

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

# **ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN EL PROCESAMIENTO DEL TOMATE EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL VICTORIA DE GIRÓN**



**Tesis presentada en opción al Título de  
Especialista en Fruticultura Tropical**

**Autor: Ing. Carlos Alberto Fierro Ahren**

**Tutor: Dr. C. Miguel Aranguren González**

**Jagbey Grande  
2018**



UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



# ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN EL PROCESAMIENTO DEL TOMATE EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL “VICTORIA DE GIRÓN”

Tesis presentada en opción al Título de  
Especialista en Fruticultura Tropical

**Autor:** Ing. Carlos Alberto Fierro Abreu

**Tutor:** Dr. C. Miguel Aranguren González

Jagüey Grande

2018

## **DEDICATORIA**

- A mis hijos por ser la razón de mi vida.
- A mi esposa por brindarme siempre su apoyo incondicional.
- A mis compañeros de trabajo y profesores.

## **AGRADECIMIENTOS.**

- A mi familia.
- A la Revolución Cubana por haberme dado la oportunidad de superarme profesionalmente.
- A mi tutor Dr. C. Miguel Aranguren González por su dedicación, enseñanzas y oportunos señalamientos.
- A los obreros y técnicos de la industria.

**A todos muchas gracias**

## RESUMEN

La industria alimentaria es considerada como un sector de alto impacto ambiental, bien sea, en la producción de la materia prima o en la transformación pero según cada sector en particular genera residuos y consume energía y agua; sin embargo, las diferencias radican en los diversos procesos y niveles de tecnologías. El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de establecer una estrategia de Producción Más Limpia (P+L) en la línea de pasta de tomate de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” en Jagüey Grande, para lo cual se desarrolló el presente estudio en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón donde se identificaron los focos que generan opciones de P+L, se definieron las propuestas de opciones de P+L, así como su Implementación y evaluación. Las opciones de P+L identificadas según la metodología propuesta por la ONUDI, en la materia prima y la tecnología. Las medidas de P+L implementadas permiten un ahorro de 4,78% del consumo de agua, lo que representa una disminución de  $1.6 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$  y de 2 808,5 L de fuel-oil.

| <b>INDICE</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 1. INTRODUCCIÓN   | 1           |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA   | 4           |
| 2.1. El cultivo del tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> Lin).                  | 4           |
| 2.1.1. Importancia económica y alimenticia.                                     | 4           |
| 2.1.2. Producción del tomate en Cuba y el mundo.                                | 5           |
| 2.1.3. Taxonomía  | 6           |
| 2.1.4. Cosecha y poscosecha del tomate.   | 7           |
| 2.1.4.1. Sistemas de cosecha.   | 7           |
| 2.1.4.2. La cosecha y la maduración de los frutos                               | 7           |
| 2.1.4.3. Cambios estructurales y de composición en la maduración organoléptica. | 9           |
| 2.1.4.4. Manejo de la poscosecha del tomate.                                    | 10          |
| 2.1.5. Calidad del tomate.  | 12          |
| 2.1.5.1. Calidad industrial del tomate.   | 13          |
| 2.1.5.2. Parámetros de la calidad industrial del tomate.                        | 14          |
| 2.2. Producción Más Limpia (P+L).   | 15          |
| 2.2.1. Antecedentes   | 15          |
| 2.2.2. Definición.  | 17          |
| 2.2.3. Beneficios.  | 18          |
| 2.2.4. La Red Nacional de Producción Más Limpia (RNP+L).                        | 19          |
| 2.3. Sistema HACCP.   | 21          |
| 2.3.1. Prerrequisitos del Sistema HACCP.  | 23          |
| 2.3.2. Principios del Sistema HACCP.  | 24          |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS.  | 26          |
| 3.1. Ubicación del trabajo de investigación                                     | 26          |
| 3.2. Características tecnológicas de la línea                                   | 26          |
| 3.3. Características del producto (pasta de tomate) obtenido                    | 27          |

