
**ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y ANÁLISIS DE PELIGROS Y
PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS AL PRODUCTO PASTAS
ALIMENTICIAS**

**LIFE CYCLE ASSESSMENT AND HAZARD ANALYSIS AND CRITICAL
CONTROL POINTS TO THE PASTA PRODUCT**

Yulexis Meneses Linares^{1}, Elena Rosa Domínguez² y Belkis Guerra Valdés²*

¹ Oficina Nacional de Inspección Estatal, Villa Clara. Circunvalación y Carretera a Camajuaní. Reparto Santa Catalina. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Centro de Estudio de Química Aplicada (CEQA). Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Marzo 1º, 2016; Revisado: Abril 26, 2016; Aceptado: Junio 15, 2016

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo combinar las metodologías Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (HACCP) para la determinación de los riesgos que representa la producción de alimentos a la salud humana y el ecosistema. Se evalúa el desempeño ambiental de la producción de pastas alimenticias de la fábrica "Marta Abreu" de Cienfuegos, siendo las materia primas harina, sémola y sus mezclas, la disposición y extracción de estas los puntos de control críticos, determinado por los peligros biológicos (hongos y plagas) y físicos (madera, papel hilo y partículas ferromagnéticas). La categoría de daño más afectada es a los recursos por el consumo de combustible fósiles.

Palabras clave: Análisis del ciclo de vida (ACV), Análisis peligros y puntos de control críticos (HACCP), Inocuidad alimentaria

Copyright © 2016. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Yulexis Meneses, Email: onipvc@alinet.cu

ABSTRACT

The objective of this work is to combine the Life Cycle Assessment (LCA) and Hazard Analysis and Critical Control Points (*HACCP*) methodologies for the determination of risks that the food production represents to the human health and the ecosystem. The environmental performance of the production of pastas in the “Marta Abreu” Pasta Factory of Cienfuegos is assessed, where the critical control points determined by the biological dangers (mushrooms and plagues) and the physical dangers (wood, paper, thread and ferromagnetic particles) were the raw materials: flour, semolina and its mixtures, and the disposition and extraction of them. Resources are the most affected damage category due to the consumption of fossil fuels.

Key words: Life Cycle Assessment (LCA), Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP), Food safety.

1. INTRODUCCIÓN

teoría de la organización y diversos estudios sociales de ciencia y tecnología cada vez más se acercan en comprender al ACV no solo como una herramienta instrumental o metodológica, sino como una lógica institucional emergente que influencia la forma en que son conceptualizados los problemas ambientales y la responsabilidad sobre ellos. La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado.

En la actualidad, uno de los métodos novedosos para evaluar cuantitativamente los impactos ambientales generados por productos y procesos, es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), metodología que es muy usada en los países desarrollados, pero aún es incipiente en América Latina, (Pérez y col., 2010). (Tarabella y Burchi., 2011) y (Ortiz-R et al., 2014) identifican el método de ACV, como una de las herramientas más eficaces en las políticas de gestión ambiental de los países desarrollados y la sostenibilidad de la industria de alimentos. El análisis de ciclo de vida (ACV) se define como la recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de todas las etapas desde la adquisición de la materia prima a partir de los recursos naturales hasta su disposición final (NC 14040:2009).

Por su parte, el Análisis de peligros y puntos de control críticos (HACCP) constituye el método que permite identificar, evaluar y controlar peligros para la inocuidad de los alimentos (NC 136:2007). Por su naturaleza, la metodología del HACCP se concentra en la identificación de los peligros incorporados durante la producción del alimento más que en el análisis de los riesgos asociados a la salud humana, pero no puede negarse que constituye un complemento al ACV si se analizaran los impactos que la producción podría ocasionar a la salud del hombre como parte importante del ecosistema. De esta forma, una combinación de estas dos metodologías permite realizar un análisis más completo del ciclo de vida en alimentos para definir las etapas que más impactos provocan sobre el medio ambiente y tomar medidas que mitiguen y/o eliminen los mismos, Meneses (2008).

