

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE LAS VILLAS "MARTA ABREU"
FACULTAD QUÍMICA-FARMACIA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA QUÍMICA**



TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS TÉCNICAS

**ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LOS ALIMENTOS INCLUYENDO
LAS CATEGORÍAS FALTA DE INOCUIDAD ALIMENTARIA**

Autor: MSc. Yulexis Meneses Linares

**Villa Clara
2017**

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE LAS VILLAS “MARTA ABREU”
FACULTAD QUÍMICA-FARMACIA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA QUÍMICA**



TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS TÉCNICAS

**METODOLOGÍA ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA INCLUYENDO LAS
CATEGORIA FALTA DE INOCUIDAD ALIMENTARIA**

Autor: MSc. Yulexis Meneses Linares

**Tutoras: Dra.C. Ing. Elena Rosa Domínguez
Dra. C. Ing. Belkis F. Guerra Valdés**

**Villa Clara
2017**

Agradecimientos

El agradecimiento es para la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, que a través de sus profesionales me ha brindado la oportunidad de cursar estudios de pre grado y convertirme en una profesional como ingeniera química, años después casi con los mismos profesores superar esa categoría y formarme como máster y hoy subiendo un escalón más en el campo del conocimiento, optando por algo superior en las misma aulas y con tutoras especiales, Elena y Belkis, excelentes profesionales e investigadoras que planificaron una guía certera para llevar a cabo la investigación del tema, a todas las personas que me han apoyado en el cursar de exigencias para optar por este grado científico de doctor en ciencia y en la realización del trabajo final, a toda mi familia, pero en especial a mis padres, a los directivos y especialistas de la industria alimentaria que me permitieron entrar en ella para tomar los casos de estudios y a los incondicionales amigos que extendieron las manos para ayudar, ayudar y volver a ayudar, que emplearon su tiempo para hablarme y darme ánimo, que aportaron recursos, esfuerzos, conocimientos y complacencia,

Gracias.

Dedicatoria

A los profesionales de la industria alimentaria responsables de realizar los análisis de riesgos y la toma de decisiones en cada una de las especialidades.

SINTESIS

SINTESIS

En este trabajo se proponen nuevas categorías denominada “falta de inocuidad alimentaria” que se incorpora dentro de la metodología Análisis de ciclo de vida, la metodología Análisis de peligros y puntos críticos de control de esta forma se logra la determinación de los riesgos que representa la producción y consumo de alimentos a la salud humana, al evaluar esta categoría dentro de la categoría de punto final “daños a la salud humana” todo ello, basado en las normas internacionales ISO 14040:2009, ISO 14044:2009 y la NC 136:2017. Se presenta un procedimiento novedoso para la modelación de los factores de caracterización asociados con la categoría falta de inocuidad alimentaria, se definen tres categorías de impacto en punto medio, falta de inocuidad por peligros físicos, químicos y microbiológicos presentes en los alimentos, referidos a la sustancia equivalente seleccionada para cada tipo de peligro relacionada con las sustancias contaminantes, que no está concebida dentro del Análisis del ciclo de vida. Se valida la metodología propuesta mediante su aplicación en varias industrias de procesos, presentándose explícitamente en el cuerpo del trabajo el sistema de producto de las pastas alimenticias.

Palabras claves: Análisis del ciclo de vida (ACV), Análisis de peligros y puntos críticos de control, (Haccp por sus siglas en inglés), falta de inocuidad alimentaria.

TABLA DE CONTENIDO	Pág
INTRODUCCIÓN	1
Situación problemática	3
Problema científico	4
Hipótesis	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
Novedades del trabajo.....	4
Aportes del trabajo.....	5
I. ESTADO DEL ARTE	7
1.1 La industria de los alimentos	7
1.1.1 Principales impactos ambientales de la industria alimentaria	8
1.1.2 Metodologías para evaluar impactos ambientales	9
1.2 Análisis del ciclo de vida	10
1.3 Metodología ACV	12
1.3.1 Definición del objetivo y alcance del ACV	12
1.3.2 Análisis de inventario de ciclo de vida	13
1.3.3 Evaluación del impacto del ciclo de vida	13
1.3.4 Categorías de impacto al medio ambiente	14
1.3.4.1 Factor de caracterización	15
1.3.6 Eco-indicadores para el ACV	18
1.3.7 Interpretación de resultados.....	19
1.4 Estudios ACV en la industria de alimentos	20
1.5 Sistema Análisis de peligros y puntos críticos de control	23
1.5.1 Metodología Análisis de peligros y puntos críticos de control (Haccp).....	23
1.6 Combinación de las metodologías ACV y Haccp	27
1.7 Conclusiones parciales.....	28
CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL ACV INCORPORANDO LAS CATEGORÍAS FALTA DE INOCUIDAD ALIMENTARIA	7

2.1 ACV incorporando las categorías falta de inocuidad alimentaria	30
2.2 Definir objetivo, alcance.....	32
2.2.1 Descripción del sistema y función.Coordinación del personal que realizará el estudio ACV	32
2.2.2 Descripción e intención de uso del producto	32
2.2.3 Desarrollo y verificación del diagrama del flujo de operaciones	33
2.2.4 Selección de la unidad funcional	34
2.2.5 Establecimiento de los límites del sistema	34
2.2.6 Establecimiento de las reglas de asignación	37
2.2.7 Categorías de impacto/ selección de la metodología/ interpretación.....	37
2.2.8 Suposiciones y limitaciones.....	37
2.2.9 Requisitos de calidad de los datos	38
2.3 Análisis de inventario de los peligros asociados a la inocuidad alimentaria	38
2.3.1 Inventario de las sustancias contaminantes (peligros).....	38
2.3.2 Recopilación de datos	38
2.4 Procedimiento para la evaluación del impacto del ciclo de vida.....	39
2.4.1 Clasificación	39
2.4.2 Caracterización	40
2.4.3 Evaluación de significancia de impactos.....	54
2.4.4 Ponderación de la categoría	54
2.5 Procedimiento para la interpretación de resultados	56
2.5.1 Propuesta de alternativas o mejoras.....	56
2.5.2 Comparación situación actual vs propuesta de mejora.....	56
2.5.3 Evaluación económica/ análisis de sensibilidad	56
2.5.4 Análisis de los resultados/ análisis de las causas.....	57
2.6 Interpretación de la propuesta de mejora	57
2.6.1 Interpretación/Conclusiones	57
2.7 Conclusiones parciales.....	57

III. CASO DE ESTUDIO: ACV PARA LAS PASTAS ALIMENTICIAS EN LA FÁBRICA MARTA ABREU. CIENFUEGOS.....	58
3.1 Fase I Definición de objetivo y alcance.....	58
3.1.1 Descripción del sistema y función.....	59
3.1.2 Descripción e intención de uso del producto.....	59
3.1.3 Desarrollo y verificación de los diagramas de flujo del proceso de obtención de sémola, pasta a	
3.1.4 Selección de la unidad funcional.....	70
3.1.5 Establecimiento de los límites del sistema.....	71
3.1.6 Establecimiento de las reglas de asignación.....	78
3.1.7 Categorías de impacto/ selección de la metodología/ interpretación.....	78
3.1.8 Suposiciones y limitaciones.....	79
3.1.9 Requisitos de calidad de los datos.....	80
3.2 FASE II: Inventario del ciclo de vida.....	82
3.2.1 Recopilación de datos.....	82
3.3 FASE III Evaluación de impacto del ciclo de vida.....	86
3.3.1 Clasificación.....	86
3.3.2 Caracterización.....	86
3.3.3 Cálculo de las categorías asociadas a la falta de inocuidad alimentaria.....	86
3.4 Categorías de inocuidad en puntos finales (daños por falta de inocuidad alimentaria).....	89
3.5 Fase IV: Interpretación de resultados.....	90
3.6 Análisis de la inversión propuesta.....	91
3.7 Validación de la metodología.....	92
3.8 Conclusiones parciales.....	98
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
Anexos	

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Al ritmo actual de crecimiento de la población, dentro de 600 años el hombre cubrirá totalmente la superficie del planeta, de forma que si la especie humana no quiere morir asfixiada debería plantearse vivir en varios niveles. Pero no es esa la mayor amenaza para la vida sobre el planeta, dado que existen otros peligros más próximos que comprometen a corto plazo, no solamente la calidad de vida de la humanidad y demás especies animales y vegetales, sino la propia supervivencia de los seres vivos.

Es por ello que en la actualidad, legar a las futuras generaciones un medio ambiente apto para la continuidad de la civilización se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la humanidad. En el marco de la globalización de las economías no es posible estar al margen de esta preocupación. En estos días, los consumidores son más exigentes, tanto en la conservación de los recursos naturales, como en la calidad de los productos y servicios que reciben. Por tal motivo, la industria enfrenta el reto de producir con alta calidad y satisfacer las expectativas de los consumidores y de otras partes interesadas en el tema de la protección del medio ambiente.

Lo anterior ha influenciado en que en los últimos años se halla desarrollado un enfoque sistemático para el análisis de riesgos e impactos ambientales asociados al desarrollo industrial, pues es la industria una de las principales fuentes contaminantes del medio ambiente, por las sustancias con que trabaja, por los procesos que emplean altas presiones y temperaturas, por los residuos que se generan, en fin los procesos tecnológicos son complejos y para lograr obtener el producto final se consumen recursos naturales y se generan desechos que de no ser minimizados acaban afectando al ecosistema y la vida misma del hombre en el planeta.

Ningún sistema tecnológico, por muy sofisticado que sea, desde el punto de vista técnico, está a salvo de lo imprevisto o de la intervención humana. La complejidad y la envergadura de los desarrollos tecnológicos, están limitados por la imposibilidad de tener en cuenta todos los eventuales casos de fallo, no ya de la tecnología propiamente, sino de la interrelación hombre-máquina.

En el caso de la industria de procesos, muchos de los materiales utilizados poseen una gran reactividad y toxicidad, lo que sumado a las altas temperaturas y presiones frecuentemente encontradas en los procesos, implican un alto potencial de daño. El transporte, almacenamiento y procesamiento de tales materiales, presenta niveles de riesgo que, en muchos casos, no son evaluados adecuadamente ni son considerados en la toma de decisiones. Mientras mayor sea el conocimiento acerca de los peligros asociados a la actividad productiva, de los eventos indeseados que puedan tener lugar, de sus causas y de sus secuelas, mayor será la capacidad para prevenir su ocurrencia o mitigar sus consecuencias.

Específicamente en la industria productora de alimentos no solo es importante el análisis de riesgo tecnológico, pues al utilizarse su producto para el consumo humano se hace necesario evaluar también las posibilidades de contaminación de este producto y sus posibles efectos para el hombre.

Uno de los instrumentos actualmente utilizados por estas industrias o empresas agroalimentarias para realizar el control de la calidad de los alimentos es el Análisis peligros y puntos críticos de control, (Haccp por sus siglas en inglés). El Codex Alimentarius define al Sistema de "Análisis de peligros y puntos críticos de control", como un enfoque sistemático de base científica que permite identificar riesgos específicos y medidas para su control, con el fin de asegurar la inocuidad de los alimentos. Es un instrumento para evaluar riesgos y establecer sistemas de control que se orienten hacia la prevención en lugar de basarse en el análisis del producto final (CAC/RCP, 1997).

El estudio de las características fundamentales del sistema Haccp permite apreciar que no se trata de un análisis complejo y ajeno a la actividad normal de la empresa. El Haccp consiste, simplemente, en realizar las actividades normales de fabricación de una forma sistematizada y enfocada en la prevención del riesgo, con el propósito de evitar errores antes de que se produzcan.

De igual forma existen otras herramientas que evalúan el daño que las industrias causan a los ecosistemas con el fin de detener, o al menos, limitar las emisiones a los diferentes receptores para favorecer el saneamiento ambiental, dentro de estas normas y metodologías que permiten la identificación y evaluación de los aspectos generados y los impactos provocados, está el Análisis de ciclo de vida (ACV). Esta es una de las herramientas más completas aplicables en la evaluación de impactos ambientales, pues analiza los procesos desde la cuna hasta la tumba, es decir, desde su enfoque ambiental analiza los daños que se ocasionan, en diversas categorías de impacto y daños, a los recursos, al ecosistema y a la salud humana.

Situación problémica

Ahora bien, tanto con la aplicación del Haccp como del ACV a la industria productora de alimentos se han obtenido resultados importantes en la evaluación de los riesgos, pues con el Haccp se logra establecer el límite crítico de un parámetros en una fase del proceso, para lograr inocuidad de un alimento, a su vez con el ACV se analizan todos los impactos ambientales producidos en todas las etapas y actividades que conforman el ciclo de vida del proceso analizado, para finalmente en ambos casos establecer las medidas correctivas oportunas en cada situación. El uso de estas herramientas siempre ha sido de forma independiente; y en ningún caso se ha realizado un análisis cuantitativo de los riesgos que representa para las personas la ingesta de alimentos contaminados, expresado en categorías de impacto y daños a la salud.

En las metodologías de evaluación de impacto de ciclo de vida existen categorías que en sus modelos evalúan el daño potencial a la salud por la ingestión de alimentos contaminados con sustancias químicas, este es el caso de la toxicidad humana, sin embargo en ninguna de sus categorías se incluye la evaluación del impacto por la falta de inocuidad en un alimento a partir de la evaluación directa de los peligros físicos, químicos y microbiológicos por la ingestión, de ahí la necesidad de introducir categorías que permitan realizar este análisis, utilizando el enfoque de ciclo de vida, lo cual resulta de vital importancia al no haberse tenido en cuenta en ninguna de las metodologías existentes, constituyendo así la novedad de esta investigación.

Problema científico: Las metodologías para la evaluación de impacto en el ciclo de vida de un sistema producto, no incluyen categorías de impacto debido a la falta de inocuidad alimentaria por presencia de peligros físicos, químicos y/o microbiológicos debido a la ingestión del alimento, que contribuyan a la categoría de daño a la salud humana.

Esta investigación parte de la hipótesis de que:

Hipótesis: Combinando las metodologías ACV y Haccp, se podrá evaluar de forma integral el impacto de un alimento incluyendo nuevas categorías relacionadas con la falta de inocuidad alimentaria, que se agruparán en la categoría de daño a la salud humana.

Objetivo general: Desarrollar una metodología de ACV para alimentos incluyendo las categorías falta de inocuidad alimentaria en la categoría de daño a la salud humana.

Objetivos específicos:

1. Diseñar una metodología con enfoque de Análisis del ciclo de vida en la producción de alimentos, incluyendo las categorías de impacto por falta de inocuidad alimentaria basado en el análisis Haccp.
2. Definir modelos de caracterización específicos para peligros físicos, químicos y microbiológicos y determinar los factores de inocuidad alimentaria.
3. Validar la metodología con su aplicación a varios casos de estudios.
4. Proponer soluciones económicas y ambientalmente viables para la reducción de los impactos ambientales y peligros asociados a la inocuidad.

Novedad y aportes del trabajo

Desde el punto de vista metodológico:

- Integra por primera vez la evaluación de impactos ambientales y la presencia de peligros en los alimentos, con enfoque de ACV, incorporándose a la categoría de daño a la salud humana,

las categorías de impacto relacionadas con la falta de inocuidad alimentaria por ingestión de alimentos como novedad de la investigación.

Desde el punto de vista ambiental:

- El desarrollo de inventarios para productos y procesos relacionados con los alimentos que se consumen en Cuba, con un enfoque de ACV para procesos relacionados con los alimentos y su consumo, incorporando la falta de inocuidad alimentaria como categorías de impacto.
- La modelación de los factores de caracterización y sus valores para las categorías falta de inocuidad alimentaria para contaminantes físicos, químicos y microbiológicos presentes en los alimentos, referidos a la sustancia equivalente seleccionada para cada tipo de peligro.
- La definición de las categorías falta de inocuidad y su contribución a la categoría de daño a la salud humana.

Desde el punto de vista social

- Prevé, elimina y/o reduce los factores de riesgo que pudiera afectar la salud de la población.

Aportes del trabajo

- Prevé los riesgos que la producción e ingesta de alimentos representan para la salud humana y para el ecosistema permitiendo una evaluación de la sustentabilidad en la industria de alimentos.
- La evaluación de los datos inventariados permite proponer soluciones económicas y ambientalmente viables para la reducción de los impactos ambientales y peligros asociados a la falta de inocuidad alimentaria.

Esta investigación permite realizar un análisis más completo del ciclo de vida en alimentos al incluir en su alcance la etapa de consumo contribuyendo a tomar medidas que mitiguen y/o eliminen los impactos dentro de la cadena alimentaria. Ello garantiza un enfoque sistémico e interdisciplinario, sistémico, por el resultado de la articulación de estas dos metodologías siendo

coherente con los principios históricos construidos por los diversos especialistas de la ingeniería ambiental y se caracteriza de multidisciplinario, porque es de alto interés para el presente trabajo la implicación grupal e individual de los sujetos de la investigación en dicho proceso.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE

I. ESTADO DEL ARTE

1.1 La industria de los alimentos

Uno de los principales problemas con los que se enfrenta el mundo de hoy es el suministro de un volumen de alimentos de calidad aceptable e inoctrinos suficiente para satisfacer las necesidades de una población mundial en constante aumento. Los esfuerzos por incrementar la producción alimentaria se han centrado en la utilización planificada de fertilizantes, plaguicidas, medicamentos veterinarios y otros coadyuvantes químicos, la aplicación de la ingeniería genética a la agricultura, conservación, envasado, transporte y almacenamiento de los alimentos.

También la producción, fabricación y el mercadeo de los alimentos, que para mejorar la distribución y prolongar el tiempo de conservación y duración en almacén, ha requerido procedimientos tecnológicos que probablemente alteran la composición del alimento, o bien procesos que aumentan las probabilidades de contaminación. Así por tanto, existe la posibilidad de que la demanda de una mayor cantidad de alimentos vaya a la par de los problemas y riesgos para la salud. Todo lo anterior, hace que los consumidores estén mostrando un interés en la forma en que se producen, elaboran y comercializan los alimentos y exigen cada vez más a sus gobiernos que se responsabilicen con su inocuidad.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS, 2010) tienen gran interés en promover sistemas nacionales de control de los alimentos que estén basados en principios de carácter científico que abarquen todos

los sectores de la cadena alimentaria y es que las personas tienen derecho a esperar que los alimentos que comen sean inocuos (NC 143:2010).

Las enfermedades de transmisión alimentaria y los daños provocados por estos son, en el mejor de los casos, desagradables y en el peor, pueden ser fatales. Pero hay, además, otras consecuencias, pueden perjudicar al comercio, el turismo, provocar pérdidas de ingresos, desempleo e influir negativamente en la confianza de los consumidores (CAC/RCP 1-1969), todo ello provocado por las prácticas agrícolas inadecuadas, falta de higiene, ausencia de controles en operaciones de elaboración y preparación de los alimentos, utilización inadecuada de productos químicos, contaminación de materias primas y el agua (FAO/OMS, 2010). En virtud de lo antes expresado, el presente capítulo refiere temas teóricos sobre las metodologías y métodos de estudio para evaluar la inocuidad alimentaria e impactos ambientales dentro de la cadena alimentaria.

1.1.1 Principales impactos ambientales de la industria alimentaria

La industria productora de alimentos no está exenta de ocasionar daños a las personas y a los ecosistemas, lo que hace imprescindible su estudio para el análisis y la toma de decisiones. Lo anterior ha influenciado en que se halla desarrollado un enfoque sistemático para el análisis de impactos ambientales. Esta industria 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. Ella abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios. Debido al amplio proceso de elaboración de un gran volumen de materiales, la capacidad de repercutir en el medio ambiente es considerable. En un contexto ecológico, el interés respecto a la industria se centra más en las cargas de contaminantes orgánicos que en el efecto de las sustancias tóxicas. Si estas cargas no se previenen o controlan adecuadamente, afectarán de manera negativa a los ecosistemas, por lo que las técnicas de producción que controlan las pérdidas de producto

mejoran el rendimiento y la eficacia y al mismo tiempo, reducen los residuos y atenúan los problemas de contaminación.

En general, las materias primas utilizadas son de origen vegetal o animal y se producen en explotaciones agrarias, ganaderas y pesqueras. Por todo lo anteriormente podemos definir como los principales problemas ambientales en la industria alimentaria la generación de gases y olores, residuales líquidos, desechos sólidos y ruidos, así como el consumo de agua y energía. Cada sector genera residuos de acuerdo con los tipos de productos que elaboran, por ejemplo; el procesamiento de las frutas y vegetales compromete las aguas residuales y residuos sólidos. Las primeras son altas en sólidos suspendidos, azúcares, residuos de pesticidas. Los segundos comprenden desechos de los procesos mecánicos de separación y preparación como semillas, tallos y cáscaras, además de unidades descartadas (por defectos físicos o microbiológicos) que no se emplean en ocasiones como alimento para animales (Restrepo, 2006).

1.1.2 Metodologías para evaluar impactos ambientales

Se han desarrollado herramientas y metodologías para dirigir una valoración ambiental. Por ejemplo: la valoración de impacto ambiental, eco-etiquetado, la huella del carbón, huella hídrica, etc. Para la realización de la evaluación de impactos no existe un método general; cada metodología refiere a impactos específicos y ninguno de los métodos se encuentra completamente desarrollados debido a la especificidad que presentan (Fellah, S, 2012).

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (Onudi) ha conducido un programa ambiental, acompañado de formación y entrenamiento para promover tecnologías limpias. La producción incluye un uso más eficiente de los recursos naturales, para beneficio del medio ambiente, ventajas competitivas y económicas para aquellas organizaciones que la implementan (Márquez, 2000). Las herramientas ambientales pueden ser clasificadas según su función, de planeación, implementación, control o revisión; la información que genera, el enfoque técnico, ambiental, económico y social. Algunas de las más manejadas, eco-indicadores, revisión ambiental, eco-mapa, Eco balance, ACV, contabilidad ambiental, análisis de riesgos y

eco-diseño, estas son usadas empresarialmente para el logro de productos sostenibles (Pré Consultants, 2004); (Saénz y Sofía, 2000).

Una de estas metodologías es LCA (Life Cycle Assessment), por sus siglas en inglés y ACV en español. Es una de las técnicas que se ha desarrollado en los últimos años y se recomienda su uso para la evaluación de impactos ambientales de productos, se debe considerar un enfoque de ACV; no dirigiendo su atención solo a la composición del producto, o al eslabón de la cadena en que están involucrados, sino al ciclo de vida físico completo del producto desde la materia prima hasta el final de su vida y evaluar el impacto ambiental de la extracción de la materia prima, el procesamiento, destino y uso del producto objeto de análisis.

1.2 Análisis del ciclo de vida

Se plantea que junto a las definiciones de ACV, utilizadas en Estados Unidos y Reino Unido y Ecobalance del alemán Okobilanz, utilizada en el resto de Europa coexisten otros sinónimos como análisis de la cuna a la tumba (Gradle to Grave Analysis), análisis de la cuna a la puerta (Gradle to Gate analysis), ecoperfile (Ecoprofiles), etc. La mejor definición del ACV la da SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), en 1993 (Guinée et al., 2002).

“El Análisis del ciclo de vida es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad mediante la identificación y cuantificación del consumo de materia y energía y de los residuos vertidos al medio ambiente y para identificar y evaluar las alternativas que puedan suponer mejoras ambientales. Dicho análisis abarca la totalidad del ciclo de vida del producto, proceso o actividad a partir de la extracción y procesamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte y la distribución, la utilización, la reutilización, el mantenimiento y el reciclado hasta llegar a la disposición final del mismo”.

ACV se define además como la recopilación y evaluación de entradas, salidas e impactos ambientales potenciales de un sistema de producto a través de las etapas desde la adquisición de la materia prima a partir de los recursos naturales hasta su disposición final (NC 14040:2009). (Hagelaar et al., 2002; Iglesias, 2005; Morales, 2012) Un ACV está basado en un examen

sistemático de los impactos medioambientales de productos/actividades, con el objetivo de revelar la dimensión medioambiental (Goedkoop et al., 2013).

1.2.1 Antecedentes del ACV

El ACV fue originalmente desarrollado en la década del 70 a raíz de la crisis energética, inicialmente, se limitó a balances de materiales y energía en el proceso de generación y consumo energético, para identificar oportunidades de ahorro a través de la cadena de producción y consumo. Dada la relación existente entre el consumo energético, recursos y las emisiones de residuos, no fue difícil evolucionar hacia el ACV tal como se le conoce en la actualidad.

El primer ACV fue comisionado por Coca Cola, para evaluar diferentes tipos de envases, el estudio fue realizado por el Midwest Research Institute de EEUU y se definió como un análisis de recursos y perfil ambiental (Seoáñez et al., 2004), se había logrado una base de información sobre atributos ambientales en cuanto al consumo de energía y emisiones de residuos (Pré Consultants, 2007). Luego, se hizo énfasis en el tema de los combustibles fósiles, biocombustibles y energías renovables, para producir electricidad. El gran salto metodológico fue con las contribuciones de las instituciones europeas BUWAL-Suiza y el CML-Holanda (Zaror, 2000). Una cronología detallada se muestra en la tabla 1.1 del Anexo 1.

La metodología ha sido normalizada en 1997 por la International Organization for Standardization, según las normas 14040, 14041, 14042 y 14043, realizándoles una revisión en el 2006 donde fueron reagrupadas en las ISO 14040 y 14044, distinguiéndose cuatro fases, según se muestra en la figura 1.1.

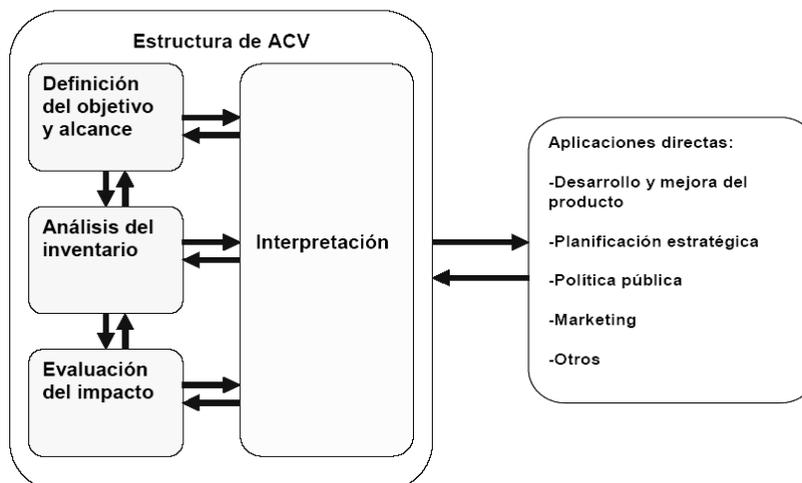


Figura 1.1 Esquema ACV.
Origen: NC-ISO 14040:2009

En la actualidad, uno de las metodologías novedosas para evaluar cuantitativamente los impactos ambientales generados por productos y procesos, es el ACV, metodología que es muy usada en los países desarrollados (Pérez y col., 2010, Tarabella and Burchi, 2011) y (Ortiz-R et al., 2014), sin embargo, el equilibrio entre la disponibilidad de materiales crudos, la transformación y/o proceso y la protección del consumidor, el ambiente, el territorio y la identificación del posible desarrollo han llevado a que se investiguen las posibilidades de ACV con dos perspectivas: refinar la herramienta para las características del sector, considerando los recursos económicos y crear una herramienta capaz de expresar el impacto ambiental, económico y social de un alimento. La última perspectiva, muestra muchas oportunidades, pero también problemas metodológicos.

1.3 Metodología ACV

1.3.1 Definición del objetivo y alcance del ACV

Definición de objetivos y alcance: Define el objetivo y el uso previsto del estudio, el alcance de acuerdo con los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida, calidad de los datos, parámetros tecnológicos y de evaluación. En esta fase se define el sistema de producto, objetivos, razones para realizar el estudio y uso de los resultados.

De acuerdo a (Morales, 2012) los aspectos que deben tratarse y documentarse son: la aplicación previa de los productos/resultados, limitaciones, hipótesis e impacto, público, objetivo de los resultados/productos, alcance, unidad funcional, que proporciona una referencia de la asignación de entradas y salidas del proceso, límites y calidad de los datos.

1.3.2 Análisis de inventario de ciclo de vida

Inventario de Ciclo de Vida (ICV): Es la fase del ACV en la que se recopilan datos correspondientes a las entradas y salidas para los procesos del sistema de producto, ISO (14040,2009; González et al., 2006). Según Ruiz, 2007, los datos deberán ser segados cuidadosamente para evitar errores que puedan falsear los resultados. Para el inventario se seleccionan datos genéricos de las etapas vitales, que posteriormente permitan evaluar los impactos o bien utilizar software como GaBi, SimaPro Pre consultan´s Humberto, etc. (Gurinovic et al., 2016).

1.3.3 Evaluación del impacto del ciclo de vida

Una vez completada la fase de inventario, se evalúan los impactos, en la práctica, ACV plantea impactos ambientales potenciales, por lo tanto, no es correcto suponer que los impactos totales se obtienen de una simple sumatoria de estos en cada subsistema. Sin embargo, en el caso de impactos globales o de efectos prolongados (ej. calentamiento global, agotamiento del ozono estratosférico), es posible sumar las contribuciones de cada fase del ciclo de vida (Zaror, 2000). Existe cierto consenso respecto a los elementos que constituyen la evaluación de impacto en un ACV: Selección y categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización, clasificación, caracterización y valoración, la asignación de los resultados del inventario a cada una de las categorías de impacto, el cálculo de los resultados de los indicadores de cada categoría (Rodríguez, 2014).

Sin embargo existen insuficiencias en cuanto a indicadores y modelos para algunas impactos como es la afectación a la salud humana por ingestión de sustancias contaminantes presentes en los alimentos que no sean las químicos (plaguicidas, funguicidas, etc), trasferidas por el suelo y agua. Los modelos de caracterización forman la base para obtener un factor de caracterización y se

definen como la representación matemática del impacto de los flujos elementales hacia un indicador de categoría particular; la clasificación o asignación de los resultados del inventario es en la que las entradas y salidas del sistema son asignadas a diferentes categorías de impacto, se les conceden las distintas categorías de acuerdo con su contribución potencial a ese impacto, los impactos son agregados en las categorías definidas y se convierten los resultados en unidades comunes que permitan su agregación.

Estos modelos de caracterización reflejan el mecanismo ambiental que describe la relación entre los resultados del inventario de ciclo de vida, los indicadores de las categorías de impactos (puntos intermedios), y en algunos casos los indicadores de daños (puntos finales), siendo así la base para un factor de caracterización hacia un indicador de categoría particular, por lo que a cada grupo de impactos definidos se le asigna un “factor de caracterización”, para obtener un único valor.

1.3.4 Categorías de impacto al medio ambiente

La literatura ha definido las categorías de impacto: recursos abióticos y bióticos, ocupación del suelo, carcinogénesis, respiración de inorgánicos, ecotoxicidad, biodiversidad, calentamiento global, afectación de la capa de ozono, acidificación, eutrofización marina y de agua fresca, formación de foto oxidantes, cambio climático, consumo de agua y formación de material particulado. En esta fase, se aplica modelos a cada categoría de impacto para obtener indicadores ambientales. Estos factores de ponderación permiten calcular la suma de todos los contaminantes que están dentro de una misma categoría, obteniendo un valor total expresado en base a un compuesto equivalente (Zaror, 2000., Pré Consultans, 2004).

Los diferentes métodos propuestos en la literatura varían en la forma como calculan los indicadores, por ejemplo, Niembro et al., 2012, desarrolla categorías de impacto vinculadas al uso y degradación de la energía, tales como: demanda de energía y exergía acumulada. Los indicadores convergen en su orientación, por tanto proveen información relacionada con la generación de la energía (Cusarúa, 2010), calcula la variación de la huella ecológica alimentaria

en función del tiempo y obtiene indicadores de incidencia de la acción humana sobre el medio ambiente.

1.3.4.1 Factor de caracterización

El factor de caracterización, expresa la fuerza de la sustancia medida en relación a una sustancia referencia, las cargas ambientales se caracterizan multiplicando la cantidad de emisión por el factor, por ejemplo el potencial de toxicidad humana está dado por el factor de exposición y efecto emitidos a partir de sustancias tóxicas al aire, agua y suelo cuyos valores proporcionan resultados para cada medio, según la ecuación 1.1 (Heijungs et al., 1992). Otros autores (Bare et al., 2000, Jolliet, 2004 y Guinée et al., 2002) coinciden en que la regla básica para calcular el indicador de una categoría de impacto está escrita en la ecuación 1.2.

$$\text{Toxicidad humana} = \sum_{i=0}^n ((\text{HCAi} * \text{maire}, i) + (\text{HCAi} * \text{mag}, i) + (\text{HCAi} * \text{ms}, i)) \quad \text{Ec 1.1}$$

Donde; HCAi es el factor de exposición por el efecto y m_i la emisión de la sustancia i al aire, agua y suelo.

$$I_j = \sum_{i=1}^m C_{ji} \cdot x_i \quad \text{Ec 1.2}$$

Dónde:

- I_j : Resultado del indicador de la categoría de impacto "j"
- C_{ij} : Factor de caracterización para la intervención "i" de la categoría de impacto.
- x_i : Cantidad de intervención (emisiones, extracciones de recursos, uso del suelo).

Al analizar la toxicidad, se concluye que no están representados los daños que ocasiona un alimento por peligros físicos, químicos y/o microbiológicos que puedan estar presentes en estos y los riesgos a la salud que ocasionan por ingestión y no fueron emitidos al aire, agua y/o suelo y si presentes en el alimento por adición en las formulaciones, tratamientos de conservación, etc. La autora considera que en los artículos consultados y otros trabajos presentados en conferencias internacionales (Corson et al., 2012), relacionados con ACV, no se muestran saberes donde se modele matemáticamente una representación de la afectación a la categoría de daño salud humana, relacionada con la ingestión de alimentos y los daños que este ocasiona a la salud debido a la presencia de peligros físicos, químicos y/o microbiológicos.

1.3.4.2 Valoración

Se evalúa cuantitativa o cualitativamente las categorías de impacto de acuerdo con la importancia del impacto, para obtener un gradiente. Si la valoración es cuantitativa, se utiliza factores de valoración en base a criterios socioeconómicos. Ello permite obtener un perfil ambiental ponderado que facilita el cálculo de un índice ambiental global. Es la fase en la que el inventario de entradas y salidas es traspasado a indicadores de potenciales impactos ambientales.

1.3.4.3 Normalización

Cuando las distintas puntuaciones de impacto se caracterizan, estas se relacionan con una referencia común, por ejemplo, los impactos causados por una persona durante un año, a fin de facilitar las comparaciones entre las categorías de impacto.

1.3.4.4 Ponderación

Cuando una clasificación y/o de ponderación se realiza de las diferentes categorías de impacto ambiental que refleja la importancia relativa que se les asigne en el estudio. La ponderación puede ser necesaria cuando la compensación se produce en situaciones del uso del ACV para realizar comparaciones.

1.3.5 Categorías de daños ambientales

Las tres categorías de daños a las que tributan las categorías de impacto y que constituyen puntos finales de la evaluación del impacto ambiental en los métodos que así lo consideran son:

- A la salud humana: Modelos de daños que incluye efectos respiratorios, y efectos carcinogénesis cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, radiaciones iónicas, este modelo utiliza la unidad DALY (invalidez ajustada a años de vida).
- Al ecosistema: Ecotoxicidad y acidificación/eutrofización. La primera expresada en por ciento de especies que amenazan o desaparecen del área por toxicidad durante un tiempo. Los efectos

están dados por ecotoxicidad (PAF) por sus siglas en inglés, Fracción Potencial afectada de especies expuestas a tensión tóxica (Sonnenma, 2004).

- A los recursos: incluye daños a los recursos minerales y fósiles, por lo que solo se modelan los recursos minerales y fósiles. El uso de los recursos agrícolas se consideran cubierto en el uso del terreno, se expresan como el excedente de energía (Goedkoop et al., 2000).

En el caso de los daños a la salud humana, los modelos se han desarrollado para efectos respiratorios de sustancias orgánica e inorgánicas y carcinogénicos, efectos del cambio climático relacionada cambios en rangos geográficos e incidencia en enfermedades infecciosas y desórdenes psicológicos, radiación iónica por emisiones de material radioactivo y no por consumir alimentos irradiados y reducción de la capa de ozono, los residuos de plaguicidas emitidos al suelo y agua como carcinogénicos, la autora considera que no se ha tenido en cuenta diferencias con las sustancias por ingestión de alimentos contaminados con peligros físicos y microbiológicos.

En los casos que las afectaciones finales están dadas a la población humana, se utiliza la unidad de medida DALY (*Disability-Adjusted Life Years*), que representa años de vida ajustados a una discapacidad. El concepto de DALY evoluciona a partir de otras unidades, YLD (*Year Lived Disabled*), que representa la cantidad de años viviendo con una discapacidad y YLL (*Years of Life Lost*), los años de vida perdidos como causa de muerte prematura provocada por problemas ambientales, siendo DALY la suma de ambos términos, según la ecuación 1.3, Hofstetter, 1998. Este término es incluido en los estudios ACV, basados en los estudios de la OMS. Los autores, H. Seuc et al., (2000), presentan una revisión de los conceptos y metodología para el cálculo de los DALYs, donde por utilidad de salud se entiende el valor asignado a la calidad de vida asociada a un estado de salud, este toma un valor entre cero y uno, donde cero representa la muerte y uno salud perfecta.

$$DALY = YLL + YLD$$

Ec 1.3

Los cálculos de los DALYs utilizan fuentes de datos como: el número de individuos afectados por un problema ambiental, el tiempo que las personas sufren de una discapacidad o que pierden

de vivir y la severidad de los problemas de salud, incluyendo desde la muerte prematura hasta problemas de irritación. Estos cálculos generan una incertidumbre muy alta, ya que es muy difícil determinar o demostrar que una enfermedad está causada por un aumento en la concentración de una sustancia en el ambiente (Rodríguez, 2014). Existen disímiles técnicas para medir estos estados de salud, entre los que se encuentran el Quality Well Being (QWB), Health Utility Index (HUI) y Health Related Quality of Life (HRQL), Disability Adjusted Life Years (DALYs). Los valores durante los años de vida invalidez-ajustados han sido reportados para una amplia gama de enfermedades, derivados de las estadísticas de enfermedades presentadas y obtenidas en cada región (Murray y López, 1996).