|   |    |
|---|----|
| 3.4. Identificación de los focos que generan opciones de P+L                        | 27 |
| 3.4.1. Relacionados con la materia prima  | 27 |
| 3.4.2. Relacionados con la tecnología   | 27 |
| 3.4.3. Relacionados con la eliminación de fugas de vapor y aislamiento de tuberías. | 28 |
| 3.5. Propuestas e implementación de opciones de P+L.                                | 28 |
| 3.5.1. Propuestas de opciones de P+L.   | 28 |
| 3.5.2. Implementación y evaluación de las propuestas de P+L.                        | 28 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN   | 29 |
| 4.1. Identificación de los focos que generan opciones de P+L                        | 29 |
| 4.1.1. Relacionadas con la materia prima.   | 29 |
| 4.1.2. Relacionadas con la tecnología.  | 29 |
| 4.1.3. Relacionadas con la eliminación de fugas de vapor y aislamiento de tuberías. | 30 |
| 4.2. Propuestas e implementación de opciones de P+L.                                | 31 |
| 4.2.1. Propuestas de opciones de P+L.   | 31 |
| 4.2.2. Implementación y evaluación de las propuestas de P+L.                        | 33 |
| 5. CONCLUSIONES.  | 36 |
| 6. RECOMENDACIONES.   | 37 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA   | 38 |

## **1. INTRODUCCIÓN**

A lo largo de los últimos años, la preocupación del mundo por el medio ambiente y la naturaleza, ha llevado a las personas a tomar conciencia ambiental y a que los organismos internacionales empiecen a incluir mundialmente este tema como una problemática a tratar y que sea de gran importancia.

La degradación del medio ha traído consigo impactos que son casi irreparables como lo es el calentamiento global y los daños generados en el transcurso del tiempo. La mitigación de estos efectos es un objetivo mundial, que busca reducir los niveles de contaminación generado por los seres humanos, por lo que se han creado políticas de control de la contaminación ambiental.

La actividad productiva es uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico de un país. Sin embargo, los residuos generados y el excesivo consumo de recursos naturales, pueden constituirse en agentes de deterioro del medio ambiente, restando sustentabilidad al crecimiento económico. Como consecuencia de ello, la dimensión ambiental ha adquirido mayor importancia en el diseño de procesos, en la toma de decisiones de inversión y en la gestión productiva (Zaror, 2000).

El sector agroindustrial se asocia con la generación de grandes cantidades de residuos, además de ser un importante consumidor de agua y energía (Cunha *et al.*, 2015).

La industria alimentaria es considerada como un sector de alto impacto ambiental, bien sea, en la producción de la materia prima o en la transformación (González *et al.*, 2016).

Pero según Kjaerheim (2005) cada sector en particular genera residuos y consume energía y agua; sin embargo, las diferencias radican en los diversos procesos y niveles de tecnologías. Santacruz (2005) ha planteado que el sistema de producción actual contribuye a la problemática del cambio climático, principalmente en la contaminación de las fuentes hídricas. En este sentido, es necesario que los sectores contaminantes, en especial la producción del sector agroindustrial, entienda la importancia de la relación que existe entre el desarrollo y el sistema ambiental, de donde provienen las materias primas que soportan la provisión de bienes y servicios que demanda la sociedad (Van-Hoof *et al.*, 2008)

Por esto, se promueven estrategias enmarcadas en el concepto de producción más limpia, definido de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (2006) como "la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios que incrementa la eficiencia y reduce los riesgos para el ser humano y el medio ambiente".

En la Unidad Empresarial de Base (UEB) Combinado Industrial "Héroes de Girón" que pertenece a la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón", ante la falta de abastecimiento de frutas cítricas, a partir del año 2011 se inicia un proceso de diversificación con el fin de explotar nuestras instalaciones la mayor parte del año y buscar nuevas alternativas de ingresos. Desde el 2002 el sector citrícola cubano, con el asesoramiento del Punto Focal de Producción Más Limpia (P+L) del Ministerio de la Agricultura (MINAG) y la participación de técnicos y especialistas del sector industrial, ha desarrollado nuevas opciones de P+L que han permitido un adecuado manejo de los recursos energéticos, hídricos y mantener la eficiencia industrial ante las limitaciones tecnológicas, económicas y las carencias de frutas actuales.