Dentro de la industria de los alimentos, esta combinación se hace factible toda vez que ambas se aplican a partir de un alcance definido dentro de la cadena alimentaria. Por esta razón, es objetivo del trabajo combinar las metodologías para identificar peligros relacionados con la inocuidad y aspectos ambientales en las diferentes etapas del ciclo de vida del producto alimentario.

Las pastas alimenticias son consideradas como un producto típicamente italiano por el hecho de que Italia es el principal productor, consumidor y exportador de pastas alimenticias del mundo. El concepto básico de pasta alimenticia es que, bajo este nombre se designan los productos elaborados mediante la mezcla de sémola o harina de trigos extraduros y duros o mezclas de ambas con agua fría o caliente en proporciones variadas moldeados y secados con formas y tamaños variados.

En Cuba se ha ampliado el consumo de este producto y en estos momentos, se alcanza una producción de alrededor de 50 000 t/año, de ellas 70 % de pastas largas y el resto pastas cortas, fideos y pequeñas producciones de pastas especiales. La fábrica de pastas alimenticias “Marta Abreu” ubicada en la localidad de igual nombre en la provincia de Cienfuegos, Cuba, es una de las mayores productoras del país, con una capacidad de 12 000 t/año. Esta línea de producción con tecnología italiana (PAVAN) comenzó sus labores en Abril de 2008 y ha sido tomada como caso de estudio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación evalúa el perfil ambiental, considerando la aplicación HACCP dentro del ACV, sobre la base de las normas cubanas NC-ISO 14040:2009, NC-ISO 14044:2009, utilizando el software Sima Pro (Pré-Consultants, 2007), con el método de Eco indicador 99 y NC 136:2007, relacionadas con el ACV y el HACCP respectivamente.

2.1. Definición de objetivo y alcance

En esta etapa del proceso, se inicia el ACV definiendo los objetivos globales del estudio, donde se establecen su finalidad, el producto implicado, el alcance o magnitud del estudio (límites del sistema) dentro de la cadena alimentaria y la unidad funcional (Pérez y col., 2010).

2.2. Inventario del ciclo de vida

El análisis del inventario es una lista cuantificada de todos los flujos entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, que son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, así como las emisiones producidas en cada uno de los procesos, incorporando la identificación de los peligros relacionados con la inocuidad para cada materia prima y fase del proceso, evaluándose además su criticidad, según la severidad, persistencia y probabilidad de ocurrencia, para cada materia prima y fase del proceso identificado.

2.3. Evaluación

Se evalúan los peligros identificados para determinar los PCC, a través del árbol de decisiones propuesto por el Codex Alimentarius, para la metodología HACCP y se

realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, relacionando sus resultados con efectos ambientales observables.

Para esta fase, la caracterización de los impactos se realiza a través del software Sima Pro 7.2 con el eco indicador 99 que al mismo tiempo evalúa los daños, agrupándolos en tres modelos: daño a los recursos, a la calidad del ecosistema y a la salud humana.

2.4. Interpretación

Una vez determinados los PCC, se establecen los controles y verificaciones necesarios para estas fases de forma que se pueda obtener un producto inocuo, siempre minimizando, eliminando o reduciendo a niveles aceptables los peligros; se combinan los resultados del análisis del inventario con la evaluación del impacto, de acuerdo con los objetivos y alcance definidos para el estudio para establecer las conclusiones.

2.5. Proponer mejoras al proceso

Según las conclusiones y recomendaciones del análisis, se estará en condiciones de proponer alternativas, que contribuyan a la mejora del proceso de la producción de alimentos relacionado con la salud humana por inocuidad y protección del ecosistema.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Definición de objetivo y alcance

El estudio tiene el propósito de evaluar el desempeño ambiental de la fábrica “Marta Abreu” mediante el ACV, incluyendo la categoría de daño por inocuidad alimentaria a través del desarrollo del HACCP. Se aplica al producto pastas largas, desde la recepción de las materias primas hasta el procesamiento industrial, incluyendo la transportación de la materia prima y el producto final cuyo proceso tecnológico se muestra en la figura 1. Para este estudio, se excluye lo relativo a la producción y transportación del envase y embalaje.