1.3.6 Eco-indicadores para el ACV

Los eco indicadores son números que expresan el impacto ambiental total, el eco indicador de un material indica el impacto a partir de los datos obtenidos. Cuanto mayor es el indicador, mayor es el impacto ambiental (Goedkoop, 2004). Se han desarrollado eco indicadores para diferentes productos como son los establecidos por la Oficina Federal Suiza del Medio Ambiente, Bosques y Paisajes (BUWAL) (Fernández y Quiñonez, 2003, Ecoinvent, el eco indicador 99 (Pré Consultans, 1999), exponiendo bases de datos validados en las diferentes categorías de impacto y daños.

Para uso en la industria de alimentos también se han desarrollado software y bases de datos relacionados con estos y su contribución a la categoría de daño a la salud humana, así como simulaciones en la evaluación de riesgos y el uso de métodos para la interpretación de resultados (Kadir et al., 2011, 2013). Gurinovic et al., (2016), refiere la Red Internacional de Sistemas de Datos de Alimentos por la FAO, con el objetivo de mejorar la calidad, disponibilidad, fiabilidad y uso de datos de alimento a nivel global, INFOODS, el EuroFIR Noé, EuroFIR-el Nexo-la EuroFIR Alimento Plataforma (2011–2013), (Cusarúa et al., 2010), 'FAOSTAT Database' , (FAO, 2013), (Guinée, 2002).

El eco indicador no incluye algunos impactos que pueden ser relevantes para la salud humana tales como ruidos, trastornos endocrinos, y otros efectos no carcinogénicos y la calidad del

ecosistema, efecto invernadero, disminución de la capa de ozono (Contreras, 2007). No considera además en la categoría de daños a la salud la afectación por falta de inocuidad alimentaria, por lo que debería modelarse una puntuación que refleje los impactos a este daño por ingestión de alimentos con riesgos físicos, químicos y/o microbiológicos (Meneses, 2008).

1.3.7 Interpretación de resultados

Es la cuarta fase del ACV en la que los resultados del ICV y el EICV son interpretados de acuerdo al objetivo y alcance marcados inicialmente. En esta fase se realiza un análisis de los resultados y se combinan los resultados de las etapas anteriores de acuerdo a los objetivos y alcance del estudio, conclusiones y recomendaciones que permitan la toma de decisiones (Contreras, 2007).

1.3.7.1 Análisis de contribución

Una herramienta importante para entender la incertidumbre de los resultados consiste en el uso del análisis de contribución, SimaPro realiza dicho análisis de forma gráfica y tabulada, permitiendo determinar cuáles procesos son significativos en los resultados (Contreras, 2007).

1.3.7.2 Análisis de sensibilidad

Para comprobar la influencia de las suposiciones, se efectúa el análisis de sensibilidad. El principio consiste en cambiar la suposición y recalcular ya que el resultado puede depender de las suposiciones (Contreras, 2007). Para el cálculo se deben variar parámetros de entrada y determinar la sensibilidad de las salidas a cada entrada. Esto no es un análisis de incertidumbre completo, pero es útil en la comprensión de un sistema, ya que ayuda al analista a omitir parámetros de entrada que no tienen importancia en los resultados finales (Baker et al., (2009).

1.3.7.3 Análisis de incertidumbre

La incertidumbre de los datos se puede determinar por métodos estadísticos. Sima-Pro da la posibilidad de utilizar la técnica Monte Carlo (Contreras, 2007). El ACV no sigue una metodología fija y por lo tanto se debe estar familiarizado con los métodos científicos de

investigación y con la evaluación antes de realizar este tipo de estudio, el mismo es de carácter dinámico, por lo que a medida que se obtienen resultados, se pueden modificar o mejorar los datos, las hipótesis, los límites o los objetivos.

1.4 Estudios ACV en la industria de alimentos

El ACV ha sido aplicado internacionalmente en alimentos, donde el énfasis se ha hecho en la parte industrial, proponiéndose alternativas en la utilización de los desechos en otras producciones y en opinión de la autora estos estudios se limitan al uso de combustibles fósiles, consumo de energía para demostrar su influencia en las emisiones de CO₂ a la atmósfera y utilización de los residuos como producto evitado.

En la producción de arroz se han realizado estudios en las universidades de Tsukuba, Tokio Japón, Universidad de Sabana en Argentina y Centro de Investigación Ambiental y Tecnológica de Perú, para propuestas en la utilización de los desechos sólidos en la producción de energía y la modernización de la tecnología para obtener producciones más limpias, (Poritosh et al., 2005 y 2006, Najar y Álvarez, 2004, Iglesias, 2005).

González et al., (2006) lo aplica a las bebidas gaseosas combinando esta metodología con la tecnología Pinch, evaluando resultados del consumo de agua. Medina et al. (2006) utilizan la metodología ACV para dar una visión de los costos de energía y las cargas asociadas a la producción de tomate de invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia.

Kasmaprapru et al., (2009), reporta un estudio en Tailandia de ACV en arroz desde la etapa agrícola, evaluando el efecto invernadero, acidificación de los suelos y eutrofización, calculando los factores de caracterización para cada categoría, sin embargo no evalúa el efecto en la salud humana y Karlsdottir et al., (2010) estudia la emisión de CO₂, su efecto invernadero e indicadores de la actuación de la energía, teniendo en cuenta el impacto de las tecnologías, el costo, la disponibilidad e impactos sociales. González y col., (2011), realizan una evaluación del desarrollo sostenible en Cuba para la producción de arroz, donde sugieren comparaciones a través del ACV, para cada región.

Baumgartner et al (2011), realizan una investigación donde comparan diferentes granjas en Suiza usando ACV dentro de la cadena de suministro de alimentos en la producción de carne y leche evaluando el uso de portadores de energía, fertilizantes y alimentos, así como las emisiones. Ruini et al, (2011), ilustran proyectos de mejora según ACV propio del secado de trigo y sémola. (Álvarez-Chávez, 2011), aplica el ACV a la carne bovino en la etapa de sacrificio, donde la emisión de gases, los residuos sólidos y líquidos, son vistos como la mayor influencia en daños al ecosistema.

Sanyé et al., (2011), evalúan impactos del suministro de productos agroalimentarios a ciudades que producen hortalizas en los edificios, publicando que el principal impacto es el empaquetamiento. Ramos et al., (2011), estudian impactos relacionados con la extracción de merluza para considerar el efecto de los desembarcos, donde la mudanza aparece como una solución útil. Allione et al., (2011), presentan una investigación para desarrollar un índice de calidad medioambiental y social en productos agro-alimentarios, para el empaque de chocolate, bebidas alcohólicas y carnes.

Pulkkinen et al., (2011) calculan huellas medioambientales de alimentos según estándares internacionales para emisiones que derivan del uso de tierra. Arena, et al., (2011) evalúa el cultivo de la soya en Argentina, encontrándose los mayores impactos en el uso de la tierra. Benetto et al., (2011), evalúa el uso de recursos naturales y hace una comparación de métodos para el tratamiento de agua potable, considerando la construcción y funcionamiento de la planta.

Otros investigaciones como Boulay et al. (2011) presentan resultados para los impactos en la salud humana. Thylmann, (2011) resume métodos para evaluar el uso de agua fresca en productos agrícolas. Hayashi, (2011) estudia la influencia de prácticas ambientales para el arroz paddy, usando ACV y las categorías de impacto evalúan el efecto invernadero relacionado con las emisiones y el uso de la energía a su vez Pasqualino et al. (2012) valoran el potencial del recalentamiento global según las opciones del envasado de bebidas jugo, agua y cerveza. Silvenius et al. (2012), presentan resultados de ACV para alimentos envasados en diferentes formatos. En el 2012 Merchan et al., realizan una revisión de los trabajos presentados en la 8^{va}

Conferencia Internacional de ACV lo que reveló la ausencia de una evaluación del ciclo de vida dónde se usen métodos de cálculo, limitándose a la selección de categorías de impacto.

Daesoo et al., (2013), evalúan la sostenibilidad del queso mozzarella haciendo énfasis en impactos al ecosistema y salud humana, por lo que presentan alternativas encaminadas a mitigar el consumo de agua en la agricultura y disminuir el consumo de combustibles fósiles, otros trabajos de estos autores reportan la evaluación de la producción de queso y suero en USA, mediante estudios ACV. Lovelin, (2013), estudia daños por uso de productos químicos como consecuencia de la respiración de sustancias orgánicas e inorgánicas y sus efectos carcinogénicos. Muller et al. (2014), evalúan impactos de la producción artesanal y de los procesos industriales de queso, identificando mejoras en la actuación ambiental. Schader, (2014), compara resultados del consumo de carne, concluyendo que debería ser cambiado el consumo dietético. Yamina et al., (2014), considera las emisiones de CO₂, efecto invernadero y estima su influencia en el cambio climático, la eutrofización, alteración del suelo y en el deterioro de la diversidad genética de especies. (Ulrike and Jan-Paul, 2015), desarrollan métodos para una evaluación ambiental, considerando las categorías de impacto y eco indicadores.

En la conferencia internacional sobre ACV celebrada en Italia, 2015 los autores abordaron saberes dentro de la cadena alimentaria relacionados con la energía, la utilización de pesticidas (Ferrari. et al, 2015), (Baldini et al., 2015) la evolución de la producción de leche y (Valsasina et al., 2015) queso, carne, (Ulrike et al., 2015), (Majid et al., 2015) azúcar, así como impactos sociales con enfoque ACV. (Xie and Rosentrater, 2015) evalúan el ciclo de vida y el análisis técnico-económico en la acuicultura, para la tilapia. (Ernststoff et al, 2015), realiza ACV para materiales de envase en alimentos para bebé, incluyendo la toxicidad humana de la exposición a químicos a lo largo del ciclo de vida, pero excluye las exposiciones que emigran al alimento. En Cuba se han realizado varios estudios de ACV para alimentos, por ejemplo: en la industria azucarera cubana (2004- 2007) (Contreras et al, 2009), zumo de frutas ecológicas, (Márquez, 2007, 2010), evaluación de impactos comparando dos alimentos mediante el ACV (Cruz, 2009),

al arroz en la fase agrícola, teniendo en cuenta el uso de los recursos suelo, agua y productos químicos e impactos al ecosistema, (Llanes, E. et al, 2005 a), b), 2006).

Analizando estos artículos se puede aseverar que no se realizan inventarios relacionados con los peligros físicos, químicos o microbiológicos asociados a los alimentos, evaluaciones o modelación de factores de caracterización de impactos por la falta de inocuidad alimentaria y su influencia en la salud humana.

1.5 Sistema Análisis de peligros y puntos críticos de control

La inocuidad de los alimentos puede definirse como el conjunto de las condiciones durante la producción, elaboración, almacenamiento, distribución y preparación de los alimentos para asegurar que, una vez ingeridos, éstos no representen un riesgo a la salud. El sistema Haccp, permite identificar, evaluar y controlar peligros para la inocuidad, se abrió camino, luego de su debut e incrementó su aceptación, convirtiéndose en un instrumento para identificar peligros y que permite establecer controles que se orienten hacia medidas preventivas, con la finalidad de garantizar inocuidad. Esta metodología ha ido evolucionando según se describe en la tabla 1.2 del anexo 2.

1.5.1 Metodología Análisis de peligros y puntos críticos de control (Haccp)

La aceptación del Análisis de peligros y puntos críticos de control, por sus siglas (en inglés) Haccp Hazard Analysis Critical Control Points, hace prever que es el enfoque más utilizado en el aseguramiento de la inocuidad de los alimentos. El análisis de los peligros debe contemplar una evaluación sanitaria de todos los aspectos del proceso, tales como las materias primas o ingredientes potencialmente peligrosos que pueden afectar la salud. Por tratarse de un sistema que hace énfasis en la prevención de peligros físicos, químicos y microbiológicos, el enfoque está dirigido a controlarlos dentro de la cadena alimentaria.

El sistema es aplicable a todos los eslabones de la cadena alimentaria, numerosos estudios muestran que este es un sistema efectivo y eficaz para garantizar inocuidad alimentaria o al menos minimizar los riesgos. Para el desarrollo e implementación de Haccp es necesario cumplimentar una serie de pasos antes de su aplicación los cuales se dividen en: cumplimiento de

los programas de pre-requisitos (NC ISO 22002-1, 22002-2, 22002-3 y 22002-4, 2015), según el objeto de estudio (NC 136:2017). Los pasos preliminares consisten en sentar algunas bases para el adecuado desarrollo del análisis.

1. ***Compromiso de la alta dirección de la industria***, que facilite los recursos necesarios para el cumplimiento de los estándares legales y reglamentarios, así como asumir la responsabilidad de ofrecer a sus consumidores alimentos inocuos.

2. ***Formar un equipo de trabajo*** que tenga los conocimientos específicos y la competencia técnica adecuados al producto, así como sobre el sistema Haccp.

3. ***Realizar una descripción del producto*** que incluya la composición, procesamiento, durabilidad, uso presunto, distribución, y otros datos necesarios para conocer todas las características del producto.

4. ***Elaboración y verificación de un diagrama de flujo*** se deben considerar las materias primas, las características de cada una de las etapas del proceso a valorar, así como los datos disponibles sobre las fases anteriores y posteriores de éste. Se debe comprobar la exactitud del diagrama de flujo con todas las etapas del proceso que se analizará.

El sistema de Haccp, consiste en desarrollar 7 principios que deben ser considerados en su aplicación: (CAC/RCP-1, 1997, NC 136: 2017, NC ISO 22000:2005, Carro y González, 2009). Estos principios generales establecen una base sólida para asegurar la inocuidad de los alimentos y deberían aplicarse junto a cada código específico de prácticas de higiene. (NC 136:2017), (SGS- ONUDI, 2004) y las directrices establecidas en la reglamentación del Codex Alimentarius para los diferentes alimentos y tipos de tratamiento que estos reciben para su conservación (Codex Alimentarius, 2007, 2009, 2011, 2012).

Principio 1. Enumeración de todos los peligros potenciales asociados con cada fase y de las medidas preventivas para controlarlos. Se deben identificar los peligros microbiológicos, químicos, y/o físicos que pueden presentarse en cada materia prima y cada fase del proceso, así como describir las medidas preventivas que puedan aplicarse para controlar dichos peligros.

Principio 2. Determinar los puntos críticos de control (PCC). Sobre la base de los peligros identificados y de sus medidas preventivas se debe determinar la fase, etapa, o procedimiento en que se puede eliminar, evitar, o reducir al mínimo un peligro.

Principio 3. Establecimiento de límites críticos para cada PCC. Se deben establecer límites críticos en relación con cada medida preventiva en los PCC donde serán aplicados. Entre los límites críticos o criterios suelen figurar la temperatura, el tiempo, nivel de humedad, pH, características organolépticas.

Principio 4. Establecimiento de un sistema de vigilancia para cada PCC. La vigilancia es la medición u observación sistemática de un punto crítico en relación con sus límites críticos.

Principio 5. Establecimiento de medidas correctivas. Deberán formularse medidas encaminadas a restablecer el control del proceso cuando la vigilancia indique una tendencia hacia la pérdida del control.

Principio 6. Establecimiento de procedimientos de verificación. Se establecen procedimientos para verificar que el sistema marcha correctamente. La verificación comprende una revisión para determinar si se han detectado todos los peligros, si están determinados los PCC y sus límites críticos y si es eficiente la vigilancia.

Principio 7. Establecimiento de un sistema de registro y documentación. Establecer un sistema de registro, en el que deberá incluirse toda la documentación sobre los procedimientos del sistema Haccp.

La implementación de este sistema en industrias y hoteles ha demostrado la efectividad en la prevención y control de peligros asociados a los alimentos, según (Barco, 2001), evalúa las condiciones higiénico en centros de expendio. Los resultados sugieren que la detección de microorganismos contaminantes en los alimentos preparados obedece al incumplimiento del sistema Haccp. Gutiérrez, (2006), diseña el Sistema de inocuidad en la producción de alimentos en un hotel de Bogotá, estableciendo políticas para el control de peligros microbiológicos, Bermúdez, (2007), investiga los causantes de la contaminación en bebidas gaseosas, para determinar las áreas más contaminadas, en este caso fueron envasado y preparación de jarabe.

De la Paz, (2007), desarrolla el programa Haccp generando una guía que permite replicar los procedimientos para su implementación, para bebidas gaseosas, jugos y néctares.

Castaño, (2010), Plan Haccp para bebidas lácteas, como resultado fueron identificados los puntos críticos la pasteurización, la implementación permitió aumentar los niveles de productividad, presentado disminución de las devoluciones, quejas y reclamos de clientes. (Ramírez, 2012), el autor realiza un Haccp a refrescos envasados en botellas PET. Las etapas críticas son: lavado de botellas y filtrado y (Torres, 2012), presenta la elaboración de un plan Haccp para vinos, y aguas y envasados, resultando el peligro microbiológico como el más significativo.

Lameiro et al, (2012), evalúan la efectividad del programa de prerrequisitos del sistema Haccp en una unidad de servicio de alimentos, (Farias et al., 2013), verifica la actividad higiénico para industrias brasileñas que procesan langosta y diseñan un Haccp. (Hiroshi and Yataro, 2001), desarrollan software para predecir el comportamiento de microorganismos patógenos Pathogen Model Program (PMP) del Departamento americano de agricultura y Alimentos micromodel (FMM) del ministerio de Agricultura, aceptándose que la microbiología predictiva puede ser aplicada a los sistemas Haccp en la selección de PCC.

En Cuba se ha avanzado considerablemente hacia la comprensión y el control de los riesgos existentes o previstos y el desarrollo de métodos y modelos para identificar los peligros que amenazan la salud y predecir la inocuidad de los alimentos. En este sentido, en los últimos años se ha intentado diseñar e implantar sistemas de aseguramiento de la calidad basado en el sistema Haccp como una vía para la sustitución paulatina de los sistemas tradicionales de control de la inocuidad, que garanticen la oferta de productos seguros y mayor apertura al mercado, por lo que ya existen productos que se elaboran bajo las exigencias de Haccp como son los rones elaborados por CUBARON, langosta y camarones, cárnicos y productos cárnicos, café. En la actualidad están certificadas la Ronera Central, Cárdenas, Santa Cruz del Norte, Santiago de Cuba, Destilerías, pertenecientes a CUBARON, fábrica de mayonesa La Purísima, Embotelladora de Agua y Refrescos Ciego Montero, Empresa de Bebidas y Refresco Villa

Clara, Cienfuegos y Ciego de Ávila, Empresa Papas & Company, Molinos de Trigo, Asociación Cervecera Camagüey y Holguín etc.

Para los productos elaborados en estas industrias se han identificado peligros característicos de cada tecnología. No obstante la autora considera que aunque el país se proyecta en aumentar el número de industrias que implemente este sistema, es insuficiente, la barrera fundamental está dada por la no aplicación de los códigos de práctica de higiene, el deterioro de la industria y el no acondicionamiento de los laboratorios. Todo ello hace imposible una adecuada identificación, control y verificación, así como una correcta validación de la efectividad del sistema de inocuidad.

Existe un reconocimiento del análisis de riesgos como base para la inocuidad de los alimentos, en lo cual se tienen en cuenta los riesgos y enfermedades que son transmitidas por estos, (Caballero, 2008). Este se compone de tres elementos: evaluación, gestión y comunicación. Se requieren decisiones para determinar cuáles son los riesgos para identificar sus efectos inmediatos, transitorios o a largo plazo sobre la salud (evaluación), para establecer las medidas de control con el fin de prevenir, reducir o minimizar estos a un grado insignificante (gestión) y para determinar el modo de comunicar esta información a la población afectada, comunicación Hathaway SC and Cook R.L, 2000, 2001, 2002).

Los consumidores han expresado preocupación por los aditivos alimentarios, los residuos químicos de uso agrícola y veterinario, los de origen biológico y las prácticas inadecuadas que puedan introducir peligros en la cadena alimentaria (Hathaway SC and Cook R.L, 2001). Los riesgos que corre la población mundial a causa de los peligros en los alimentos, depende en gran medida del grado de control que ejerzan los productores, los elaboradores y las autoridades oficiales encargadas del control de alimentos, (FAO Alimentación y Nutrición, 1999, 2010 y 2013).

1.6 Combinación de las metodologías ACV y Haccp

La 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 bibliografía referente a Haccp ha demostrado que el método identifica peligros y establece controles para preverlos, eliminarlos o reducirlos a un nivel aceptable, sin embargo no lo cuantifica. Por su naturaleza, la metodología se concentra en la identificación de los peligros incorporados durante la producción del alimento, 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 del ecosistema. De esta forma, permite realizar un análisis completo del ciclo de vida para definir las etapas que más impactos provocan sobre el medio ambiente, incluyendo la falta de inocuidad alimentaria (Meneses, 2008).

En general varios autores (Fellah et al., 2012) realizan investigaciones sobre riesgos haciendo uso del ACV, sin embargo, no se ha evaluado en conjunto los riesgos a la salud humana por ingestión del alimento. Ambas razones, las ambientales e inocuidad hacen importante la evaluación de los impactos ambientales con una metodología que tiene como objetivo incorporar las categorías falta de inocuidad alimentaria, a la categoría de daño a la salud humana, considerando la aplicación Haccp dentro de ACV, sobre la base de las normas NC-ISO 14040:2009, 14044:2009 y NC 136:2017. Ejemplo de ello han sido los casos de estudio, realizados por la autora aplicando esta metodología que ha ido evolucionando y perfeccionando para arroz, pastas alimenticias, café, carne (Meneses y col., 2008, 2012, 2016) y helado, (Palacios, 2011).

Esta combinación se hace factible toda vez que ambas se aplican a partir de un alcance definido, pueden evaluar la cadena alimentaria, se definen objetivos y alcance, se identifican peligros y entradas que constituyen el inventario y se evalúan e interpretan los resultados para hacer propuestas de mejoras, permitiendo el análisis de los riesgos a la salud humana y al ecosistema contribuyendo a una mayor sustentabilidad de la producción de alimentos.

1.7 Conclusiones parciales

1. El ACV se considera una de las herramientas integrales que permiten cuantificar emisiones y recursos consumidos, asociados con los bienes o servicios de un producto, así como evaluar

impactos ambientales, facilitando definir estrategias preventivas en el mejoramiento de los ecosistemas.

2. Los resultados del ACV en la evaluación de impactos ambientales en la categoría de daño a la salud humana, no tiene incluida modelos para un potencial de caracterización físicos y microbiológicos y los modelos para los químicos son considerados a partir de la emisión del contaminante al agua, aire y suelo.

3. El sistema Haccp está concebido para identificar peligros que pueden estar presentes en un alimento y causen daños a las personas, siendo reconocido como una medida eficaz para lograr la inocuidad, razón por la cual es seleccionada para identificar peligros asociados al ciclo de vida de los alimentos sin embargo su aplicación no ofrece una evaluación cuantitativa del impacto ambiental.

4. El Análisis del ciclo de vida de productos agroalimentarios constituye un elemento importante en la gestión ambiental de las instalaciones procesadoras de alimentos y puede ser combinado con otras herramientas como el Haccp.

5. La combinación de las metodologías Haccp y ACV, contribuye a modelar nuevas categorías de impacto y permite el análisis de riesgos a la salud humana y el ecosistema contribuyendo a una mayor sustentabilidad de la producción de alimentos.

**CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL ACV
INCORPORANDO LAS CATEGORÍAS FALTA DE
INOCUIDAD ALIMENTARIA**

II. DESARROLLO DEL ACV INCORPORANDO LAS CATEGORÍAS FALTA DE INOCUIDAD ALIMENTARIA

2.1 ACV incorporando las categorías falta de inocuidad alimentaria

La metodología expuesta, en la figura 2.1 plantea de forma global, la incorporación de las categorías falta de inocuidad alimentaria dentro del ACV.

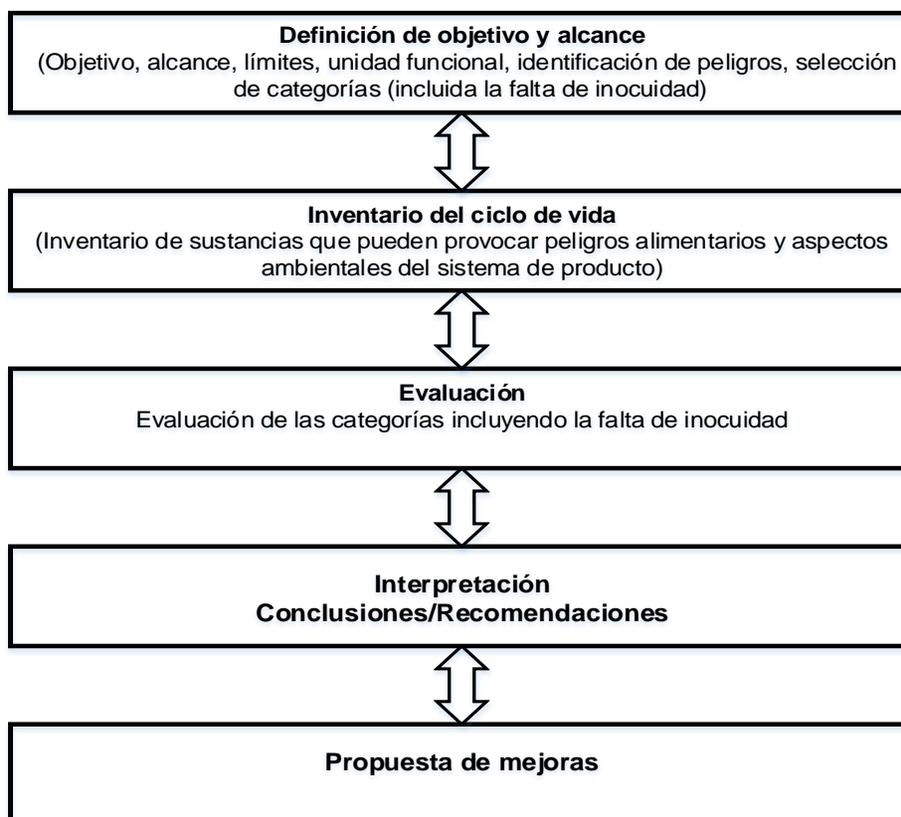


Figura 2.1 Metodología general donde se incluye la falta de inocuidad alimentaria en el ACV.

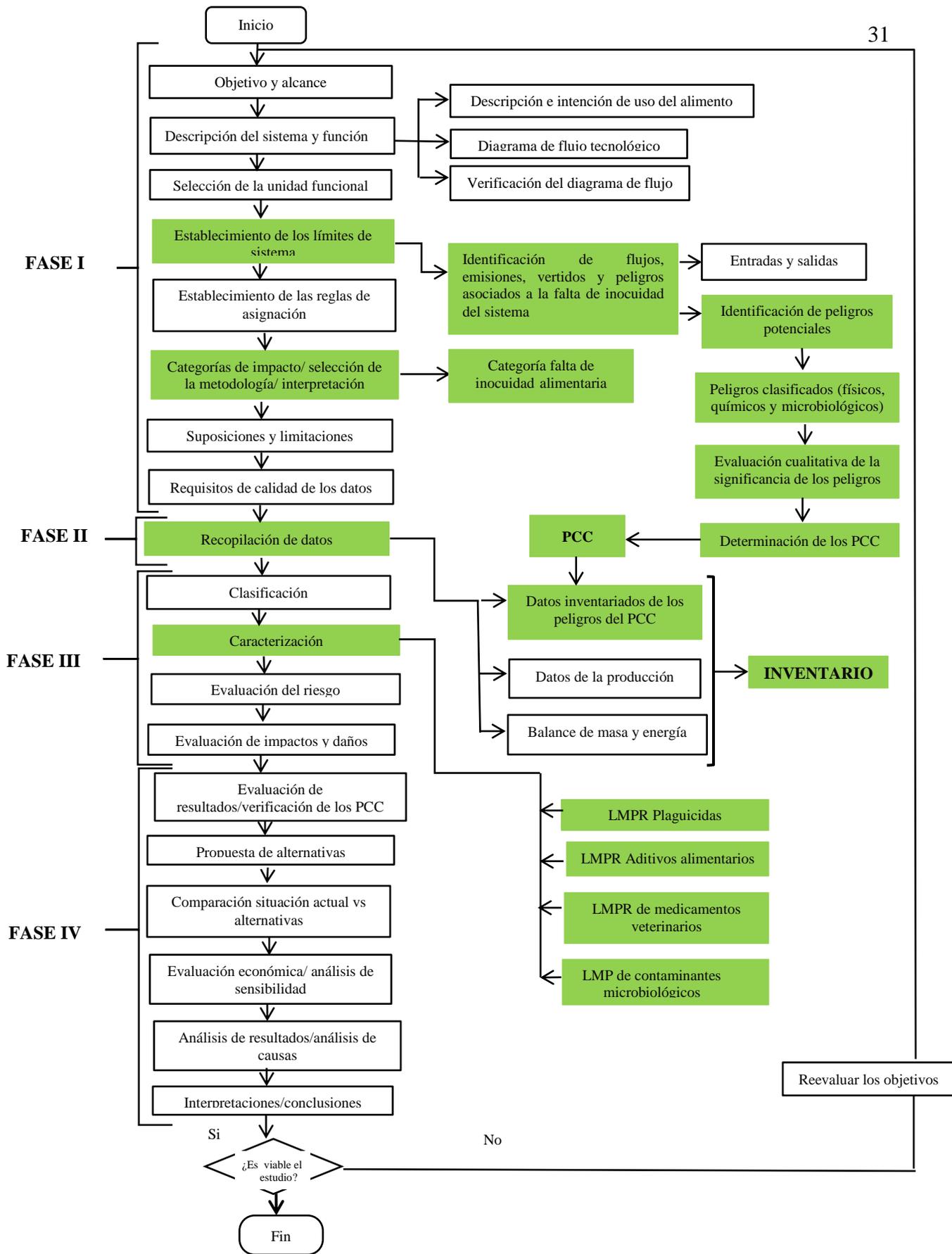


Figura 2.2 Etapas del ACV considerando el Haccp.

Se realiza una contribución al ACV incluyendo las afectaciones por ingestión de alimentos, que tiene como aspecto novedoso la introducción de las categorías de punto medio falta de inocuidad alimentaria sobre la base de las normas NC-ISO 14040:2009, 14044:2009 y NC 136:2017, relacionadas con ACV y Haccp respectivamente, como puede apreciarse en la figura 2.2.

En este capítulo se hace énfasis en la selección de las categorías de impacto y los principales aportes de la investigación relacionados con los cálculos de los factores de caracterización de sustancias contaminantes presentes en un alimento. Los análisis referentes a la validación se muestran en el capítulo III.

2.2 Definir objetivo, alcance

En esta fase se define desde el punto de vista ambiental el objetivo y alcance del proyecto en estudio dentro de la cadena alimentaria, además debe describir el o los sistemas de producto y la unidad funcional.

2.2.1 Descripción del sistema y función. Coordinación del personal que realizará el estudio ACV

El personal que realice el ACV tendrá la educación, formación, capacitación y el entrenamiento como elementos importantes en el desarrollo del mismo, conocimientos sobre inocuidad alimentaria, identificación de peligros, aspectos ambientales y el proceso objeto de estudio. Es necesario tener un equipo, pues el gerenciamiento de la inocuidad incorpora aspectos toxicológicos, microbiológicos, epidemiológicos, entre otros. Las personas elegidas deben ser conocedoras de ACV e inocuidad alimentaria y el evaluador puede seleccionar un panel de expertos, usando el método Delphi (Cabero y Barrosos, 2013; Wilder et al., 2014), se debe realizar una serie de tareas, como son: calcular y seleccionar los expertos y evaluar la consistencia del criterio de experto. Ver Anexo 3.

2.2.2 Descripción e intención de uso del producto

Se hace una descripción del producto e intención de uso del mismo, especificando los detalles del sistema de producto, una descripción del alimento, ingredientes y métodos de procesamiento. Se

debe incluir informaciones para la inocuidad, como características físicas, químicas (incluyendo actividad de agua (Aw), pH, etc.) y microbiológicas, tipo de embalaje, condiciones de almacenaje, métodos de distribución (congelado, refrigerado). Los probables consumidores pueden ser el público en general o un segmento específico de la población, bebés, ancianos, etc. Se caracteriza si el uso/consumo final incluye tratamientos para la inocuidad, como selección, lavado, desinfección y cocción, se propone, evidenciar la información en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Descripción e intención de uso del producto.

Descripción del producto	
Nombre	
Tipo	
Ingredientes	
Características físicas y químicas	
Tratamientos bactericidas o bacteriostáticos	
Descripción del envase	
Material del envase	
Sistema de envase	
Rotulado	
Descripción del almacenamiento y distribución	
Condiciones de distribución	
Condiciones de almacenamiento	
Condiciones de vida en estante	
Uso que se espera dará el consumidor al producto y al envase	
Consideraciones para consumidor especial	

2.2.3 Desarrollo y verificación del diagrama del flujo de operaciones

Se elabora el diagrama de flujo de operaciones tecnológico que muestre en forma simple, los pasos para producir, distribuir y consumir un producto alimentario, con una descripción simple y clara del proceso, la exactitud del diagrama de flujo permite conducir el ciclo de vida y el análisis de riesgos relacionado con la inocuidad, definiendo entradas y salidas de los procesos.

2.2.4 Selección de la unidad funcional

La unidad funcional debe estar definida en función del alimento en estudio listo para el consumo, se debe establecer en volumen para los alimentos líquidos, en peso para los sólidos y en peso o volumen para los semisólidos o viscosos.

2.2.5 Establecimiento de los límites del sistema

Los límites del sistema deberán estar perfectamente identificados, esto determinará que procesos unitarios deberán incluirse dentro del ACV. Para la cadena alimentaria puede definirse de la siguiente forma general, como se muestra en la figura 2.3.

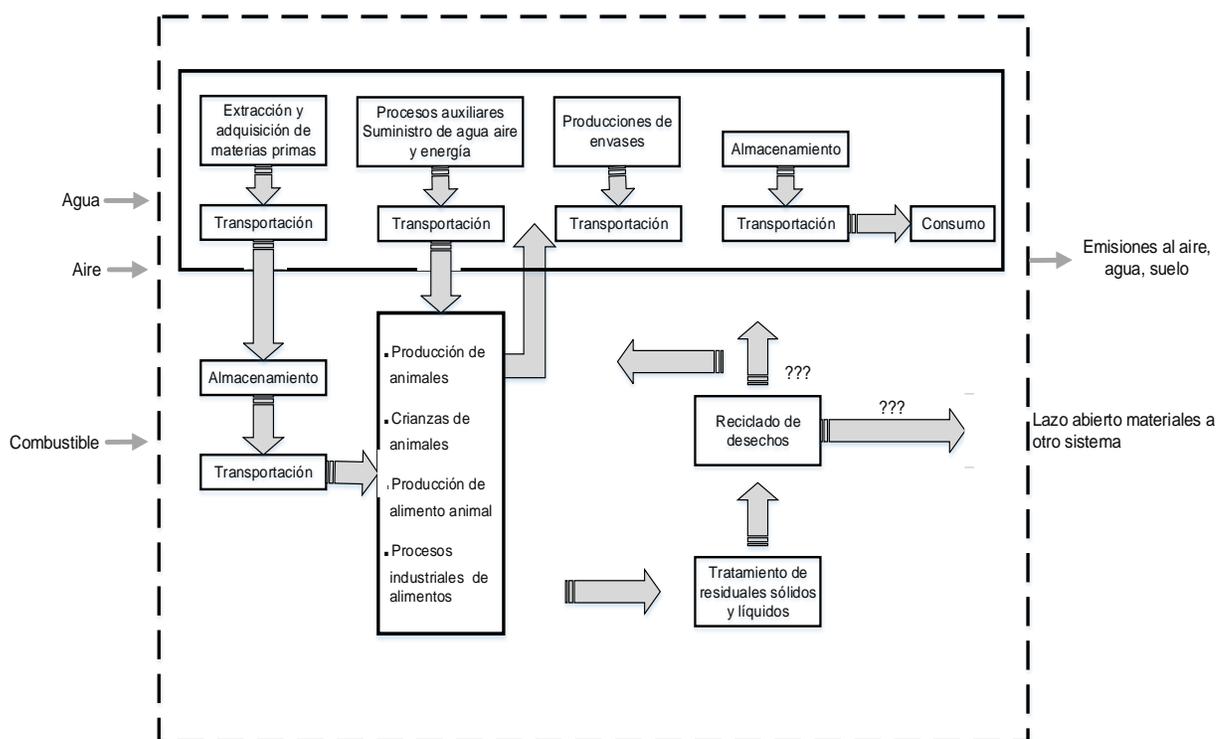


Figura 2.3 Límites del sistema de la cadena alimentaria.

Los factores que determinan los límites incluyen la aplicación prevista, las hipótesis planteadas, criterios de exclusión, datos, limitaciones económicas y destinatario.

Para el caso en estudio, la aplicación del ACV en la industria alimentaria combinado con el Haccp, como quedó definido en la figura 2.2, es en esta fase que se identifican los peligros, se evalúan y se determinan los PCC.

2.2.5.1 Evaluación cualitativa del riesgo

Se examina el sistema de producto en estudio para identificar los peligros potenciales que pueden incorporarse durante las etapas de producción o ingestión. Los peligros son seleccionados en función de la frecuencia o posibilidad de ocurrencia en concentraciones que ofrezcan riesgos al consumidor. Para esa selección, pueden ser útiles los datos científicos de ocurrencia de enfermedades por el consumo del alimento, la frecuencia de aislamiento de los agentes contaminantes y las quejas de los consumidores.

Se identifican los peligros relacionados con la inocuidad alimentaria para cada materia prima y fase del proceso y los aspectos ambientales en correspondencia con el proceso y los límites establecidos, para los peligros presentes en el alimento, se procede a la identificación de peligros según tabla 2.2, seguido por una evaluación del riesgo, para estimar la ocurrencia probable de los peligros y la gravedad de sus efectos.

Tabla 2.2 Hoja de trabajo para la identificación de peligros.

(1) Ingrediente/ Fase del proceso	(2) Identifique Peligros potenciales Introducidos, controlados o aumentados en este paso.
--------------------------------------	--

(1) Se declaran las materias primas y fases del proceso.

(2) Se identifican los peligros potenciales para cada materia prima o fase del proceso, identificando si es físico, químico o microbiológico.

Los peligros identificados, asociados a la falta de inocuidad serán evaluados cualitativamente teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia, severidad y consecuencia, aquellos que constituyan un riesgo potencial significativo para la salud humana, según métodos reportados en la bibliografía (SGC, 2004 y Caballero, 2008), que se ponen en consideración, ejemplo de ellos son:

1. Evaluar los riesgos, en alto, medio o bajo, teniendo en cuenta la severidad y probabilidad de ocurrencia, dada por el número de veces que se ha presentado el peligro, según la información del

evaluador en cuanto a los datos epidemiológicos, técnicos y experiencias de no controlar el peligro. La severidad incluye el impacto en la salud del consumidor, la duración de la enfermedad y sus secuelas, estará enfocada en la peligrosidad y el tipo de discapacidad o daño, así como la persistencia en las personas. Para la evaluación del riesgo se utiliza una matriz de riesgo donde se relacionan la probabilidad de ocurrencia del peligro y la severidad del daño, quedando definidas zonas significativas (sombreadas en rojo) y no significativas (sombreadas en verde), de acuerdo a la decisión de los expertos en inocuidad alimentaria, definiéndose las zonas donde el riesgo es significativo, según la tabla 2.3. La evaluación queda evidenciado en la tabla 2.4.

