prima para la producción de biodiesel.

Las cáscaras de papa tienen una amplia posibilidad de ser empleadas como materia prima para la elaboración de alimentos para animales. Dentro del proceso, como primera instancia, se realiza un filtrado de los residuos del pelado de la papa, posteriormente se deben instalar tanques para decantar el agua residual y a continuación retirar el almidón que pasa al fondo del tanque, y se puede utilizar como materia prima, incluso se hicieron los primeros ensayos para elaborar galletas a base de almidón de papa, los demás datos acerca de ello, son información reservada de la compañía.

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

La metodología para el cálculo del impacto ambiental (Análisis de Ciclo de Vida), fue seleccionada para el caso de estudio por las siguientes razones:

- Permite cuantificar las corrientes de proceso para una MiPyME en la cual la falta de datos históricos y empirismo en gran parte del proceso, dificultan la realización de un control eficiente tanto a nivel económico como de responsabilidad ambiental.

- Esta metodología combinada con los balances de materia, se podría implementar para realizar cálculos de impactos ambientales para Colombia e incluso en Latinoamérica, dado que algunos softwares de esta metodología están adaptados a las condiciones del norte de Europa lo cual no permitió su implementación en este caso de estudio (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

La elaboración del presente trabajo final, ha permitido a la empresa Comestibles Horizontes, redefinir lineamientos en los procesos y mejorar sus sistemas de control de producción buscando optimizar los costos, inventarios, responsabilidad ambiental y una sistematización de la información lo cual permitirá con el paso del tiempo, obtener datos históricos puntuales de todas las variables del proceso que permitan visualizar un crecimiento sostenible tanto a nivel económico como responsable ambientalmente. Se tienen tablas dinámicas de Excel con fechas de mantenimiento de extractores, maquinaria y un control previo de la materia prima que optimiza el proceso minimizando las emisiones a la atmosfera y evitando que se generen desperdicios por papa procesada de mala calidad que altere su color o su sabor.

En la sección de empaque primario, no hay desperdicios debido a que la empresa posee una máquina semi-automática que procesa todo el rollo de empaque y por ende no hay pérdidas de plástico en esta etapa del proceso, lo cual no ocurre con otras PyMEs mencionadas anteriormente, en donde los procesos rudimentarios de empacado ocasionan una generación importante de residuos de plásticos que van directamente al relleno sanitario sin una disposición adecuada.

Con la metodología utilizada en el presente trabajo, y la plantilla de desarrollo de balances de materia y energía, es posible implementar los estudios en otras PyMES afines al sector de alimentos. De este modo se podrían obtener datos puntuales de varias empresas y así tener un marco de referencia comparativo más amplio.

Dado que algunas de las empresas del sector de *snacks* caseros en Manizales, aun no cumplen con registro INVIMA y por ende ejercen labores incumpliendo la normatividad sanitaria y ambiental, la integración como clúster o gremio de modo formal- que se encontraba en diálogos al iniciar el presente trabajo final-, permitirá la inclusión de este sector en la toma de decisiones de tipo político que puedan beneficiar a este gremio que se caracteriza por la informalidad en la operación de sus procesos debido a los limitados recursos inherentes a las MiPyMEs en Colombia.

La agremiación de los involucrados en el sector de alimentos tipo *snack* casero en la ciudad, permitiría un mejoramiento en la competitividad de las empresas y por tanto mejores oportunidades no sólo en el mercado local sino internacional, dado que es bien sabido que para satisfacer las demandas internacionales se requiere un volumen considerable de producción que una MiPyME eventualmente no puede cubrir, lo cual si puede ocurrir si todo un gremio estandariza un producto y se exporta en conjunto.

7.2 Recomendaciones

Las propuestas de alternativas de mitigación, constituyen un plan de manejo ambiental para esta empresa teniendo en cuenta sus limitados recursos económicos para implementar métodos más eficientes de mitigación, aunque más costosos.

Para futuras investigaciones, es conveniente implementar un marco experimental riguroso en el cual se considere el muestreo en varias plantas de producción de *snacks,* y de este modo poder estimar las emisiones de una forma más representativa y así calcular o estimar los impactos ambientales de las MiPyMES de *snacks* de la región.

El cálculo del impacto ambiental del presente estudio, puede servir como línea base para futuras investigaciones más profundas del tema, pudiendo implementar con la ayuda de la información de los entes gubernamentales, datos más detallados de las empresas informales, como las personas que se ubican en la calle para ejercer labores comerciales de fritura y venta de snacks, y así levantar una línea base con una mayor cantidad de datos, como lo requiere la metodología de ACV.