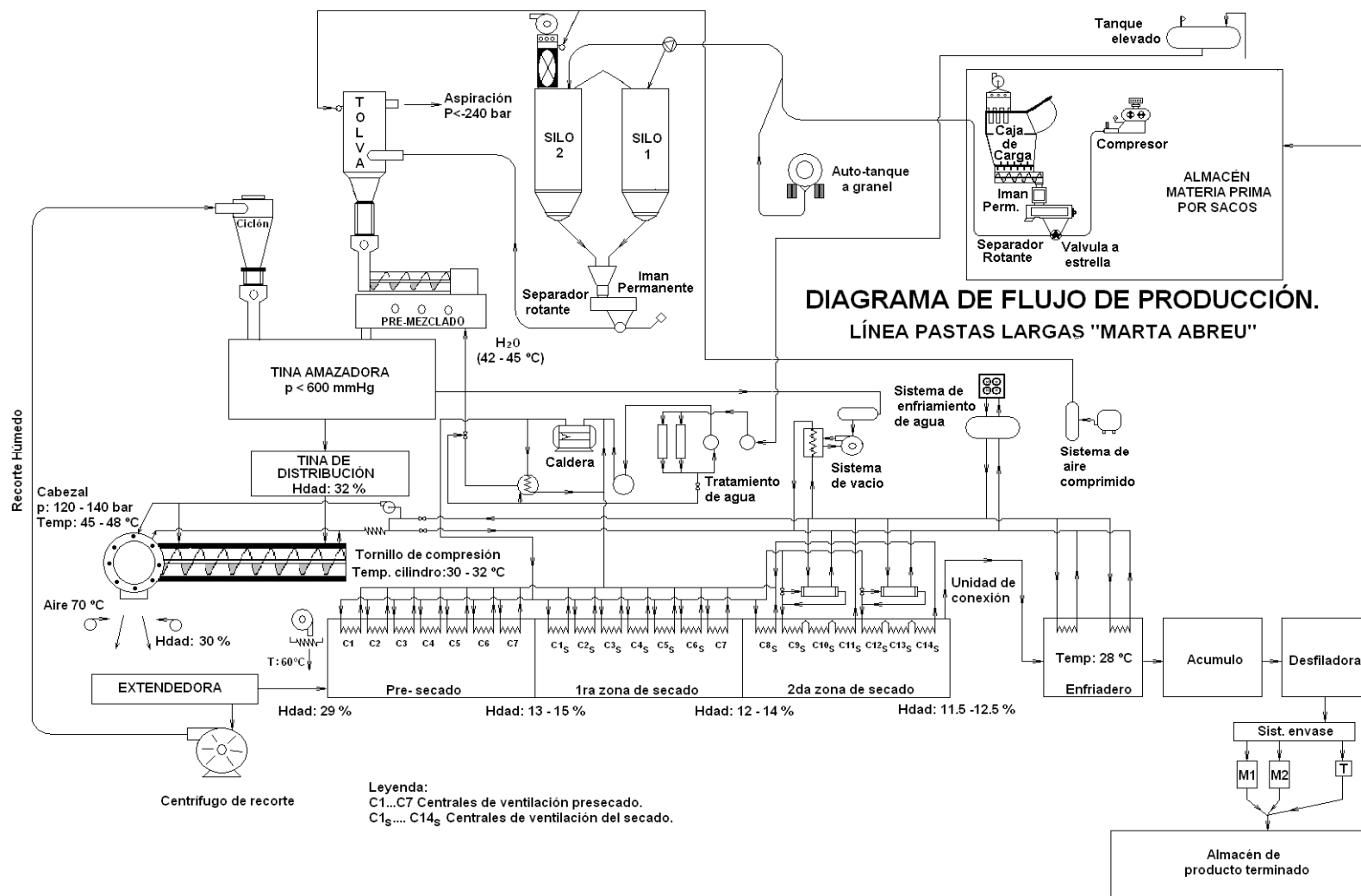


Figura 1. Diagrama de flujo de Producción, Línea de Pastas alimenticias Marta Abreu