Tabla 2.3 Método para la evaluación de riesgos.

Severidad	Baja			
	Media			
	Alta			
		Alta	Media	Baja
		Probabilidad		

Tabla 2.4 Resultados de la evaluación de riesgos.

Etapas	Peligro	Probabilidad			Severidad			Riesgo significativo Si/No
		B	M	A	B	M	A	
		Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	

2- Este método hace énfasis en la probabilidad de ocurrencia, la severidad y la persistencia del riesgo. Cada factor se valora de uno a cinco, por los expertos facultados, aquellas fases analizadas cuyo índice de criticidad o riesgo, según la ecuación 2.1, sea igual o mayor de 20 (SGS, 2004), son considerados riesgos significativos. Se selecciona un panel de expertos, para la evaluación del riesgo, según método que se desglosa en el anexo 3.

Probabilidad: (P) Severidad: (S) Persistencia: (Pr) Índice de criticidad: (IC)

$$IC = P * S * Pr$$

Ec. 2.1

2.2.5.2 Determinación de los PCC

Identificados los peligros y evaluados cualitativamente los riesgos, aquellos que resulten significativos, se procede a identificar si la materia prima o etapa del proceso constituye un PCC, según el árbol de decisiones del Codex Alimentarius, figura 2.4 del anexo 4, aunque el evaluador puede seleccionar otro árbol de decisión existente en la literatura específicos para productos como los lácteos, cárnicos, conservas, etc., que son aquellos en las que se prevé, elimina o reduce a un nivel aceptable los peligros que constituyen riesgos alimentarios.

Los factores de caracterización, son calculados individualmente para cada sustancia, donde la caracterización de las categorías es computada con el proceder que se expone, es decir para aquellas sustancias o agentes contaminantes presentes en un alimento, que hacen que una materia prima o fase del proceso resulten PCC.

2.2.6 Establecimiento de las reglas de asignación

Las asignaciones de los flujos representados están basadas en las entradas y salidas de las materias primas, los productos reciclados y los residuos, por lo que se describe detalladamente las entradas y salidas.

2.2.7 Categorías de impacto/ selección de la metodología/ interpretación

Se seleccionan las categorías de impacto ya establecidas en los métodos existentes, según seleccione el evaluador y se incluyen las categorías falta de inocuidad alimentaria, para dar cumplimiento al objetivo del estudio establecido, se usan los modelos de caracterización propuestos en la investigación.

2.2.8 Suposiciones y limitaciones

Se especifican las limitaciones del estudio dentro de la cadena alimentaria para el sistema del producto seleccionado, especificar si se incluye algún proceso unitario, así como especificar si existe alguna limitación o suposición de datos que serán usados.

2.2.9 Requisitos de calidad de los datos

Los datos del inventario asociados a la falta de inocuidad alimentaria serán obtenidos, mediante datos históricos, balances de materiales, ensayos de laboratorio, etc. La calidad de estos datos depende de cuan competente es el laboratorio seleccionado por el evaluador para acometer los ensayos, la exactitud y confiabilidad que depende además de los factores humanos, las instalaciones, métodos y validación de los métodos, equipos, trazabilidad de las mediciones, muestreo y manipulación de los ítems de ensayo, por tanto el grado con el que los factores contribuyen a la incertidumbre de la medición difiere, según los tipos de ensayos y tipo de alimento.

2.3 Análisis de inventario de los peligros asociados a la inocuidad alimentaria

El análisis de inventario es una lista cuantificada de los flujos entrantes y salientes del sistema durante su vida útil, que son extraídos del ambiente natural o emitidos en él, así como las emisiones producidas en los procesos, incorporando el inventario sustancias contaminantes presentes en el alimento, considerando este aspecto como novedoso, ya que el mismo no ha sido tratado de esta forma en estudios precedentes.

2.3.1 Inventario de las sustancias contaminantes (peligros)

Los riesgos que resultaron significativos a partir del análisis de los peligros identificados en el alimento determinan la fase o etapa del proceso donde es esencial prevenir, eliminar o reducir el riesgo a un nivel aceptable, y por tanto resulta PCC, aquí es donde se cuantifica la sustancia contaminante en el alimento, como parte del inventario.

2.3.2 Recopilación de datos

Como parte de la metodología, se elaboran los inventarios, utilizando datos históricos de los resultados de ensayos físicos, químicos o microbiológicos, índices de consumo, realización de balances de materiales, según la necesidad de la información se podrá utilizar la información de las bases de datos ya existentes para los ACV. Para el inventario, se propone el modelo que se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Recopilación de datos de análisis de inventario del ciclo de vida.

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Nombre del flujo	Base de datos

2.4 Procedimiento para la evaluación del impacto del ciclo de vida.

La evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) es la tercera fase del ACV la contribución a cada una de las categorías de impacto y daño y la evaluación del impacto ambiental del inventario de ciclo de vida se realizará por el método que seleccione el evaluador, en esta fase se modelan las categorías de impacto, indicadores de categoría y los factores de caracterización.

2.4.1 Clasificación

En los estudios con los alimentos se seleccionaran las categorías ya existentes con sus correspondientes indicadores y modelos de caracterización y se incorpora como aspecto novedoso las categorías falta de inocuidad alimentaria como puntos intermedios que se refleja dentro de los daños a la salud humana. Este mecanismo de daño ambiental estará dado por la presencia de peligros físicos, químicos y/o microbiológicos al cual será expuesto el hombre, provocando discapacidades a diferentes niveles.

Nótese que ya existen modelos matemáticos que representan los factores de caracterización relacionados con la toxicidad humana, por ejemplo la categoría de impacto carcinogénesis considera los efectos de daños genéticos, por la presencia de metales pesados en el agua y suelo; respiración de orgánicos e inorgánicos, el monóxido y dióxido de carbono; el cambio climático y la afectación de la capa de ozono por el efecto de las radiaciones solares, sin embargo la autora refiere que estos modelos no consideran la caracterización de la falta de inocuidad alimentaria, asociados a la ingesta de alimentos para peligros físicos y microbiológicos y en el caso de los químicos solo se consideran los que han sido emitidos al agua o suelo y no los que se generan en el proceso por malas prácticas en las formulaciones o toxinas, aflatoxinas, vomitoxinas, etc que se producen por contaminación microbiana, presentándose como novedad en esta investigación.

2.4.2 Caracterización

En esta fase, se aplican modelos que simulan los mecanismos ambientales para cada categoría de impacto que son la base para obtener un factor de caracterización. De las categorías mencionadas es la de toxicidad humana la que debería considerar el daño a la salud humana, por ingestión de alimento no siendo así en las metodologías consultadas, de aquí que se propone como parte de esta investigación el desarrollo de nuevas categorías que incluyan la falta de inocuidad. Para la toxicidad humana los modelos usan como factor 1,4 diclorobenceno-eq/kg emitido, (ReCiPe, 2013) no encontrándose en la literatura consultada, como ya se ha mencionado, ni una categoría de falta de inocuidad de alimentos ni por supuesto factores que la caractericen, por lo que se propone el cálculo de los factores de caracterización para cada tipo de peligro físico, químico o microbiológico, referenciado a una sustancia o microorganismo respecto al contaminante, la sustancia referencia dependerá del peligro y el riesgo, instituyendo un aporte en la investigación.

2.4.2.1 Modelación del factor de caracterización para la categoría falta de inocuidad alimentaria

Para la modelación de los factores de caracterización asociados con la categoría falta de inocuidad alimentaria se considera el factor de ingesta (FI) y el factor de efecto (FE), teniendo en cuenta la ingesta diaria admisible de cada contaminante. El factor de ingesta, es un parámetro que relaciona la cantidad de una sustancia contaminante en un medio, en este caso el alimento, con la cantidad relativa de esta sustancia que es admisible (datos normados), es decir es la relación de los datos inventariados y datos normados de sustancias o microorganismos contaminantes presentes en un alimento, los datos inventariados son obtenidos por ensayos de laboratorio y los normados son los valores máximos permisibles para cada alimento en particular.

El factor de efecto indica los efectos en el receptor por la ingestión de un contaminante presente en el alimento por encima de los límites máximos permisibles, según las Ingesta Diaria Admisible (IDA) de cada uno.

Entiéndase por IDA la ingesta diaria admisible de una sustancia contaminante cuyos valores son recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius, las notificaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), así como el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) de la cantidad de aditivo alimentario, residuos de medicamentos, plaguicidas, radiaciones permitidas, etc. expresada respecto al peso corporal, que puede una persona ingerir diariamente durante toda la vida sin riesgos para la salud.

La literatura ha reportado técnicas para cálculos de los factores de efecto para diferentes medios agua, suelo y aire dependiendo de la categoría de impacto a evaluar. El método desarrollado por Guinée et al., ha sido la base para la mayor parte de las adaptaciones, considera el transporte entre medios y la exposición con base en el modelo “Uniform System for the Evaluation of Substances” (USES), Jolliet y Crettaz, 2004 desarrollaron otro método denominado “Tiempo crítico de superficie” que incluye el transporte entre medios y la exposición, mientras el método de Guinée et al., 1996 pone énfasis en el transporte entre medios, el de Jolliet y Crettaz, 2004, se concentra en la exposición y Heijungs et al., 1992 desarrollaron factores para ambientes acuáticos y terrestres, referidos a la ecotoxicidad, ninguno hace referencia a sustancias contaminantes presentes en los alimentos y matemáticamente son expresados como la relación entre las dosis absorbidas por los medios (agua, suelo y aire) y la dosis total aceptable ecuaciones 2.2 y 2.3.

$$HTP_{ecom,c,i} = E_{c,i} \times F_{ecom,c,i} = \frac{\text{dosis absorbida de la emisión en ecom vía c}}{\text{dosis total aceptable}}$$

$$HTP_{ecom,i} = \sum_c f_{ecom,c,i} \times HTP_{ecom,c,i}$$

$$\text{toxicidad humana} = \sum_i \sum_{ecom} HTP_{ecom,i} \times m_{ecom,i}$$

Ec 2.2

Siendo;

HTP queda expresado en $m^2 \cdot \text{año} \cdot \text{kg}$

E es el factor de efecto expresado en $m^2 \cdot \text{año} \cdot \text{kg-l}$. Definido como el inverso de la dosis anual total aceptable para el mundo.

F es un factor de transferencia entre medios que depende de la sustancia por m^2

i = sustancia, $ecom$ = emisión al medio, c = medio (aire, agua y suelo)

f = factor de distribución (parte de la sustancia que se asigna al compartimiento c)

El método genera tres valores independientes de toxicidad humana para aire, agua y suelo.

$$\text{Toxicidad humana}_c = \sum_i \sum_{ecom} EF(htc)_{ecom,i} \cdot m_{ecom,i} \quad \text{Ec 2.3}$$

Heijungs et al., 1992, desarrollaron factores para ambientes acuáticos y terrestres, según las ecuaciones 2.5 y 2.6.

$$ECA = \frac{1}{MTC_a} \quad \text{Ec 2.4}$$

$$ECT = \frac{1}{MTC_t} \quad \text{Ec 2.5}$$

Donde; MTC es la concentración máxima permisible para el agua y el suelo y se determina a partir de una metodología desarrollada por la Usepa.

Partiendo de estos preceptos se modelan los factores de caracterización para las categorías falta de inocuidad alimentaria donde el factor de efecto de un alimento se representa como el inverso de la dosis máxima permisible de ingesta, ecuación 2.6.

$$FE = \frac{1}{IDA} \quad \text{Ec. 2.6}$$

La presencia de contaminantes en alimentos y los efectos adversos de los mismos a la salud humana se muestra en las tablas 2.7, 2.8 y 2.9 del anexo 5.

Se define el factor de caracterización para la categoría falta de inocuidad alimentaria para riesgos físicos, químicos y microbiológicos como $Kl(f, q, m)$ que es la relación de la IDA de la sustancia seleccionada como sustancia equivalente para cada tipo de peligro y la IDA de la sustancia contaminante, expresado en mg de sustancia equivalente/mg de sustancia contaminante/peso corporal/día, dado por la siguiente ecuación:

$$FC = Kl(f, q, m) \quad \text{Ec. 2.7}$$

A continuación se presentan los factores de caracterización para los diferentes riesgos asociados a los peligros, se definen tres categorías de impacto en punto medio, falta de inocuidad por peligros físicos, químicos y microbiológicos.

2.4.2.2 Cálculo del factor de caracterización de peligros físicos

Se presenta el cálculo del factor de caracterización para alimentos con presencia de peligros físicos, estos pueden ser entre otras: vidrio, partículas ferromagnéticas, plásticos, piedras, semillas, etc. Para los peligros físicos cuya presencia es inadmisibles en un alimento el factor será la relación entre las evaluaciones inventariadas y el resultado inadmisibles de esta característica, por lo que tomará valor de cero o uno. El valor cero si el peligro en análisis no se presenta, o sea que la relación sería ausencia/presencia del peligro y valor uno si la relación fuese presencia/presencia. Por ejemplo, lo inadmisibles del vidrio en alimentos es la presencia de partículas de vidrio, si existiera presencia de esta, la relación tomaría valor de uno y si lo inventariado resulta ausencia la relación se igualaría a cero.

Para este factor se selecciona el vidrio como sustancia equivalente, su ingestión provoca mayores lesiones y daños según el criterio reportado en la literatura médica, comparado con el resto de las sustancias contaminantes. Proponiéndose los factores de caracterización para sustancias contaminantes catalogadas como peligros físicos los que se muestran en la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Factores de caracterización para peligros físicos.

Sustancia	Valor asignado	Factor de caracterización mg de vidrio equivalente/mg de la sustancia contaminante
Vidrio	1	1
Plástico	2	0,50
Partículas ferromagnéticas	3	0,33
Madera	4	0,25
Materias orgánicas	5	0,20

2.4.2.3 Cálculo del factor de caracterización para peligros químicos

Para el cálculo de los factores de caracterización de peligros químicos, estos se clasifican en tres grupos: en el primero están los peligros químicos dados cuando al alimento se añaden sustancias de forma intencional y pasan a formar parte de los ingredientes del alimento, cuya adición es con un fin tecnológico, los aditivos alimentarios, usados para aumentar la calidad de la conservación, estabilidad o mejorar las propiedades organolépticas de un alimento, los clasificados como no

ingredientes que han sido adicionados para controles de plagas o enfermedades, por ejemplo las sustancias que actúan como herbicidas, plaguicidas o fungicidas y los medicamentos veterinarios usados en el control de enfermedades en la primera etapa de la cadena alimentaria. En este caso el evaluador no cuantificará por duplicado la sustancia contaminante en otras categorías de impacto, es decir los químicos que pueden actuar como contaminantes por emisiones al agua o suelo.

En un segundo grupo se encuentran los relacionados con las irradiaciones, es decir cuando el alimento es conservado o tratados sus contaminaciones bacteriológicas mediante radiaciones y los terceros cuando han sido obtenidos mediante métodos biotecnológicos genéticamente modificados. De acuerdo a los grupos antes definidos se definen aspectos específicos a tener en cuenta en el análisis de los inventarios.

a) Alimentos con presencia de contaminantes químicos

El número de aditivos alimentarios autorizados en las listas recomendadas en las legislaciones es muy grande, en la mayoría de los casos el consumo sistemático de los aditivos alimentarios puede constituir un factor de riesgo de intoxicaciones crónicas e incluso carcinogénesis química.

Los aditivos alimentarios de mayor riesgo son los que se emplean en alimentos de alta frecuencia de consumo, los que consumen los niños y grupos poblacionales de alto riesgo y los que, como resultado de las evaluaciones toxicológicas presenten valores bajos de IDA. Para la determinación del factor de caracterización de contaminantes químicos, se selecciona como sustancia equivalente el arsénico (As) por su alta toxicidad ya que puede provocar afectaciones gastrointestinales, hipertensión, enfermedades cardiovasculares y efectos carcinogénicos y en elevadas concentraciones la muerte.

A continuación se presenta el FC tabla 2.11, calculado de acuerdo a la ecuación 2.7, para un grupo de contaminantes químicos seleccionados a partir de la Legislación vigente en Cuba: Residuos de plaguicidas (NC 902:2012); Residuos de medicamentos veterinarios (NC 604:2008), concentraciones de aditivos alimentarios (NC 277:2008); Contaminantes metálicos en alimentos (NC 493:2012).

Tabla 2.11 Factores de caracterización para sustancias contaminantes químicos.

No.	Sustancia	IDA mg/kg pc/día	Factor de caracterización mg de As equivalente/mg de la sustancia contaminante
ADITIVOS ALIMENTARIOS			
1	Amaranto (SIN: 123)	0,5	$4,28 \cdot 10^{-3}$
2	Amarillo ocaso (SIN: 110)	2,5	$8,56 \cdot 10^{-4}$
3	Amarillo de quinoleina (SIN: 104)	10	$2,14 \cdot 10^{-4}$
4	Azorrubina (SIN: 122)	5,2	$4,11 \cdot 10^{-4}$
5	Azul brillante(SIN: 133)	12,5	$1,71 \cdot 10^{-4}$
6	Eritrocina (SIN: 127)	10^{-1}	$2,14 \cdot 10^{-4}$
7	Indigotina (SIN: 132)	5	$4,28 \cdot 10^{-4}$
8	Ponceau 4R (SIN: 124)	4	$5,35 \cdot 10^{-4}$
9	Tartracina (SIN 102)	7,5	$2,85 \cdot 10^{-4}$
10	Verde rápido (SIN: 143)	25	$8,56 \cdot 10^{-5}$
11	Sacarina (sales de Na, K, y Ca)(SIN: 954)	5	$4,28 \cdot 10^{-4}$
12	Sorbitol (SIN: 420)	3	$7,13 \cdot 10^{-4}$
13	Sucralosa (SIN: 955)	15	$1,43 \cdot 10^{-4}$
14	Butilhidroxianisol (bha) (SIN: 320)	0,5	$4,28 \cdot 10^{-3}$
15	Butilhidroxitolueno (bht (SIN: 321)	0,3	$7,13 \cdot 10^{-3}$
16	Propil galato (SIN: 310)	1,4	$1,52 \cdot 10^{-3}$
17	Butilhidroquinona tbhq) (SIN: 319)	0,7	$3,06 \cdot 10^{-3}$
18	Benzoatos de calcio, potasio sodio SIN: 213, 212, 211	5	$4,28 \cdot 10^{-4}$
19	Ácido benzoico SIN: 210	NE	--
20	Sorbatos de calcio y potasio SIN: 203, 202	25	$8,56 \cdot 10^{-5}$
21	de sodio SIN: 201		
22	ácido sórbico SIN: 200		
23	Sulfitos de sodio SIN: 221	0,7	$3,06 \cdot 10^{-3}$
24	Hidrógeno sulfito de sodio SIN: 222		
25	de potasio SIN: 225		
26	Bisulfito de potasio SIN: 228		
27	óxido de azufre SIN: 220		
28	Meta bisulfito de potasio SIN: 224		
PLAGUICIDAS			
29	2,4-D	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
30	2-Fenilfenol	0,4	$5,35 \cdot 10^{-3}$
31	Abamectina	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
32	Acefato	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
33	Aldrin y Dieldrin	10^{-4}	2,14.10
34	Aminopirialid	0,9	$2,37 \cdot 10^{-3}$
35	Amitraz	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
36	Amitrol	$2 \cdot 10^{-3}$	1,07
37	Azinfos-Metilo	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
38	Azociclotin	$3 \cdot 10^{-3}$	$7,13 \cdot 10^{-1}$
39	Azoxistrobina	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$

40	Benalaxilo	$7 \cdot 10^{-2}$	$3,05 \cdot 10^{-2}$
41	Bentazona	0,1	$2,14 \cdot 10^{-2}$
42	Bifenazato	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-2}$
43	Bifentrin	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
44	Bioresmetrin	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
45	Bitertanol	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
46	Boscalid	$4 \cdot 10^{-2}$	$5,35 \cdot 10^{-1}$
47	Bromopropilato	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
48	Buprofezin	$9 \cdot 10^{-3}$	$2,37 \cdot 10^{-1}$
49	Cadusafos	$5 \cdot 10^{-4}$	4,28
50	Captan	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
51	Carbosulfan	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
52	Cicloxidim	$7 \cdot 10^{-2}$	$3,05 \cdot 10^{-2}$
53	Cihalotrin	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
54	Cihexatin	$7 \cdot 10^{-2}$	$3,05 \cdot 10^{-2}$
55	Cipermetrin	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
56	Ciprodinil	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
57	Ciromazina	$6 \cdot 10^{-2}$	$3,56 \cdot 10^{-2}$
58	Cletodim	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
59	Clofentezina	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
60	Clorantraniliprol	2	$1,07 \cdot 10^{-3}$
61	Clordano	$5 \cdot 10^{-4}$	4,28
62	Clormequat	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-2}$
63	Clorpirifos	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
64	Deltametrin	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
65	Diazinon	$5 \cdot 10^{-3}$	$4,28 \cdot 10^{-1}$
66	Diclofluanida	0,3	$7,13 \cdot 10^{-3}$
67	Dicloran	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
68	Difenilamina	$8 \cdot 10^{-2}$	$2,67 \cdot 10^{-2}$
69	Difenoconazol	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
70	Diflubenzuron	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
71	Dimetenamid-P	$7 \cdot 10^{-2}$	$3,05 \cdot 10^{-2}$
72	Dimetipin	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
73	Dimetoato	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
74	Dimetomorf	0,1	$2,14 \cdot 10^{-2}$
75	Dinocap	$6 \cdot 10^{-2}$	$3,56 \cdot 10^{-2}$
76	Ditianon	$7 \cdot 10^{-3}$	$3,05 \cdot 10^{-1}$
77	Dodina	0,1	$2,14 \cdot 10^{-2}$
78	Endosulfan	$6 \cdot 10^{-2}$	$3,56 \cdot 10^{-2}$
79	Endrin	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,07 \cdot 10^2$
80	Etefon	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-1}$
81	Etofenprox	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
82	Famoxadona	$6 \cdot 10^{-3}$	$3,56 \cdot 10^{-1}$
83	Fenamifos	$8 \cdot 10^{-4}$	2,675
84	Fenarimol	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
85	Fenbuconazol	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
86	Fenbutatin Óxido	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
87	Fenhexamida	0,2	$1,07 \cdot 10^{-1}$
88	Fenitrotion	$6 \cdot 10^{-3}$	$3,56 \cdot 10^{-1}$

89	Fenpiroximato	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
90	Fenpropatrin	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
91	Fenpropimorf	$3 \cdot 10^{-3}$	$7,13 \cdot 10^{-1}$
92	Fention	$7 \cdot 10^{-3}$	$3,05 \cdot 10^{-1}$
93	Fenvalerato	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
94	Fluoruro de sulfurilo	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
95	Fludioxonil	$4 \cdot 10^{-2}$	$5,35 \cdot 10^{-2}$
96	Flutolanil	$9 \cdot 10^{-2}$	$2,37 \cdot 10^{-2}$
97	Glifosato	1	$2,14 \cdot 10^{-3}$
98	Glufosato-Amonio	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-5}$
99	Haloxifop	$7 \cdot 10^{-4}$	3,05
100	Heptacloro	10^{-4}	$2,14 \cdot 10^2$
101	Hexitiazox	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
102	Imidacloprid	$6 \cdot 10^{-2}$	$3,56 \cdot 10^{-1}$
103	Kresoxim-Metilo	0,4	$5,35 \cdot 10^{-2}$
104	Lindano	$5 \cdot 10^{-3}$	4,28
105	Malation	0,3	$7,13 \cdot 10^{-3}$
106	Mandipropamid	0,2	$1,07 \cdot 10^{-3}$
107	Metalaxilo	$8 \cdot 10^{-2}$	$2,67 \cdot 10^{-2}$
108	Metamidofos	$4 \cdot 10^{-3}$	$5,35 \cdot 10^{-1}$
109	Metidation	10^{-3}	2,14
110	Metiocarb.	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
111	Metomilo	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
112	Metopreno	$9 \cdot 10^{-2}$	$2,37 \cdot 10^{-2}$
113	Metoxifenozida	0,1	$2,14 \cdot 10^{-1}$
114	Miclobutanilo	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
115	Novaluron	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
116	Oxamilo	$9 \cdot 10^{-3}$	$2,37 \cdot 10^{-1}$
117	Oxidemeton-Metilo	$3 \cdot 10^{-4}$	7,13
118	Paraquat	$5 \cdot 10^{-3}$	$4,28 \cdot 10^{-1}$
119	Paration-Metilo	$3 \cdot 10^{-3}$	$7,13 \cdot 10^{-1}$
120	Penconazol	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
121	Permetrin	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-2}$
122	Piperonil Butóxido	0,2	$1,07 \cdot 10^{-2}$
123	Piraclostrobin	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
124	Piretrinas	$4 \cdot 10^{-2}$	$5,35 \cdot 10^{-2}$
125	Pirimetaniil	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
126	Pirimicarb	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
127	Pirimifos-Metilo	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
128	Piriproxifen	0,1	$2,14 \cdot 10^{-2}$
129	Procimidona	0,1	$2,14 \cdot 10^{-2}$
130	Procloraz	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
131	Profenofos	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
132	Propamocarb	0,4	$5,35 \cdot 10^{-3}$
133	Propiconazol	$7 \cdot 10^{-2}$	$3,05 \cdot 10^{-2}$
134	Quinoxifen	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
135	Quintoceno	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
136	Procloraz	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
137	Profenofos	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$

138	Propamocarb	0,4	$5,35 \cdot 10^{-3}$
139	Spinetoram	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-2}$
140	Spinozad	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
141	Spirotetramato	0,5	$4,28 \cdot 10^{-3}$
142	Tebuconazol	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
143	Tebufenozida	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
144	Tecnaceno	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
145	Teflubenzuron	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
146	Terbufos	$6 \cdot 10^{-4}$	3,56
147	Tiacloprid	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
148	Tolclofos-Metilo	$7 \cdot 10^{-2}$	$3,05 \cdot 10^{-2}$
149	Tolilfluanida	$8 \cdot 10^{-2}$	$2,67 \cdot 10^{-2}$
150	Triadimefon	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
151	Triadimenol	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
152	Triazofos	10^{-3}	2,14
153	Trifloxistrobin	$4 \cdot 10^{-2}$	$5,35 \cdot 10^{-2}$
154	Zoxamida	0,5	$4,28 \cdot 10^{-3}$
RESIDUOS DE MEDICAMENTOS			
155	Avermectina B	$2 \cdot 10^{-3}$	1,07
156	2-aminosulfona	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-2}$
157	Asaperona y azaperol	$6 \cdot 10^{-3}$	$3,56 \cdot 10^{-1}$
158	Bencilpenicilina	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
159	Carazolol	10^{-4}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
160	Desfuroilcefliofur	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-2}$
161	Desfuroilcefliofur	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-2}$
162	Clortetraciclina y Tetraciclina	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
163	Clembuterol	$4 \cdot 10^{-6}$	$5,35 \cdot 10^2$
164	Closantel	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
165	Ciflutrina	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
166	Cihalotrin	$5 \cdot 10^{-3}$	$4,28 \cdot 10^{-1}$
167	Cipermetrina	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
168	Danofloxacinal	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$
169	Deltametrina	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
170	Diclazuril	$7 \cdot 10^{-3}$	$3,05 \cdot 10^{-2}$
171	Dihidroestreptomicina y estreptomicina	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-2}$
172	Diminazina	10^{-1}	$2,14 \cdot 10^{-2}$
173	Doramectina	$5 \cdot 10^{-3}$	$4,28 \cdot 10^{-1}$
174	Eprinomectina B	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
175	Estradiol-17 β	$5 \cdot 10^{-2}$	$4,28 \cdot 10^{-1}$
176	oxfendazol sulfona	$7 \cdot 10^{-3}$	$3,05 \cdot 10^{-1}$
177	Fluazuron	$4 \cdot 10^{-2}$	$5,35 \cdot 10^{-2}$
178	Flubendazol	$12 \cdot 10^{-3}$	$1,78 \cdot 10^{-1}$
179	Flumequina	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
180	Flumequina	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$
181	Gentamicina	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-2}$
182	Imidocarb	10^{-2}	$2,14 \cdot 10^{-1}$
183	Isometamidio	10^{-1}	$2,14 \cdot 10^{-2}$
184	Levamisol	$6 \cdot 10^{-3}$	$3,56 \cdot 10^{-1}$
185	Lincomicina	$3 \cdot 10^{-2}$	$7,13 \cdot 10^{-2}$

186	Moxidectin	2.10^{-3}	1,07
187	Neomicina	6.10^{-2}	$3,56.10^{-1}$
188	(4-nitrofenil)-urea	4.10^{-1}	$5,35.10^{-3}$
189	Pirlimicina	8.10^{-3}	$2,675.10^{-1}$
190	Progesterona	3.10^{-2}	$7,13.10^{-2}$
191	Sarafloxacin	3.10^{-4}	7,13
192	Espectinomicina	4.10^{-2}	$5,35.10^{-2}$
193	espiramicina y neoespiramicina	5.10^{-2}	$4,28.10^{-2}$
194	Sulfadimidina	5.10^{-5}	$4,28.10^{-2}$
195	Testosterona	2.10^{-3}	10,7
196	Tiabendazol y 5-hidroxiabendazol	10^{-1}	$2,14.10^{-2}$
197	TilmicoSINa	4.10^{-2}	$5,35.10^{-2}$
198	Beta-trembolona	2.10^{-1}	$1,07.10^{-3}$
199	Bensimidazol	3.10^{-3}	$7,13.10^{-1}$
CONTAMINANTES METALICOS			
200	Arsénico	$2,14.10^{-3}$	1
201	Plomo	$3,57.10^{-3}$	$5,99.10^{-1}$
202	Estaño	2	$1,07.10^{-3}$
203	Cadmio	10^{-3}	2,14
204	Mercurio total	$7,14.10^{-4}$	$2,99.10^{-1}$
205	Metilmercurio	$2,28.10^{-4}$	$9,38.10^{-1}$
206	Cinc	1	$2,14.10^{-3}$
207	Cobre	0,5	$4,28.10^{-3}$
208	Hierro	0,8	$2,67.10^{-3}$

b) Alimentos irradiados

En este caso el FI es la relación de la dosis de radiación ionizante absorbida, por unidad de masa del producto irradiado y la dosis máxima de radiación absorbida que prescriben los reglamentos por motivos tecnológicos. El FE está relacionado con la dosis ionizante adsorbida en su límite máximo permisible emitida según el objetivo tecnológico, rayos gamma como energía equivalente/energía absorbida según la fuente de energía de irradiación. $1\text{Joule/kg} = \text{Gy}$.
Legislación vigente: NC 680:2009: Alimentos irradiados.

c) Alimentos genéticamente modificados

La evaluación de la inocuidad debe incluir una comparación entre el alimento obtenido por medios biotecnológicos y su homólogo convencional, centrada en la determinación de similitudes y diferencias entre ambos. Cuando la evaluación de inocuidad identifique un peligro nuevo o alterado, nutricional o de otra índole, el riesgo asociado al mismo debe caracterizarse a fin de

determinar su relevancia para la salud humana. Legislación vigente: Alimentos genéticamente modificados (NC 794: 2010, NC 797:2010, NC 808:2010).

2.4.2.4 Cálculo del factor de caracterización para peligros microbiológicos

El criterio microbiológico define la aceptabilidad de un producto y/o ingrediente alimentario en base a la presencia o ausencia, o el número de microorganismos (y/o sus toxinas) por unidad de masa, volumen, área o lote. Este contempla además, los métodos de ensayo para la detección o cuantificación del o de los microorganismos, el plan define el número de muestras del lote a ser analizadas, (Iriarte, 2006). Un criterio microbiológico incluye requisitos obligatorios y recomendados. Los obligatorios consideran microorganismos patógenos para la salud y los recomendados sirven para alertar y corregir factores causantes del problema. Para la interpretación de tales resultados debemos conocer que:

Valor n = Es el número de unidades de muestra (paquetes, envases, botellas, etc.) de un lote que se deben examinar para satisfacer un plan de muestreo.

Valor c = Es la cantidad máxima de unidades que se permite excedan el criterio microbiológico. Cuando este número se excede, el lote se rechaza.

Valor m es el número máximo de unidades formadoras de colonias (ufc). Los valores m asociados a las buenas prácticas de manufactura y el valor M , se usa para separar la inocuidad aceptable de la inaceptable. M se utiliza en los planes de tres clases, cifras mayores a M , son inaceptables y están relacionadas con riesgo sanitario, (NC 585:2015). Los programas de atributos de dos clases (aceptación o rechazo), están encaminados a comprobar la presencia o ausencia de un microorganismo, generalmente patógeno.

Los programas de atributos de tres clases, se eligen dos niveles de recuentos (m y M), si el recuento de cualquier unidad es superior a M , el lote de alimentos no es aceptable, tampoco es aceptable el lote si existen más unidades que las estipuladas en c , presentando recuentos entre m y M y la tercera opción es aceptar el lote, cuando igual o menor cantidad de unidades especificadas en c , tienen recuentos mayores que el valor m pero menores o iguales al valor M y

la última alternativa es aceptar el lote cuando todas las unidades de muestra tienen valores microbiológicos inferiores a m , con tales criterios entonces se modela el factor de caracterización para peligros microbiológicos.

El factor de ingesta estará dado para los contaminantes microbiológicos cuyo análisis es a través del muestreo de tres clases como la relación de lo inventariado y lo normado utilizando el resultado promedio de las cinco determinaciones, según la ecuación 2.8.

$$FI(i, m) = \sum_{m=1}^{n=5} \frac{\log k(i, m)}{n} \quad \text{Ec. 2.8}$$

- $k(i, m)$: datos inventariado de contaminantes microbiológicos/datos normados, según el criterio microbiológico de tres clase, siendo n igual cinco.

En el caso de la relación de las evaluaciones cualitativas y el resultado inadmisibles teniendo en cuenta el muestreo de dos clases, tomará valor de cero o uno. El valor cero si el peligro en análisis no se presenta, o sea que la relación sería ausencia/presencia o negativo/positivo, del peligro y valor uno si la relación fuese presencia/presencia o positivo/positivo. Por ejemplo lo inadmisibles de la Salmonella es la presencia, si existiera presencia, la relación tomaría valor uno y si resulta ausente se igualaría a cero.

Considérese el FE para el caso que es igual a cero no habrá ningún efecto en la salud de la personas y por tanto el factor de caracterización será cero, sin embargo cuando se diagnostique la presencia del peligro, se propone asignar un valor en una escala del uno al cinco, según las categorías de peligrosidad que ofrece la NC 585:2015, del uno al diez, la categoría diez se considera peligrosa para la salud por lo que la presencia de Salmonella, Listeria monocytogenes y Vibrio cholerae son muy monitoreados y por lo tanto uno de ellos será seleccionado como microorganismo equivalente. Para la selección se investigan los microorganismos patógenos, obteniendo la información que se muestra en la tabla 2.9, el resto de los microorganismos permiten valores de aceptación hasta 10^2 ufc/ml o g, lo que lo hacen más tolerables por el organismo que los mencionados anteriormente.

Tabla 2.12 Características de microorganismos patógenos.

Bacteria	Salmonella	Listeria Monocytogenes	Vibrio cholerae
Huésped	Tracto intestinal del hombre, animales de sangre caliente, raramente en peces, y crustáceos.	Tracto intestinal del hombre, animales de sangre caliente, 17 especies de aves y peces	Agua, pescado crudo, frutas y vegetales crudos.
Portadores	1 a 35%	1 a 10%	NE
Supervivencia	Temperatura para eliminarla mínimo de 65°C a 74°C.	Puede sobrevivir a efectos de congelamiento, disecación y calentamiento	Temperatura para eliminarla 45°C mínimo
Respuesta clínica	$10^5 - 10^{10}$	Menos de 10^3	$10^3 - 10^9$
Síntomas	Náuseas, vómitos, diarrea, cólicos abdominales, fiebre y dolor de cabeza y la muerte.	Náuseas, vómitos, diarrea, fiebre y dolor de cabeza, septicemia, meningitis, e infección intrauterina, aborto espontáneo nacidos muertos y la muerte.	Diarrea, dolor abdominal, cólicos fiebre, vómitos y náuseas aparecen en el 25% de los infectados.
Días de vida perdidos	Uno a dos días muerte uno a dos semanas	12 horas muerte dos a tres semanas.	Seis a siete días, y con inicio a las 48 horas después de ingerir
Tasa de mortalidad	10%	70% por septicemia; en infecciones perinatales o neonatales superior a 80 %	4 %
pH	4,3 -9,6	3,7- 9,5	10
% máxima NaCl	3	8	6

Se selecciona la *Listeria monocytogenes* como equivalente ya que se encuentra ampliamente distribuida tanto en el medio agrario (suelo, plantas, forraje en silos, materia fecal, aguas residuales, agua), como en la acuicultura y los ambientes de elaboración de alimentos, es

resistente a varias condiciones medioambientales tales como altas concentraciones de sal o acidez. Asimismo, crece en condiciones de baja concentración de oxígeno y temperaturas de refrigeración, en los alimentos, en las plantas de elaboración y en el refrigerador doméstico, es más resistente a los tratamientos de conservación, su dosis de admisión es menor y causa la muerte en menor tiempo. Ella se ha aislado en alimentos tales como las hortalizas, leche cruda y pasteurizada, quesos, helado, mantequilla, embutidos, carne cruda y cocida y pescado crudo, conservado y ahumado, entre sus efectos más comunes está la listeriosis invasiva cuando el microorganismo penetra el revestimiento interno del tubo digestivo y produce infecciones en puntos normalmente estériles dentro del cuerpo, afecta el útero de las mujeres embarazadas, el sistema nervioso central y el torrente sanguíneo. Los indicios de listeriosis incluyen: bacteriemia, septicemia, meningitis, encefalitis, aborto, enfermedades neonatales y nacimiento prematuro, (CAC/GL 61, 2007) seleccionando el microorganismos de referencia se presentan los factores de caracterización para peligros microbiológicos, lo cuales pueden apreciarse en la tabla 2.13.

Tabla 2.13 Factor de caracterización, según categorías de peligrosidad para la salud.