Existe una alta incidencia de contaminación de las fuentes hídricas con el Potencial de Eutrofización que es el indicador directo de la contaminación del recurso hídrico. De igual modo, el aumento en el Potencial de Calentamiento Global, el cual es el directo implicado en el cambio climático. Son dos indicadores que evidencian que en los procesos se deben implementar alternativas para mitigar los vertimientos y la generación de emisiones atmosféricas que permitan una disminución de los impactos ambientales de la industria alimenticia.

A nivel de mercadeo y económico se recomienda:

- En la sección de salado se podría incluir el sazonado o adición de elementos que permitan fortificar o agregar saborizantes al producto final, lo cual puede generar un valor agregado a la empresa y personalizar los productos con sabores.

- En la sección de empacado se podría realizar otra innovación en cuanto a empaques más llamativos como por ejemplo de aluminio que posean ilustraciones llamativas o sorpresas mediante códigos QR.

La asociación de productores mediante un clúster, permitiría un mayor acercamiento a los entes gubernamentales que financian proyectos mediante recursos no reembolsables para el crecimiento de las MiPyMEs con miras a exportar sus productos; esto conllevaría a contar con los recursos para implementar el cumplimiento de las normas tanto sanitarias como ambientales en las empresas y mitigar el impacto económico que genera la adecuación de instalaciones y procesos para el cumplimiento de la normatividad en este tipo de empresas del sector alimentos en las cuales el músculo financiero es reducido

8. Anexo: Hoja de cálculos.

Bibliografía

Agrolca Manager. (2016). *Análisis de Ciclo de Vida*. Recuperado el 31 de Marzo de 2016, de Software para la gestión ambiental sostenible en empresas agroalimentarias: http://www.agrolcamanager.com/?page_id=121

Araya, Ú. (2003). *Análisis Comparativo de las Necesidades Ambientales de las PyME en Chile, Colombia y México.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Arroyave R, J., & Garcés G., L. (19 de Febrero de 2007). *Tecnologías Ambientalmente Sostenibles*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2015, de http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/RevistaLimpia/vol1n2/pl_v1n2_78-86_tecnolog%C3%ADas.pdf

Australia, Environment. (1999). *Emission Estimation Techniques for Snack Foods Roasting and Frying Industry.* National Pollultant Inventory , Australia.

Cadavid M., G. H. (2014). *Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del Proceso Siderúrgico.* Manizales.

Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual de la Papa - Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial.* Bogotá.

Castaño Henao, J. A. (2014). *Manejo integral de aguas para el sector MIPYME agroindustrial: caso de estudio "Productora de agentes de control biológico" .* Manizales.

Comisión Nacional del Medio Ambiente - Región Metropolitana. (2000). *Guía Para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial - Rubro Elaboración de Comidas Rápidas.* Santiago de Chile.

Conesa Fdez.-Vitora, V. (1997). *Guía Metodológica Para la Evaluación del Impacto Ambiental.* Madrid: Ediciones Mundi - Prensa. Recuperado el 02 de Noviembre de 2016, de https://books.google.com.au/books?id=wa4SAQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Gu%C3%ADa+metodologica+para+la+Evaluaci%C3%B3n+del+Impacto+Ambiental.+1995&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjZlvyOjovQAhWJKWMKHYJ9DrIQ6AEIGzAA#v=snippet&q=chequeo&f=false

Conesa Fernández, V. (1997). *Auditorías Medioambientales: guía metodológica* (2 ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de https://books.google.com.au/books?id=xzvxS8Qs-VYC&pg=PA92&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false

Conservación y Carbono S.A.S. (2016). *Conservación y Carbono*. Recuperado el 1 de Abril de 2016, de Análisis del Ciclo de Vida ISO 14040: http://www.conservacionycarbono.com/analisis-del-ciclo-de-vida-iso-14040

Devia P, J. E., Ocampo C, E., Betancur G, L. A., & Otros. (2010). *Industrialización de la Riqueza Vegetal: Oportunidades Sociales y Económicas. Universidad Eafit.* Medellín.