3.2. Unidad funcional

Uno de los aspectos primordiales para realizar un análisis de ciclo de vida es la unidad funcional, que es la base a la que se refieren todos los cálculos en este estudio se toma una tonelada de pasta alimenticia como unidad funcional.

3.3. Inventario del ciclo de vida y análisis de peligros

- **Emisiones al aire:** Las emisiones al aire son en forma de polvo y aerosoles. Estos tipos de emisiones ocurren en las etapas de descargue de la materia prima.
- **Consumo de energía:** Consumo de diesel para la transportación de la materia prima (harina, sémola o sus mezclas). Para su procesamiento es necesario un gran consumo de energía eléctrica, esta es usada en el procesamiento industrial e iluminación.
- **Consumo de agua:** En la industria el agua consumida es para formar la pasta húmeda y la utilizada para la limpieza en las áreas de aseo personal, comedores.
- **Descarga de efluentes:** Las líneas no generan aguas residuales, el residual líquido es el proveniente de los baños y comedores, este se vierte a una fosa maura.
- **Desechos y subproductos:** Los desechos sólidos generados son material de envase y embalaje y como subproductos la barredura, que es utilizada para alimentación animal, considerado como un producto evitado.
- **Ruidos:** La tecnología de que se dispone a pesar de ser de nueva adquisición genera un exceso de ruido, provocando esto afectación a la salud de las personas, donde los niveles de ruido son superiores a 82 dB de manera persistente.

Para la obtención de los datos fue necesario aplicar balances de masas. En la producción de una tonelada de pastas alimenticia se utilizan los materiales como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Materiales empleados en la producción de una tonelada de pastas alimenticias

<i>Material</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>	<i>Cantidad</i>
Materia prima (<i>Harina de trigo o sémola</i>)	1,04 t	Material de embalaje	0,007 t
Energía eléctrica	0,175 MW	Material de envase (<i>polipropileno</i>)	0,008 t
Agua	0,290 t	Desecho: (<i>Producto evitado, con uso para alimento animal</i>)	0,037 t
Diesel para la industria	0,027 t	Emisiones (<i>fumigación</i>)	0,0017 t
Diesel transportación	0,0053 t	-	

En esta producción los peligros identificados son: peligros biológicos por presencia de hongos y plagas y la persistencia de peligros físicos madera, hilo, papel y partículas ferromagnéticas en las etapas de disposición y extracción de la materia prima, no identificándose peligros potencialmente significativos en el resto de las etapas del proceso.

3.4 Evaluación

Una vez aplicados los siete principios se identificaron los posibles peligros y se evaluaron las significancias teniendo en cuenta la severidad del peligro y la probabilidad de ocurrencia, estos fueron analizados teniendo en cuenta el árbol de decisiones propuesto por el Codex Alimentarius, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Aplicación del árbol de decisión para determinar puntos de control críticos

<i>Ingrediente / Etapa</i>	<i>Peligro</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>PCC</i>
Sémola de Trigo, harina y mezclas	F - Presencia de hilo y partículas ferromagnéticas	Si	No	No	-	No
	Q - Presencia de residuos de plaguicidas por encima de los niveles máximos permisibles	Si	No	No	-	No
	M - Presencia de hongos	Si	No	Si	No	Si
Disposición de la Materia Prima	F - Persistencia de madera, hilos y papel	Si	Si	-	-	Si
Extracción de la Materia Prima	F - Persistencia de partículas ferromagnéticas	Si	Si	-	-	Si

Se utiliza el software Sima Pro 7.3 empleando el método del Eco-indicador 99 para realizar la evaluación del impacto ambiental, teniendo en cuenta las categorías de impacto, figura 2.