Categorías de peligrosidad	m.o	Valor asignado	Factor de caracterización ufc Listeria monocytogenes /ufc del m.o contaminante
1,2,3	m.o. a 30° C	5	0,20
	Levaduras		
	Hongos filamentosos		
4,5,6	Coliformes a 45 °C	4	0,25
7	St. Coag. positiva	3	0,33
8,9	<i>B. cereus</i>	2	0,50
10	<i>L. monocytogenes</i>	1	1
	<i>Salmonella</i>		
	<i>Vibrio cholerae</i>		
	* <i>V. parahaemolyticus</i>		

2.4.3 Evaluación de significancia de impactos

Siendo las categorías de impacto falta de inocuidad alimentaria, expresada en cantidad de sustancia equivalente según la sustancia contaminante físico mg de vidrio equivalente (ecuación 2.9), químico mg de Arsénico equivalente (ecuación 2.10) y microbiológico ufc *Listeria monocytogenes* equivalente (ecuación 2.11), nombrados falta inocuidad alimentaria, (FIA) como categorías de impacto en punto medio introducida por la autora, que aportan a la categoría de daño, salud humana. La evaluación de esta categoría se realiza a partir de los resultados obtenidos al evaluar el indicador propuesto FIA que no es más que la multiplicación del factor de caracterización y el resultado del inventario para todas las sustancias involucradas en los procesos analizados.

$$FIA(f) = \sum_{i=1}^n \left(\prod_1^{m_f} K_{fi} FC_{fi} \right) * mx \quad \text{Ec. 2.9}$$

$$FIA(q) = \sum_{i=1}^n \left(\prod_1^{m_q} K_{qi} FC_{qi} \right) * mx \quad \text{Ec. 2.10}$$

$$FIA(b) = \sum_{i=1}^n \left(\prod_1^{m_b} K_{bi} FC_{bi} \right) * mx \quad \text{Ec. 2.11}$$

- $K_{f, q, bi}$ = inventariado de contaminantes físicos, químicos, microbiológicos (mg de sustancia contaminante/ kg de producto).
- $FC_{fl, ql, bl}$ = Ingesta diaria permisible de contaminantes físicos, químicos, microbiológicos. (IDA de sustancia equivalente/IDA sustancia contaminante).
- mx = unidad funcional.

2.4.4 Ponderación de la categoría

El indicador para evaluar la afectación a la salud humana, es expresadas en DALY teniéndose una lista de factores de ponderación para cada tipo de incapacidad; los mismos han sido determinados según las exposiciones y niveles de intensidad, refieren los autores Murray and López.1996 y Goedkoop et al., 2013.

El cálculo actual de los DALY depende de un número de supuestos referidos a la región a la cual se le realizan los cálculos, el tiempo, los tipos de emisiones, etc, tal es así que los factores de caracterización estimados mundialmente difieren de los promedios evaluados por año, (Murray and López, 1996), lo cual está dado por los cambios en la economía de mercado de las regiones, cambio en el consumo, el avance en las investigaciones médicas ya que con el avance del tiempo se detectan un mayor número de enfermedades cancerígenas y no cancerígenas, todo ello hace la diferencia en los resultados.

Los DALY son supuestos mediante factores relacionados con cada sustancia contaminante, el efecto toxicológico que esta puede ocasionar a los humanos y el factor de daño. Esto factores según el informe ReCiPe 2008, 2013, fueron calculados, según la ecuación 2.12 y es el resultado de la relación de los factores de probabilidad de afectarse la salud y la ingesta de la sustancia para lo cual se considera la ED50_x, dosis letal, referida a la dosis a la que se produce la muerte por una sustancia contaminante.

$$\frac{\partial R_e}{\partial I_x} = \left\{ \frac{1}{\sigma_{\log,e} \cdot \sqrt{2 \cdot \pi} \cdot TU_e \cdot \ln 10} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\log(TU_e)}{\sigma_{\log,e}} \right)^2} \right\} \cdot \frac{1}{ED50_x}$$

Ec 2.12

La literatura consultada (ReCiPe, 2013) de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia de la enfermedad y el efecto que estas provocan a la salud humanan, reportan factores estimados para cada categoría de daño, que pueden ser utilizados con cierto grado de incertidumbre, estos son: para las sustancias no carcinogénicas 0,26, para las que producen efecto carcinogénicos 0,59 así como afectaciones diarreicas e intoxicaciones y para los efectos relacionados con las sustancias químicas 1,9 años perdidos, valores que son también utilizados en esta investigación para estimar los DALY de cada una de las categorías de impacto relacionada con la falta de inocuidad, siendo

así que existen varias estimaciones en los cálculos que aumenta la incertidumbre de los resultados.

2.5 Procedimiento para la interpretación de resultados

Determinados los PCC, se establecen controles y verificaciones para estas fases, podrán utilizarse métodos y ensayos de comprobación y verificación, incluidos el muestreo aleatorio y el análisis. Las comprobaciones deben ser suficientes para confirmar que el sistema Haccp está funcionando, se combinan resultados del inventario con la evaluación del impacto, para establecer las conclusiones.

2.5.1 Propuesta de alternativas o mejoras

Según las conclusiones del análisis, se estará en condiciones de proponer alternativas dentro del proceso tecnológico analizado, que contribuyan a la mejora medioambiental relacionado con la salud humana, protección del ecosistema y los recursos, de acuerdo a los resultados de impacto ambiental, para posteriormente verificar si con estas acciones, se reduce la carga ambiental, y contribuir a obtener producciones más limpias en el sector de la industria alimentaria.

2.5.2 Comparación situación actual vs propuesta de mejora

En esta etapa se compara la situación actual vs la situación futura de una serie de opciones tecnológicas previamente analizados a partir de los datos preliminares de materia prima-productos como resultado de esta etapa, al final se deberá incluir el estudio de factibilidad.

2.5.3 Evaluación económica/ análisis de sensibilidad

Para comprobar la influencia de las suposiciones más importantes, se recomienda efectuar el análisis de sensibilidad durante y al final de ACV. En principio consiste en cambiar la suposición y recalcular el ACV ya que el resultado de ACV puede depender de alguna de las suposiciones hechas durante el estudio. Eso debe realizarse cuando las conclusiones del ACV sean estables.

Se deben evaluar desde el punto de vista económico las propuestas de mejoras que se hagan, e impliquen inversiones, como pueden ser cambios en la tecnología, sustitución de materias primas, etc.

2.5.4 Análisis de los resultados/ análisis de las causas

Los resultados de los estudio ACV, serán claramente expuestos y coherentes con los hallazgos del estudio, se examina en conjunto los hallazgos del análisis del inventario y la evaluación del impacto.

2.6 Interpretación de la propuesta de mejora

Las propuestas de mejoras deben ser analizadas, tanto su posible efectividad como factibilidad de aplicación para ser comunicadas a los decisores, de forma que puedan mejorar el desempeño ambiental del sistema de producto en estudio.

2.6.1 Interpretación/Conclusiones

Después de concluido el ACV, se realiza una revisión crítica al estudio que consiste en asegurar que los métodos utilizados son consistentes, técnica y científicamente válidos y que los datos son apropiados y razonables con el objetivo, por tanto las interpretaciones reflejan las limitaciones identificadas y el objetivo, así como realizar recomendaciones, según el público previsto. Las recomendaciones deben ser explicadas detalladamente para quienes toman decisiones.

2.7 Conclusiones parciales

1. Se incluye como novedad nuevas categorías de impacto, falta de inocuidad alimentaria para peligros físicos, químicos y microbiológicos, como punto medio del ACV tributando a la categoría de daño a la salud humana por ingestión de alimentos.
2. Se crean modelos para el cálculo del potencial falta de inocuidad alimentaria, ofreciendo el factor de caracterización de cada peligro físico, químico y microbiológico, determinando un total de 218 factores de caracterización, cinco para los peligros físicos, 208 para los químicos y cinco para microbiológicos, expresados en cantidad de sustancia equivalente/ cantidad de sustancia contaminante.
3. La falta de inocuidad alimentaria (FIA), como nuevo indicador de impacto para el ACV, permite evaluar la contribución del daño a la salud humana al ingerir un alimento.

**CAPÍTULO III. CASO DE ESTUDIO: PRODUCCIÓN DE
PASTAS ALIMENTICIAS EN LA FÁBRICA MARTA ABREU.
CIENFUEGOS**

III. CASO DE ESTUDIO: ACV PARA LAS PASTAS ALIMENTICIAS EN LA FÁBRICA

MARTA ABREU. CIENFUEGOS

En el presente capítulo se describe la validación de la metodología propuesta por la autora tomando como caso de estudio el producto pasta alimenticia, producido en la fábrica “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 anuales. Está diseñada para procesar 1,90 t/h de materia prima. Su productividad oscila entre 42 y 45 t de pasta/día alcanzándose niveles por encima de 900 t mensuales cuyos formatos principales son: espagueti de 1,75 mm, linguini, bucatini 1,9 mm y cabello de ángel de 1,1 mm. Esta línea de tecnología italiana (PAVAN) comenzó sus labores en Abril de 2008.

3.1 Fase I Definición de objetivo y alcance

El estudio tiene el propósito de evaluar los impactos ambientales de la producción de pastas alimenticias de la fábrica “Marta Abreu”, incluyendo la contribución de la falta de inocuidad alimentaria a la categoría de daño a la salud humana. El análisis está referido al sistema de producto de la pasta alimenticia, incluyendo las etapas de: cosecha de trigo, proceso de obtención de la sémola (materia prima) y su transportación, proceso productivo de la pasta alimenticia, incluyendo la transportación y el proceso de elaboración del producto. Se excluye la transportación del trigo hasta la industria, la producción y transportación de envases y embalajes y el tratamiento de estos.

3.1.1 Descripción del sistema y función

Coordinación del personal que realizará el estudio ACV

Se deberá formar un equipo multidisciplinario que tenga los conocimientos específicos y la competencia técnica adecuada, tanto del proceso como del producto. Para la selección de expertos y validación, se aplica el Método Delphi para el cálculo del número de expertos que aparece en el anexo 3, de forma tal que personal seleccionado cumpla con los requisitos expuestos en el epígrafe 2.2.1, se procede a encuestar a varias personas (20), utilizando la encuesta mostrada en el anexo 3, se realiza el cálculo del número de expertos dando como resultado que el grupo de expertos debe ser de siete (7) personas, se seleccionan personas con el mayor coeficiente de competencia, ver tabla 3.1 anexo 6, finalmente el grupo quedó integrado por: cinco especialistas de la fábrica, un médico y un experto en inocuidad y sistemas Haccp, la ficha laboral se muestra en la tabla 3.2 del anexo 6.

3.1.2 Descripción e intención de uso del producto

Para la descripción e intención del uso del producto (pasta alimenticia), se emplea el modelo definido en la tabla 2.1 del epígrafe 2.2.2, que permite recopilar información que facilita la identificación de peligros de acuerdo a las características intrínsecas del producto, ver tabla 3.3.

Tabla 3.3 Descripción del producto pastas alimenticias.

NOMBRE	PASTAS ALIMENTICIAS
Tipo	Espagueti 1,7 mm, espagueti 1,1 mm, Bucatini y Tallarín
Ingredientes	Sémola 100% o mezclas de harina - sémola
Características físicas y químicas	Aspecto de la superficie: sin asperezas, rajaduras, manchas, el tamaño debe ser uniforme, color amarillo ligeramente cremoso. humedad:13% máximo y acidez:0,4% máximo
Descripción del envase	Se utilizan películas de polipropileno para los paquetes de 500 g y 400 g litografiados con las especificaciones del producto. La producción a granel se realiza en bolsas de 16 kg.
Material de envase	Película de polipropileno litografiado y bolsas de polietileno.
Sistema de envase	Automatizado.
Rotulado	Se identifica el lote y fecha de vencimiento.
Descripción del almacenamiento y distribución	Las estibas son de 16 bolsas de 40 paquetes en cada pallet. En lugares frescos, secos, ventilados y con seguridad.
Uso que se espera dará el consumidor	Puede consumirse acompañado de salsas, embutidos, carnes, etc.
Consideraciones para el consumidor	No puede ser consumida por personas que padezcan de celiaquía.
Composición del producto	En 100g 12g de contenido nutricional, 74g carbohidratos y 1g de grasas.
Durabilidad del producto	En paquetes de 400 y 500 g en película de polipropileno 2 años. En bolsas de polietileno a granel 90 días.
Preparación del producto	Para su preparación se vierte el mismo en agua con sal al gusto se aconseja 100 g por cada litro de agua, durante el tiempo de cocción señalado en la información del envase (12 min. máximo).

3.1.3 Desarrollo y verificación de los diagramas de flujo del proceso de obtención de sémola, pasta alimenticia y cocción de la pasta alimenticia

Las industrias de fabricación de harinas y sémolas parten del concepto de primera transformación, la materia prima principal es el trigo, se divide en las etapas de: recepción y almacenamiento del trigo; limpieza y acondicionamiento del grano, molienda y cernido y mezclado de sémola y harinas. El concepto básico de pasta alimenticias es que, bajo este nombre se designan los productos elaborados mediante la mezcla de sémola o harina de trigos extra duros y duros con agua fría o caliente en proporciones variadas moldeados y secados con formas y tamaños variados, por lo que para las pastas se utiliza como materia prima la sémola de trigo, la harina de trigo o mezclas de ellas y agua potable.

Para una mayor comprensión en las figuras 3.1 y 3.2 se presentan los diagramas de bloque de los sistemas de producto objeto de estudio (obtención de sémola y sus mezclas y la obtención de pasta alimenticia). La descripción detallada de las etapas de los procesos analizados se presenta a continuación.

3.1.3.1 Proceso de obtención de sémola y harina

Recepción y almacenamiento de trigo sucio: La recepción del trigo es a través de transportadores de cangilones provenientes directamente de los buques. Los silos de trigo, tienen una capacidad de 931 t, justo antes de su almacenamiento este es sometido a un proceso de pre limpia para eliminar las impurezas más groseras, semillas, residuos vegetales, insectos, piedra, palos, piedras, objetos metálicos, polvo y partículas ferrosas. El sistema está formado por zarandas, tamizador e electroimanes. El producto antes de ser almacenado debe tener menos del 15 por ciento de impurezas con respecto al por ciento de impurezas inicial.

Limpieza del trigo: El proceso inicia desde la salida del trigo sucio de los silos, donde es pesado por una báscula automática y se envía a una separadora -aspiradora que elimina las impurezas que difieren del diámetro del grano de trigo por medio de tamices ligeramente inclinados y con un movimiento de vaivén, el polvo se elimina por aspiración y una tarara vertical de aspiración

que separa impurezas ligeras mediante un flujo de aire a velocidad creciente y regulable. Luego, los granos atraviesan dispositivos magnéticos, que retienen las partículas ferromagnéticas y se realiza la clasificación para separar el trigo de las impurezas que tienen igual diámetro, pero diferente longitud, por medio de tamices.

Acondicionamiento del trigo: El acondicionamiento tiene como fin distribuir de manera uniforme el agua sobre la superficie del grano, para lograr que el agua penetre a través del endospermo y facilite su desprendimiento y reducir las posibilidades de pulverización del salvado. Al finalizar el proceso, el grano reposa de 12 a 36 horas dependiendo de las características del trigo: tipo, dureza, humedad deseada en la harina, tipo de mezcla de trigo si lo hubo.

II Limpieza del trigo: La segunda limpieza elimina las impurezas que puedan quedar de la primera limpieza polvo, paja, elementos ferrosos, etc., una vez remojado el trigo donde ha alcanzado la humedad deseada pasa a las cepilladoras a través del elevador de cangilones. El producto a la salida de esta operación debe tener 10 por ciento o menos de impurezas con respecto al por ciento de impurezas del trigo sucio.

Separación de partículas ferromagnéticas: Eliminar las partículas ferrosas que puedan estar presentes en el trigo.

Molienda: El proceso de molienda tiene por objeto separar el endospermo del salvado y el germen y reducirlo a sémola o harina, la cual es regulada a través de una sucesión de operaciones compuesta por trituraciones, clasificaciones y un grupo de bancos que reducen el tamaño del endospermo mediante molinos de rodillos que erosionan, y Trituran el grano, siendo esta acción diferente sobre el endospermo, el salvado y el germen, lo que permite su separación por medio de tamices. En este evento se obtienen productos intermedios (sémolas) y productos finales (harina y subproducto).

Cernido: En el cernido se clasifica el producto según el tamaño de las partículas mediante tamices de telas cernidoras o planchister que separan las sémolas, semolinas y harina de los productos provenientes de los bancos de cilindros para ser clasificados destinados a los sadores y

a los bancos de cilindros a base de la granulometría de las partículas seleccionando el producto molido por acción combinada de tamizado y soplaje.

Desinsectación: Se emplea para destruir los insectos y sus larvas o huevos que podrían estar en los productos derivados de la molienda, previendo la contaminación entomológica. Esta máquina se utiliza instalado en una línea de transporte neumático formada por una cámara circular en la que gira un rotor ensamblado al eje del motor.

Almacenamiento de sémola, harina: En las tolvas se almacena la sémola y sus mezclas con harina.

Mezclado: Las mezclas de sémola y harina se realizan en una tolva dosificada de forma automática y con mezcladores de paletas.

Empaque: Efectuar el ensacado de la sémola y/o mezclas con la harina en envases de polietileno de 50kg de capacidad.

Esta sémola y/o sus mezclas pasan a ser la materia prima en el proceso de obtención de la pasta alimenticia, el cual se muestra en el diagrama de flujo desarrollado en la figura 3.3.

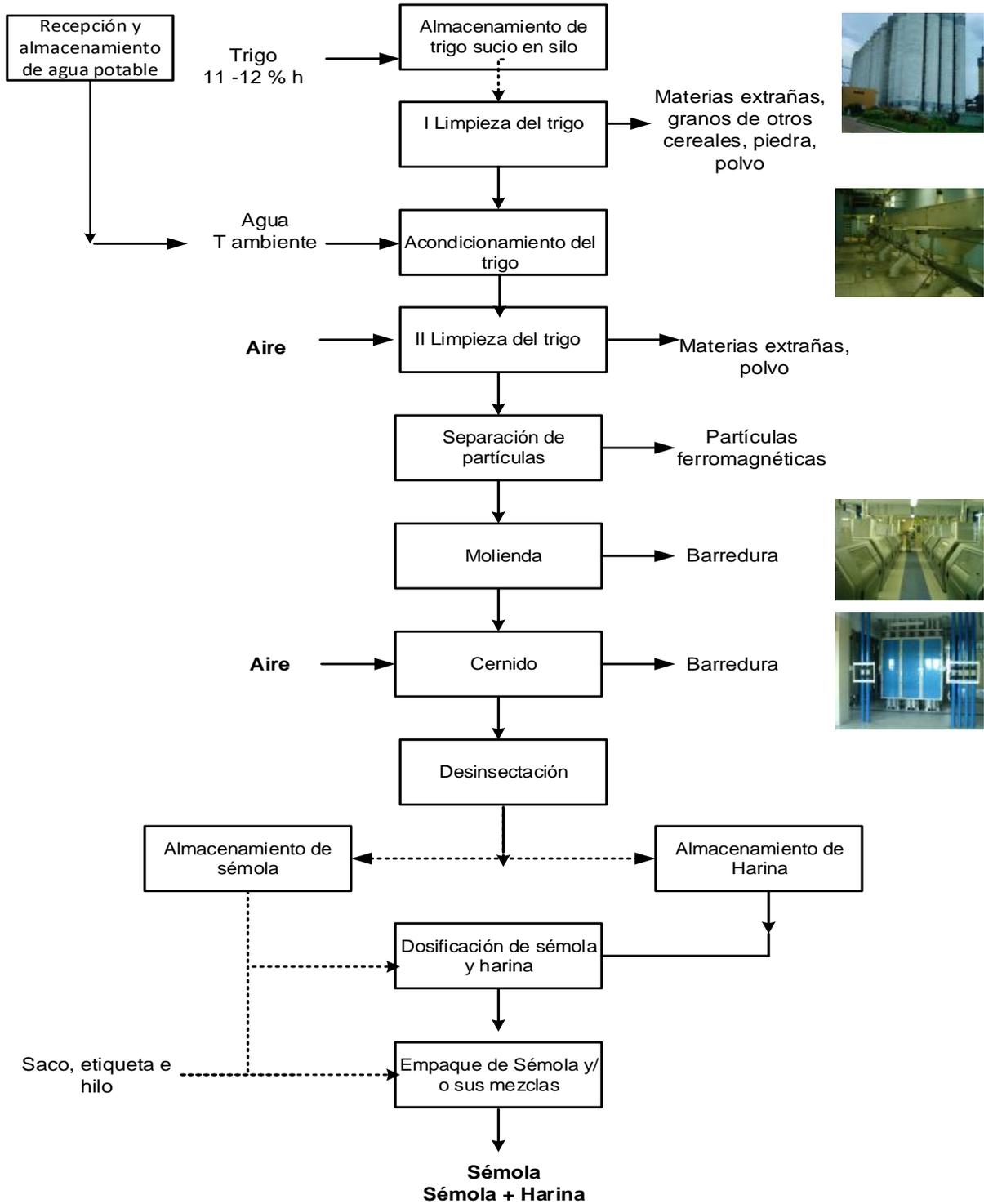


Figura 3.1 Diagrama de bloque para la obtención de sémola y sus mezclas.

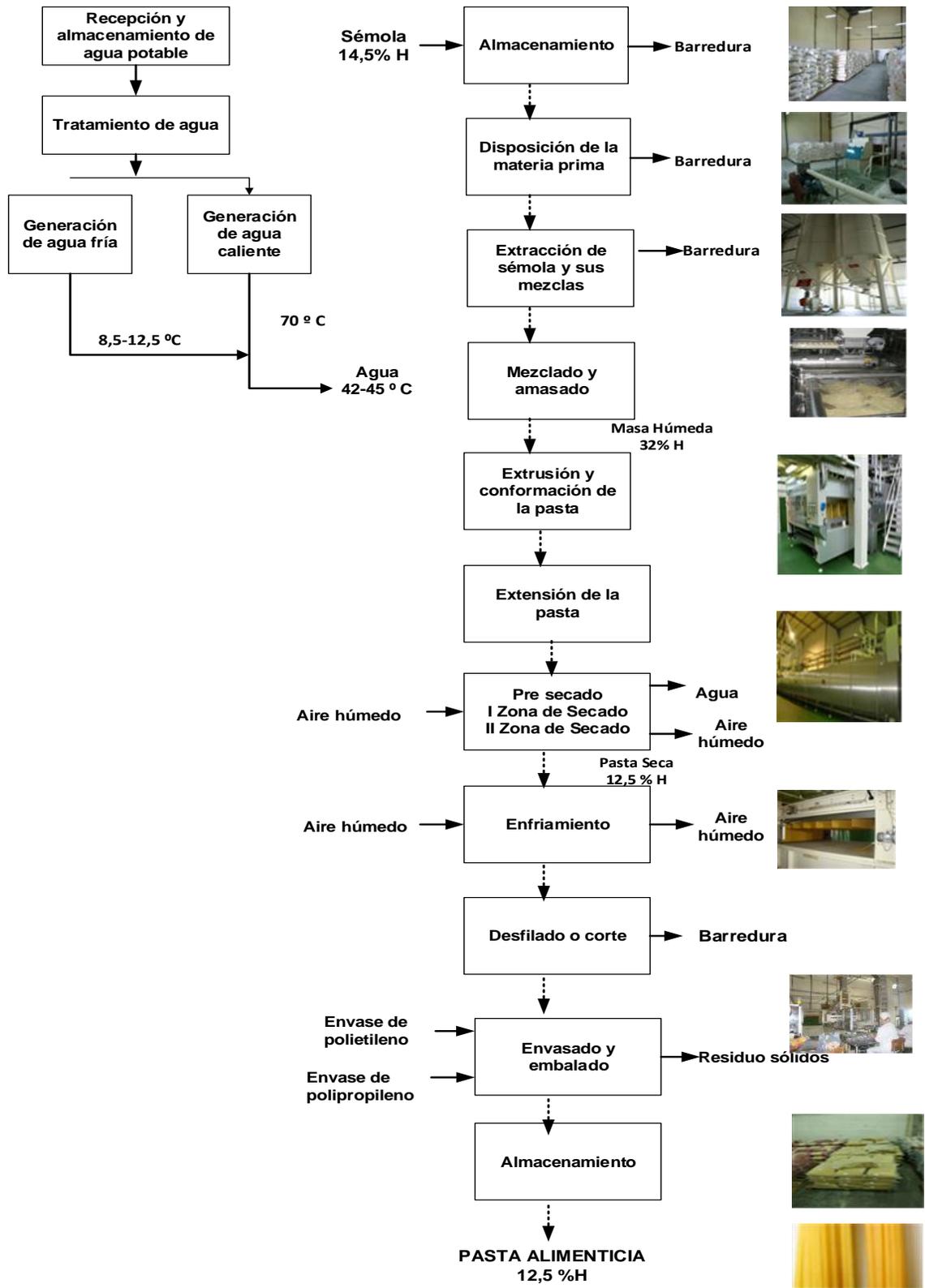


Figura 3.2 Diagrama de bloque del proceso de obtención de pastas alimenticias.

3.1.3.2 Proceso de obtención de pasta

La producción de pasta sigue un proceso común independiente del tipo a elaborar, que puede ser espaguetis, bucatini o cabello de ángel, solo cambia la formulación y la forma del producto.

Recepción y almacenamiento de la materia prima: En esta fase se almacena la materia prima que se recibe en sacos de 50 kg hasta su utilización. La sémola se almacenan en los silos, su disposición puede ser de dos formas: a partir de sacos o a granel, en el primer caso se voltean los sacos al sistema de caja de carga compuesto por filtro y aspirador para el polvo, compresor para el flujo de aire que lleva la sémola a los silos, separador de materias extrañas (hilos de costura y etiquetas) e imán para separar las partículas ferromagnéticas y la a granel llega en camiones tolvas descargándose mediante transporte neumático al silo que posee un filtro y un aspirador.

Extracción de la materia prima: Se extrae la materia prima de los silos hasta la tolva, los equipos que componen el sistema son el extractor vibrador: proporciona vibración para que la sémola baje por gravedad, el imán que separa partículas ferromagnéticas y el separador de materias extrañas.

Mezclado y amasado: El objetivo es lograr la pastificación, la materia prima viaja de los silos al mezclador de sémola y agua atemperada entre 42-45 °C, que se logra mezclando agua caliente a 70 °C y agua fría en el sistema de dosificación de agua donde la hidratación debe ser homogénea, en el pre mezclador ocurre un rápido mezclado y en la tina amasadora donde el empaste cae por gravedad y se produce su completa homogenización el proceso ocurre al vacío, $p < 7,9 \cdot 10^4$ Pa para evitar la oxidación enzimática de los pigmentos de la sémola. La masa se forma en un tiempo de 12 a 14 minutos.

Extrusión y conformación: La masa ingresa a la unidad de extrusión, sufriendo una compresión a presiones de (120-140). 10^5 Pa. El sistema de compresión está situado en la parte central e inferior de la tina de distribución y longitudinal a la dirección del flujo de la pasta, termina acoplado a un cabezal que mantiene temperaturas de 45-48 °C. El cabezal del tornillo sinfín mantiene temperaturas de 30-32 °C y fuerza el paso de la pasta su paso a través de los moldes que le otorga la forma final al producto.

Extensión: En este proceso la pasta formada se tiende sobre varillas y se le realiza un corte en la parte inferior, previo al secado para uniformar la longitud, el recorte obtenido se retorna a la tina amasadora para ser reprocesado.

Secado: El secador reduce progresivamente el agua de la pasta, mediante la circulación de aire caliente y extracción de aire húmeda en las diferentes zonas del túnel de secado, el mismo está dividido en tres zonas y a su vez en siete centrales de ventilación.

Pre secado: La pasta pierde dos tercios del agua, elimina entre el 60 -70 % del agua de amasado, por lo que se reducen los valores de humedad de 30% a un 13 o 15 %, en un tiempo de una hora y 20 minutos, el gradiente de temperatura y humedad en las centrales es ascendente, comportándose de 61- 84 °C y 75 - 88 % de humedad respectivamente.

Primera zona de secado: la pasta pasa de humedades entre 13-15 % a 12- 14 %. En estas etapas sucede una serie de equilibrios de revenimiento y secado, donde la humedad residual se difunde en toda la masa y es ventilada nuevamente para su secado exterior y así sucesivamente durante su paso a través del túnel de secado. El gradiente de temperatura y humedad es descendente en valores de 79 – 76 °C y de 82- 80 % humedad.

Segunda zona de secado: En esta se concluye la estabilización y secado del producto, hasta obtener un 11,5 a 12,5 % de humedad en el producto. Los valores de temperatura y humedad se mantienen prácticamente constantes, con ligero descenso de la temperatura 73 °C y 80 % de humedad.

Enfriamiento: En esta etapa la pasta es enfriada mediante un flujo de aire frío que se logra circulando a través de dos radiadores agua fría (12-15°C), ubicados a ambos lados del enfriadero, el túnel posee dos centrales de ventilación cada una dotada de cuatro ventiladores axiales que circulan el aire a través de la pasta. La zona de enfriamiento es el elemento final donde la pasta es enfriada a 28 °C. El tiempo de estadía de la pasta en esta zona es de 30 minutos.

Desfiladero o corte: Aquí se realiza el corte de la pasta según las dimensiones predeterminadas. La destiladora-sierra tiene la función de quitar la pasta que cuelga de las cañas. El sistema está compuesto por tres discos de cortes inferiores, que en su movimiento circular corta la pasta a una

longitud de 260 mm y el soplador de polvo, compuesto por un ventilador centrífugo con un conducto de aire y dos toberas para la distribución del aire, para soplar el polvo residual del corte y dejarlo caer junto al residuo de los cortes por el embudo, para su posterior envasado.

Envasado: El envasado consta de un dispositivo para la dosificación, control y corrección del peso. La empaquetadora recibe el producto por caída desde las cubetas del dosificador, el proceso comienza cuando el producto es empujando a través del tubo formador, dentro de la envoltura, el paquete es conformado, sellado y arrastrado al exterior de la máquina. Los pesos comunes son de 400, 500 y 1 000 gramos, con una capacidad máxima de 60 operaciones por minutos. Ambas máquinas trabajan a diferentes velocidades: alta, media y baja envasando 64, 55 y 45 paquetes/minuto respectivamente, los paquetes son embalados en bolsas de 16 kg con 40 paquetes, bolsas de 14 kg con 32 paquetes.

Almacenamiento del producto terminado: El objetivo de esta operación es almacenar el producto terminado, sobre pallet a 60 cm de separación de la pared hasta su extracción para la distribución.

Sistemas auxiliares del proceso

Tratamiento de agua: El agua tratada se utiliza como agente de intercambio térmico y como materia prima para la producción. Los equipos son los filtros mecánicos y catiónicos, el agua suave se acumula en un recipiente de donde la bomba alimenta al sistema de agua fría y caliente.

Generación de agua caliente: Se cuenta con una caldera de tubo de fuego central y quemador, con un consumo de 77 kg/h, la presión de trabajo es a $6,4 \cdot 10^5$ Pa. y en circuito cerrado con agua tratada con dureza inferior 100 ppm alcanzado temperaturas entre 130 -140 °C. El agua es recirculada por una bomba de capacidad 4 m³/h.

Generación de agua fría: En esta fase se obtiene el agua fría para varias etapas, a través de un intercambiador de calor que en su interior posee un radiador y cuatro ventiladores de 1750 rpm, este usa como medio refrigerante R-142 A del grupo II, con capacidad de 182 m³/h y disminuye la temperatura a 12,5 °C esta es recirculada del tanque de almacenamiento, una vez estabilizado el proceso, se logran temperaturas de 8,5-9,5 °C.

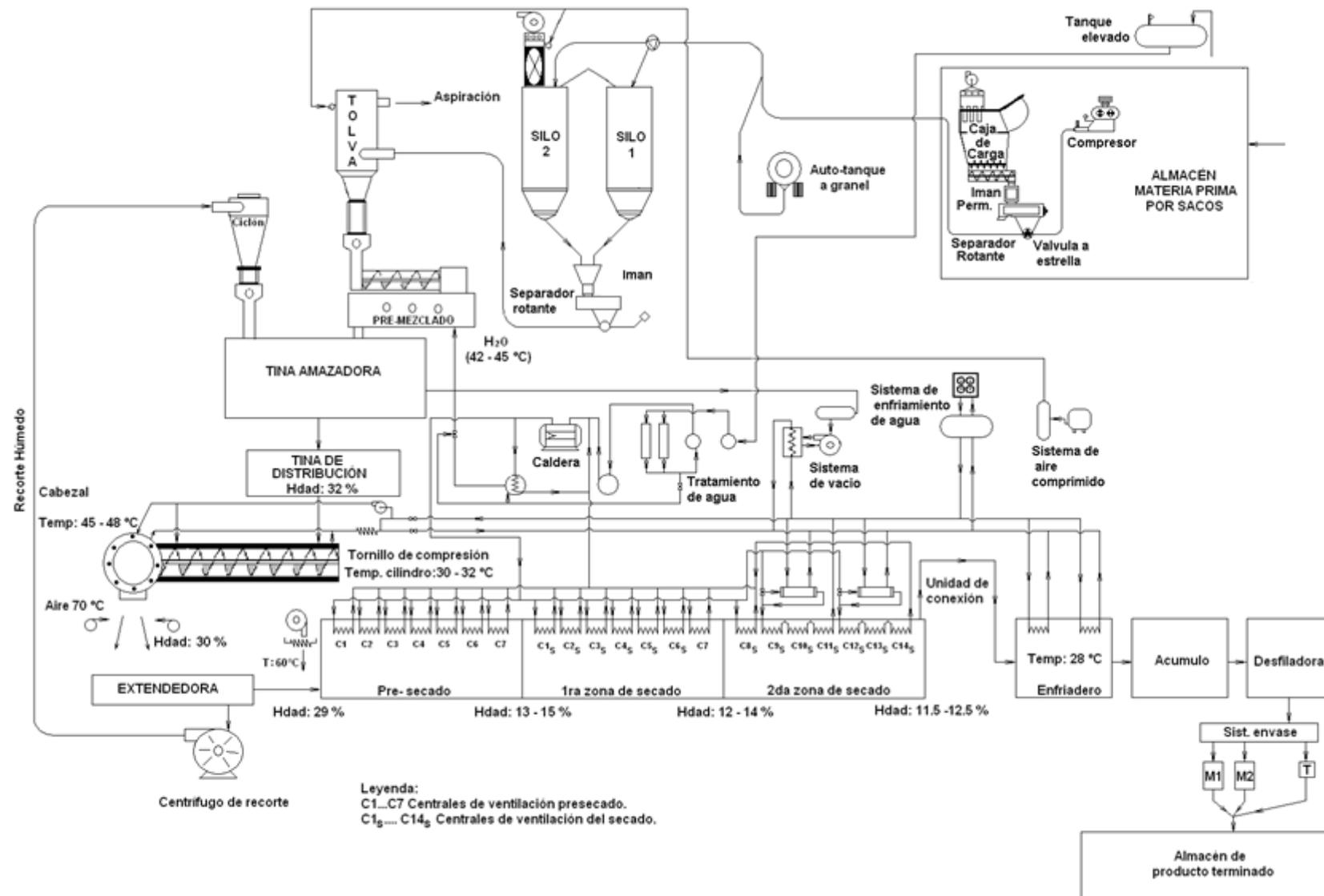


Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso tecnológico de obtención de pasta alimenticia, en la fábrica “Marta Abreu” de Cienfuegos.

3.1.3.3 Proceso de obtención de pasta alimenticia cocida

Preparación del agua

El objetivo de esta etapa es acondicionar el agua para la posterior cocción de la pasta, la misma debe calentarse hasta temperatura de 100 °C.

Elaboración de la pasta alimenticia.

La elaboración de la pasta consiste en la cocción de la misma, adicionándola al agua, se cocina la pasta en agua hirviendo, un litro de agua por cada 100 gramos de pasta por un tiempo de 12 minutos. Culminado el tiempo se procede a escurrir el producto, obteniéndose una pasta cocida al denté.

A continuación se muestra un diagrama general del proceso de obtención de pasta alimenticia cocida, figura 3.4.

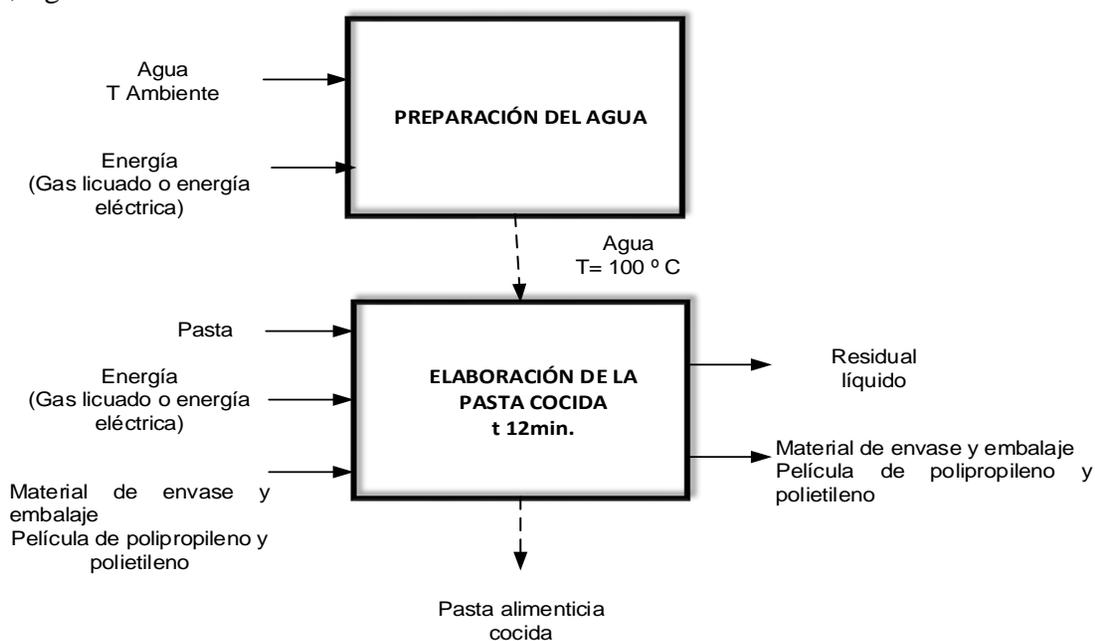


Figura 3.4 Proceso de la elaboración de la pasta.