El País. (31 de Agosto de 2014). *Los Pasabocas y Snacks, Un Negocio Creciente en Colombia*. Recuperado el 16 de Julio de 2016, de http://www.elpais.com.co/elpais/economia/noticias/pasabocas-y-snacks-negocio-creciente-colombia

Environmental Protection Agency. (1994). *9.13.3 Snack Chip Deep Fat Frying.*

Escuela Agraria A.V.E. (2010). *Snacks de Manzana y Pera - Análisis de la Oportunidad de Negocio.* Argentina.

Espinoza, G. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental.* Santiago de Chile: ANDROS Impresores.

Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn, A., & Mylan, J. (2006). *Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A report to the Department for Envrionment, Food and Rural Affairs.* Manchester Business School, Defra (London).

Gomez Olachica, M., & Zurique Narvaez , L. M. (2009). *Análisis de Ciclo de Vida Para la Producción de Biodiesel a Partir de Aceite de Higuerilla (Escenario 1: cultivo en Sabana de Torres, esterificación en medio ácido y con metanol).* Bucaramanga.

Gómez Orea, D., & Gómez Villarino, M. (2013). *Evaluación de Impacto Ambiental* (3 ed.). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de https://books.google.com.co/books?id=9VOuAwAAQBAJ&pg=PA740&lpg=PA740&dq=manual+de+evaluaci%C3%B3n+de+impacto+ambiental.+T%C3%A9cnicas+para+la+elaboraci%C3%B3n+de+estudios+de+impacto.+Traduccion+al+esa%C3%B1ol.&source=bl&ots=PO8fnUyutj&sig=svaUyv2AfpUE98Yg

González, R., & Otero, A. (2003). Método de Evaluación Cualitativa de Impactos Ambientales - Una propuesta. *Estudios y Perspectivas en Turismo, 12*, 79-92. Obtenido de http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V12/v12n1y2a05.pdf

Guaipatín, C. (Abril de 2003). *Compilación Estadística Para 12 Países de la Región.* Washington, D.C.

Herrera Sepúlveda, B. M. (2016). *Evaluación de las alternativas de Aprovechamiento de los Lodos Generados en los Procesos de Pulimento de Herramientas. Trabajo Final de Maestría .* Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Manizales.

I., M., R., S., & R., F. (2011). *Medida de Caudales.* Alicante: Universidad de Alicante.

ICONTEC. (2007a). *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. NTC-ISO 14040.* Bogotá D.C.: Instituto colombiano de normas técnicas y certificación.

ICONTEC. (2007b). *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. Requisitos del ciclo de vida. NTC-ISO 14044.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

IHOBE. (2009). *Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Dos Maneras de Medir el Impacto Ambiental de un Producto.* IHOBE, S.A. Sociedad Pública de Gestión Ambiental.

Industria Alimenticia. (1 de Diciembre de 2008). *Industria de Snacks*. Recuperado el 16 de Julio de 2016, de http://www.industriaalimenticia.com/articles/83288-industria-de-snacks

Jr, J., Jelínková, Z., & Jaresová, M. (2013). Assessing greenhouse gas emissions from potato production and processing in the Czech Republic. *Agriculture, 42*(3), pp 179 - 183. doi:10.5367/oa.2013.0138

Leal, J. (2005). *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias.* Santiago de Chile: Publicaciones de las Naciones Unidas- CEPAL.

Leopold, B., Clarke, F., Hanshaw, B., & Balsley, J. (1971). *A Procedure For Evaluating Environmental Impact.* Washington: USA: Gov. Print. Office. Recuperado el 02 de Noviembre de 2016, de https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=FYguAAAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=a+procedure+for+evaluating+environmental+impact.+us+department+of+the+interior&ots=zr-hiDikhy&sig=CvSDnHHq7gTjkT7okZsWNt8z2d0#v=onepage&q=a%20procedure%20for%20evaluating%20envir

Luna P, V. M., & Aburto C., S. (2014). Sistema de Humedales Artificiales Para el Control de la Eutroficación del Lago del Bosque de San Juan de Aragón. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 32-55.