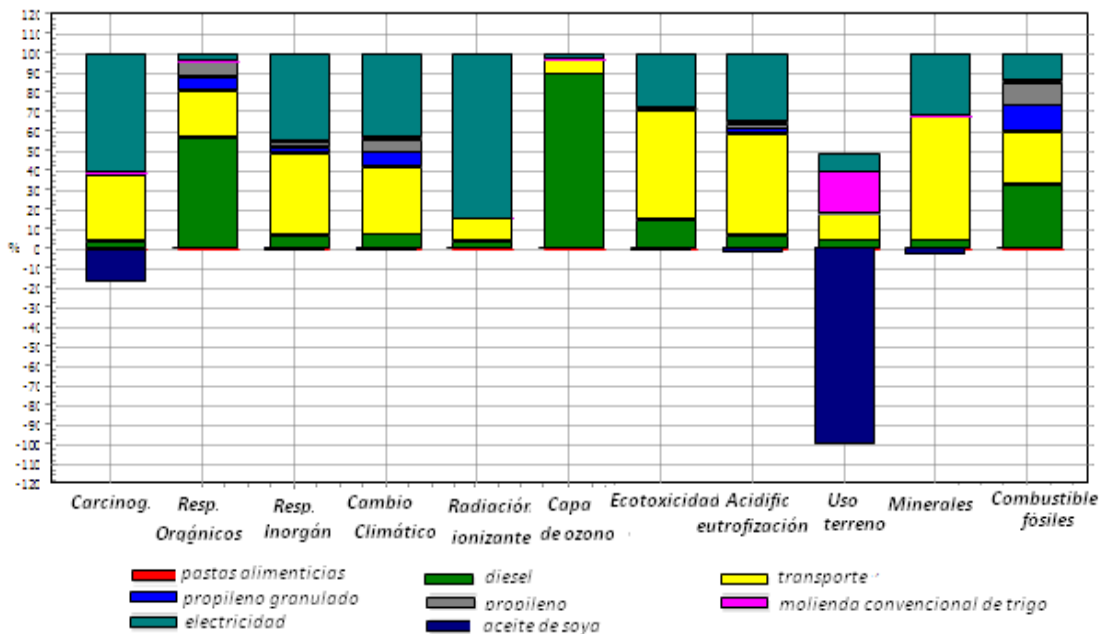


Figura 2. Análisis de la contribución a las categorías de impacto

La evaluación de daños consiste en la agrupación de las categorías anteriores en tres modelos: daños a la salud humana, a la calidad del ecosistema y a los recursos, en la figura 3, muestra la evaluación de estos.