El procesamiento de las frutas y vegetales compromete en gran medida las aguas residuales y los residuos sólidos. Las primeras son altas en sólidos suspendidos, azúcares, harinas, agentes de blanqueado, sales e, incluso, residuos de pesticidas. Los segundos comprenden desechos de los procesos mecánicos de separación y preparación como semillas, hojas, tallos y cáscaras, además de las unidades descartadas (por defectos físicos o biológicos) y en general no se emplean como alimento para animales.

Por tal razón, es necesario implementar estrategias de P+L que logren reducir los impactos generados al ambiente.

### **Problema.**

El alto consumo de agua y portadores energéticos en la línea de pasta de tomate de la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón" en Jagüey Grande.

### **Hipótesis.**

Si se establece una estrategia de Producción Más Limpia (P+L) en la línea de pasta de tomate de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” en Jagüey Grande, se podrán disminuir el consumo de agua y portadores energéticos.

### **Objetivos.**

#### **Objetivo general.**

Establecer una estrategia de P+L en la línea de pasta de tomate de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” en Jagüey Grande.

#### **Objetivos específicos.**

- Identificar los focos que generan opciones de P+L.
- Implementar opciones de P+L.
- Reducir el consumo de agua y portadores energéticos en la instalación con la aplicación de una estrategia de P+L.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Lin).**

#### **2.1.1. Importancia económica y alimenticia.**

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico (FAO, 2012) representa uno de los componentes más frecuentes de la dieta y su uso está generalizado en el arte culinario por su apariencia, color, aroma, firmeza y sabor (Baldwin *et al.*, 2008).

Según Casanova *et al.* (2007) el tomate constituye en Cuba la principal hortaliza, y sus producciones se destinan al consumo en estado fresco por la población y a la industria, donde se elaboran: puré, salsa, pasta, zumo, catsup, encurtidos y otros, de ahí su importancia económica.

Los frutos de tomate presentan alto contenido de compuestos antioxidantes (licopeno,  $\beta$ -caroteno, vitamina A, C y E) y metabolitos secundarios, los cuales son de gran importancia para prevenir diferentes tipos de enfermedades y patologías tales como: enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, hipertensión arterial y la obesidad (Davidson y Touger-Decker, 2009; Causse *et al.*, 2010).

La importancia de los frutos del tomate es señalada también por Maroto (2008); El-Mergawi y Al-Redhaiman (2010) y Poiroux-Gonord *et al.* (2010) quienes coinciden en afirmar que los frutos del tomate representan uno de los componentes más frecuentes de la dieta humana, debido a su notable riqueza en: vitaminas, azúcares, compuestos antioxidantes, pigmentos carotenoides ( $\beta$ -carotenos y licopeno), microelementos, metabolitos secundarios, sales minerales y fibras, así como sus excelentes cualidades gustativas, que mejoran el apetito y ayudan a la digestión de los alimentos.

El fruto es fuente de vitaminas A, B1, B2, B6, C y E, y de minerales como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. Tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico. El aporte de cada 100 g de nutrientes del tomate en agua es del 93,5%. En cuanto a calorías es de 23 kcal, proporcionando al

organismo la energía que necesita para realizar las actividades diarias (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

### **2.1.2. Producción del tomate en Cuba y el mundo.**

En Cuba, se ha comercializado en los últimos años más de  $2 \times 10^5$  toneladas con un nivel máximo de producción de  $601 \times 10^3$  t (FAOSTAT, 2013). Esta hortaliza se cultiva en todas las provincias de Cuba, siendo las mayores productoras: La Habana, Pinar del Río, Villa Clara, Ciego de Ávila y Granma (Rodríguez *et al.*, 2007).

El tomate es actualmente una de las hortalizas más importantes en el mundo, tanto para consumo en fresco como la industrialización. Anualmente se producen más de 150 millones de toneladas de tomate en el mundo, de las cuales el 25% se destinan a la industria. De ésta fracción, más del 70% se deriva a la elaboración de pasta de tomate, al tiempo que el resto se utiliza en conservas, jugo de tomate, salsas y deshidratados (Asociación Tomate 2000, 2014).