3.1.4 Selección de la unidad funcional

La unidad funcional, que es la base a la que se refieren los cálculos es 1,6 t de pasta alimenticia cocida.

3.1.5 Establecimiento de los límites del sistema

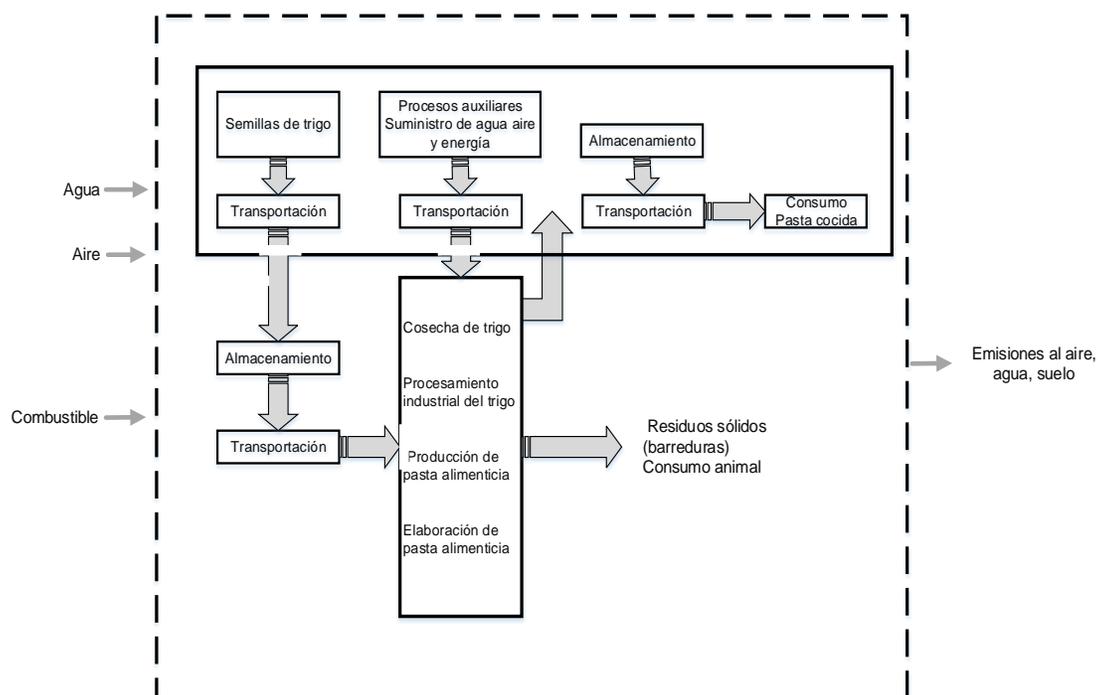


Figura 3.5 Límites del sistema de pastas alimenticias.

En esta etapa de la metodología se identifican las principales entradas, salidas y emisiones asociadas al sistema de producto, como aspecto novedoso se incluye la identificación de los peligros de cada una de las materias primas y fases del proceso que puedan afectar la inocuidad. Los peligros identificados se relacionan en las tablas 3.4, 3.5 y 3.6 para cada sistema de producto respectivamente.

Proceso de obtención de sémola:

Consumo de energía: En el proceso se considera el consumo de combustible diésel para la generación de energía eléctrica que se consume en los equipos tecnológicos.

Emisiones al aire: Las emisiones que se producen son de polvo de trigo y harina, este es emitido cuando se produce la descarga al silo, trasladado hasta la industria, en las etapas de limpieza y molienda, en la industria se cuenta con ciclones para la recogida del material particulado.

Consumo de agua: El mayor consumo de agua está dado en la etapa de acondicionamiento o del grano, para la posterior molienda.

Desechos y subproductos: Los desechos y subproductos son el polvo, harina y otros productos intermedios, considerados como productos evitados (barredura), ya que estos pueden ser usados en la alimentación animal.

Ruidos: El ruido aparece como un factor de riesgo, se obtiene que el nivel diario equivalente o el nivel pico supera los 90 dB y 140 dB.

Proceso de obtención de pastas alimenticias:

Emisiones al aire: Son en forma de polvo y aerosoles, etapas de descargue de la materia prima.

Consumo de energía: Consumo de diésel para la transportación de la materia prima (harina, sémola o sus mezclas). Para su procesamiento es necesario un gran consumo de energía eléctrica.

Consumo de agua: El agua consumida en el proceso es para formar la pasta húmeda y además es utilizada para la limpieza en las áreas de aseo personal, comedores.

Descarga de efluentes: Las líneas no generan aguas residuales. Dentro de la industria el residual líquido es el proveniente de los baños, comedores.

Desechos y subproductos: Los desechos sólidos generados son el 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 fundamentalmente en el área de operación de prensa y de equipos auxiliares donde los niveles de ruido son superiores a 82 dB de manera persistente.

Proceso de obtención de pastas alimenticias cocida:

Consumo de agua: Para conseguir un plato de pasta "al denté", se cocina la pasta en agua hirviendo, un litro de agua por cada 100 gramos de pasta.

Consumo de energía: La energía eléctrica necesaria para la cocción.

Residual líquido: Culminado el proceso de cocción se escurre la pasta, siendo este el residual líquido del proceso.

Residuos sólidos: Se desecha el material del envase.

Tabla 3.4 Identificación de peligros en el proceso de sémolas y harinas.

Ingrediente/ Fase del proceso	Identifique peligros potenciales introducidos, controlados o aumentados en este paso.
Trigo	F: Presencia de materias extrañas del lugar de origen
	Q: Presencia de residuos de plaguicidas por encima de los límites máximos permisibles.
	Q: Presencia de micotoxinas, por encima de los límites máximos permisibles.
Agua	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.
	M: Presencia de microorganismos.
Hilo	No se identifican peligros.
Sacos	No se identifican peligros
Almacenamiento de trigo	F: Presencia de materias extrañas
	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la aplicación de fumigación.
I Limpieza	F: persistencia de materias extrañas (ferrosa y no ferrosa).
Acondicionamiento del trigo	No se identifican peligros
II Limpieza	F: persistencia de materias extrañas
Separación de partículas ferrosas	F: persistencia de materias ferrosas.
Molienda	No se identifican peligros
Cernido	No se identifican peligros
Desinsectación	M: Supervivencia de insectos y sus larvas o huevos
Almacenamiento de harina	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la aplicación de fumigación.
Almacenamiento de sémola	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la aplicación de fumigación.
Mezclas	No se identifican peligros
Empaque	No se identifican peligros

Tabla 3.5 Identificación de peligros en el proceso de obtención de pastas alimenticias.

Ingrediente/ Fase del proceso	Identifique Peligros potenciales Introducidos, controlados o aumentados en este paso.
Sémola de Trigo Harina de trigo y mezclas.	F: Presencia de hilos, madera, materias extrañas y partículas ferro– magnéticas.
	Q: Presencia de residuos de plaguicidas por encima de los niveles máximos permisibles.
	M: Presencia de Hongos y plagas.
Agua.	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.
	M: Presencia de microorganismos.
Película Polipropileno	F: Presencia de polvo y tierra.
	Q: Presencia de contaminantes en la película de envase.
Bolsa de Polietileno	F: Presencia de polvo y tierra.
	Q: Presencia de contaminantes en la película de envase.
Almacenamiento de sémola, harina y mezclas	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles.
	M: Contaminación con hongos.
Disposición de la materia prima	F: Persistencia de madera, hilos y papel.
Extracción de la materia prima.	F: Persistencia de partículas ferromagnéticas
Generación de agua caliente, agua fría, generación de aire comprimido.	No se identifican peligros.
Mezclado y amasado	No se identifican peligros.
Extrusión y conformación de la pasta	No se identifican peligros.
Fase extendedora	No se identifican peligros.
Secado	M: Supervivencia de hongos.
Zona de enfriamiento	No se identifican peligros.
Acumulo-Desfiladora	No se identifican peligros.
Envasado	No se identifican peligros.
Almacenamiento producto terminado	No se identifican peligros, se cumplen las buenas prácticas de higiene, y las condiciones de almacenamiento para el producto, NC 492:2014.
Transportación	No se identifican peligros, se cumplen las buenas prácticas de higiene, y las condiciones de transportación para el producto NC 454:2014.

Tabla 3.6 Identificación de peligros en el proceso obtención de cocción de pasta alimenticia.

Ingrediente/ Fase del proceso	Identifique peligros potenciales introducidos, controlados o aumentados en este paso.
Pasta alimenticia cruda	M: Presencia de plagas.
Agua	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.
	M: Presencia de microorganismos.
Cloruro de sodio (sal común)	F: Presencia de materias extrañas.
	Q: Presencia de contaminantes químicos.
Preparación del agua	No se identifican peligros.
Cocción	No se identifican peligros.
Ecurrido	No se identifican peligros.

F: Físico Q: Químico M: Microbiológico

3.1.5.1 Evaluación cualitativa del riesgo

El cálculo del índice de criticidad o riesgo, está basado en el criterio de los expertos seleccionados (siete), que evalúan el nivel de significancia de los peligros identificados en cada uno de los procesos, es decir aquí es donde se realiza la evaluación del riesgo teniendo en cuenta la probabilidad y la severidad, de acuerdo a la matriz propuesta en el epígrafe 2.2.5 tabla 2.3 y la ecuación 2.1.

Los resultados obtenidos de la evaluación del riesgo por el grupo de expertos seleccionados se presentan en las tablas 3.7, 3.8 y 3.9 del anexo 7, correspondientes a cada uno de los procesos del sistema de producto, producción de sémolas y sus mezclas, producción de pastas alimenticias y cocción de las pastas, respectivamente. Con el objetivo de demostrar si es confiable el criterio de los expertos, este método se combina con el coeficiente de Kendall (w) y la prueba de hipótesis correspondiente, y se evalúa el coeficiente de competencia, así como la confiabilidad, anexo 8, en todos los casos da como resultado que el **Juicio es consistente**, rechazando la hipótesis nula H_0 por lo que se aceptan los resultados del grupo de expertos para la evaluación.

Los resultados del índice de criticidad se resumen en la tabla 3.10, a partir de lo cual y según los criterios definidos en el epígrafe 2.2.5, se escogen los riesgos significativos asociados a la falta de inocuidad.

Tabla 3.10 Índice de criticidad de los peligros identificados.

Materia prima/ etapas de proceso	Peligro	IC
Proceso de obtención de sémola		
Trigo	F: Presencia de materias extrañas del lugar de origen.	18
	Q: Presencia de residuos de plaguicidas por encima de los límites máximos permisibles.	22,7
	Q: Presencia de micotoxinas, por encima de los límites máximos permisibles.	22,2
	Q: Presencia de contaminantes metálicos	23,1
	M: Presencia de hongos filamentosos	27
Agua	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.	14,7
	M: Presencia de microorganismos.	18,2
Almacenamiento de trigo	F: Presencia de materias extrañas	19,1
	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la aplicación de fumigación.	17,4
I Limpieza	F: Persistencia de materias extrañas (ferrosa y no ferrosa).	17,1
II Limpieza	F: Persistencia de materias extrañas.	27,4
Separación de partículas ferrosas	F: Persistencia de materias ferrosas.	34,8
Desinsectación	M: Supervivencia de insectos y sus larvas o huevos	16,7
Almacenamiento de harina	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la aplicación de fumigación.	18,7
Almacenamiento de sémola	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la aplicación de fumigación.	18,7
Proceso de obtención de pasta alimenticia		
Sémola, harina y mezclas	M: Presencia de hongo	27,4
	F: Presencia de hilos, madera, materias extrañas y/o partículas ferromagnéticas	21,2

	Q: Presencia de residuos de plaguicidas y contaminantes metálicos por encima de los niveles máximos permisibles.	22,28
Agua	F: Presencia de partículas y/o materias orgánicas.	8,57
	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.	17,4
	M: Presencia de microorganismos.	18
Película litografiada de Polipropileno	F: Presencia de polvo y tierra.	11,5
	Q: Presencia de contaminantes en la película de envase.	18,2
Almacenamiento de Sémola Harina y mezclas.	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la aplicación de fumigación.	17,4
	M: Contaminación con hongos.	14
Disposición de la materia prima.	F- Persistencia de madera, hilo y papel.	21,4
Extracción de la materia prima.	F- Persistencia de partículas ferromagnéticas	34
Secado	M: supervivencia de hongos	34,2
Proceso de cocción de pastas alimenticia		
Pasta alimenticia cruda	M: Presencia de plagas.	18
Agua	F: Presencia de partículas y/o materias orgánicas.	8,57
	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.	17,4
	M: Presencia de microorganismos.	18
Cloruro de sodio (sal común)	F: Presencia materias extrañas	11,57
	Q: Presencia contaminantes químicos	16,7

3.1.5.2 Determinación de los PCC

Una vez determinado el índice de criticidad, si se alcanza un valor igual o mayor de 20 puntos se procede a aplicar el árbol de decisiones anexo 4, los resultados alcanzados se muestran en la tabla 3.11, determinándose como PCC, en el proceso de obtención de sémola y sus mezclas, el trigo como materia prima y la etapa de segunda limpieza; en el proceso de obtención de pasta alimenticia están como PCC la sémola y sus mezclas, la etapa de disposición, la etapa de extracción y secado, etapas en las cuales se controla algún peligro ya sea físico, químico o microbiológico para obtener un producto inocuo.

Tabla 3.11 Determinación de los puntos críticos de control.

Ingrediente / Etapa	Peligro	P1	P2	P3	P4	PCC
Trigo	Q: Presencia de residuos de plaguicidas por encima de los límites máximos permisibles.	si	No	si	no	si
	Q: Presencia de micotoxinas, por encima de los límites máximos permisibles.	si	No	si	no	si
	Q: Presencia de contaminantes metálicos	si	Si	-	-	si
	M: Presencia de hongos filamentosos	si	Si	-	-	si
II Limpieza del trigo	F: Persistencia de materias extrañas	si	Si	-	-	si
Sémola de Trigo, harina y mezclas	F - Presencia de materias extrañas y partículas ferro-magnéticas.	si	No	no	-	no
	Q - Presencia de residuos de plaguicidas y contaminantes metálicos por encima de los niveles máximos permisibles.	si	Si		-	si
	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
Secado	M: Supervivencia de hongos	si	No	si	no	si

3.1.6 Establecimiento de las reglas de asignación

En este proceso no se aplican reglas de asignación pues el producto final es clasificado como pastas largas, la variabilidad solo depende de la formulación y el diámetro del producto.

3.1.7 Categorías de impacto/ selección de la metodología/ interpretación

Para el estudio del ACV se utilizará el programa Sima Pro 8.1 las categorías de impacto a evaluar son las especificadas en el método ReCiPe que tiene en cuenta 18 categorías de impacto y tres de

daños, incluyendo las categorías falta de inocuidad alimentaria relacionada con los peligros físicos, químicos y microbiológicos según los modelos propuestos en esta investigación y que se explican en epígrafe. 2.2.5 del capítulo II.

3.1.8 Suposiciones y limitaciones

Las suposiciones realizadas en el estudio, están relacionadas con el inventario de los flujos de entradas y salidas para los balances de masa y cuantificación de emisiones gaseosas, las cuales se detallan a continuación:

- Los datos de inventario del trigo (materia prima importada) se toman de la base de datos Ecoinvent.
- Los plaguicidas cuantificados (Permetrin y Cipermetrin), que constituyen información para evaluar las categorías relacionadas con la falta de inocuidad no son consideradas como sustancias que constituyen emisiones al suelo, agua o aire, en la evaluación realizada con ReCiPe, para evitar la doble cuantificación de este flujo en las categorías de impacto.
- Para las emisiones referidas a los gases de la combustión de la caldera para procesos de pastificación, se asumen los datos reportados por la EPA.
- Los porcentos de pérdidas se asumen, realizando pesadas aleatorias y por diferencias de peso y teniendo en cuenta los datos recomendados por Bühler, 2011, especificaciones de las líneas productoras de pastas marca PAVAN, por lo que se asumen los siguientes porcentos cinco (5) en el mezclado y amasado, 1,5 en el corte o desfiladero y 0,1 en el envasado.
- Se considera que el porcentaje de humedad de la pasta es como promedio 12,5; el de la sémola 14 y el agua a adicionar para las pastas largas de 1,75 mm con formulación de materia prima 70/30 es de 28,1 porcentaje del peso de la materia prima y las variables operacionales correspondiente a la mezcla 70/30.
- En los últimos años 2013 -2015 el rendimiento industrial del molinado se comporta en un 78 porcentaje.
- El porcentaje de agua absorbida en la cocción es 160 % de la masa de pasta sin cocer.

- Se asume la cocción de la pasta con electricidad, cocina eléctrica de uso doméstico.
- Las limitaciones del estudio están dadas por la no cuantificación de los residuos sólidos (material de envase desechado).

3.1.9 Requisitos de calidad de los datos

- **Tiempo:** Los datos utilizados en el estudio corresponden al período 2014-2015 para el proceso de obtención de la sémola y sus mezclas y las pastas alimenticias 2015-2016.
- **Cobertura geográfica:** El producto elaborado en la fábrica tomada para el caso de estudio es distribuido en la red de comercio de la región central de Cuba, por lo que en su mayoría es consumido en esta región, sin embargo la materia prima fundamental (sémola) es producido en la región occidental, esta industria elabora la sémola y sus mezclas para todas las fabricas productoras de pastas del país, perteneciente a la unión Molinera de Cuba.
- **Tecnología:** Las tecnología referidas a los procesos de obtención de sémola y pastas alimenticias se catalogan como promedio para las condiciones actuales de Cuba, la industria productora de sémola data del 2007, con una combinación de tecnología Italiana (Ocrim) en el área de cernido del año 2012 y la productora de pasta del 2008 de origen italiana marca PAVAN, su equipamiento está en buen estado y no ha sido modificado ni adaptado con variantes en su flujo de proceso, los procesos se describieron en el acápite 3.2.
- **Precisión:** Los datos utilizados son datos promedios de las industrias productoras y son tomados de los reportes del control de la producción y las variables operacionales según los controles de inspección de la recepción y calidad de las materias primas y materiales, así como de la inspección para el control de la calidad del proceso tecnológico.
- **Integridad:** Los flujos de referencia abarcan todas las entradas y salidas definidas por los límites del sistema, verificado in situ según los diagramas de bloques presentados.
- **Representatividad:** Los datos relacionados con la etapa agrícola o cosecha del trigo fueron asumidos para el ACV de la base de datos del software SimaPro 8.1, la información referida a las industrias Molinera IMSA y fábrica de pastas Marta Abreu, son datos reales así como los

resultados de ensayos a los productos, son resultados promedios tomados de los reportes de producción y evaluación de la calidad de las materias primas y productos terminados de cada una de las industrias estos datos reflejan la situación real. Si es un proceso específico, promedio de procesos con salidas similares, promedio de los proveedores o calculo teórico.

- **Coherencia:** La metodología ACV fue aplicada en todas las fases del sistema de estudio, según el alcance previsto, siendo coherente con los procesos identificados.
- **Reproducibilidad:** La metodología, los modelos de caracterización y métodos de cálculos usados para el ACV, pueden ser aplicables a procesos similares de obtención de pasta alimenticias u otros proceso dentro de la cadena alimentaria.
- **Fuentes de información:** Balances de materiales, utilizando los datos promedios de los reportes de la producción, la inspección y control de la calidad del proceso, productos en proceso y el producto terminado de la industria.
- ✓ Resultados de ensayos realizados en el (CNICA) Centro Nacional de Inspección de la calidad Villa Clara. (Resultados microbiológicos de los lotes de sémola).
- ✓ Resultados de los ensayos del laboratorio de Cuba Control y INHA Instituto Nacional de Higiene de los Alimentos (residuos de plaguicidas).
- ✓ Resultados de ensayos realizados en los laboratorios de las fábricas, humedad.
- ✓ Datos de referencias de emisiones de la EPA.
- ✓ Se considera que las fuentes de información son confiables y los resultados de los ensayos a materias primas, productos en proceso y productos terminados pueden ser usados para la toma de decisiones y cálculos de los flujos tecnológicos.
- **Incertidumbre de la información:** Los datos alcanzados son datos promedios de los procesos del sistema de producto, tomados de los reportes de producción, inspección de la calidad y evaluación de la conformidad de los lotes producidos, con sus correspondientes incertidumbres en los resultados de ensayos y las mediciones de cada variable operacional. Se toman valores de DLx50, dosis letal media, estimadas para las sustancias equivalentes referidas a cada categoría de punto medio (Ladrón 1995, Henao, 2007).

3.2 FASE II: Inventario del ciclo de vida

El análisis de inventario para esta metodología incluye la cuantificación de los peligros significativos que se relacionaron en las tablas 3.4, 3.5 y 3.6 peligros que puedan afectar la inocuidad del producto final y tengan influencia en la pérdida de años de vida.

3.2.1 Recopilación de datos

La obtención de los datos del inventario ha sido mediante, balances de materiales y datos históricos de la industria, tomando como base la formulación y variables operacionales del producto espaguetis 70/30 (70% sémola y 30% harina) que constituye el 90 % de la producción de la fábrica, anexo 9. El sistema del producto se ha dividido en los siguientes procesos: cosecha del trigo, obtención de la sémola y sus mezclas, obtención de la pasta alimenticia y elaboración del producto para obtener la pasta cocida lista para el consumo. Se asume como base una tonelada de pasta alimenticia sin cocinar.

Balance de materiales en el proceso de obtención de pasta

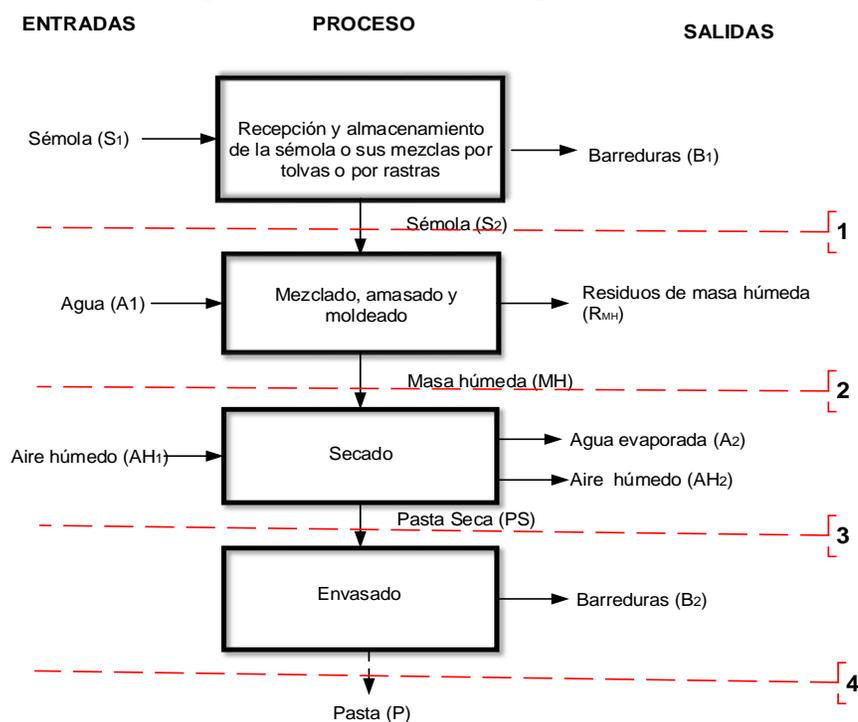


Figura 3.6 Etapas del proceso de pastificación.

Tabla 3.12 Balance de materiales en el proceso de obtención de pasta.

<i>Datos</i>	<i>Ecuaciones</i>	<i>Resultados</i>
Balance Etapa 4: P=1t Base de cálculo B2=% de pérdidas 0,1 % envasado y 1,5 % etapa de corte	$PS = P + B2$ Ec 3.1	PS = 1,016 t
Balance etapa 3: %hMH = 32 %hPS = 12,5	$MH + AH1 = PS + AH2 + A2$ Ec 3.2 $PS * (100 - \%hPS) = MH * (100 - \%hMH)$ Ec 3.3 $MH = PS * \frac{100 - \%hPS}{100 - \%hMH}$	MH = 1,31 t A2 = 0,294 t
Balance etapa 2: A = 28,1% * S2 RMH = 0,05 * S2	$S2 + A = MH + RMH$ Ec 3.4	S2 = 1,06 t A = 0,297 t
Balance etapa 1: B1 = 1,5%	$S1 = S2 + B1$ Ec 3.5	S1 = 1,07 t

Balance de materiales en el proceso de obtención de sémola

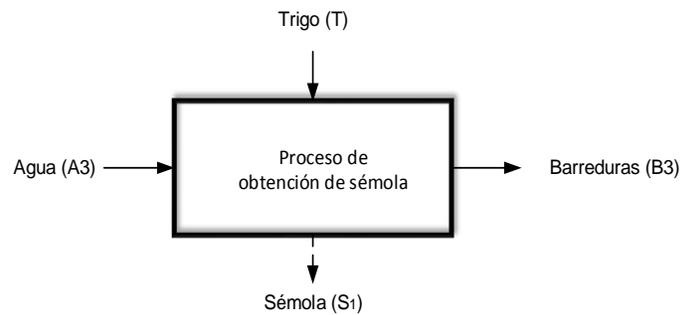


Figura 3.7 Proceso simplificado para la obtención de sémola.

Tabla 3.13 Balance de materiales en el proceso de obtención de sémola.

<i>Datos</i>	<i>Ecuaciones</i>	<i>Resultados</i>
Rend. industrial = $S1/T$ T = 1,37 t	$T + A3 = S1 + B3$ Ec 3.6 $A3 = S1 + B3 - T$ Ec 3.7	A3 = 0,15 t

Balance de materiales en el proceso de cocción de la pasta alimenticia

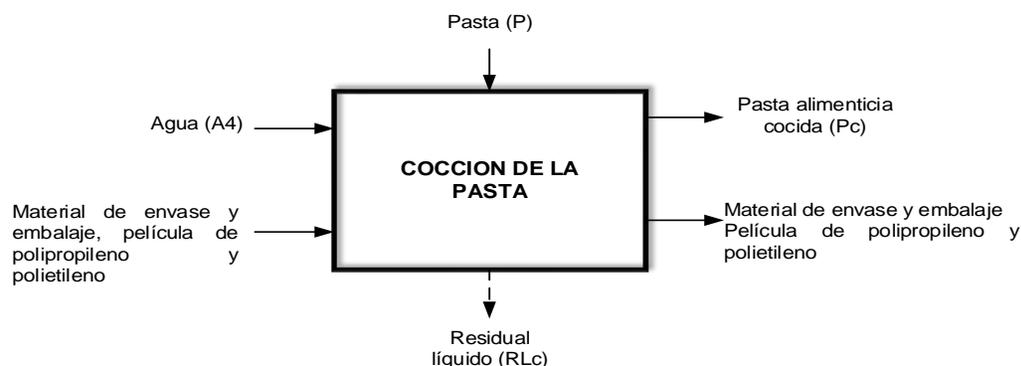


Figura 3.8 Obtención de la pasta cocida.

Para la cocción de la pasta se utiliza cada 100g un litro de agua, por tanto $Pc = 1,6 t$

El proceso agrícola se asume de la base de datos Ecoinvent. Las figuras 3.6, 3.7 y 3.8 muestran los procesos ya mencionados con las variables consideradas en los balances de materiales. Los datos inventariados se agrupan en la tabla 3.14, modelo propuesto para compilar la información, teniendo en cuenta los balances de cada evento así como información de la base de datos Ecoinvent.

Tabla 3.14 Tabla ICV para el sistema de producto del proceso de pastas alimenticias.

Entradas/Salidas	Cantidad	Unidad	Nombre del flujo	Base de datos
Proceso de obtención de la sémola y sus mezclas				
Trigo	1,37	t	Wheat grains, at field/kg/US	Ecoinvent
Agua	0,15	t	Water, cooling, Surface	Flujo primario
Envase de polietileno	0,0017	t	Packaging film, low density polyethylene {RER} production Alloc Def, U	Ecoinvent
Energía eléctrica	0,08	mWh	Electricity, medium voltage {MX} electricity voltage transformation from high to medium voltage Conseq, U	Mix electricidad cubano
Diésel	0,0053	t	Diesel {RoW} petroleum refinery operation Alloc Def, U	Ecoinvent
Emisiones de polvo y partículas	0,005	t	Particulates, < 10 um	Flujo primario

Residuos sólidos (Barreduras) Producto evitado	0,02	t	Soybean {US} production Conseq, S	Ecoinvent
Proceso de obtención de pastas alimenticias				
Sémola	1,07	t	Sémola	
Agua	0,397	t	Water, cooling, Surface	Flujo primario
Energía eléctrica	0,1750	kW	Electricity, medium voltage {MX} electricity voltage transformation from high to medium voltage Conseq, U	Mix electricidad cubano
Diésel	0,027	T	Diesel {RoW} petroleum refinery operation Alloc Def, U	Datos de fábrica
Polietileno	0,008	t	Packaging film, low density polyethylene {RER} production Alloc Def, U	Ecoinvent
Polipropileno	0,007	t	Polypropylene, granulate {RoW} production Conseq, S	Ecoinvent
Residuos sólidos (Barreduras) Producto evitado	0,084	t	Soybean {US} production Conseq, S	Ecoinvent
Partículas PM 10	0,002	t	Particulates, < 10 um	Ecoinvent
DBO ₅	21250	mg	BOD ₅ , Biological Oxygen Demand	Flujo primario
DQO	58250	mg	COD, Chemical Oxygen Demand	Flujo primario
Sólidos Totales	319500	mg	Suspended solids, unspecified	Flujo primario
CO ₂	84,8	kg	Carbon dioxide, fossil	Flujo primario
SO ₂	0,833	kg	Sulfur dioxide	Flujo primario
CO	0,042	kg	Carbon monoxide	Flujo primario
NO _x	0,168	kg	Nitrogen oxides	Flujo primario
Hidrocarburos	0,00042	kg	Hydrocarbons, unspecified	Flujo primario
Proceso de cocción de la pasta				
Pasta alimenticia cruda	1	t	Pasta alimenticia	
Agua	10 000	t	Water, cooling, Surface	Flujo primario
Energía eléctrica	2,880	kWh	Electricity, medium voltage {MX} electricity voltage transformation from high to medium voltage Conseq, U	Flujo primario

3.3 FASE III Evaluación de impacto del ciclo de vida

3.3.1 Clasificación

Se realiza de acuerdo a lo establecido en el epígrafe 2.4.1 del capítulo II.

3.3.2 Caracterización

Se utilizan los modelos desarrollados dentro del ReCiPe para las categorías ya existentes en este, y para las nuevas categorías de impacto, FIA, para contaminantes físicos, químicos y microbiológicos se utilizarán los modelos desarrollados en el capítulo II epígrafe 2.4.2.

3.3.3 Cálculo de las categorías asociadas a la falta de inocuidad alimentaria

Teniendo en cuenta el mecanismo ambiental para esta categoría y utilizando los factores de caracterización de cada sustancia contaminante cuya presencia en el alimento constituyen un peligro y por tanto un riesgo a la salud humana, se define el potencial falta de inocuidad para las categorías de impacto en punto medio, falta de inocuidad alimentaria por peligros físicos, químicos y microbiológicos. El cálculo de los potenciales es individual de acuerdo a los factores de caracterización obtenidos en el capítulo II en las ecuaciones 2.9, 2.10 y 2.11, sus resultados se presentan en la tabla 3.15

Tabla 3.15 Potencial falta inocuidad alimentaria.

Peligros	$\sum_{i=1}^n \left(\prod_1^{m_f} K_{fi} FC_{fi} \right)$	FIA
Proceso de obtención de sémola		
Físico	0,184 mg de vidrio eq/ kg	294,4 mg de vidrio eq
Químico	0,2672 mg de As eq/ kg	427,52 mg de As eq
Microbiológico	$15 \cdot 10^{-5}$ ufc Listeria monocytogenes/kg	0,24 ufc Listeria monocytogenes eq
Proceso de obtención de pastas alimenticias		
Físico	0 mg de vidrio eq	0 mg de vidrio eq
Químico	$7,276 \cdot 10^{-2}$ mg de As eq/ kg	116,4 mg de As eq
Microbiológico	10^{-4} ufc Listeria monocytogenes/ kg	0,16 ufc Listeria monocytogenes
Proceso de cocción de la pasta		
Físico	0 mg de vidrio eq/kg	0 mg de vidrio eq
Químico	0 mg de arsénico eq/kg	0 mg de arsénico eq.
Microbiológico	0 ufc Listeria monocytogenes/kg	0 ufc Listeria monocytogenes

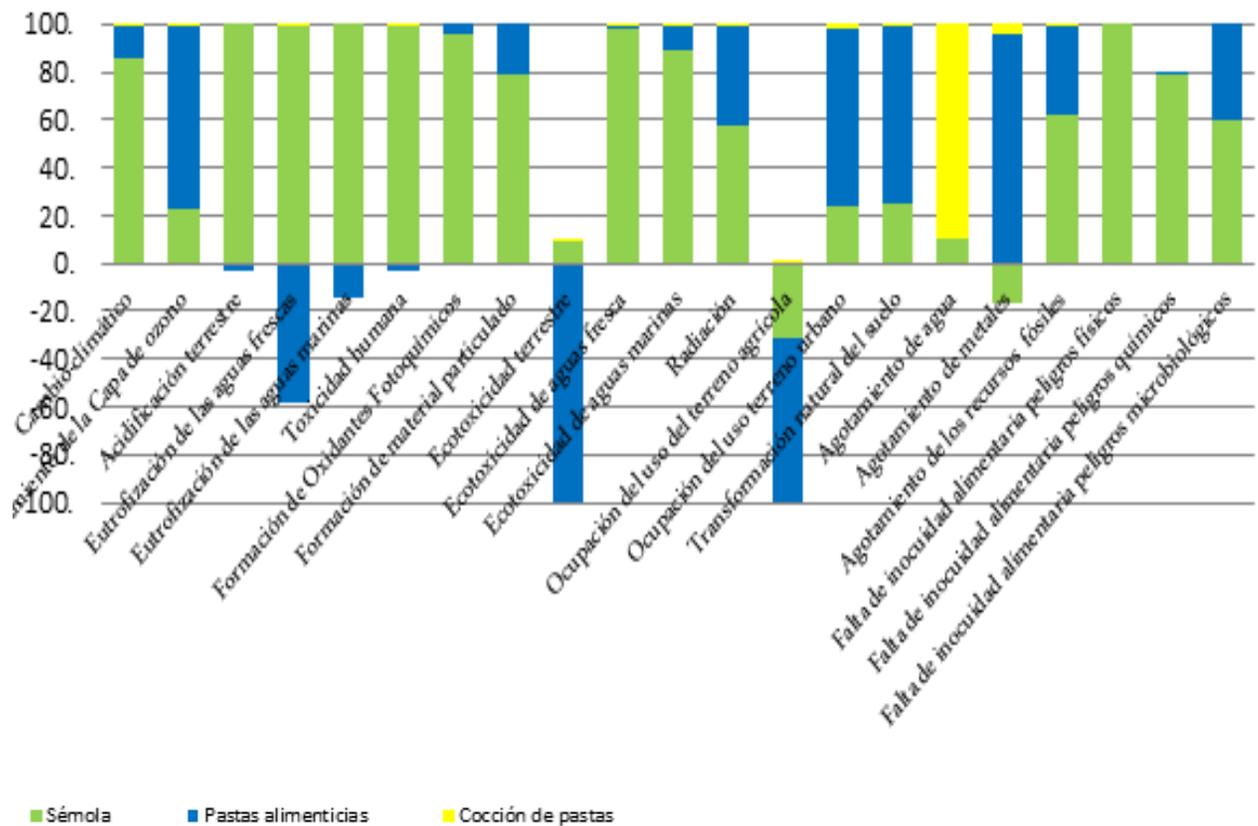


Figura 3.9 Categorías de impacto en punto medio con la falta de inocuidad.

En el sistema del producto en estudio, según la figura 3.9, se grafican un total de 21 categorías de impacto expresadas en %, se observa que la mayor contribución a las categorías de impacto está dada por el proceso de obtención de la sémola y sus mezclas, en todas las categorías y en el caso particular de la toxicidad humana se corresponde con el 100 % de influencia debido al uso de fertilizantes y plaguicidas en la etapa de cosecha del trigo. La mayor contribución a la categoría agotamiento de agua la tiene el proceso de cocción de la pasta, por el alto consumo que se tiene de esta. En las nuevas categorías de impacto evaluadas se observa que la mayor contribución es también el proceso de obtención de sémola dado fundamentalmente porque es el proceso que mayor uso de productos químicos tiene. Estos resultados se pueden ver expresados ahora en unidades de sustancias equivalente para cada categoría en la tabla 3.16.

Tabla 3.16 Categorías de impacto del sistema del producto pasta alimenticia.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Sémola	Pasta alimenticia	Cocción de pastas
Cambio climático	kg CO2 eq	679,146	579,623	97,6751	1,847
Agotamiento de la Capa de ozono	kg CFC-11 eq	8.84E-06	1,96E-06	6,81E-06	7,04E-08
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	11,074	11,478	-0,4152	0,01062
Eutrofización de las aguas frescas	kg P eq	0,0174	0,0415	-0,02438	0,00033
Eutrofización de las aguas marinas	kg N eq	4,512	5,298	-0,7863	0,00029
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	79,783	82,490	-2,9985	0,2911
Formación de Oxidantes Fotoquímicos	kg NMVOC	8,732	8,333	0,3929	0,00566
Formación de material particulado	kg PM10 eq	9,883	7,8354	2,0450	0,00309
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	-0,152	0,0144	-0,166	0,00013
Ecotoxicidad de aguas fresca	kg 1,4-DB eq	1,335	1,302	0,0248	0,00759
Ecotoxicidad de aguas marinas	kg 1,4-DB eq	1,090	0,9686	0,114	0,00755
Radiación	kBq U235 eq	15,949	9,221	6,5125	0,2145
Ocupación del uso del terreno agrícola	m ² a	-453,800	-144,596	-309,211	0,00706
Ocupación del uso terreno urbano	m ² a	0,1996	0,0474	0,1489	0,00326
Transformación natural del suelo	m ²	0,0403	0,0102	0,0297	0,0004
Agotamiento de agua	m ³	11227,205	1181,744	23,398	10022,0
Agotamiento de metales	kg Fe eq	0,358	-0,0706	0,4134	0,0157
Agotamiento de los recursos fósiles	kg oil eq	143,143	89,212	53,317	0,6135
Falta de inocuidad alimentaria peligros físicos	kg de vidrio eq.	0,294	0,294	0	0
Falta de inocuidad alimentaria peligros químicos	kg de As eq.	0,543	0,427	0,1164	0
Falta de inocuidad alimentaria peligros microbiológicos	ufc Listeriamonocytogenes eq.	0,4	0,24	0,16	0

3.4 Categorías de inocuidad en puntos finales (daños por falta de inocuidad alimentaria)

Los resultados de los potenciales de falta de inocuidad para cada una de las categorías son ponderadas a categorías de daños como punto final y en DALY, para lo que se tiene en cuenta el DL_{50} de las sustancias equivalentes (Henao, 2007) y asumiendo que el peso para el cual el Codex alimentarius realiza los estudios de ingesta es 60 kg, entonces el factor de ponderación para la categoría de impacto FIA por peligros físicos, $1,1 \cdot 10^{-4}$ DALY/mg de vidrio eq, para químicos $8,1 \cdot 10^{-4}$ DALY/mg de As eq y para la microbiológicos $2,8 \cdot 10^{-4}$ DALY/ufc Listeria monocytogenes, los cálculos se muestran en el anexo 10.