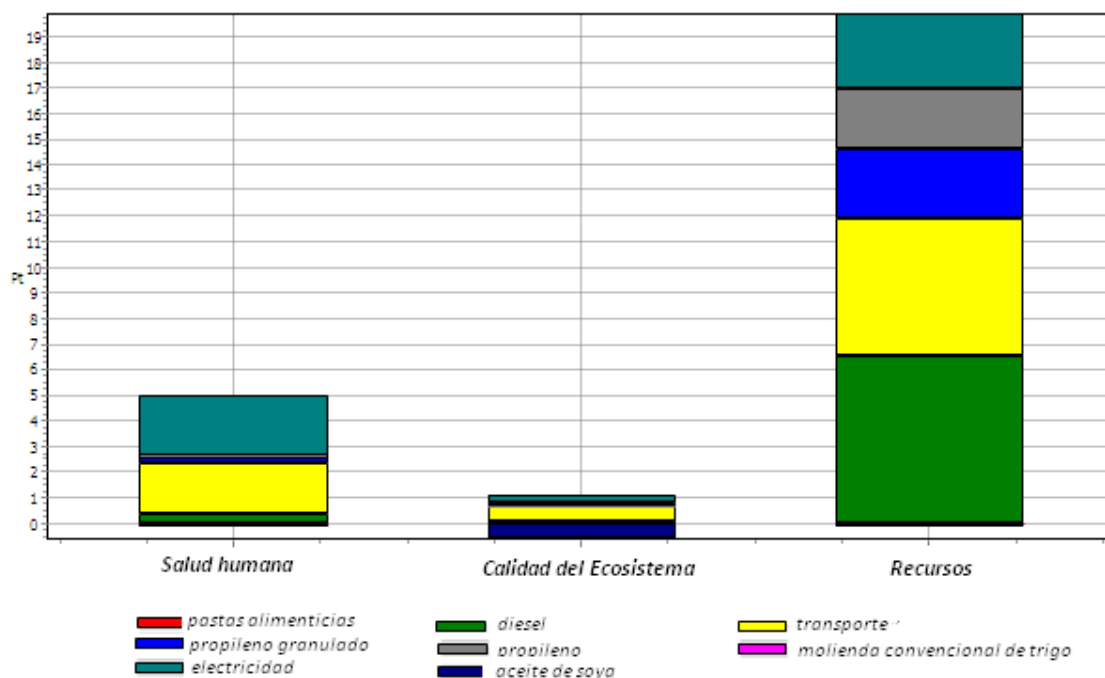


Figura 3. Análisis de la contribución del producto por categoría de daños

3.5 Interpretación

La mayor contribución de la producción de pastas es en la categoría agotamiento de la capa de ozono, por el consumo de diesel (90%) y radiación por el alto consumo de electricidad (85%) tal como representa la figura No. 3. La categoría más impactada es consumo de combustibles fósiles, contribuyendo con mayor representatividad el 83 % de los flujos de entradas: el consumo de diesel industrial y de transportación, uso del material de envase, embalaje y el consumo de electricidad, aun cuando el ACV, realizado con el software Sima Pro 7.3 y eco indicador 99 no considera el ruido en su análisis, en este caso se tendrá en cuenta en la propuesta de medidas para la mitigación de los daños a la salud humana de este particular.

Para cada PCC identificado, las materias primas y fases del proceso resultaron ser, donde se elimina, prevé o reduce los peligros identificados, por tal razón se propone el siguiente formulario plan HACCP que aparece en la tabla 3, que podrá garantizar la inocuidad y por tanto minimizar los daños a la salud humana por inocuidad alimentaria.

Tabla 3. Plan HACCP para la producción de pastas alimenticias

<i>Punto Crítico de Control</i>	<i>Peligros</i>	<i>Límites críticos</i>	<i>Qué</i>	<i>Cómo</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Quién</i>	<i>Acción correctiva</i>	<i>Verificación</i>
Sémola, harina y mezclas	Presencia de hongos y plagas	No se admite la presencia de hongos y plagas en la materia prima.	Presencia de hongos y plagas	Visual con lupa	Cada vez que se reciba	Téc.d e calid ad	Rechazar el Lote Téc. Calidad	Presencia de hongos cada 3 meses en laboratorio externo Revisión de registros
Disposición de la materia prima	Persistencia de madera, hilo y papel	No se admite mallas rotas, ni sucias en el separador de la caja de carga	Estado técnico de las mallas	Visual	Semana	Operario	Limpiar o sustituir las mallas Operario	Revisión de los registros
Extracción de la materia prima	Persistencia de partículas ferromagnética	No se admite imán sucio	Limpieza del imán	Visual	Diario	Operario	Limpiar el imán. Operario	Revisión de los registros Análisis de cenizas

3.6 Propuestas para mitigar la contaminación ambiental

Realizada la evaluación de los impactos ambientales queda expuesto que la incidencia sobre el uso de los recursos y el daño a la salud humana son los aspectos sobre los cuales es necesario incidir para atenuar, reducir o eliminar los problemas ambientales asociados al proceso de producción. El objetivo en el uso de los recursos estará dirigido a la disminución o sustitución del combustible diesel tanto en el proceso de producción como en la transportación de materias primas y producto final.