Los mayores productores de esta hortaliza en América son: EE.UU, Brasil y México (FAO, 2010). En la zona del Caribe la productividad del tomate no sobrepasan las  $11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (FAO, 2012). España, es el segundo país mayor productor de la Unión Europea con una producción de  $3,6 \times 10^6$  t; y de ellos el 55% se destina a la industria (Gracia-López, 2009).

Solamente un 15% de la producción mundial de tomate tiene lugar en los países tropicales, con la mayor producción concentrada en Europa y Asia con valores de 23,31 y 20,50 millones de toneladas métricas respectivamente y las más bajas en Australia y Oceanía con 0,41 millones de toneladas métricas al año (INFOAGRO, 2007; FAO, 2011)

En el año 2011, a nivel mundial se tenían sembradas 4 734 356 ha de tomate, con una producción de 159 023 383 t y una productividad promedio de  $27 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (FAO, 2012), mientras que en Cuba, el área cultivada fue de 54 955 ha, una producción total de 601 000 t y una productividad de  $10,93 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (FAOSTAT, 2013).

Sólo diez países concentran el 90% de la producción de tomate para industria. Aproximadamente el 90-92% del total producido se cultiva en el hemisferio Norte, donde la cosecha se concentra en los meses de julio, agosto y septiembre. La posición líder la ocupa Estados Unidos con un 35% de la producción total, seguido por China (13%), Italia (12%) y Turquía. El resto se cosecha en el Hemisferio Sur (Chile, Brasil, Argentina, Australia) en el período enero-abril (World Processing, 2015). China se presenta como el actor más importante del mercado, con ventas de más de un millón de toneladas en los últimos tres años. Le sigue Italia, con exportaciones que rondan las 650 mil toneladas y Estados Unidos con cerca de 350 mil toneladas en las últimas dos temporadas. Más abajo se encuentran Portugal y España, con ventas cercanas a 200 mil toneladas en el último año y Chile, con cifras crecientes y alrededor de 100 mil toneladas en 2012 (FAOSTAT, 2015). En el plano de las importaciones de pasta de tomate, Alemania se posiciona como el principal país importador, con 218 mil toneladas en 2012 (World Processing, 2015).

### **2.1.3. Taxonomía**

Según Spooner *et al.* (2005) el tomate desde el punto de vista taxonómico pertenece a:

División: *Spermatophyta*

Subdivisión: *Magnoliophytina*

Clase: *Dicotyledoneas*.

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum lycopersicum* Lin.

Se conocen nueve especies del género *Solanum*, pero solamente *Solanum lycopersicum* es cultivado comercialmente como hortaliza (Peralta y Spooner, 2000). Bohs (2001) publicó su revisión del género y a la especie la nombró como *Solanum*

*lycopersicum* Lin., que es la más usada en la actualidad de todas las formas de clasificación de este cultivo.

Las variedades de tomate más rústicas presentan frutos pequeños de poco peso, las variedades de uso industrial pesan generalmente 50-120 g, pero los frutos para ensalada generalmente alcanzan más de 150 g (Gómez *et al.*, 2010).

#### **2.1.4. Cosecha y poscosecha del tomate.**

##### **2.1.4.1. Sistemas de cosecha.**

Los sistemas de cosecha del tomate pueden ser manuales o mecanizados. En general los frutos destinados a la industria se cosechan mecánicamente y los de consumo fresco preferentemente a mano, lo que implica mayor cantidad de mano de obra con mayores costos (Jaramillo *et al.*, 2007). Para realizar la cosecha mecánica se requiere de cultivares adaptados para ella y que presenten uniformidad en la producción y maduración (Casanova *et al.*, 2007).

La cosecha del tomate manual es generalmente escalonada en la planta y se realiza en varias etapas, según el período de producción de las plantas. Al cosechar se debe considerar el estado de madurez y el destino que se le dará al producto; y en otros casos se determina por el tamaño y la coloración del fruto (Gómez *et al.*, 2010).

##### **2.1.4.2. La cosecha y la maduración de los frutos**

La maduración es un proceso químico-físico y fisiológico complejo, que va acompañado de diferentes cambios bioquímicos y fisiológicos del fruto, que conduce al logro de las características sensoriales óptimas de calidad para el consumo del producto (Toivonen, 2007).