Los DALY para cada proceso que compone el sistema de producto objeto de estudio, así como el daño del sistema se muestran en la tabla 3.17.

Tabla 3.17. Resultados de DALY por proceso referido al sistema de producto.

Peligros	FIA	DALY(años)	DALY(años)
Proceso de obtención de sémola			
Físico	294,4 mg de vidrio eq	0,0323	0,3785
Químico	427,52 mg de As eq	0,3462	
Biológico	0,24 ufc Listeria monocytogenes eq	$0,6 \cdot 10^{-4}$	
Proceso de obtención de pasta			
Físico	0 mg de vidrio eq	0	$9,45 \cdot 10^{-2}$
Químico	116,4 mg de As eq	0,0945	
Biológico	0,16 ufc Listeria monocytogenes	$0,4 \cdot 10^{-4}$	
Proceso de obtención de pasta cocida			
Físico	0 mg de vidrio eq	0	0
Químico	0 mg de arsénico eq.	0	
Biológico	0 ufc Listeria monocytogenes	0	

Una vez ponderadas las categorías se evalúa la contribución por categoría de daño a cada uno de los procesos que compone el sistema del producto, las tablas 3.18 y 3.19 muestran resultados antes y después de incluir las categorías de impacto relacionada con la falta de inocuidad.

Tabla 3.18 Categoría de daño sin incluir la falta de inocuidad alimentaria.

Categorías de daño	Unidad	Total	Sémola	Pastas alimenticias	Cocción de pastas
Salud humana	DALY	0,00357669	0,00290659	0,0006665	3,60E-06
Ecosistema	species.yr	-3,50E-06	1,82E-06	-5,34E-06	1,51E-08
Recursos	\$	23,690315	14,742574	8,8452094	0,10253137

Tabla 3.19 Categoría de daño incluyendo la falta de inocuidad alimentaria.

Categorías de daño	Unidad	Total	Sémola	Pastas alimenticias	Cocción de pastas
Salud humana	DALY	0,47657669	0,38140659	0,0951665	3,60E-06
Ecosistema	species.yr	-3,50E-06	1,82E-06	-5,34E-06	1,51E-08
Recursos	\$	23,690315	14,742574	8,8452094	0,10253137

3.5 Fase IV: Interpretación de resultados

En la interpretación de los resultados se realiza una comparación del impacto de las categorías seleccionadas en el estudio antes y después de incluir la falta de inocuidad alimentaria.

Luego de realizada la evaluación de los impactos ambientales en la producción de pastas alimenticias queda nítidamente 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 de manera más específica en la adopción de las medidas para atenuar, reducir o eliminar los problemas ambientales asociados al proceso de producción.

Para minimizar la falta de inocuidad en el producto se propone la vigilancia y control de los PCC, estableciendo un estricto control sobre los mismos por lo que se debe desarrollar el Plan Haccp que aparece en el anexo 11, y por tanto minimizar los daños a la salud humana por inocuidad alimentaria. Las medidas están enfocadas al control preventivo de la materia prima trigo, sémola y sus mezclas y las variables operacionales que influyen en la inocuidad del producto, fundamentalmente el control de la humedad para evitar la proliferación o contaminación microbiana y con ello el uso de plaguicidas una vez desarrolladas las plagas. En el caso del uso de los recursos estará dirigido a la disminución o sustitución del combustible diésel. Lo anteriormente planteado, conlleva a las siguientes medidas de mitigación que constituyen también propuestas de producciones más limpias a implementar en el proceso.

- Sustituir el quemador de diésel del generador de vapor por un quemador a gas.
- Establecer control en los puntos críticos de la caja de carga (disposición de la materia prima) y separador de partículas ferromagnéticas (extracción de la materia prima).
- Evaluar los sistemas de recolección de material particulado en los procesos de obtención de sémola y de pastas y tomar decisiones sobre su mantenimiento o cambio.
- Emplear los medios de protección personales (dispositivos para protección contra el ruido).

3.6 Análisis de la inversión propuesta

Al realizar un análisis de las medidas propuestas se observa que la sustitución del quemador del generador de vapor es la medida de mayor desembolso financiero, las demás solo requieren buenas prácticas operacionales que pueden quedar complementadas con la implementación del plan Haccp, anexo 11. Para la valoración económica de la inversión propuesta se buscan cotizaciones en firmas expertas. Se trabajó con los datos entregados por Alastor, empresa líder en Cuba con más de 10 años de experiencia en este campo, la misma ofrece disímiles servicios que garantizan el funcionamiento óptimo del equipo, a continuación se presenta la estimación de la inversión propuesta.

Tabla 3.20 Estimación del costo de la inversión.

Costo Directo (CD)	Valor \$	% aplicado
<i>Costo del quemador</i>	192485.00	
<i>Instrumentación y control</i>	9624.25	5
<i>Instalación eléctrica</i>	5774.55	3
Total Costo Directo (CD)	207883.80	
Costo Indirecto (CI)	Valor	% aplicado
<i>Ing. y Supervisión</i>	20788.38	10
<i>Gastos de Contratación</i>	14551.866	7
<i>Contingencias</i>	18709.54	9
Total Costo Indirecto(CI)	54049.79	
Capital Fijo de Inversión	261933.59	
Costo Total de Inversión	314320.31	

Como indicadores económicos de evaluación de las inversiones propuestas se calcula el (VAN) Valor actual neto, la (TIR) Tasa interna de rentabilidad y el (PRD) Período de recuperación de la inversión, todo lo cual fue programado en una hoja de cálculo en Excel (anexo 12)

Los ingresos se asumen por daños evitados (externalidades), para este caso se definen dentro del área de ubicación de los sistemas auxiliares (calderas y sistema de refrigeración) como localizadas, porque pueden afectar la salud del trabajador expuesto, y de otras personas expuestas a los efectos de las emisiones o escape de CO₂ y de forma general no localizadas esta la disminución del consumo de combustibles fósiles por la mejora en el funcionamiento y eficiencia de la caldera con la nueva inversión.

Según los valores obtenidos para el VAN 810 303 CUP y una TIR 68%, la inversión propuesta es viable desde el punto de vista económico, se recuperará aproximadamente en 1,8 años, figura 3.10 además, puede aceptar variaciones de hasta un 30% de disminución de los ingresos y más de un 30% de aumento de la inversión.

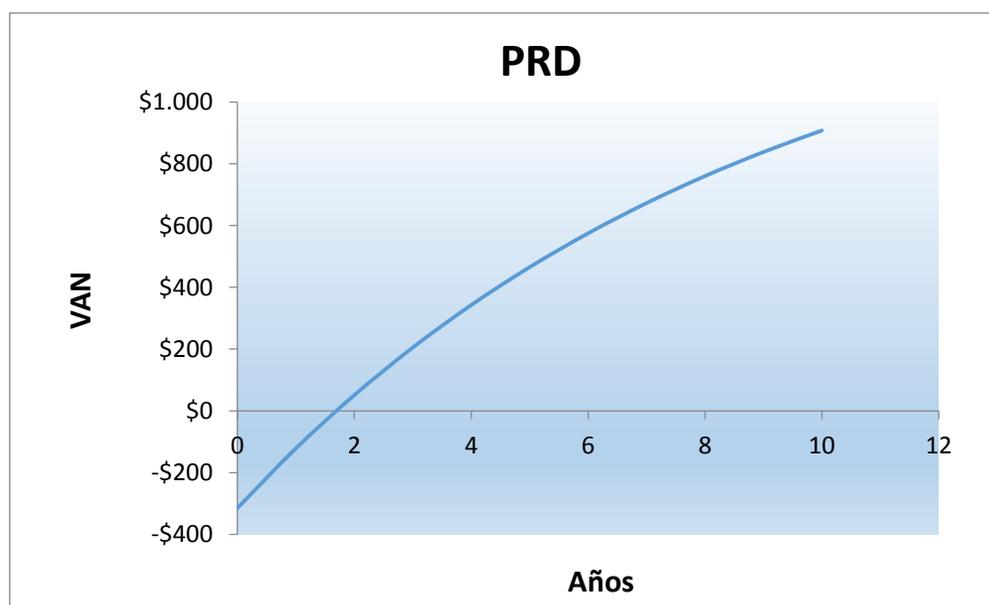


Figura 3.10 Cálculo del PRD.

3.7 Validación de la metodología

Para la validación de la metodología propuesta, se propone su aplicación a varios casos de estudio, con el objetivo de mejorar sus requisitos y permitir una mejor aplicabilidad a otros

sistemas de producto y a otras etapas de la cadena alimentaria. Se realizan estudios en el arroz, el helado crema, el café y la carne de res.

En el proceso de obtención de **arroz blanco** para las condiciones de la cosecha y producción industrial en las condiciones actuales de Cuba, se evalúan los impactos en todas sus etapas; agrícola, transportación, secado, procesamiento industrial y cocción. Los impactos ambientales más significativos identificados según la metodología fueron: alto consumo de combustible en todas las etapas, utilización de productos químicos en la etapa agrícola y emisión de material particulado en la etapa industrial y como puntos críticos identificados, la recepción y el almacenamiento del arroz cáscara seco, limpieza del arroz y almacenamiento del arroz consumo. Para disminuir los impactos más significativos sobre el ecosistema, se propone la adquisición de un extractor recolector para material particulado (polvo), permitiendo así mitigar las emisiones al aire.

La producción de **helado crema**, de la pasteurizadora Santa Clara, Cuba, refleja que las categorías más impactadas son: combustible fósil y cambio climático, asociados con altos consumos de electricidad en el proceso; en la categoría de daño, la mayor contribución es a los recursos, seguidos del daño a la salud y en menos cuantía al ecosistema; en la categoría de inocuidad, se identificó la pasteurización como punto crítico de control, la etapa de consumo en no requiere de otro proceso de preparación, es analizada la disposición del residuo sólido, el material de envase.

Por su parte el **café** es analizado como un sistema de producto cuyos límites se ajustan al proceso industrial, resultando como procesos de mayor influencia en la categoría de impacto, el uso del combustible fósil por el alto consumo de diésel y la generación de electricidad, seguido de la respiración de compuestos orgánicos y la carcinogénesis, en la categoría de daño a la salud por inocuidad alimentaria la presencia de peligros químico, biológico y físico, por exceso de residuos de plaguicidas, la presencia de hongos en recepción del café oro y la persistencia de partículas ferrosas en las etapas de eliminación de estas, respectivamente. Se propone la instalación de quemadores de humo para la eliminación de los gases de la combustión, medidas preventivas en

el control de la recepción de la materia prima café oro y el aumento de la frecuencia en la limpieza del imán.

Del estudio ACV de la **carne** de res deshuesada, resultan como puntos críticos relacionados con la inocuidad el ganado vacuno, descuere y almacenamiento y la categoría de eutrofización de las aguas como la más impactada por lo que se establecen técnicas de minimización de los residuos líquidos y un sistema de tratamiento para estos efluentes.

Los diagramas de bloques relacionados con las operaciones tecnológicas de cada proceso analizado se muestran en el anexo 13 mediante las figuras 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14.

Siguiendo la secuencia metodológica propuesta en el capítulo II se realiza el estudio a los sistemas de producto ya mencionados, un resumen de los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.21. Del análisis de lo aquí expuesto se tiene que en todos los casos existe una contribución a la categoría de daño a la salud, al incorporar las categorías FIA por peligros físicos, químicos y microbiológicos.

Tabla 3.21 Resultados de los casos de estudios.

PRODUCTO	ARROZ	HELADO	CAFÉ	CARNE
Establecimiento	Molino Arrocerero Manolo Solano	Pasteurizadora Santa Clara	Torrefactora Manuel Ascunce Domenench	Matadero Chichi Padrón
Ubicación	Sancti Spiritus	Villa Clara	Villa Clara	Villa Clara
Fecha del estudio	2010	2012	2012	2015
Alcance	Etapa agrícola, secado, proceso industrial y cocción.	Procesamiento industrial y consumo.	Procesamiento industrial y cocción	Procesamiento industrial y cocción
Límites del estudio	Se excluye la producción de herbicidas, fungicidas, plaguicidas, envases y su transportación.	Se excluye la producción de envases y aditivos alimentarios, colorantes, saborizantes estabilizadores.	Se excluye la producción de envases y embalaje.	Se excluye la transportación del ganado.
Unidad funcional	1 t	1 t	1t	1t
Especificación de calidad e inocuidad	NC 736:2009	NC 47:2009	NRIAL 212:2012	NC 823:2011
Peligros identificados	Físico Químico Microbiológico	Químico Microbiológico	Físico Químico Microbiológico	Químico Microbiológico
Peligros significativos	Residuos de contaminantes metálicos, plaguicidas y hongos por encima de los *LMP. Persistencia de materias extrañas.	Microbiológico Supervivencia de contaminación microbiológica	Residuos de plaguicidas, hongos y aflatoxinas por encima de los *LMP. Partículas ferromagnéticas.	Residuos de medicamentos por encima de los *LMP. Microorganismos patógenos <i>E. coli</i> O157:H7
PCC	Recepción y almacenamiento del arroz cáscara seco. Limpieza del arroz. Almacenamiento	Pasteurización.	Recepción del café oro. Eliminación de partículas ferromagnéticas.	Ganado vacuno. Descuere. Almacenamiento.
Procesos para el consumo.	Cocción 20 minutos aproximados.	Consumo directo.	Elaboración de infusión 6-7 minutos	Cocción 3 minutos mínimos.

FIA	Físico (mg de vidrio eq)	207,12	0	125,47	0
	Químico (mg de As eq.)	657.13	0	399,97	245.32
	Microbiológico (ufc Listeria. M. eq)	0.11	438,15	391.2	624,3
Caracterización		SimaPro 6.0 Eco indicador 99 v 2.05	SimaPro 7.3 , ReCIPe V 1.06	SimaPro Eco indicador 99 v 2.04	SimaPro 7.3 ReCIPe v 1.06
DALYs antes de FIA.		$6,52.10^{-3}$	$4,25.10^{-4}$	$5,674.10^{-5}$	$2,137.10^{-4}$
DALYs con FIA		$6,278.10^{-1}$	$1,235.10^{-3}$	$2,561.10^{-4}$	$2,973.10^{-4}$
Propuestas de mejoras		Sustituir los ciclones existentes por otros más eficientes. Limpieza mediante aspiración.	Disminución del espacio útil de la nevera para su puesta en marcha	Adquisición de quemadores de humo,	Tratamiento biológico para los residuos líquidos.

*LMP: Límites Maximos permisibles.

Con el fin de evaluar la efectividad de la metodología propuesta, se realiza una validación mediante el método de expertos, estos fueron seleccionados dentro del universo de especialistas de las empresas objeto de estudio, del Organismo de inspección estatal nacional de alimentos y especialistas de ACV y Haccp. Del cálculo realizado utilizando el Método Delphi para el cálculo del número de expertos que aparece en el anexo 3 se seleccionan siete (7) expertos, anexo 14 de manera que, mediante una asignación de puntos del uno al cinco se evalúa la novedad, aplicabilidad, importancia, métodos de cálculo y resultados, anexo 15, estos resultados fueron evaluados estadísticamente demostrándose su confiabilidad, anexo 16.

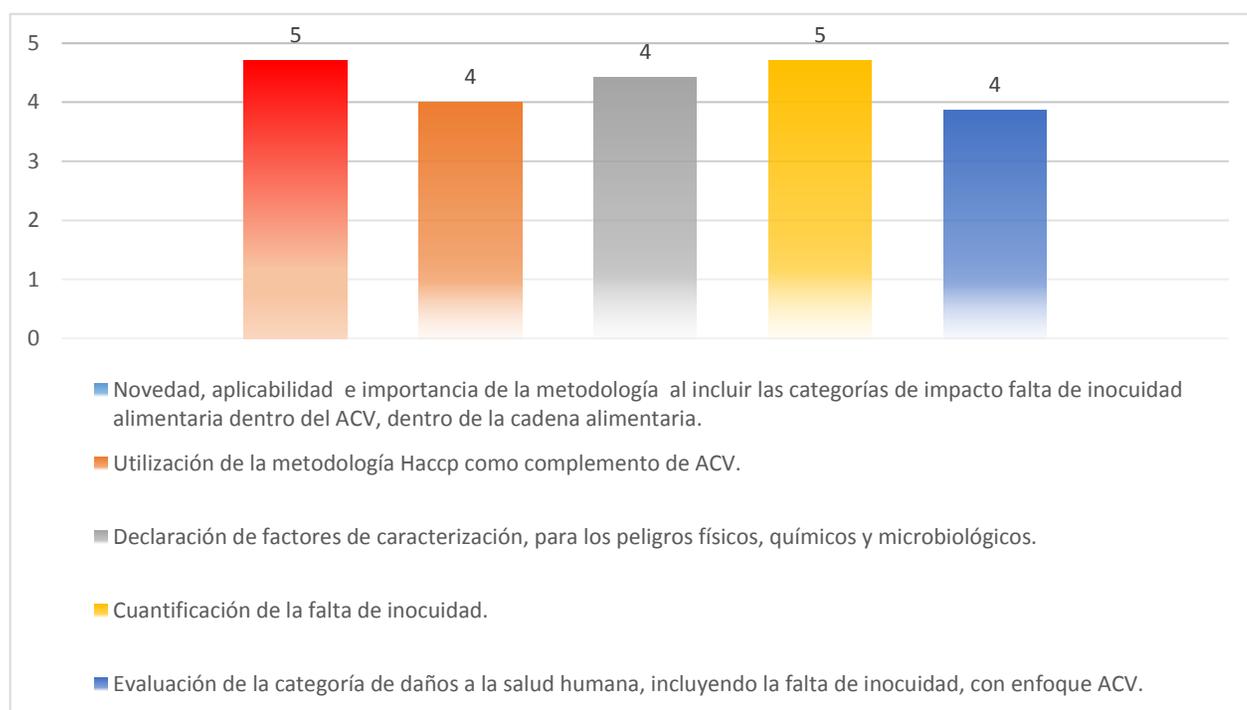


Figura 3.10 Puntuación a criterios para la validación de la metodología.

Los resultados se corresponden con los objetivos previstos por la autora de la investigación, a favor de incluir en el ACV categorías de impacto que evalúen daños a la salud humana, relacionadas con la falta de inocuidad en alimentos. Según el criterio de los expertos se puede observar en la figura 3.10, que todos los aspectos evaluados alcanzan altos valores, considerándose la novedad, aplicabilidad e importancia de la metodología dentro de la cadena

alimentaria y la cuantificación de la falta de inocuidad de un alimento como los aspectos de mayor importancia.

Los resultados de esta investigación pueden ser aplicados para evaluar la producción y consumo de alimentos de forma sostenible, constituyendo la metodología propuesta una herramienta que puede ser utilizada en cualquier empresa de este sector.

3.8 Conclusiones parciales

1. En el sistema de producto objeto de estudio los peligros identificados son: peligros microbiológicos 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.
2. Los riesgos significativos, dados por el valor del índice de criticidad, están en: el trigo como materia prima, la segunda limpieza, la sémola y sus mezclas y las etapas de disposición y extracción de la materia prima correspondiéndose los mismos con los puntos de control críticos determinados.
3. El valor calculado de la categoría de impacto Falta de inocuidad alimentaria (FIA) para los peligros físicos fue de 294,4 mg de vidrio equivalente, para los químicos 543,92 mg de arsénico equivalente y para los microbiológicos 0,4 ufc de listeria monocytogenes equivalente.
4. Las medidas propuestas de buenas prácticas de fabricación e higiene, ambientales y de producción más limpia lograrán disminuir los daños al ecosistema; la aplicación de estas medidas son factibles desde el punto de vista técnico y económico.
5. La metodología propuesta es aplicable a cualquier sector de la cadena alimentaria.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. La investigación constituye un aporte metodológico, ya que por primera vez se realiza el ACV de productos alimentarios incluyendo las categorías relacionadas con la falta de inocuidad alimentaria por peligros físicos, químicos y microbiológicos debido a la ingestión de alimentos, las cuales son agrupadas en la categoría de daño a la salud humana.
2. La incorporación de la metodología Haccp resultó adecuada para identificar y evaluar riesgos por ingestión de alimentos mediante modelos adaptados a los posibles tratamientos de conservación dentro de la cadena alimentaria.
3. Se crean modelos para el cálculo del factor de caracterización específicos para cada peligro físico, químico y microbiológico, determinando un total de 218 factores de caracterización en función de la sustancia equivalente para peligros físicos, químicos y microbiológicos, tomando como sustancias contaminantes equivalentes el vidrio, el arsénico y como microorganismos la *Listeria monocytogenes* respectivamente.
4. El uso de la metodología en los casos de estudio referidos en esta investigación permitió la propuesta de medidas para mitigar los impactos ambientales negativos debido al uso de recursos y los asociados con la inocuidad alimentaria corroborándose su factibilidad económica y ambiental.
5. La metodología propuesta en esta investigación puede ser aplicada para cualquier sistema de producto dentro de la cadena alimentaria.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Modelar factores de caracterización para los alimentos que se le aplican tratamientos con irradiaciones, donde se realicen estudios de las dosis máximas permisibles de absorción en cada tipo de alimento, ya que la legislación vigente en Cuba, está normalizada la energía a usar según el tipo de tratamiento, para la dosis de absorción permisible por alimento.
2. Modelar factores de caracterización para los alimentos genéticamente modificados que incluyen las plantas y animales para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de ADN recombinante, evaluar su importancia biológica y sus posibles consecuencias para la inocuidad de los alimentos para lo cual es necesario contar con una variedad de datos e información para evaluar los efectos no intencionales, puesto que ningún ensayo permite, por sí solo, detectar todos los posibles efectos no intencionales que interesan a la salud humana.
3. Actualizar los factores de caracterización para sustancias contaminantes, según las actualizaciones de las normas establecida por el Codex Alimentarius, los requisitos legales y reglamentarios del país según la ingesta diaria admisible.
4. Aplicar la metodología con otros casos de estudio dentro de la cadena alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allione C., De Giorgi C., Lerma B. and Petrucelli L. Sustainable food packaging: a case study of chocolate products. Life Cycle Management Conference. August 28 -31, 2011.
2. Álvarez-Chávez, C.R., Flores-Soto A.A., Pérez-Ríos, R., Análisis del ciclo de vida de la carne bovina en Sonora: Etapa de sacrificio, 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production “Cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world” São Paulo, Brazil May 18 20th, 2011, pp. 127-131.
3. Arena A.P, Piastrellini R. and Civit B. Water footprint of soybean production in Argentina. Life Cycle Management Conference. August 28 -31. 2011.
4. Astrup, A., Hoffman L., Moller B., Schmidt A., Christiansen K., Elkington J., Van Dijk F. Life Cycle Assessment (LCA) A guide to approaches, experiences and information sources. Environmental Issues Series, 6. European Environment Agency, 1997
5. Baker, J.W., Lepech, M.D., Cornell, C.A., Treatment of uncertainties in life cycle assessment. Stanford University, Stanford, USA. 2009, pp.7-11.
6. Baldini C.; Gardoni D.; Fusi, Guarino A. Gowreesunker B., Savvas T., Adisa A. The evolution of LCA in milk production dairy products: Energy use and the associated greenhouse gas emissions. Published in: Proceedings. International conference on Life Cycle Assessment as reference methodology for assessing supply chains and supporting global sustainability challenges, 2015 pp. 237-241.
7. Barco Blanco C. M. “Aplicación del sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos (HACCP) sobre la evaluación higiénico sanitaria de cuatro centros de abasto de Lima Metropolitana”. Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en Microbiología y Parasitología Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. Lima, Perú 2001.pp. 41-46

8. Baumgartner D.U., Mieleitner J., Alig M. and Gaillard G.. Environmental profiles of farm types in Switzerland based on LCA. Life Cycle Management Conference. August 28 -31, 2011.pp 115-123.
9. Bare, J.C., Hofstetter, P., Pennington, D.W., Udo de Haes, H.A. Midpoints versus endpoints: The sacrifices and benefits. *Int J LCA* 5, 2000, pp. 319–326.
10. Benetto E., Tiruta-Barna L., Rugani B. and B., I. Evaluating natural resources use for potable water production. Life Cycle Management Conference. August 28 -31, 2011.
11. Bermúdez Cuzo P. I., Estudio de la contaminación de bebidas gaseosas envasadas en PET causadas por mohos y levaduras en la empresa Ajecuador. Tesis para la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador, 2007.
12. Boulay A.M., Ceci le Bul, Deschênes L., and Margni M. LCA Characterization of freshwater use on human health and through compensation. Life Cycle Management Conference. August 28 -31. 2011.
13. Caballero Torres., Á. E. Temas de higiene de los alimentos. Capítulo 16. Enfermedades transmitidas por los alimentos. Editorial Ciencias médicas.2008. pp. 216-239 y pp. 373-375.
14. Cabero, J., Barroso, J. La Utilización del Juicio de Experto para la Evaluación de Tic: El Coeficiente de Competencia Experta. *Bordón* 65 (2), 2538, ISSN: 02105934. 2013.
15. CAC/RCP-1 (1969). Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC) y Directrices para su aplicación.Rev.3, 1997
16. Carro Paz R. y González Gómez., D. Normas HACCP y Análisis de Riesgos y Puntos críticos de control. Facultad de ciencias económicas y sociales. Universidad Nacional de Mar del Plata. 2009, pp. 1-13.

17. Castaño Peláez., H. Diseño e implementación del plan HACCP para una línea de bebidas lácteas. Revista Politécnica Medellín Colombia, ISSN 1900-2351, Año 6, Número 10, 2010.pp 81-89.
18. CAC/GL 61. Directrices sobre la aplicación de principios generales de higiene de los alimentos para el control de listeria monocytogenes en los alimentos, 2007, pp 1-30.
19. Codex Alimentarius, Organización Mundial de la Salud, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Sistemas de inspección y certificación de importaciones y exportaciones de alimentos. Quinta edición. Roma 2012.ISBN 978-92-5-307077-0.
20. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Producción de alimentos de origen animal. Segunda edición. Roma 2009. ISBN 9758-92-5-306394-9.
21. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos. Segunda edición. Roma 2009. ISBN 978-92-5-305915-7.
22. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Prevención y reducción de la contaminación de los alimentos y piensos. Primera edición. Roma 2012. ISBN 978-92-5-307119-7.
23. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Frutas y hortalizas frescas. Primera edición. Roma 2007. ISBN 978-92-5-305839-6.
24. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Higiene de los alimentos. Cuarta edición. Roma 2009. ISBN 978-92-5-305913-3.

25. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Etiquetado de los alimentos. Quinta edición. Roma 2007. ISBN 978-92-5-305840-2.
26. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Leche y productos lácteos. Segunda edición. Roma 2011 ISBN 978-92-5-306787-2.
27. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros. Primera edición. Roma 2009. ISBN 978-92-5-305914-0.
28. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Principios prácticos sobre el análisis de riesgos para la inocuidad de los alimentos aplicables por los gobiernos. Primera edición. Roma 2007. ISBN 978-92-5-005911-2.
29. Codex Alimentarius. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Aguas. Primera edición. Roma 2007. ISBN 978-92-5-305836-5.
30. Contreras, A. M., Rosa, E., Pérez, M., Van Langenhove, H., and Dewulf, J. Comparative Life Cycle Assessment of four alternatives for using by-products of cane sugar production. *Journal of Cleaner Production* Vol. No. 17, 2009 pp. 772–779.
31. Contreras, A.M. Metodología para el Análisis del ciclo de vida combinado con el análisis energético en la industria azucarera cubana. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias. Facultad Química Farmacia. Universidad Central de Las Villas. 2007.
32. Corson, M.S., Van der Werf, H.M.G. (Eds.), 2012. Proceedings of the 8th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector LCA Food 2012, 1-4, Saint Malo, France. INRA, Rennes, France.

33. Cruz Núñez, G. Evaluación del impacto ambiental de la elaboración de dos productos alimenticios en Cuba usando la herramienta Análisis del ciclo de vida. Revista electrónica de Veterinaria. ISSN 1695- 7504 2009 Vol.10 No. 4.
34. Cusarúa, A. A. Propuesta de un modelo matemático para calcular la variación de la huella ecológica alimentaria en función del tiempo. Revista Tecnológica. 2010. Vol. 9 No. 2 pp. 139-144.
35. Daesoo, K., Nutter., Greg, T., Franco M. Darin, Ulrich. R., Norris, Greg. Life cycle assessment of cheese and whey production in the USA. The International Journal of life cycle assessment. Vol. 18 No.5. June 2013 pp. 1019-1035.
36. De la Paz Gallardo, L. I. Desarrollo de un manual guía para la implementación de un programa HACCP, en una planta embotelladora de bebidas gaseosas. Tesis para conferírsele el título de ingeniero químico. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Noviembre de 2007.
37. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Emission Factor and Inventory Group. Research Triangle Park Emission factor documentation for AP-42 section 9.9.5. Pasta Manufacturing.
38. Ernstoff, A., Jolliet Olivier, Fantke, P. Evaluating use stage exposure to food contact materials in a LCA framework. International conference on Life Cycle Assessment as reference methodology for assessing supply chains and supporting global sustainability challenges LCA for “Feeding the planet and energy for life” Stresa, 6-7th, Milano. Italia, 8th October, 2015.
39. FAO Alimentación y nutrición de alimentos. El análisis de riesgos en la industria alimentaria. Informe No.23 1999.
40. FAO- OMS. Garantía de la inocuidad y calidad de los alimentos: Directrices para el fortalecimiento de los sistemas nacionales de control de los alimentos publicación conjunta. 2010 pp. 41-47.

41. FAO. 'FAOSTAT Database', Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.
42. Farias da Fonseca, C., Montenegro Stamford T.L., Alvachian Cardoso, A., Samara., Leite de Souza, E., Gomes Maia da S. C., Hygienic-sanitary working practices and implementation of a Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) plan in lobster processing industries. Food Sciences Technological, Campinas, 33(1): ISSN 0101-2061 Jan.-Mar. 2013. pp. 127-136.
43. Fellah, S., Attarassi, A.B., Chafi, A.H., Use of Life Cycle Analysis and Eco -Design, to Improve the Environmental Performance of Processes in Food Industry, Journal of Environmental Engineering and Technology, Vol. 1, No. 4, November 2012, pp. 4-10.
44. Fernández J. A S y Quiñónez, J.J. Diseño del sistema HACCP para el proceso de producción de carne bovina para consumo. Revista Colombia Ciencias Pecuarias Vol. 16: 1, 2003, pp. 56-61.
45. Ferrari, A.M., Guagliumi, L., Pini. M., Mohaddes Khorassani Sara, Zerazion Elisabetta, Neri Paolo. Life Cycle Assessment of the production and import of Arabica Brazilian coffee. Published in: Proceedings. International conference on Life Cycle Assessment as reference methodology for assessing supply chains and supporting global sustainability challenges, 2015. pp. 138-141.
46. Goedkoop, M and Oele, M. 2004. Introduction to LCA (Life Cycle assessment whit Simapro, Pré Consultants, September 2004. sitio web. pre.nl.
47. Goedkoop, M.J., Effting, S., and M.X. Collignon, M 1999. Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida. Anexo Eco- indicador 99, pp. 7-12
48. Goedkoop, M.J., Effting, S., and M.X. Collignon, The Eco-indicator 99, Manual for Designers; 2000 pp. 7-32.
49. Goedkopp, M., Heijungs R., Huijbregts M., De Schryver An., Struijs J., van Zelm R. ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized

- category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition (version 1.08). Report I: Characterization .May 2013 pp. 7 y pp. 71 -72.
50. González Colín, M., Rosa Domínguez, E. R. y Rodríguez Rico, I.L. Uso del Análisis del ciclo de vida en una industria de bebidas gaseosas, 2006.
 51. González Viera, D. y Socorro Quesada, M. Arroz, medio ambiente y desarrollo sostenible en Cuba. Revista Agrotecnia de Cuba 35 (1) / 2011: pp. 83-88.
 52. Guinée, J, Gorreé, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., De Koning, A., Van Oers, L., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H, De Bruijn, J, Van Duin, R., Huijbregts, M.A, 2002. Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards. Kluwer Academic Publishers. International Journal Life Cycle Assessment 7(5), 2002, pp. 311-313.
 53. Gutiérrez Torres, G. P. Diseño del sistema de gestión de inocuidad de los alimentos en la producción de alimentos y bebidas en el Bogotá plaza Summit hotel, bajo la norma técnica colombiana NTC - ISO 22000. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero de alimentos. Facultad de ingeniería de alimentos. Universidad de la Salle. Bogotá, 2006.
 54. Gurinovic, M., Jelena, M., Agnes K., Marija, D.I., Jasmina, D.M.´, Marija T., Marina N., Slavica R., Paul F.s, Gibetic´, M. Establishment and advances in the online Serbian food and recipe data base harmonized with EuroFIR™ standards. Journal Food Chemistry. 2016 pp. 30-38.
 55. H. Seuc A., Domínguez, E. y Díaz Díaz, O. Introducción a los DALYS. Revista Cubana Higiene y Epidemiología 2000; pp. 92-101.
 56. Hagelaar, G., J.L.F, Van der Vorrst, J. Enviromental supply chain management: using life cycle assessment to structure supply clains. International Food and Agribusiness Management (2002) pp. 399-412.
 57. Hathaway SC, Cook R.L. A regulatory perspective on the potential uses microbial risk assessment in international Journal of food microbiology, 2000 36 (2/3): 127-133.

58. Hathaway SC, Cook R.L. Risk Management and Food Safety. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Rome, Italy 2001. FAO Food and Nutrition Paper No. 65.
59. Hathaway SC, Cook R.L. The application of Risk communication to food standards and safety matters. Report of Join FAC/WHO Export consultation, 2002.
60. Hayashi, K. Assessing management influence on environmental impacts under uncertainty: a case study of paddy rice production in Japan. Life Cycle Management Conference. August 28 -31.2011.
61. Heijungs R. Environmental Life Cycle Assessment of Products, Centre of Environmental Science, Leiden, 1992.
62. Henao Robledo, F.. Riesgos químicos, 2007. pp. 162-163.
63. Hiroshi F. J and Yataro KD. Practical Application of Predictive Microbiology Software Programs to HACCP Plans. J. Food Hygiene. Soc. Japan Vol. 42, No. 4.2001 pp. 252-256.
64. Hofstetter P. 1998. Perspectives in life cycle impact assessment. A structured approach to combine models of the technosphere, ecosphere and valuesphere. Kluwer Academic. Publisher.
65. Hunt R., Franklin W. Environmental effects of recycling paper. En W. Kaghan (ed.) Forest Products and the Environment; 69 (133) pp. 67-78 American Institute of Chemical Engineers, New York, 1973.
66. Hunt R., Franklin W. Resources and environmental profile analysis of nine beverages container alternatives. U.S. Environmental Protection Agency, 1974. (EPA Report 530/SW- 91c, NTIS No. PB 253486/5wp).
67. Hunt R., Franklin W. LCA -How it came about. Personal reflections on the origin and the development of LCA in the USA. Int. J. LCA 1(1), 1996, pp. 4-7.
68. Hunt R., Sellers J., Franklin W. Resources and environmental profile analysis: A life cycle environmental assessment for products and procedures. Impact Assess, 1992, Rev.; 12: pp. 245-269.

69. Hunt R., Welch R. Resource and environmental profile analysis of plastics and non-plastic containers. The Society of the Plastic Industry, New York, 1974.
70. Iglesias, D., "Relevamiento exploratorio del Análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario" en Contribuciones a la Economía, marzo 2005. ISSN 1696-8360 [http:// www.eumed. net/ce/](http://www.eumed.net/ce/)
71. Iriarte R., María M. Interpretación de resultados de análisis microbiológicos en alimentos: Planes de atributos. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel Vol.37 No.2 Caracas Diciembre. 2006. ISSN 0798-0477.
72. Jolliet, O. IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. International Journal of Life Cycle Assessment 8, 2004, pp. 324–330.
73. Kadir A., M. K. A., Hines, E. L., Arof, S., Illiescu, D., Leeson, M., Dowler, E., Collier, R., Napier, R., Kefaya, Q. & Ghafar I, R. Year. Grain Security Risk Level Prediction Using ANFIS. In: Computational Intelligence, Modelling and Simulation CIMSIM), 2011 Third International Conference on Life Cycle Assessment for Food Processing, 20-22 Sept. 2011. pp. 103-107.
74. Kadir Abdu, M. K. Food Security Modeling Using Two Stages. Hybrid Model and Fuzzy Logic Risk Assessment. Submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy School of Engineering, University of Warwick March 2013, pp. 22.
75. Karlsdottir Marta R., Palsson, P. and Palsson, H. Factors for Primary Energy Efficiency and CO₂ Emission of Geothermal Power Production. Proceedings World Geothermal Congress Bali, Indonesia, pp. 25-29 Abril 2010.
76. Kasmaprapruet, S., Woranee P., Phanida S., Harnpon P. Life Cycle Assessment of Milled Rice Production: Case Study in Thailand European Journal of Scientific Research, Vol.30 No.2, 2009, pp.195-203.
77. Lameiro Rodríguez, K., Silva Jorge A., Guimarães, Aleixo, J. A. Effect of the implementation of the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) prerequisite

- program in an institutional foodservice unit in Southern Brazil. *Revista Ciencia e Tecnología de Alimentos*. Vol. 32 No.1, Jan.-Mar. 2012. pp. 196-200.
78. Ladrón de Guevara. J, *Toxicología medica clínica y laboral*, 1995. pp. 271-281.
79. Llanes Cedeño, E., Sarria López, B.y López Bastida, E. Estado energético-ambiental actual en la producción de arroz en la provincia de Granma. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 15, No. 4, 2006, pp. 16 -20.
80. Llanes, E. Sarria, B, López, et al. (2005 a) Propuesta de aplicación de herramienta de gestión ambiental Análisis del ciclo de vida a la actividad agrícola. *Revista Ciencia. Com.* Código ISPN de la publicación EEEyKVIFZuXyoXnEbj, publicado el 16 de Mayo 2005.[http://: www.revistaciencias.com](http://www.revistaciencias.com).
81. Llanes, E. et al. (2005 b) Aplicación de metodología Análisis del ciclo de vida en la empresa arrocera en la provincia Granma, Cuba. *Revista Ciencias .com*, código ISPN de la publicación EEEykVyAApnPQZibfX, publicado 16 de mayo 2005. [http://: www.revistaciencias.com](http://www.revistaciencias.com).
82. Lovelin A., Jerald, *Life Cycle Assessment for Food Processing.*, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 3, No. 10, 2013, pp. 677-680.
83. Majid N., Shahin, R., Mortaza A., Soleiman, H., Bruno N., Pietro A. Renzulli, Giuseppe, T. *Life cycle assessment of sugar production in Hamadan sugar mill*. Published in: *Proceedings. International conference on Life Cycle Assessment as reference methodology for assessing supply chains and supporting global sustainability challenges*, 2015, pp. 253-257.
84. Márquez Gómez I., Rosa Domínguez E., Machado Carrillo S. *Metodología para el Análisis del ciclo de vida en la producción de zumo de mango ecológico*. II Conferencia internacional de Química Aplicada. Habana. Cuba 2010.
85. Márquez Gómez, I., *Análisis del ciclo de vida en la producción de zumo de mango ecológico*. Tesis para optar por el título de master en seguridad tecnológica y ambiental. Universidad Central de Las Villas, Cuba 2007.