Lo anteriormente planteado, lleva a la propuesta de las siguientes medidas de mitigación:

- Sustituir el quemador de diesel del generador de vapor por un quemador a gas.
- Establecer control sobre los límites críticos de control en los puntos críticos disposición de la materia prima y separador de partículas ferromagnéticas (extracción de la materia prima).
- Establecer los índices de consumo de agua.
- Emplear medios de protección personales contra el ruido.

3.6.1 Análisis de la inversión propuesta.

De las medidas propuestas la adquisición del quemador de gas es una inversión, se realiza el análisis de la factibilidad económica y se determinan los indicadores

dinámicos. El gráfico de la figura 4 muestra que la inversión es factible y la misma puede ser recuperada en un tiempo de menor de 3 años.

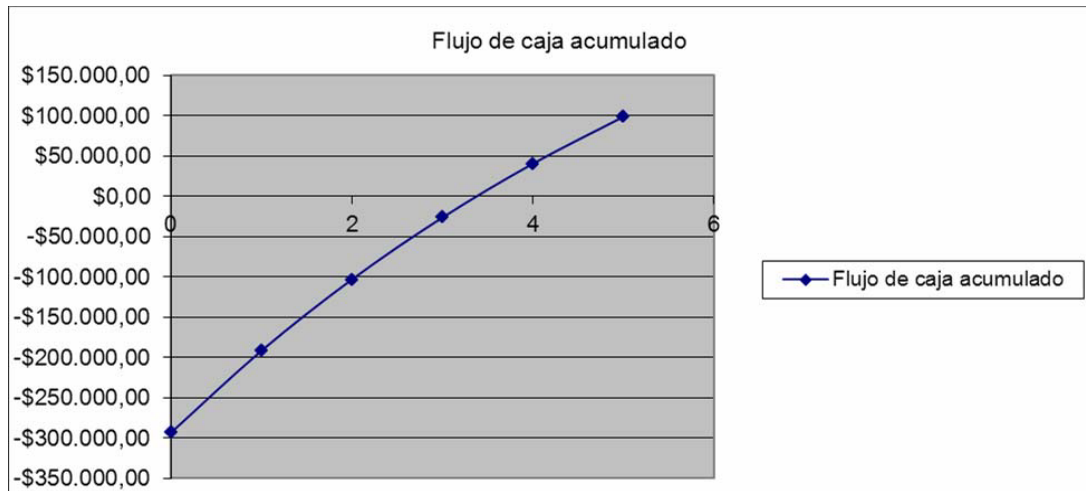


Figura 4. Análisis sensibilidad de la inversión

3.6.2 Comparación después de la inversión

Para evaluar el efecto ambiental de la sustitución del quemador de diesel en el generador de vapor por un quemador a gas, se utiliza el módulo de comparación del software Sima Pro y se obtiene el gráfico que aparece en la figura No. 5, donde se observa que la contribución a la categoría de combustibles fósiles disminuye un 54 % y con la inversión propuesta se logra una reducción del impacto total de 50 puntos.