Se acepta generalmente que la maduración de los frutos es una fase programada del desarrollo de los tejidos vegetales, en la que se han producido cambios en la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, al inicio del período climatérico, que se traduce en la coordinación de ciertas reacciones bioquímicas, que se acentúan, y en la aparición de otras nuevas (Wills *et al.*, 2007).

La maduración de los frutos obedece a un programa determinado genéticamente, en el que se coordinan los cambios en la expresión genética de las diferentes transformaciones, que tienen lugar durante el proceso y que determinan sus parámetros de calidad interna y externa (Klee y Giovannoni, 2011).

La maduración es un proceso fisiológico sumamente importante para determinar el momento de cosecha de los frutos de las hortalizas (Taiz y Zeiger, 2010). Se ha demostrado científicamente, que durante este proceso se producen cambios o alteraciones en la composición química de los frutos, que determinan sus propiedades organolépticas como: textura, aroma, sabor y color (Baldwin *et al.*, 2008; Klee y Tieman, 2013).

La maduración de los frutos de tomate se caracteriza por una fase inicial, donde el crecimiento es lento, con una alta división celular, luego le sigue un período de marcado incremento en tamaño y peso, mayor expansión celular, y por último el ritmo de crecimiento decrece, es prácticamente en esta etapa, donde se inicia la maduración organoléptica del fruto (Jaramillo *et al.*, 2007).

De acuerdo a Casierra-Posada y Aguilar (2008) el estado de madurez al momento de cosecha del tomate está directamente relacionado con aspectos, tales como:

- La forma del consumo de la hortaliza (fresco o procesado).
- La composición química interna de los frutos.
- La frecuencia de cosecha de los frutos.

Taiz y Zeiger (2010) plantean que existen diferentes estados de madurez de los frutos y los más importantes son:

- Madurez fisiológica. Es el estado de desarrollo de los frutos de este cultivo que permite que continúe su desarrollo, aún después de cosechados.
- Madurez comercial. Es la etapa de desarrollo de los frutos que permite tener los requisitos para su consumo u otros fines específicos.
- Madurez organoléptica. Son los últimos estadios de crecimiento y desarrollo de los frutos y el inicio de la senescencia que resultan en la sumatoria de

características estéticas y/o de calidad, nutritiva del producto, se visualizan cambios de composición, color y textura.

- Senescencia: Es el proceso que sigue a la madurez fisiológica o comercial de los frutos, y que lleva a la muerte de los tejidos vegetales.

#### **2.1.4.3. Cambios estructurales y de composición en la maduración organoléptica.**

Los síntomas externos incluyen cambios de color, textura, sabor y aroma, los cuales representan el resultado de complejos cambios metabólicos que se producen durante la maduración de los frutos como: síntesis de pigmentos, degradación de plástidos y pérdida del contenido de clorofila. Todos estos procesos metabólicos van acompañados de cambios en la estructura celular de los frutos (Wills *et al.*, 2007; Baldwin *et al.*, 2008).

1. Cambios en la estructura celular. Durante la maduración organoléptica se observan en los plástidos mayores cambios de su estructura. Por ejemplo, la transformación de los cloroplastos (ricos en clorofila) en cromoplastos (enriquecidos en licopeno), lo que propicia un estadio verde-maduro (Bruhn, 2007).

2. Cambios en el color. Se producen transformaciones en la coloración de la clorofila de color verde y hay síntesis y aumento del contenido de compuestos carotenoides ( $\beta$ -carotenos y licopeno), xantofilas, flavonoides y antocianidinas, que le proporcionan cambios de color a la piel y la pulpa de los frutos (coloraciones amarillo-rojizas) (Brandt *et al.*, 2006). Los cambios del color verde a amarillo o rojo se deben a la degradación de la clorofila como consecuencia de los cambios de pH en la célula (Taiz y Zeiger, 2010).

3. Cambios en la textura. Son modificaciones en la estructura y composición de las paredes celulares de los frutos, debido a la acción de ciertos complejos enzimáticos como las enzimas poligalaturonasas y pectinasas, que se incrementan durante la respiración celular y la maduración organoléptica, las cuales son las responsables del ablandamiento de los tejidos de los frutos y la disminución de la dureza (Bartz y Brecht, 2003).