México, U. N. (2008). *Fundamentos y Técnicas de Análisis de Alimentos.*

Mijangos-Ricardez, O., & López Luna, J. (2013). Metodologías Para la Identificación y Valoración de Impactos Ambientales. *Temas de Ciencia y Tecnología. Volumen 17. Número 50*, 37-42.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2003). *Análisis de la Innovación en las PyME's Agroalimentarias.* España: Institut Cerdá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (18 de Abril de 2015). *Resolución 631 de 2015*. Recuperado el 20 de Julio de 2016, de

http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_0631_2015.htm

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (5 de Junio de 2008). *Resolución 909*. Recuperado el 20 de Julio de 2016, de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=31425

Muñoz Q, J. R. (2007). *Reducción del Contenido de Acrilamida en Hojuelas de Papas Fritas por Aplicación de Pretratamientos y Diferentes Temperaturas de Fritura.* Santiago - Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

OECD. (1995). *RECOMMENDATION OF THE COUNCIL OF THE OECD ON IMPROVING THE QUALITY OF GOVERNMENT REGULATION.* ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, Paris. Recuperado el 03 de Noviembre de 2016, de http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=OCDE/GD(95)95

Osorio, A. (01 de Agosto de 2016). Papitas fritas, negocio con sabor natural. *La Patria*. Recuperado el 13 de Octubre de 2016

PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A. (2009). *Estudio de Impacto Ambiental para la Ampliación de las Instalaciones de la Planta de Gas Malvinas.* Recuperado el 02 de Noviembre de 2016, de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20hidrocarburos/EIA/EIA_PLUSPETROL_MALVINAS/Cap5%20Evaluacion%20de%20Impactos.pdf

Prada Ospina, R. (2012). Alternativa de Aprovechamiento Eficiente de Residuos Biodegradables: El Caso del Almidón Residual Derivado de la Industrialización de la Papa. *Revista EAN*, 180-192.

Prado Farfán, D. J. (2013). *Valoración de Impactos Ambientales generados en la Industria Láctea y Cárnica en la ciudad de Cuenca.* Cuenca, Ecuador.

PRO ECUADOR - Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. (2014). *Chips en Estados Unidos.* Ecuador. Recuperado el 20 de marzo de 2016

PROEXPORT COLOMBIA. (2012). *Sector Agroindustrial Colombiano.* Sociedad de Agricultores de Colombia.

RAP-AL Uruguay. (2010). *Contaminación y Eutrofización del Agua.* Uruguay: RAPAL Uruguay.

Reklaitis, G. V. (1986). *Balances de Materia y Energía.* México, D.F.: Nueva Editorial Interamericana.

Sánchez Mazzini, O. (2013). *Estudio de Impacto Ambiental Ex-Post y Plan de Manejo Ambiental de la Planta Procesadora de Alimentos Ecofrut S.A.* Durán - Ecuador.

Sánchez, O. J., Cardona, C. A., & Sánchez, D. L. (2007). Análisis de Ciclo de Vida y su Aplicación a la producción de bioetanol: Una Aproximación Cualitativa. *Revista Universidad Eafit, 43*(146), 59-79.

Sanes Orrego, A. (2012). *El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en el Desarrollo Sostenible: Propuesta Metodológica Para la Evaluación de la Sostenibilidad de Sistemas Productivos.* Bogotá, Colombia.

Sistema de Información Eléctrico Colombiano. (2015). *INFORME MENSUAL DE VARIABLES DE GENERACIÓN Y DEL MERCADO ELÉCTRICO COLOMBIANO.* Bogotá. Recuperado el julio de 2015, de http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Estad%C3%ADsticasyvariablesdegeneraci%C3%B3n/tabid/115/Default.aspx

United Nations Framework Convention on Climate Change. (1995). *Global Warming Potentials*. Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Universidad de Granada. (s.f.). *Aula Virtual Proyecto Fin de Carrera - Ingeniería Química*. Recuperado el 1 de Abril de 2015, de Balances de Materia y Energía: http://www.ugr.es/~aulavirtualpfciq/BMyBE.html

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. (2011). *Implementación de planes de manejo ambiental.* Curso, Bogotá. Recuperado el 01 de Noviembre de 2016, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358023/Material_en_linea/leccin_21_revisin_de_la_relacin_proyecto__entorno.html

Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). *Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo.* Recuperado el 24 de Septiembre de 2015, de Metodologías Para la Identificación y Valoración de Impactos Ambientales: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/mtria_amb/2019519/und_3/html/contenido_03.html

Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2008). *Producción más Limpia Paradigma de Gestión Ambiental.* Bogotá, Colombia: Alfaomega.

Yagüe A., M. A. (Septiembre de 2003). *Estudio de Utilización de Aceites Para Fritura en Establecimientos Alimentarios de Comidas Preparadas.* UAB, Ballarta.

Zevallos, E. (2002). *Panorama de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) en Varios Países de América Latina.* Documento de trabajo, San José.