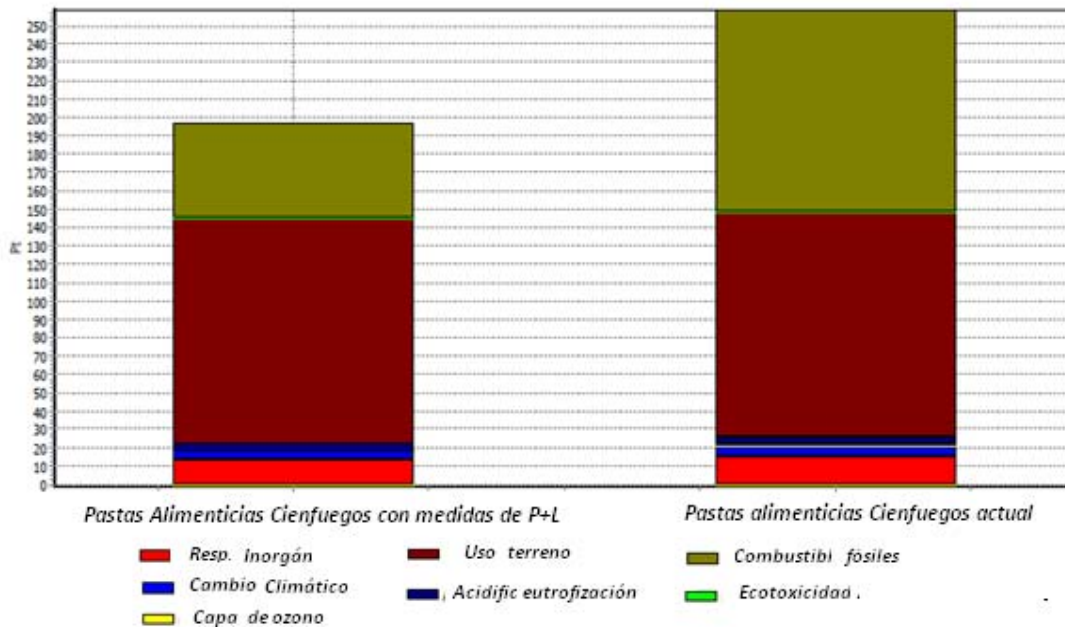


Figura 5. Comparación de las categorías de daños entre actual y medidas P+L

4. CONCLUSIONES

1. La categoría de impacto a la que esta producción hace su mayor contribución es a la afectación de la capa de ozono y la radiación y en daño, a los recursos, asociados al consumo de combustible y energía eléctrica y los PCC identificado

para la producción de pastas alimenticias, fueron: las materia primas harina, sémola y sus mezclas, la disposición y extracción de estas, determinado por los peligros biológicos (hongos y plagas) y físicos (madera, papel hilo y partículas ferromagnéticas).

2. Se propone sustituir el quemador de diesel del generador de vapor por un quemador a gas, con una tasa interna de retorno del 53 % y una recuperación inferior a los 3 años, lo que disminuye el impacto a la categoría de daño de los recursos 50 puntos, de manera que el proceso de producción de pastas alimenticias se realice bajo parámetros de producción más limpia.

REFERENCIAS

- Meneses, Y., Análisis de riesgos en la industria arrocera mediante la combinación del HACCP y el Análisis de Ciclo de Vida., Tesis presentada en opción al Grado Científico Máster en Seguridad Tecnológica y Ambiental de Procesos Químicos, Facultad de Química y Farmacia en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, 2008.
- NC-ISO 14040:2009, Environmental management Life Cycle Assessment. Principles and framework., Oficina Nacional de Normalización, Cuba .
- NC-ISO 14044:2009, Environmental management Life Cycle Assessment Requirements and guidelines., Oficina Nacional de Normalización, Cuba
- NC 136:2007, Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP). Directrices para su aplicación. Oficina Nacional de Normalización, Cuba
- Ortiz-R, O.O., Villamizar, R.A., Rangel, J.M., Applying life cycle management of colombian cocoa production., International Journal Food Science and Technology. Jan.-Mar., 2014, pp, 62-68.
- Pré-Consultants., Introducción a LCA (Life Cycle Assessment-Análisis del Ciclo de Vida) con Sima Pro, Junio del 2007.
- Pérez, D.M., Contreras, A.M., Pérez, F. Análisis de Ciclo de Vida en la Empresa Panchito Gómez Toro., Centro Azúcar, Vol. 37, No. 3, Julio-Sept., 2010, pp. 18-26.
- Tarabella, A. and Burchi, B. Sustainability of Food Products Applying Integrated Life Cycle Tools., International Journal of Economic Practices and Theories, Vol. 1, No. 1, 2011, pp 28-33.