4. Cambios en el sabor y la aroma. Tanto el sabor como el aroma de los frutos del tomate son el resultado de la combinación de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos

volátiles. Durante la maduración hay una disminución considerable de los polisacáridos de reservas y estructurales del fruto (almidón, celulosa y pectinas), un aumento de azúcares simples (glucosa y fructosa), una disminución de la acidez, producida por los ácidos orgánicos (ácido cítrico, málico y succínico), una reducción de la concentración de taninos y un aumento del contenido de aminoácidos esenciales y proteínas. Esto provoca una mejora del sabor, debido a un incremento del dulzor, una disminución de la acidez, una reducción de la astringencia y como resultado un aumento de la calidad nutritiva (Baldwin *et al.*, 2008). El aroma está determinado por una serie de sustancias volátiles como flavonoides, terpenos, hidrocarburos, aminas, amidas, ácidos orgánicos volátiles, alcoholes, fenoles, esterres y aldehídos, que influyen en la calidad de los frutos y que determinan su uso en el consumo fresco o en la industria (Thybo *et al.*, 2006; Baldwin *et al.*, 2008).

#### **2.1.4.4. Manejo de la poscosecha del tomate.**

La poscosecha se define como una forma de aumentar el tiempo de la vida útil de los frutos, permitiendo un equilibrio entre la producción y las necesidades de consumo del producto (Kader, 2008). Por otra parte, Zaccari (2009) confirma que los principales objetivos de la tecnología poscosecha a los productos hortícolas son:

1. Mantener la calidad (aparición, textura, sabor y valor nutritivo).
2. Garantizar la seguridad alimentaria.
3. Reducir las pérdidas entre la cosecha y el consumo del producto.

Se plantea por Toivonen (2007) que existen tres indicadores relacionados con la poscosecha que mayor influencia tienen en la calidad interna y externa de los productos hortícolas y ellos son:

- Daños mecánicos durante la cosecha, el envasado y el transporte.
- Condiciones nutricionales del suelo.
- Estado de madurez del fruto.

De acuerdo a Pila *et al.* (2010) las pérdidas poscosecha implican la desaparición del producto o parte de él, como alimento de los consumidores y pueden ser de tres tipos:

- Pérdidas cuantitativas. Estas involucran una reducción de peso por pérdida de agua y peso seco (pérdidas por desaparición).
- Pérdidas cualitativas. Se refieren a cantidades perdidas, según un estándar de calidad dado y son muy difíciles de cuantificar, porque se basan en evaluaciones subjetivas
- Pérdidas nutricionales. Se refieren a la disminución de elementos nutritivos o vitaminas. A pesar de que las evaluaciones de pérdidas resultan complejas, son imprescindibles a los fines de hallar su significado real.

La pérdida de agua, asociada a la transpiración, es la mayor causa de deterioro en términos cuantitativos (pérdidas de peso) y cualitativos (arrugamiento de la piel, pérdidas de textura y calidad nutritiva) de la calidad de los frutos (Kader, 2008).

De acuerdo a Kader (2007) existen otros factores que afectan la calidad interna y externa de los frutos de los productos hortícolas y entre ellos pudieran mencionarse: la respiración, producción de etileno, cambios en la composición química, desarrollo y crecimiento, desórdenes fisiológicos, daños físicos, daños mecánicos, desordenes patológicos y factores ambientales (temperatura, humedad relativa, composición atmosférica y luz) y acción de productos químicos.

Investigaciones realizadas en el mundo han confirmado, que las pérdidas poscosecha en el cultivo del tomate en países subdesarrollados son elevadas (30-50%), mientras que en los países desarrollados no sobrepasan el 25% (Abd-Allah *et al.*, 2011).

Se plantea por Prigojin *et al.* (2005) que las pérdidas poscosecha del tomate están relacionadas con el mal manejo durante la manipulación de la cosecha (daños mecánicos), la falta de sistemas adecuados para la conservación del producto, los trastornos nutricionales y los cambios fisiológicos que experimentan los frutos durante el envasado y el transporte. En los países desarrollados la recolección mecanizada determina en gran medida las pérdidas, tal y como se ha evaluado con tecnologías de frutos electrónicos (Arazuri *et al.*, 2004; Arazuri *et al.*, 2010).