86. Medina, A.; Parrado, C. A.; Cooman, A. y Scherevens, E. (2006): "Evaluation of energy use and some environmental impacts for greenhouse tomato production in the high altitude tropics. Models for Plant Growth, Environmental Control & Farm Management in Protected Cultivation"; Hortimodel 2006. Wageningen (Netherlands). ISHS. Acta Horticulturae; pp. 415-421.
87. Meneses Linares. Yulexis, Díaz Ballates. Sandra Margarita, Rosa Domínguez. Elena Análisis de riesgos en la torrefactora Manuel Ascunce Domenech. XII Conferencia Internacional sobre Ciencia y tecnología de los alimentos CICTA-12. Palacio de las Convenciones de La Habana, Cuba 2012.
88. Meneses Linares, Y., Rosa Domínguez, E., Guerra Valdés, B. Análisis del ciclo de vida de la carne de res del matadero Chichí Padrón. Revista Centro Azúcar. Vol. 43 No.1. 2016 pp. 84-93.
89. Meneses Linares, Y., Rosa Domínguez E., Guerra Valdés, B. Análisis de ciclo de vida incluyendo inocuidad alimentaria al producto pastas alimenticias de la fábrica Marta Abreu, Cienfuegos. Revista Centro Azúcar. Vol. 43 No.4. 2016 pp.16-26.
90. Meneses Linares, Y. Análisis de riesgos en la industria arrocera mediante la combinación de las metodologías ACV y HACCP. Tesis para optar por el título de master. Facultad química Farmacia. Universidad Central de Las Villas, 2008.
91. Merchan Angel, L. and Combelles, A. Comparison of life cycle impact assessment methods in a case of crop in northern France, 2012. Proceedings of the 8th International Conference on life cycle assessment in the agri-food sector (LCA food 2012), 1-4 October 2012, Saint Malo, France.
92. Morales Mora, M. Á. Metodología de evaluación ambiental y económica de proyectos petroquímicos mediante el Análisis del ciclo de vida y modelo de eco-costos. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas UCLV, 2012.
93. Murray y López A. Global Burden of Disease and Injury Series, 1997 pp. 8- 79.

94. Muller Nigri, E., Capanema de Barros, A., Ferreira Rocha, S. D., Romero Filho, E. Assessing environmental impacts using a comparative LCA of industrial and artisanal production processes: "Minas Cheese" case. Food Science and Technology, Vol. 34 No.3, July-Sept. 2014, pp. 522-531.
95. Najjar A. Carlos y Álvarez J. C. 2004. Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz.
96. NC 143: 2010 Código de prácticas. Principios generales de higiene de los alimentos, pp. 3-28.
97. NC 22002-1:2015. Programas de prerrequisitos de inocuidad de los alimentos. parte 1: Producción de alimentos, pp. 1-26.
98. NC 22002-2:2015. Programas de prerrequisitos de inocuidad de los alimentos parte 2: Catering pp. 1-27.
99. NC 22002-3:2015. Programas de prerrequisitos de inocuidad de los alimentos parte 3: Agricultura. pp. 1-33.
100. NC 22002-4:2015. Programas de prerrequisitos de inocuidad de los alimentos parte 4: Fabricación de envases y embalajes alimentarios. pp. 1-25.
101. NC 27: 2012. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado, pp. 2-17.
102. NC 277:2008. Aditivos alimentarios. Regulaciones Sanitaria, pp. 6-88.
103. NC 454:2014. Transportación de alimentos. Requisitos sanitarios generales., pp. 1-9.
104. NC 492:2014 Almacenamiento de alimentos. Requisitos sanitarios generales, pp. 5-8
105. NC 493:2012 Contaminantes metálicos en alimentos. Requisitos generales, pp. 3-9.
106. NC 585:2015 Contaminantes microbiológicos en alimentos. Requisitos sanitarios pp. 5-27.
107. NC 604:2008. Residuos de medicamentos veterinarios en alimentos de origen animal. Requisitos sanitarios generales, pp. 5-32.

108. NC 650:2008 Principios y directrices para la aplicación de la evaluación de los riesgos microbiológicos, pp. 5- 11.
109. NC 651:2008 Principios y directrices para la aplicación de la gestión de riesgos microbiológicos, pp. 4-11.
110. NC 680:2009: Alimentos irradiados. Requisitos sanitarios generales, pp. 4-11.
111. NC 794: 2010. Principios para el análisis de riesgos de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos, pp. 3-8.
112. NC 797:2010 Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante, pp. 4-28.
113. NC 808:2010. Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de animales de ADN recombinante, pp. 7-20.
114. NC 902:2012 Plaguicidas en alimentos. Requisitos sanitarios generales, pp. 5-112.
115. NC 136:2017 Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC/HACCP). Requisitos.
116. NC ISO 14040:2009: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and framework. National Office of Normalization. Havana City. Cuba, pp. 3-33.
117. NC- ISO 14044:2009: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Requirements and guidelines. National Office of Normalization. Havana City. Cuba pp. 4-62.
118. NC ISO 22000: 2005. Sistemas de Gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria, pp.10-46.
119. Niembro. J; González, M. Categorías de evaluación de impacto de ciclo de vida vinculadas con energía: revisión y prospectiva. 12th International Conference on Project engineering 2012, pp.1180 -1190.

120. Ortiz-R, O.O., Villamizar, R.A., Rangel, Joshua, M.. Applying life cycle management of Colombian cocoa production. *International Journal Food Science and Technology*. Jan.-Mar., 2014, pp. 62-68.
121. Palacios Machado, Y. “Aplicación de la metodología que combina análisis de ciclo de vida y análisis de peligros y puntos de control críticos, en la línea de helados de la pasteurizadora Santa Clara”. Tesis para optar por el título de master. Universidad central de las villas, Cuba 2011.
122. Pasqualino, J., Meneses, M., Castells, F. The Global Warming Potential analysis of beverage: Which is the best option? III Seminario Latinoamericano de Ciclo Vida. Red Colombiana de Ciclo de Vida, 3, 4 y 5 de Octubre Medellín, Colombia. 2012.
123. Pérez, D.M., Contreras, A.M., Pérez, F. Análisis del ciclo de vida en la Empresa Panchito Gómez Toro., *Centro Azúcar*, Vol. 37, No. 3, Julio-Sept., 2010, pp. 18-26.
124. Perriman. Rodney J. A summary of SETAC guidelines for life cycle assessment. *Journal Cleaner Production*.1993. Vol. 1 No.3-4 pp. 209 -212.
125. Poritosh R., Naoto S., Hiroshi O., Takeo S., Toshinori, K., 2005. Life cycle of rice: Challenges and choices for Bangladesh.
126. Poritosh R., Tsutomu I., Daisuke N., Hiroshi O., Nobutaka N., Yutaka I. and Takeo S. Distribution Engineering Laboratory, National Food Research Institute, Tsukuba,. Life Cycle Inventory of different forms of Rice. Japan,2006
127. Pré- Consultants (1999).Manual para diseñadores. Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida. Eco indicador 99.
128. Pré- Consultants Introducción a LCA (Life Cycle Assessment- Análisis del ciclo de vida) con Sima pro. Septiembre del 2004.
129. Pré-Consultants., Introducción a LCA (Life Cycle Assessment-Análisis del ciclo de vida) con Sima Pro, Junio 2007, pp. 11-40.
130. Puig, R. Análisis del ciclo de vida. Edit Barcelona. 2002.

131. Pulkkinen, H., Krogerus, K., Katajajuuri J.M., Saarinen M., Hartikainen H., Silvenius F. and Yrjänäinen, H. Developing LCA methodology guide for the food industry. Life Cycle Management Conference. August 28 -31. 2011.
132. Ramírez Lorenzana, E.P. Implementación de un sistema HACCP para una línea de producción de refrescos envasados en botellas PET. Tesis para optar por el grado de maestro en artes. Maestría en gestión de la calidad con especialidad en inocuidad de alimentos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Abril de 2012.
133. Ramos S., Vazquez-Rowe I., Feijoo, G. and Zufia J. Timeline LCA study of the European hake fishery (*Merluccius merluccius*) in the Basque Country. Life Cycle Management Conference. August 28 -31. 2011.
134. Renau, J. M. La Seguridad Industrial y el Análisis de riesgos. Universitat Rovira i Virgili Escola Tècnica Superior d' Enginyeria Química, 2003.
135. Restrepo Gallego, M. Producción más Limpia en la Industria Alimentaria. Cleaner Production in Food Industry. - Vol. I No. 1 pp. 87 -99. Enero - Junio 2006.
136. Romero, R., Cabero, J., Llorente, M., Vázquez, A. El método Delphi y la formación del profesorado. Universidad de Sevilla. 2011, pp. 10-28.
137. Rodríguez, B. 2014a. Diseño de una Metodología de Análisis de Ciclo de Vida para la industria Química en Cuba. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. 2014, pp. 9-12.
138. Ruini Luca F., Marchelli, L. and Filareto, A. LCA methodology from analysis to actions: some Barilla's examples of improvement projects. Life Cycle Management Conference. August 28 -31. 2011.
139. Ruiz Fernández,N. Aplicación del Análisis del ciclo de vida en el estudio ambiental de distintos procesos de oxidación. Tesis Doctoral, Julio 2007.
140. Saénz y Sofía Análisis del ciclo de vida para la reducción impactos medioambientales generados por el sector agroalimentario Vasco, 2000 pp.48 – 50.

141. Sanyé E.r, Cerón-Palma I., Oliver-Solà, Jordi, Montero J. I. and Rieradevall, J. LCM of green food production in Mediterranean cities: Environmental benefits associated to the distribution stage of Roof Top Greenhouse (RTG) systems. A case study in the city of Barcelona (Catalonia, Spain). Life Cycle Management Conference. August 28 -31, 2011.
142. Schader, C., Muller, A., El-Hage, S. N, Hecht J., Stolze, M. Comparing global and product-based LCA perspectives on environmen-tal impacts of low-concentrate ruminant production. 9th International Conference LCA of Food San Francisco, USA 8-10 October, 2014.
143. Seoández Calvo, A., M., Agudo, I. Manual de gestión medioambiental de la empresa. Sistema de gestión medioambiental, auditorias medioambientales, evaluaciones de impacto ambiental y otras estrategias, 2004, pp. 329-336.
144. SETAC, "Guidelines for LCA: A Code of Practice", Society for Environmental Toxicology and Chemistry, Bruselas, 1993.
145. SGS, Canadá. ONUDI 2004. Training for application of HACCP.
146. Silvenius Frans, Katajajuuri Juha-Matti, Grönman Kaisa, Soukka Risto, Koivupuro Heta-Kaisa and Virtanen Yrjö. Role of packaging in LCA of food products. III Seminario Latinoamericano de Ciclo Vida. Red Colombiana de Ciclo de Vida, 3, 4 y 5 de Octubre Medellín, Colombia. 2012
147. Sonnemann, G.W; Castells F.;.Schuhmacher, M.Integrated life-cycle and risk assessment for industrial process. 2004.
148. 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.
149. Thylmann, D. Implementing water footprints into LCA of agricultural products - review of methods. Life Cycle Management Conference. August 28 -31. 2011.

150. Torres Tovar, V. N. Análisis de peligros y puntos críticos de control en el complejo industrial Licorero del centro C.A. Simón Bolívar. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico, Sartenejas, Marzo 2012.
151. Ulrike, E. and Lindner Jan-Paul. Biodiversity impact: Case study beef production. Published in: Proceedings. International conference on Life Cycle Assessment as reference methodology for assessing supply chains and supporting global sustainability challenges, Stresa, 6-07th Milano. Italia, October 2015, pp. 277-282.
152. Valsasina, L. Pizzol, M., Smetana, S., Georget E., Alexander, M. and Volker, H. Environmental assessment of Ultra-High Pressure Homogenization for milk and fresh cheese production. Published in: Proceedings. International conference on Life Cycle Assessment as reference methodology for assessing supply chains and supporting global sustainability challenges, 2015 pp. 315-319.
153. Xie, K. and Rosentrater, K.A. Life cycle assessment (LCA) and Techno economic analysis (TEA) of tilapia-basil aquaponics. ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE New Orleans, Louisiana. July 26 – 29, 2015. Paper Number: *152188617*.
154. Yamina F., Bourmada, N., Mebarek, D., Food Risk Management and Sustainable Development. Journal of Service Science and Management, Vol.7, No.3 2014, pp. 182-188.
155. Zaror Z C A. Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos. Capítulo 7 y 11,2000.
156. Wilder Zartha S. J.¹; Montes Hincapié, J. M.²; Toro Jaramillo, I.³; Samuel Villada, H.⁴. Delphi Method Proposal to calculate the number of experts in a Delphi study on biodegradable packaging to 2032. Espacios. Vol. 35 N° 13, 2014, pp. 10-16.

ANEXOS

Anexo 1. Cronología de ACV

Tabla 1.1. Cronología del desarrollo del análisis del ciclo de vida

Año	Acontecimiento
1969	Harry E. Teasley, de Coca Cola, visualizó un estudio que pudiera cuantificar la energía, materiales y consecuencias ambientales a lo largo del ciclo de vida completo del empaque, desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final (Hunt y Franklin, 1996).
1970	El Midwest Research Institute (MRI) desarrolla un estudio –ancestro de los Análisis del ciclo de vida, al que se llamó “Resources and Environmental Profile Análisis (REPA)”, donde se analizaron diferentes envases, para Coca Cola Company (Hunt y Franklin, 1996).
1971	El segundo REPA realizado por MRI fue para Mobil Chemical Company, se analizaron las charolas de espuma de poliestireno y las charolas de pulpa de papel (Hunt y Franklin, 1996).
1972-1976	Se publican largas porciones de las bases de datos y se describe la metodología de los REPA (Franklin y Hunt, 1972; Hunt y Franklin, 1973; Hunt y Welch, 1974; Cross et al., 1974 y Hunt y Franklin, 1976).
1972	En el Reino Unido, Ian Boustead calcula la energía total utilizada en la producción de contenedores de botellas de leche (Boustead I., 1972).
1972-1974	La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos publica el reporte “Resouce and Environmental Profile Analysis of Nine Beverage Container Alternatives”, que marca la entrada de los REPA dentro del dominio público (Hunt y Franklin, 1974).
1975	El sector público pierde interés en los REPA pero se realizan muchos estudios confidenciales para compañías particulares.
1979	En Reino Unido, Ian Boustead publica el “Handbook of Industrial Energy Análisis” (Astrup, <i>et al.</i> , 1997).
1980	Se publica un reporte por el Solar Energy Research Institute en los Estados Unidos (Bider, <i>et al.</i> , 1980).
1980-1984	El Laboratorio Federal Suizo para el Ensayo y la Investigación de Materiales (EMPA), publicó un estudio de materiales de envase y embalaje que introducía un método para agregar los distintos impactos ambientales en un solo índice, el

	llamado “método de los volúmenes críticos”
1988	La crisis de los residuos sólidos en Estados Unidos y la actividad ambiental en Europa, desencadenaron la actividad en REPA. Los residuos sólidos eran la clave, especialmente el cómo reciclar, la sustitución de materiales y residuo para reducir la dependencia de los vertederos
1988-1990	Primer taller de la Sociedad de Toxicología Ambiental y Química (SETAC), para abrir el debate sobre REPA, uno de los resultados fue la adopción del término “Life Cycle Assessment” (LCA), en español Análisis del ciclo de vida (ACV)
1991	EPA inicia actividades en ACV con el interés primario de asistir en el desarrollo de guías y bases de datos para uso del sector público y privado (Hunt y Franklin, 1996).
1992	Franklin Associates publicó un artículo donde se presentaba completa por primera vez la metodología de ACV (Hunt et al., 1992). Se crea SPOLD (de Society for the Promotion Of LCA Development), una asociación de 20 compañías en Europa, para promover el desarrollo y la aplicación del ACV.
1993	La EPA publica un documento guía para el inventario (Vigon et al., 1993). SETAC publica el “Code of Practice” (Consoli et al., 1993) (Perriman, 1993) y “LCA Sourcebook” (Elkington et al., 1993) y fomenta talleres y reuniones con el objetivo alcanzar consenso en los aspectos del ACV
1997	Se publica la serie de normas ISO 14040 referente a ACV.
2000	Se conducen estudios de ACV en todo el mundo, muchos de éstos trabajos son a gran escala y se enfocan en los combustibles fósiles, la energía nuclear y las energías renovables para producir electricidad (ABB, 2002).
2002	Se lleva a cabo la Reunión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo en Johannesburgo y se reconoce al ACV como una herramienta de apoyo para fomentar el cambio en los patrones de consumo y producción (UNEP, 2004).
2002-2006	Se realizan ACV en todo el mundo. Se forman asociaciones de ACV por regiones y desarrollan investigación, aplicación, consultorías y reuniones. Se desarrollan modelos computacionales especializados y genéricos. Se forman grupos de trabajo por áreas que buscan el desarrollo metodológico.
2010	II Simposio de ACV en América Latina.

Anexo 2. Cronología de Haccp

Tabla 1.2 Cronología del desarrollo de la metodología Haccp

Año	Acontecimiento
1971	La compañía Pillsbury comenzó a aplicar el sistema <u>Haccp</u> .
1973	La FDA exigió por primera vez el uso de controles <u>Haccp</u> para el proceso de alimentos enlatados (con el fin de protegerlos contra Clostridium Botulinium).
1985	La Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU recomendó que el sistema <u>Haccp</u> fuera adoptado por las agencias regulatorias y que fuera mandatorio para los procesadores de alimentos.
1988	La recomendación anterior llevó a la creación del “Comité Nacional de Asesoramiento sobre el criterio microbiológico para alimentos” (<u>Nacmcf</u> , por sus siglas en ingles). Este comité estandarizó los principios <u>Haccp</u> usados por la industria y las autoridades reguladoras.
1988	El <u>Nacmcf</u> desarrolló los siete principios <u>Haccp</u> .
1991	El comité internacional de <u>Codex</u> sobre higiene de los alimentos fue encargado de elaborar un borrador sobre sistema <u>Haccp</u> . En este documento se introducen por primera vez los árboles de decisión.
1998	Por primera vez se otorga reconocimiento internacional a las producciones de alimentos en Cuba, según los principios <u>Haccp</u> .
1999	El <u>Nacmcf</u> elaboró una nueva revisión de <u>Haccp</u> .
2005	La ISO crea el grupo de normas para diseño y certificación de sistemas de gestión de la inocuidad, basado en la ISO 22000.
2007	Cuba aprueba la NC 136:2007 con las directrices para el desarrollo y aplicación de los principios <u>Haccp</u> dentro de la cadena alimentaria.
2015	La ISO hace una revisión de las normas relacionados con los prerrequisitos para el diseño de un sistema de gestión de la inocuidad.
2017	Actualización de la NC 136:2017, establece requisitos para certificar los sistemas con la aplicación de los principios <u>Haccp</u> .

Anexo 3. Encuesta para determinar el coeficiente de competencia de los expertos. Método Delphi para el cálculo del número de expertos

Encuesta para determinar el coeficiente de competencia de los expertos.

Estimado(a) Colega:

En la investigación: “Evaluación de ACV para la industria alimentaria”, se indagan impactos relacionados con la falta de inocuidad en los alimentos relacionados con la presencia de peligros, necesitamos crear un equipo de trabajo para identificar, cuantificar y evaluar riesgos a la salud humana. Usted podrá ser seleccionado como un(a) profesional para validar la información. Para determinar el coeficiente de competencia en este tema, le pedimos responda las preguntas siguientes:

1- Marque con una (X), en la tabla siguiente, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento que usted posee sobre inocuidad alimentaria /ACV.

El conocimiento sobre el tema va creciendo desde 0 hasta 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2- Realice una autovaloración del grado de influencia que cada una de las fuentes ha tenido en su conocimiento. Marque con una (X) según corresponda, en A (alto), M (medio) y B (bajo).

Argumentación	(Alto)	(Medio)	(Bajo)
Análisis teóricos realizados por usted en la temática tratada inocuidad alimentaria/ACV			
Experiencia obtenida			
Análisis de trabajos de autores nacionales			
Análisis de trabajo de autores extranjeros			
Su intuición			

Gracias por su colaboración.

Metodo Delphi para el cálculo del número de expertos (Cabero y Barrosos, 2013; Wilder et al., 2014).

$$m = \frac{P(1-P)K}{i^2} \quad (1)$$

Donde:

m - número de expertos.

i - nivel de precisión deseado.

P - Proporción estimada de errores de los expertos.

K - Constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza seleccionado ($1-\alpha$)

A continuación se muestra los datos utilizados en el trabajo con los expertos.

Valores de la constante k asociado al nivel de confianza seleccionado.

NIVEL DE CONFIANZA (%)	99	95	90
K	6,6564	3,8416	2,6896

Anexo 4. Árbol de decisiones. Codex alimentarius

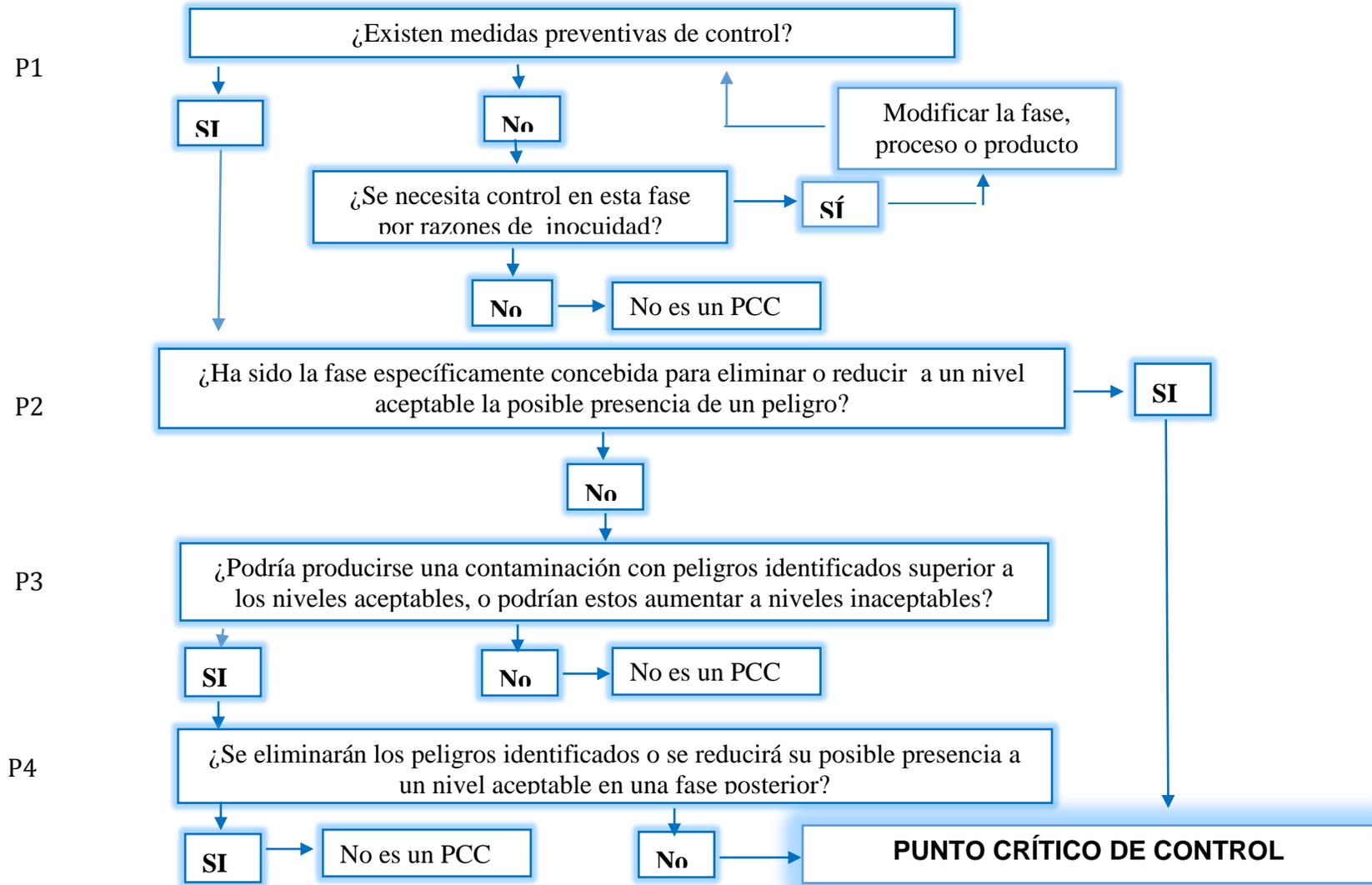


Figura 2.4 Ejemplo de una secuencia de decisiones para identificar los PCC (Responder a las preguntas por orden consecutivo)

Anexo 5. Peligros físicos, químicos y microbiológicos en alimentos

Tabla 2.7 Peligros físicos en los alimentos.

MATERIAL	FUENTES	LESION POTENCIAL
Vidrio	Botellas, jarras, lámparas, utensilios, protección de medidores, etc.	Corte, sangrado; puede exigir cirugía para encontrar o remover los fragmentos, muerte por hemorragia interna.
Madera	Producción primaria, envases, cajas, material de construcción, utensilios	Corte, sangrado; puede exigir cirugía para encontrar o remover los fragmentos.
Piedras	Campo, construcción	Atragantamiento, rotura de dientes.
Metal	Máquinas, campo, alambres, operarios	Corte, infección; puede exigir cirugía para remover los fragmentos.
Material de aislamiento	Material de construcción	Atragantamiento; de larga duración, en caso de aislamiento de amianto.
Huesos	Procesamiento inadecuado	Atragantamiento
Plástico	Embalaje, envases, equipamientos	Atragantamiento, corte, infección; puede exigir cirugía para remover los fragmentos.
Objetos de uso personal	Operarios	Atragantamiento, corte, rotura de dientes; puede exigir cirugía para remover.

Tabla 2.8 Peligros químicos presentes en los alimentos.

MATERIAL	FUENTES	LESION POTENCIAL
Metales pesados	Metales como cobre o plomo de caños o soldaduras, material de embalaje	Intoxicación
Pesticidas Insecticidas, fungicidas,	Uso en la agricultura y en la producción animal	Intoxicación
Residuos medicamentos	Animales	Reacciones alérgicas violentas en personas sensibles.
Alérgenos	Leche, huevos, pescado, frutos del mar (principalmente el camarón), legumbres (maní), nueces, cereales, frutas cítricas, melón, banana, tomate, maíz, cebada, arroz y apio	Algunas reacciones pueden ser moderadas lagrimeo, descarga nasal, cefalea. En personas sensibles consumen un alimento alergénico, pueden presentar un shock anafiláctico grave en pocos minutos.
Toxinas asociadas a mariscos	Mariscos	Intoxicación paralizante por mariscos (PSP), intoxicación diarreica por mariscos (DSP), intoxicación neurotóxica por mariscos (NSP) e intoxicación amnésica por mariscos (ASP). La PSP, los efectos son neurológicos, incluyen, ardor, entumecimiento, somnolencia, habla incoherente y parálisis respiratoria. La DSP se presenta como un desorden gastrointestinal leve, náuseas, vómitos, diarrea y dolor abdominal escalofríos, cefalea y fiebre. Los síntomas neurológicos y gastrointestinales caracterizan a la NSP,

		<p>hormigueo y entumecimiento de labios, lengua y garganta, dolor muscular, mareo, diarrea y vómitos.</p> <p>La ASP se caracteriza por desórdenes gastrointestinales vómitos, diarrea, dolor abdominal, problemas neurológicos confusión, pérdida de memoria, desorientación, aprensión y coma.</p>
Aflatoxinas	Nueces, maníes y otras oleaginosas, algodón y maíz	Necrosis aguda, cirrosis y carcinoma del hígado, posible efecto carcinogénico.
Radiaciones adsorbidas	Papa, ajo, cebollas, cereales, legumbres, alimentos deshidratados y productos análogos.	Cáncer fatal / no fatal, efectos hereditarios severos.

Tabla 2.9 Peligros microbiológicos en los alimentos.

MATERIAL	FUENTES	LESION POTENCIAL
Coliformes totales (35°C)	Vegetales frescos, alimentos frescos de origen animal.	Diarreas, vómitos y náuseas.
Coliformes de origen fecal (45°C)	Vegetales frescos, alimentos frescos de origen animal, aguas y deficientes hábitos de higiene de los manipuladores.	Diarreas, vómitos y náuseas.
Salmonella spp.	Tracto intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente.	Fiebre tifoidea enfermedad diarreica y la muerte.
Shigellas pp.	Ensaladas de papa, atún, pollo y camarones, fideos, vegetales crudos, lácteos y aves. Malos hábitos de los manipuladores de alimentos, aguas contaminadas con heces humanas.	Dolor abdominal, cólicos, diarrea, vómitos, heces con sangre, pus y mucosidad. Infecciones asociadas a la ulceración mucosa, sangrado rectal y deshidratación. Secuelas son enfermedad de Reiter, artritis y síndrome urémico hemolítico.
Escherichia coli <i>E. coli</i> O157:H7	Carne bovina molida, cruda o mal cocida (hamburguesa), leche cruda.	Lesión en la mucosa intestinal cólicos intensos (dolor abdominal) y diarrea, vómito y fiebre.
Yersinia enterocolitica	Carne porcina, bovina, ovina, ostras, pescado y leche cruda.	Dolor abdominal, artritis reactiva.
Vibrio spp	Aguas contaminadas por materia fecal y/o verduras irrigadas con agua contaminada. El pescado originado en aguas contaminadas.	Diarrea, cólico abdominal, náuseas, vómitos, dolor de cabeza, fiebre y escalofríos gastroenteritis, cólera.
Listeria monocytogenes	Tractointestinal de hombres, animales y aves, leche, vegetales crudos, embutidos fermentados, crudos, pollo crudo y cocido, carnes crudas y pescado.	Síntomas gastrointestinales, como náuseas, vómitos y diarrea, pueden preceder las formas más graves y la muerte.

Clostridium botulinum	Palmito en conserva, pimienta, frijoles verdes en conserva, conservas de remolacha, espinaca, atún, pollo, hígado de gallina, carnes frías, jamón, embutidos, berenjena rellena, langosta y pescado salado y ahumado.	Los síntomas gastrointestinales incluir dolor abdominal, diarrea o constipación. Las causas de muerte son falla respiratoria y obstrucción de la entrada de aire en la tráquea.
Stahylococcus aureus	Mucosa nasal y oral, cabello, piel, forúnculos, heridas infectadas. La contaminación de alimentos se da por manipulación inadecuada de carnes; aves y productos de huevo; atún, pollo, papa y pastas; leche cruda.	Dolor de cabeza y musculares, alteraciones de la presión arterial y de la pulsación náuseas, vómitos, arcadas, cólicos abdominales, muerte entre ancianos, niños y personas debilitadas.
Virus	Aguas contaminadas.	Náuseas, vómitos, diarrea, malestar, dolor abdominal, cefalea y fiebre.
Parásitos	Alimento tocado por un manipulador contaminado, vegetales abonados con estiércol fresco.	Diarrea acuosa, distensión abdominal, flatulencia, cólico abdominal intermitente.

Anexo 6. Selección de expertos y validación

Calculo del número de expertos, según método mostrado anexo 3.

se fijaron los valores siguientes:

$$i = 0,1 \quad P = 0,01, \quad K = 6,6564, \quad 1-\alpha = 0,99$$

$$m = \frac{(0,01)(1-0,01)(6,6564)}{(0,1)^2} = 6,589 = 7 \text{ expertos}$$

El grupo queda formado por siete personas, las cuales se seleccionan según el coeficiente de competencia que se muestra a continuación.

Tabla 3.1 Cálculo del Coeficiente de competencia expertos "K"

Expertos	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
K_c	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,8	0,5	0,7	0,5	0,7
K_a	0,85	0,75	0,65	0,75	0,75	0,65	0,55	0,55	0,55	0,75
$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$	0,875	0,825	0,837	0,775	0,675	0,725	0,525	0,625	0,525	0,725
Clasificación	Mayor	Mayor	Mayor	Mediano	Menor	Mediano	Menor	Menor	Menor	Mediano

Expertos	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
K_c	0,6	0,5	0,8	0,5	0,9	0,5	0,7	0,7	0,8	0,6
K_a	0,75	0,55	0,85	0,65	0,95	0,65	0,75	0,75	0,85	0,55
$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$	0,675	0,525	0,825	0,575	0,925	0,575	0,725	0,725	0,825	0,575
Clasificación	Menor	Menor	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Mediano	Mediano	Mayor	Menor

K_c = Coeficiente de conocimiento, información que tiene el experto acerca del tema. Es calculado a partir de la valoración que realiza el propio experto en la escala del 0 al 10, multiplicado por 0,1.

K_a = Coeficiente de fundamentación de los criterios de los expertos. Se obtiene a partir de la asignación de puntuaciones, para la valoración de las fuentes de argumentación. (Oñate 1990 y López 2008 citados por Romero et al, 2011).

Con los valores finales obtenidos se clasifican los expertos en tres grupos:

- Si K es mayor a 0,8; mayor o menor o igual a 1: entonces hay influencia alta de todas las fuentes.
- Si K es mayor o igual que 0,7, mayor o menor o igual a 0,8: entonces hay influencia media de todas las fuentes.
- Si K es mayor o igual a 0,5, mayor o menor o igual a 0,7 entonces hay influencia baja de todas las fuentes. Cabero, Barroso (2013) .

Tabla 3.2 Ficha de datos del personal que integran el panel de experto, según la selección anterior.

NOMBRES	CARGO	PERFIL	RESPONSABILIDADES
Arelys Machado	Directora Técnica	MSc. Eficiencia energética	Gestiona la actividad técnico productivo de la fábrica, auditor de sistema de inocuidad, producción, calidad, mantenimiento.
Fernando Sarría	Especialista en tecnología	MSc. Producción Mas Limpia.	Especialista en producciones de pasta alimenticias.
Luis Maimó	Tecnólogo	Ingeniero Químico	Dirige y controla el proceso tecnológico de la producción de pastas alimenticias.
Sergio Sarduy	Ingeniero Mecánico	MSc en eficiencia energética	Gestiona las actividades medioambientales.
María del R. Cruz Quintero	Especialista de calidad	Ingeniero Químico	Especialista de calidad, gestiona la inocuidad y calidad.
Raymond Duarte	Médico	Especialista en Higiene y epidemiología	Atención de las estadísticas de *ETA y Jefe de alimentos por MINSAP.
Yulexis Meneses	Consultora sistema de inocuidad alimentaria, especialista HACCP	MSc. Seguridad tecnológica y ambiental en procesos químicos.	Diseñar sistemas de inocuidad alimentaria en organizaciones productoras de alimentos.

*ETA Enfermedades transmitidas por alimentos.

Anexo 7 Resultado del trabajo de los expertos en evaluación de riesgos.

Tabla 3.7 Evaluación de riesgo en el proceso de obtención de sémola y sus mezclas.

Materia prima/ etapas de proceso	Peligro	Expertos	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	a_{ij}:	a_{ij}-T	(a_{ij}-T)²
Trigo	F: Presencia de materias extrañas del lugar de origen.	P	5	5	5	4	4	4	4	31	10	100
		S	2	2	2	2	3	3	3	17	-4	16
		Pr	2	2	2	2	2	2	2	14	-7	49
		IC	20	20	20	16	24	24	24	126		
	Q: Presencia de residuos de plaguicidas por encima de los límites máximos permisibles.(Cipermetrin)	P	3	3	2	3	2	3	3	19	-2	4
		S	2	3	4	3	3	2	3	20	-1	1
		Pr	3	3	3	2	3	3	4	21	-1	1
		IC	18	27	24	18	18	18	36	159		
	Q:Presencia de contaminantes metálicos(Pb, As, Cad)	P	3	3	3	3	3	3	3	21	0	0
		S	4	4	4	3	3	3	3	24	3	9
		Pr	3	3	3	3	3	3	3	21	0	0
		IC	36	36	36	27	9	9	9	162		
	Q: Presencia de micotoxinas, por encima de los límites máximos permisibles.	P	3	4	2	3	3	3	3	21	0	0
		S	3	3	3	3	3	2	2	19	-2	4
		Pr	3	3	3	2	3	3	2	19	-2	4
		IC	27	36	18	18	27	18	12	156		

	M: Presencia de hongos filamentosos	P	3	3	3	3	3	3	3	21	0	0
		S	3	3	3	3	3	3	3	21	0	0
		Pr	3	3	3	3	3	3	3	21	0	0
		IC	27	189								
Agua	F: Presencia de partículas y/o materias orgánicas.	P	2	3	2	2	2	3	3	17	-4	16
		S	2	2	4	3	2	2	3	21	0	0
		Pr	3	2	2	3	2	3	2	17	-4	16
		IC	12	12	16	18	8	18	18	102		
	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.	P	3	3	2	2	2	2	2	16	-5	25
		S	3	3	3	3	4	4	4	24	3	9
		Pr	2	2	3	3	2	2	3	17	-4	16
		IC	18	18	18	18	16	16	24	128		
	M: Presencia de microorganismos.	P	2	3	4	2	3	2	2	18	-3	9
		S	3	2	3	4	3	2	3	20	-1	1
		Pr	2	3	2	2	3	2	2	16	-5	25
		IC	12	18	24	16	9	8	12	134		
Almacenamiento de trigo	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la aplicación de fumigación.	P	3	2	3	2	3	2	3	18	-3	9
		S	3	3	3	3	3	2	3	20	-1	1
		Pr	3	2	3	2	3	2	3	18	-3	9
		IC	27	12	27	12	27	8	27	122		

	M: Contaminación con hongos.	P	2	2	2	3	3	3	2	17	-4	16
		S	3	3	3	3	2	3	3	20	-1	1
		Pr	3	2	2	2	3	2	3	17	-4	16
		IC	18	12	12	18	18	18	18	18	114	
I Limpieza	F: Persistencia de materias extrañas (ferrosa y no ferrosa).	P	3	2	3	2	3	3	2	18	-3	9
		S	3	3	3	3	3	2	2	20	-1	1
		Pr	2	3	2	3	2	3	3	21	0	0
		IC	18	18	18	18	18	18	12	120		
Separación de partículas ferromagnéticas	F: Persistencia de materias ferrosas.	P	3	3	3	3	3	4	3	22	1	1
		S	3	3	3	3	3	3	3	21	0	0
		Pr	3	3	3	2	3	2	2	18	-2	4
		IC	18	36	27	18	27	24	18	244		
II Limpieza	F: Persistencia de materias extrañas	P	3	3	4	3	3	2	3	21	0	0
		S	3	4	4	3	3	3	4	24	3	9
		Pr	4	3	3	2	2	2	2	18	-3	9
		IC	36	36	48	18	18	12	24	192		
Desinsectación	M: Supervivencia de insectos y sus larvas o huevos	P	3	2	2	3	3	3	2	18	-3	9
		S	3	2	2	3	3	3	3	19	-2	4
		Pr	2	4	3	2	3	2	2	18	-3	9
		IC	18	16	12	18	27	18	12	117		
Almacenamiento	Q: Contaminación con	P	3	2	2	2	3	2	3	18	-3	4

Tabla 3.8 Evaluación de riesgo en el proceso de obtención de pastas alimenticias.