Uno de los factores climáticos que más afectan a la calidad del fruto del tomate son las altas temperaturas en el período pre y poscosecha, pudiendo originar un amplio rango

de alteraciones. Los efectos directos inducen daño en las membranas celulares, proteínas y ácidos nucleicos y los indirectos inhibición de la síntesis de pigmentos o degradación de los ya existentes, produciéndose una amplia gama de síntomas de quemaduras (Del Pino *et al.*, 2002; Colombo y Obregón, 2008).

Las bajas temperaturas afectan no solo el color de los frutos, sino también, sus propiedades organolépticas, debido a cambios en el contenido en sólidos solubles totales, azúcares y acidez titulable (Gautier *et al.*, 2008; Znidarcic *et al.*, 2010). Por otra parte, se ha demostrado que temperaturas en el rango de 10 °C y 20 °C favorecen el incremento de los sólidos solubles totales y una reducción de las pérdidas de peso y de la acidez titulable en frutos de tomate (Znidarcic y Pozrl, 2006).

De acuerdo a Bartz *et al.* (2010) los frutos almacenados en poscosecha presentan distintos tipos de problemas por efecto de la temperatura y dentro de ellos, los más comunes son:

- Daño por enfriamiento. Los frutos de tomate son muy susceptibles a las bajas temperaturas o enfriamiento, las que provocan daños irreversibles.
- Daños por congelamiento. Es el fenómeno físico por la exposición de los frutos a temperaturas que forman hielo en el interior de las membranas, lo que provoca la desintegración y muerte celular.
- Daño por altas temperaturas. Este tipo de daño es inexistente en condiciones normales de poscosecha, sólo se presenta por fallas de los equipos de enfriado o de mantenimiento y sus resultados suelen ser totalmente destructivos.

#### **2.1.5. Calidad del tomate.**

La composición química es una de las características más importantes de los frutos del tomate, ya que determina su atracción y valor nutritivo como alimento, su metabolismo y ciertos requerimientos y prácticas de manejo en poscosecha (Thybo *et al.*, 2006).

En los frutos del tomate, los porcentajes relativos de carbohidratos, lípidos, proteínas, fibras y vitaminas son medios, debido a la gran cantidad de agua que contiene esta especie (Sortino *et al.*, 2013). La fibra está compuesta principalmente por carbohidratos,

con valores de fibra dietética que ascienden hasta el 80% del total de fibra, siendo la parte insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) el componente principal, relegando a la fibra soluble (pectinas) a un segundo plano (Navarro-González *et al.*, 2011).

Actualmente, la calidad interna del tomate es estimada tanto a partir de estudios sensoriales como mediante mediciones de indicadores como: sólidos solubles totales, pH, acidez titulable y la relación sólidos solubles totales/acidez titulable (Anjanappa *et al.*, 2013).

La calidad sensorial del tomate fresco y su aceptabilidad por los consumidores es una cuestión muy compleja y está determinada no solamente por la apariencia, firmeza, textura y el sabor de los frutos, sino también por otros factores, incluyendo el color, la textura, el aroma, la composición química de metabolitos primarios (azúcares, ácidos orgánicos y aminoácidos) y secundarios como los compuestos fenólicos, carotenoides, flavonoides y otros (Thybo *et al.*, 2006; Davila-Aviña *et al.*, 2011).

El sabor y la textura de los frutos son factores cruciales, que determinan las características organolépticas del tomate, ya que son componentes críticos de la percepción de los consumidores a la hora de seleccionar el producto (Chaib *et al.*, 2007).

Algunos investigadores han sugerido que el análisis y medición de algunos indicadores de calidad como: la relación sólidos solubles totales /acidez titulable, es un importante factor para definir las diferencias en el sabor entre variedades de tomate, otros indican que el sabor de los frutos puede ser mejorado, incrementando el contenido total de azúcares y ácidos orgánicos (Baldwin *et al.*, 2008). Generalmente, un incremento en estos compuestos resulta en un correspondiente aumento en la intensidad del sabor, lo que implica una mejora en la calidad poscosecha de esta hortaliza (Thybo *et al.*, 2006).