Materia prima/ etapas de proceso	Peligro	Expertos	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	a _{ij} :	a _{ij} -T	(a _{ij} -T) ²
Sémola, harina y mezclas	M: Presencia de hongos	P	3	3	4	3	3	2	3	21	0	0
		S	3	4	4	3	3	3	4	24	3	9
		Pr	4	3	3	2	2	2	2	18	-3	9
		IC	36	36	48	18	18	12	24	192		
	F: Presencia de hilos, madera, materias extrañas y/o partículas ferromagnéticas	P	3	3	2	3	2	3	3	19	-2	4
		S	2	3	4	3	3	2	3	20	-1	1
		Pr	3	3	3	2	3	3	3	20	-1	1
		IC	18	27	24	18	18	18	27	150		
	Q: Presencia de residuos de plaguicidas y contaminantes metálicos por encima de los niveles máximos permisibles.	P	3	4	2	3	3	3	3	21	0	0
		S	3	3	3	3	3	2	2	19	-2	4
		Pr	3	3	3	2	3	3	2	19	-2	4
		IC	27	36	18	18	27	18	12	156		
Agua	F: Presencia de partículas y/o materias orgánicas.	P	2	3	1	1	2	3	3	15	-6	36
		S	2	2	4	2	2	2	2	16	-5	25
		Pr	2	1	2	3	2	3	2	15	-6	36
		IC	8	6	8	6	8	18	12	60		

	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.	P	2	3	2	2	2	2	2	15	-6	36
		S	3	3	3	3	4	4	4	24	3	9
		Pr	2	2	3	3	2	2	3	17	-4	16
		IC	12	18	18	18	16	16	24	122		
	M: Presencia de microorganismos.	P	2	3	4	2	3	2	2	18	-3	9
		S	3	2	3	2	3	2	3	18	-3	9
		Pr	2	3	2	2	3	2	2	16	-5	25
		IC	12	18	24	8	9	8	12	126		
Película litografiada de Polipropileno	F: Presencia de polvo y tierra.	P	3	2	3	3	3	2	1	17	-4	16
		S	3	2	2	3	2	3	3	18	-3	9
		Pr	2	3	2	2	2	2	2	15	-6	36
		IC	18	12	12	18	12	12	6	81		
	Q: Presencia de contaminantes en la película de envase.	P	3	2	2	3	3	3	2	18	-3	9
		S	3	2	2	3	3	3	3	20	-1	1
		Pr	2	2	2	2	3	2	2	15	-6	36
		IC	18	8	8	18	27	18	12	128		
Almacenamiento de Sémola Harina y mezclas.	Q: Contaminación con productos químicos por encima de los niveles permisibles, debido a la	P	3	2	3	2	3	2	3	18	-3	9
		S	3	3	3	3	3	2	3	20	-1	1
		Pr	3	2	3	2	3	2	3	18	-3	9
		IC	27	12	27	12	27	8	27	122		

Tabla 3.9 Evaluación de riesgo en el proceso de obtención de pastas alimenticias cocida

Materia prima/ etapas de proceso	Peligro	Expertos	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	a _{ij} :	a _{ij} -T	(a _{ij} -T) ²	
Pasta	M: Presencia de plagas.	P	3	3	3	3	3	3	3	21	0	0	
		S	3	3	3	3	3	3	3	21	0	0	
		Pr	2	2	2	2	2	2	2	14	-3	9	
		IC	18	126									
Agua	F: Presencia de partículas y/o materias orgánicas.	P	2	3	1	1	2	3	3	15	-6	36	
		S	2	2	4	2	2	2	2	16	-5	25	
		Pr	2	1	2	3	2	3	2	15	-6	36	
		IC	8	6	8	6	8	18	12	60			
	Q: Presencia de contaminantes químicos por encima de los niveles permisibles.	P	2	3	2	2	2	2	2	2	15	-6	36
		S	3	3	3	3	4	4	4	4	24	3	9
		Pr	2	2	3	3	2	2	3	3	17	-4	16
		IC	12	18	18	18	16	16	24	122			
	M: Presencia de microorganismos.	P	2	3	4	2	3	2	2	2	18	-3	9
		S	3	2	3	2	3	2	3	3	18	-3	9
		Pr	2	3	2	2	3	2	2	2	16	-5	25
		IC	12	18	24	8	9	8	12	126			
Cloruro de sodio, (sal extrañas)	F: Presencia materias	P	3	2	3	3	3	2	1	17	-4	16	
		S	3	2	2	3	2	3	3	18	-3	9	

común)		Pr	2	3	2	2	2	2	2	15	-6	36
		IC	18	12	12	18	12	12	6	81		
	Q:Presencia contaminantes químicos	P	3	2	2	3	3	3	2	18	-3	9
		S	3	2	3	3	3	3	3	20	-1	1
		Pr	2	3	2	2	3	2	2	15	-6	36
		IC	18	12	12	18	27	18	12	117		317

Anexo 8. Confiabilidad del criterio de experto

Con el objetivo de ver si es confiable el criterio de los expertos, este método se combina con el coeficiente de Kendall (w), el cual puede ser calculado, según la siguiente expresión:

$$W = \frac{12 \cdot \sum A^2}{m^2(K^3 - K)}$$

m: Números de expertos.

K: Números de prioridades.

A: Desviación del valor medio de los juicios emitidos.

El valor de A se determina mediante la fórmula siguiente.

$$A = \sum_{j=1}^M (a_{ij} - T) \quad a_{ij}: \text{Juicio de importancia} \quad T = \frac{1}{2} \cdot m(K + 1)$$

Debiéndose cumplir que: $0 \leq W \leq 1$

	(Sémola + harinas)	Pastas alimenticias	Pasta alimenticia cocida
Calculo coeficiente de Kendall (w)			
$W = \frac{12 \cdot \sum A^2}{m^2(K^3 - K)}$	0,908	0,934	0,647
$A = \sum_{j=1}^M (a_{ij} - T)$	$\sum A^2 = 445$	$\sum A^2 = 458$	$\sum A^2 = 317$
Factor de comparación			
$T = \frac{1}{2} \cdot m(K + 1)$	21	21	21
$W \geq 0,5$ Es confiable el criterio de Expertos	$0,908 \geq 0,5$	$0,934 \geq 0,5$	$0,647 \geq 0,5$
$X^2 = m(K - 1) \cdot W$	25,4	26,152	18,116
RC: $X^2 > X^2_{\alpha, k-1};$ $X^2_{\alpha, k-1}$	13,2767 (tabla estadística) ($1-\alpha = 0,99$ $K-1=5-1=4$)	13,2767 (tabla estadística) ($1-\alpha = 0,99$ $K-1=5-1=4$)	13,2767 (tabla estadística) ($1-\alpha = 0,99$ $K-1=5-1=4$)
H_0 : El juicio no es consistente. H_1 : El juicio es consistente.	$25,4 > 13,2767$ Juicio consistente. Se rechaza la hipótesis nula H_0	$26,152 > 13,2767$ Juicio consistente. Se rechaza la hipótesis nula H_0	$18,116 > 13,2767$ Juicio consistente. Se rechaza la hipótesis nula H_0

Anexo 9. Variables operacionales para la producción de pastas largas

Descripción	Valor
Peso específico Sémola	0,59kg/dm ³
Cantidad agua masa	28,1%
Temperatura agua masa	42-45 °C
Velocidad tornillo	40,5Hz 21,3 rpm
Velocidad motor tornillo	1183 rpm
Temperatura cilindro	30-32 °C
Temperatura ventilación cabezal	73-75 °C
Temperatura cabezal	46° C
Velocidad lineal	42,5 Hz
Temperatura central 1 Pre-Secado	60±1 °C
Temperatura central 2 Pre-Secado	65±2 °C
Humedad central 2 Pre-Secado	75 %
Temperatura central 3 Pre-Secado	77±1 °C
Humedad central 3 Pre-Secado	80 %
Temperatura central 4 Pre-Secado	80±1 °C
Humedad central 4 Pre-Secado	85 %
Temperatura central 5 Pre-Secado	82±1 °C
Temperatura central 6 Pre-Secado	84 °C
Humedad central 6 Pre-Secado	88 %
Temperatura Secador Central 1 - 2	79±1 °C
Humedad Secador Central 1 - 2	82 %
Temperatura Secador Central 3 - 4	77 °C
Temperatura Secador Central 5 - 6	76±1 °C
Humedad Secador Central 5 - 6	80 %
Temperatura Secador Central 7 - 8	75±1 °C
Temperatura Secador Central 9-10-11	73±1 °C
Humedad Secador Central 9-10-11	80 %
Temperatura Secador Central 12-13-14	73±1 °C
Temperatura Enfriador	28±1 °C

Anexo 10. Potencial falta inocuidad alimentaria (FIA)

Tabla 3.17 Calculo del potencial de inocuidad alimentaria.

Materia prima/etapa del proceso	Peligros	Sustancia contaminante	Inventario mg/kg	Normado mg/kg	$K_{f,q,m}$ mg sc/kg	FC mgseq/mg sc/pc.día	$\prod_1^m K_{fi} FC_{fi}$	$\sum_{i=1}^n \left(\prod_1^{m_f} K_{fi} FC_{fi} \right)$
Proceso de obtención de sémola y mezclas								
Trigo	Q: Presencia de residuos de plaguicidas por encima de los límites máximos permisibles.	Cipermetrin	1.5	2	0,75	$1,07 \cdot 10^{-1}$	0,08025	0,2672 mg de arsénico equivalente /kg
	Q: Presencia de aflatoxinas y micotoxinas, por encima de los límites máximos permisibles.	Ocratoxina	ND	$15 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	
		Aflatoxinas Totales (B1+G1+B2+G2)	ND	$5 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	
		Deoxinivalenol (vomitoxina)	ND	10^{-6}	-	-	-	
	Q: Contaminantes (metálicos)	Plomo	0,01	0,2	0,05	$5,99 \cdot 10^{-1}$	0,02995	
		Cadmio	0,01	0,2	0,05	2,14	0,107	
		Arsénico	0,01	0,2	0,05	1	0,05	
M: Presencia de hongos	Hongos filamentosos	3	4	0,75	0,20	0,15	$1,5 \cdot 10^{-4}$ ufc Listeria monocytogenes eq/kg	
II Limpia	F: Persistencia de materias extrañas	Materias orgánicas	$6,47 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-2}$	0,92	0,20	0,184	0,184 mg de vidrio equivalente /kg
Proceso de obtención de pastas alimenticias								
Sémola y/o mezclas	Q: Presencia de residuos plaguicidas	Permetrin	0,1	0,5	0,2	$4,28 \cdot 10^{-2}$	$0,856 \cdot 10^{-2}$	$7,276 \cdot 10^{-2}$ mg de arsénico equivalente /kg
		Cipermetrin	0,3	0,5	0,6	$1,07 \cdot 10^{-1}$	0,0642	
	Q: Presencia de contaminantes químicos	Aflatoxinas Totales (B1+G1+B2+G2)	ND	$15 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	
		Ocratoxina	ND	$5 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	
		Deoxinivalenol (vomitoxina)	ND	10^{-6}	-	-	-	

	M: Presencia de hongos	Hongos filamentosos	1	2	0,5	0,20	0,1	10 ⁻⁴ ufc Listeria monocytogenes eq/kg
Disposición de la Materia Prima	F: Presencia de materias extraña	Papel, madera, hilo	Ausencia	Ausencia	0	0,25	0	0 mg de vidrio equivalente/kg
Extracción de la Materia Prima	F: Partículas ferromagnéticas.	Partículas ferromagnéticas.	Ausencia	Ausencia	0	0,33	0	
Secado	M: Supervivencia de hongos	Hongos filamentosos	Ausencia	Ausencia	0	0,20	0	0 ufc Listeria monocytogenes eq/kg
Proceso de elaboración de pastas.								
	No hay peligros	0	0	0	0	0	0	0

Nota * ND – No detectadas

Anexo 11. Formulario plan Haccp para el proceso de obtención de sémola y sus mezclas y pastas alimenticias

Punto Crítico de Control (PCC)	Peligros significativos	Límites críticos para cada medida preventiva	Monitoreo				Acciones Correctivas	Registros	Verificación
			Qué	Cómo	Frecuencia	Quién			
Trigo	Q: Presencia de plaguicidas por encima de los niveles normados	No se admiten lotes sin el certificado de fumigación.	Certificado de fumigación	Revisión visual según norma CODEX	Cada vez que se reciba un lote	Jefe de descarga	Retener el lote.	Inspección de las materias primas	Realización de análisis de residuos de plaguicidas. Semestral.
	M: Presencia de hongos	No se admiten lotes con contaminación de hongos y humedad mayores de 12 %	Presencia visibles de hongos Humedad del trigo	Visual Ensayo laboratorio	Cada vez que se reciba un lote	Jefe de descarga	Retener el lote.	Inspección de las materias primas	Realización de ensayos microbiológicos en laboratorios externos.
II Limpieza	F: Persistencia de materias extrañas	No se admiten equipos sucios o rotos.	Limpieza de los equipos Estado técnico de los equipos	Según IT de cada equipo.	Diaria	Operadores	Detener el proceso de limpia y limpiar los equipos. Reprocesar el producto.	Reporte de producción. Control del proceso.	Revisión de los registros del monitoreo. Jefe Producción y J' de Mto Quincenal. Una vez al turno. Técnico de control de calidad.

Sémola, Harina y Mezclas	Q: Presencia de residuos de plaguicidas M: Presencia de Hongos y plagas	No se admite la presencia de residuos de plaguicidas por encima del LMP, ni hongos y plagas en la materia prima.	Certificado de fumigación Presencia de hongos y plagas	Visual utilizando lupa.	Cada vez que se reciba materia prima.	Técnico de calidad	Rechazar el Lote. Tec. de calidad	Registro de control de procesos	Realizar ensayos en sanidad vegetal Verificar presencia de Hongos cada 3 meses en laboratorio especializado.
Disposición de la materia prima.	F- Persistencia de madera, hilo y papel.	No se admite mallas rotas, ni sucias en el separador rotante de la caja de carga.	Estado técnico de las mallas y limpieza de estas.	Visual	Semanal	Operario	Limpieza o sustitución de las mallas. Operador de equipos auxiliares.	Registro de control de procesos	Revisión de los registros.
Extracción de la materia prima.	F- Persistencia de partículas ferromagnéticas	No se admite imán sucio.	Limpieza del imán	Visual	Diario	Operario	Limpiar el imán. Operador de equipos auxiliares.	Registro de control de procesos	Revisión de los registros. Análisis de cenizas.
Secado	M: contaminación posterior por presencia de hongos.	No se admite pastas con humedades superiores a 12, 5 %	Temperatura y Humedad	Control automático	Cada 2 h	Operario	Rechazar el lote	Registro de control de procesos	Revisión de registros Ensayo microbiológico

Anexo 12 Evaluación económica

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250
Beneficio Operacionales		\$216,250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250
Depreciación		\$3 143	\$3 143	\$3 143	\$3 143	\$3 143	\$3 143	\$3 143	\$3 143	\$3 143	\$3 143
Beneficios antes Impuestos		\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106
Impuestos		\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Beneficios despues Imp.		\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106	\$213 106
Inversión	\$314,320										
Flujo de caja	-\$314,320	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250	\$216 250
Flujo de caja Actualizado	-\$314,320	\$193 080	\$172 393	\$153 922	\$137 430	\$122 706	\$109 558	\$97 820	\$87 339	\$77 981	\$69 626
Flujo de caja al descontado	-\$314,320	-\$121 239	\$51 153	\$205 075	\$342 506	\$465 212	\$574 771	\$672 592	\$759 931	\$837 913	\$907 540

Anexo 13 Diagramas de bloque de casos de estudio

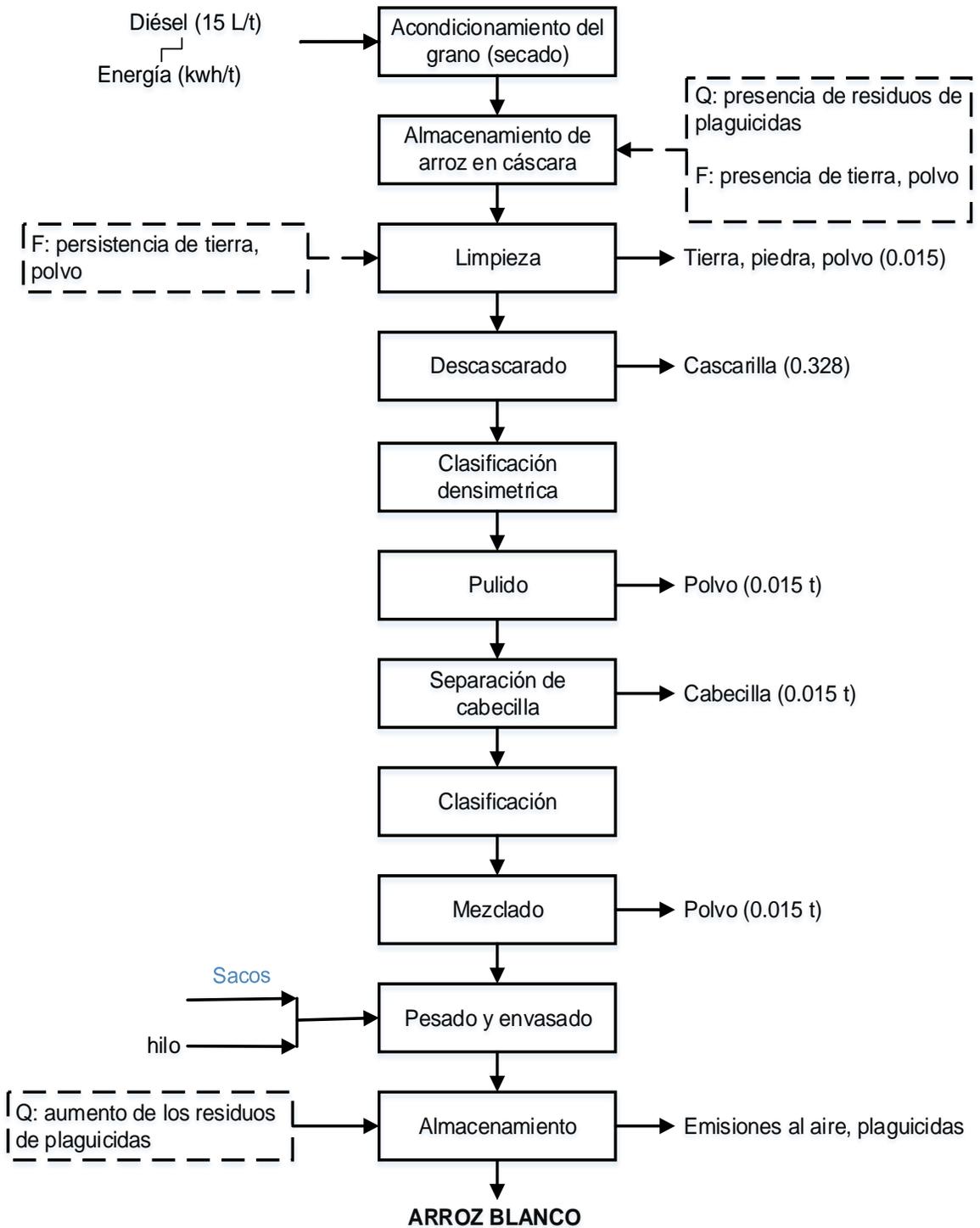


Figura 3.11. Proceso de obtención de arroz blanco

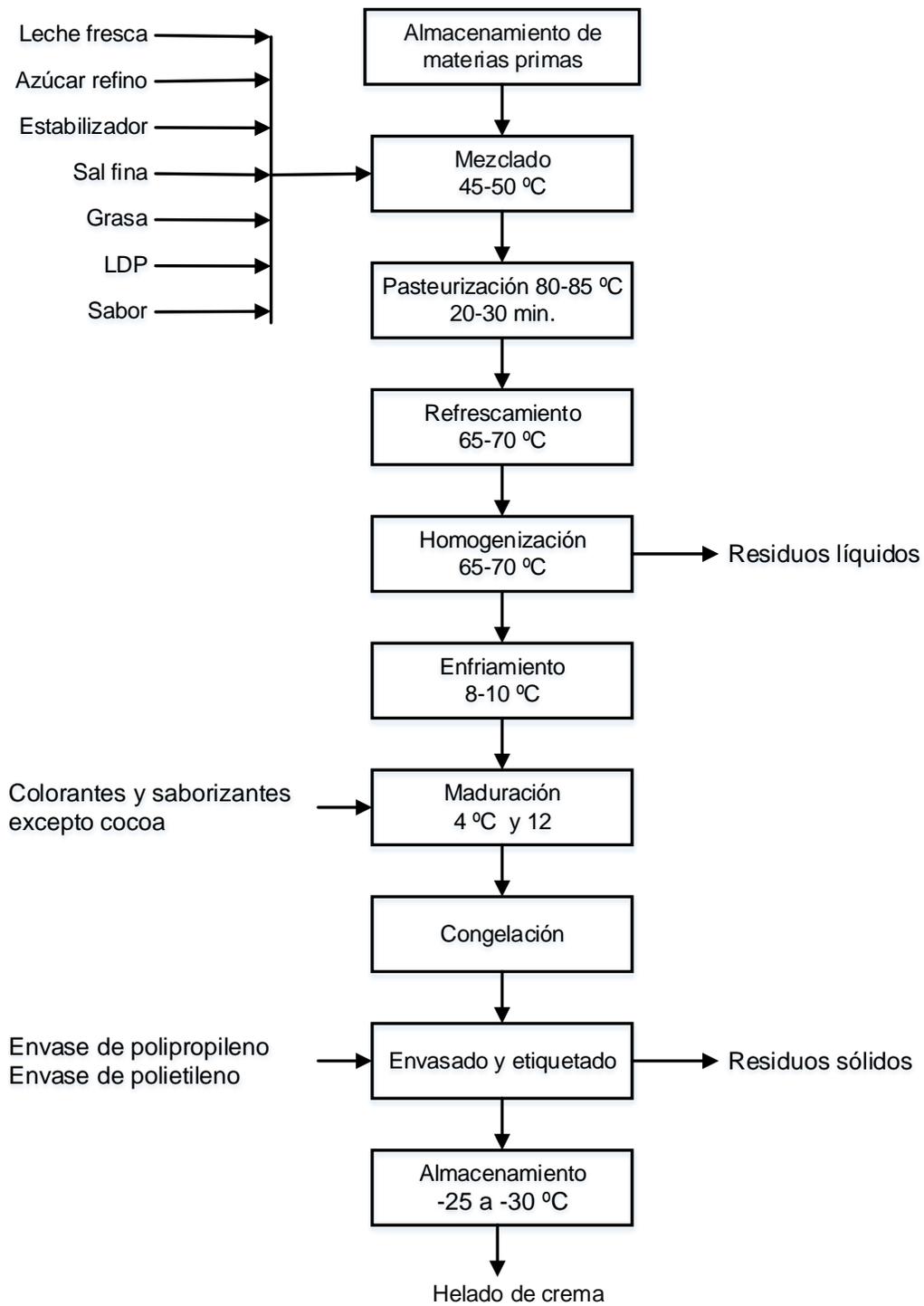


Figura 3.12. Proceso de obtención de helado crema.

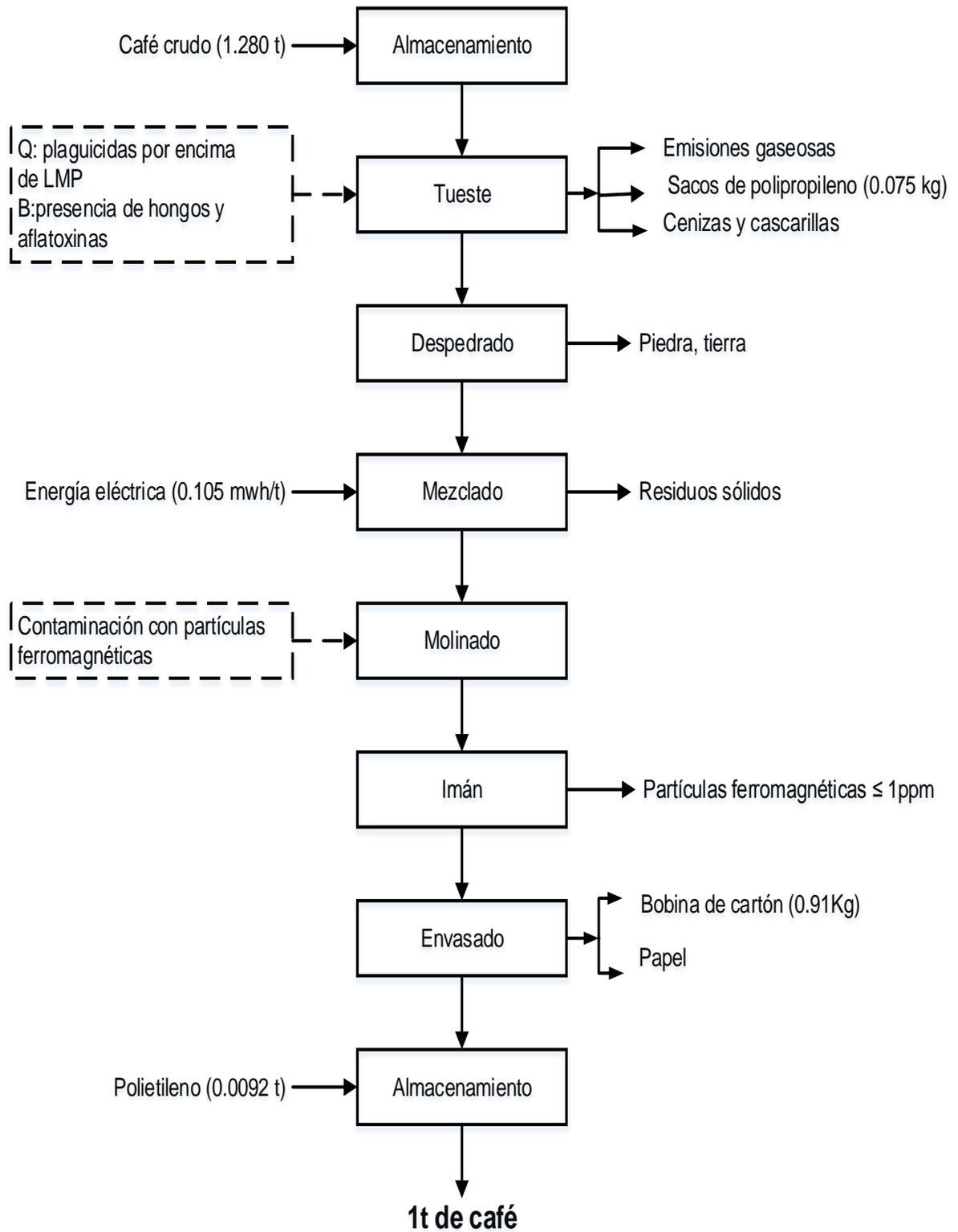


Figura 3.13. Proceso de obtención de café.

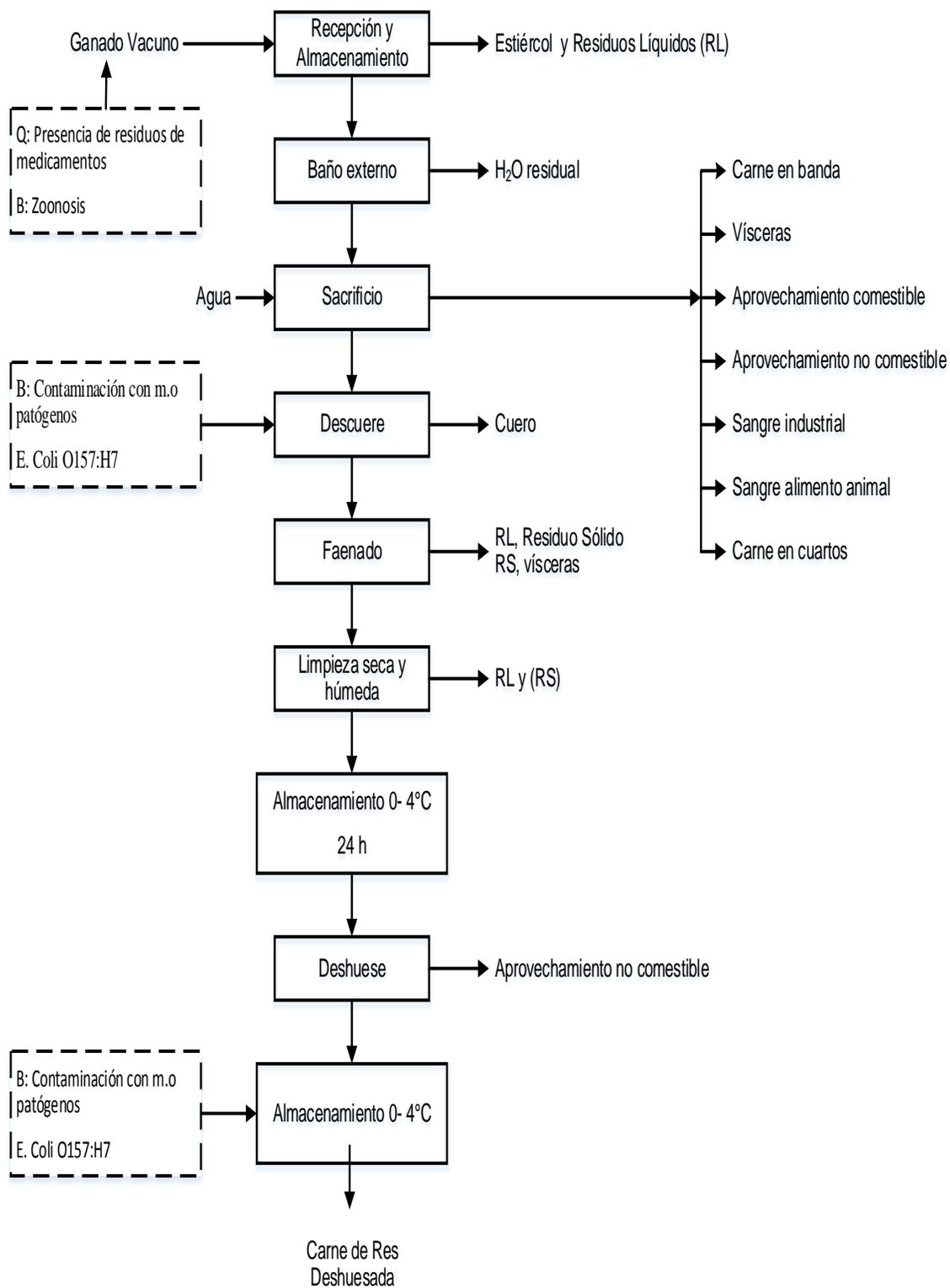


Figura 3.14. Proceso de obtención de carne de res.

Anexo 14. Selección de expertos

Encuesta para determinar el coeficiente de competencia de los expertos. Validación de la metodología.

Estimado(a) Colega:

Con el objetivo de obtener su evaluación sobre la efectividad de la metodología propuesta, “Evaluación de ACV dentro para la industria alimentaria”, necesitamos crear un equipo de trabajo para validar novedad, aplicabilidad, importancia, métodos de cálculo y resultados. Usted podrá ser seleccionado como un(a) profesional para validar la misma por lo que, le pedimos responda las preguntas siguientes:

Marque con una (X), en la tabla siguiente, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento que usted posee sobre inocuidad alimentaria /ACV.

El conocimiento sobre el tema va creciendo desde 0 hasta 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Realice una autovaloración del grado de influencia que cada una de las fuentes ha tenido en su conocimiento. Marque con una (X) según corresponda, en A (alto), M (medio) y B (bajo).

Argumentación	(Alto)	(Medio)	(Bajo)
Análisis teóricos realizados por usted en la temática tratada inocuidad alimentaria/ACV			
Experiencia obtenida			
Análisis de trabajos de autores nacionales			
Análisis de trabajo de autores extranjeros			
Su intuición			

Gracias por su colaboración.

Anexo 14

Selección de expertos para validar la metodología

ARROZ							
Expertos	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
K_c	0,8	1	0,9	0,6	0,7	0,7	0,8
K_a	0,85	0,9	0,95	0,65	0,75	0,75	0,85
$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$	0,825	0,95	0,925	0,575	0,725	0,725	0,825
Clasificación	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Mediano	Mediano	Mayor

PASTA							
Expertos	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
K_c	0,9	0,9	0,9	1	0,8	0,8	0,7
K_a	0,85	1	0,65	1	0,9	0,75	0,75
$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$	0,875	0,95	0,837	1	0,85	0,775	0,725
Clasificación	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	Mediano	Mediano

CAFÉ							
Expertos	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21
K_c	0,8	0,8	1	0,6	0,8	0,5	0,8
K_a	0,75	0,9	1	0,75	0,65	0,55	0,75
$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$	0,775	0,85	1	0,675	0,725	0,525	0,775
Clasificación	Mediano	Mayor	Mayor	Menor	Mediano	Menor	Mediano

HELADO							
Expertos	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28
K_c	0,9	0,9	0,8	0,6	0,7	0,8	0,8
K_a	0,95	0,8	0,65	0,55	0,55	0,7	0,7
$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$	0,925	0,85	0,725	0,575	0,625	0,75	0,75
Clasificación	Mayor	Mayor	Mediano	Menor	Menor	Mediano	Mediano

CARNE							
Expertos	E29	E30	E31	E32	E33	E34	E35
K_c	0,8	0,7	0,7	0,5	0,9	0,7	0,8
K_a	0,65	0,75	0,55	0,55	0,95	0,55	0,9
$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$	0,725	0,725	0,625	0,525	0,925	0,625	0,85
Clasificación	Mediano	Mediano	Menor	Menor	Mayor	Menor	Mayor

Anexo 15. Criterio de los expertos en la validación de la metodología

No	Expertos/ Preguntas	E2	E3	E9	E11	E17	E22	E33	a _{ij}	a _{ij} -T	(a _{ij} -T) ²
1	Novedad, aplicabilidad e importancia de la metodología dentro de la cadena alimentaria	5	5	5	5	5	4	4	33	12	144
2	Utilización de <u>Haccp</u> como complemento ACV	4	4	4	4	4	4	4	28	7	49
3	Declaración de factores de caracterización, para los peligros físicos, químicos y microbiológicos	4	5	5	5	4	4	4	31	10	100
4	Cuantificación de la falta de inocuidad	5	5	5	5	5	4	4	33	12	144
5	Evaluación de la categoría de daños a la salud humana, incluyendo la falta de inocuidad, con enfoque ACV	4	4	4	4	4	3	4	27	6	36
											473

Anexo 16. Confiabilidad del criterio de experto en la validación de la metodología.

$$W = \frac{12 \cdot \sum A^2}{m^2 \cdot (K^3 - K)}$$

m: Números de expertos.

K: Números de prioridades o índices a evaluar.

A: Desviación del valor medio de los juicios emitidos.

El valor de A se determina mediante la fórmula siguiente.

$$A = \sum_{j=1}^M (a_{ij} - T)$$

a_{ij} : Juicio de importancia

$$T = \frac{1}{2} \cdot m(K + 1)$$

Debiéndose cumplir que: $0 \leq W \leq 1$

$W \geq 0,5$ Es confiable el criterio de Expertos

Calculo coeficiente de Kendall (w),

$$W = \frac{12 \cdot \sum A^2}{M^2 \cdot (K^3 - K)} \quad W = \frac{12 \cdot 473}{7^2 \cdot (5^3 - 5)} = 0,965$$

$$A = \sum_{j=1}^M (a_{ij} - T) \quad (3) \quad \sum A^2 = 473$$

Factor de comparación.

$$T = \frac{1}{2} \cdot m(K + 1) \quad (4) \quad T = \frac{1}{2} \cdot 7(5 + 1) = 21 \quad 0 \leq W \leq 1$$

$W \geq 0,5$ Es confiable el criterio de Expertos

$0,965 \geq 0,5$ **Es confiable el criterio de Expertos**

$$X^2 = M(K - 1) \cdot W \quad X^2 = 7(5 - 1) \cdot 0,965 = 27,020$$

RC: $X^2 > X^2_{\alpha, k-1}$; $X^2_{\alpha, k-1} = 13,2767$ (tabla estadística)

$(1 - \alpha = 0,99 \quad K - 1 = 5 - 1 = 4)$

H_0 : El juicio no es consistente.

H_1 : El juicio es consistente.

$27,020 > 13,2767$ **Juicio consistente.** Se rechaza la hipótesis nula H_0 .