#### **2.1.5.1. Calidad industrial del tomate.**

La producción de tomate de uso industrial en 2010 se estimó en unos 145,8 millones de toneladas, siendo el segundo vegetal de mayor consumo después de la patata (FAOSTAT, 2010). La facilidad y rapidez con la que se procesan los tomates, dando

lugar a varios productos, hace que sea una de las hortalizas más populares para las industrias conserveras y de proceso (Serna y Castro, 2003).

El rápido desarrollo de la industria para procesado del tomate en los países desarrollados, en las recientes décadas, puede ser atribuido a la introducción de variedades mejoradas, técnicas de producción más eficientes y mejores métodos de procesado (Jaramillo *et al.*, 2007), así como a su recolección totalmente mecanizada (Arazuri *et al.*, 2004; Arazuri *et al.*, 2010).

La conserva del tomate ha sido tradicional a nivel familiar desde principios de siglo XX, pero en la década de los años 70 experimentó un gran auge, que se ha mantenido hasta la actualidad. Son numerosas las formas de presentación del tomate en conserva: tomate natural pelado y triturado, tomate frito, tomate concentrado, zumo de tomate y salsas de tomate (Jaramillo *et al.*, 2007).

Las características que han de reunir las diferentes variedades de tomate para ser utilizadas con fines industriales se refieren a la forma, el color y el tamaño, pero son más importantes los caracteres relativos a la calidad interna de los frutos como: acidez, contenido en azúcares, sólidos solubles totales (°Brix) y el porcentaje de materia seca (Hemaprabha y Balasaraswathi, 2008).

La calidad del tomate estándar se basa principalmente en la uniformidad de forma y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial (Jaramillo *et al.*, 2007).

Existen otras características que determinan la calidad industrial del tomate como: el color, la apariencia y la firmeza (Baldwin *et al.*, 2008). Aunque la calidad depende también del sabor y la consistencia de los frutos.

#### **2.1.5.2. Parámetros de la calidad industrial del tomate.**

Bartell *et al.* (2010) señalan que existen diferentes parámetros o indicadores, que determinan la calidad interna de frutos de tomate para la industria y dentro de ellos, los de mayor importancia son los siguientes:

- Contenido de sólidos totales y sólidos solubles totales. Ambos índices están correlacionados entre sí, pero normalmente se utiliza el contenido en sólidos solubles totales (expresado en °Brix) por ser más fácil de determinar. En la mayor parte de las variedades, este indicador se sitúa entre 4,5 y 7,5 °Brix y puede estar influenciado por otros factores como, el clima, el riego, el estado de madurez de los frutos y otros. Para el caso del puré, las pastas y concentrados de tomate este parámetro oscila entre 5 y 18 °Brix.
- El índice de acidez (pH). Para la producción industrial de puré de tomate, el pH del zumo se sitúa normalmente entre 4,2 y 4,4; siendo muy raro que se superen estos valores.
- Contenido de materia seca. El contenido de materia seca es sobre todo importante en las variedades destinadas a la fabricación de concentrado, debido a que este indicador determina el rendimiento de fabricación.
- Acidez titulable total y azúcares reductores. Ambos caracteres influyen sobre el sabor del fruto. La acidez total suele oscilar entre 3,5 y 4,0 g.L<sup>-1</sup> de zumo y los azúcares reductores entre 25 y 30 g.L<sup>-1</sup>.
- Rendimiento en zumo. Es el porcentaje de zumo que se obtiene de un peso determinado de los frutos, lo cual depende en gran medida de la variedad empleada.

## **2.2. Producción Más Limpia (P+L).**

### **2.2.1. Antecedentes**

Al final de los años 80 y principios de los 90, las agencias ambientales en los Estados Unidos y Europa reconocieron que el marco tradicional de control de la basura industrial y la contaminación podría ser mejorado, animando a instalaciones industriales a aplicar políticas preventivas de mayor impacto, como los tratamientos de efluentes y residuos. Varios estudios habían demostrado que en las compañías relevadas, los procesos si se hubieran manejado con más eficiencia, hubieran comenzado con la reducción de la contaminación, tiempo atrás.

Los investigadores descubrieron que podrían ayudar a casi cualquier compañía a reducir los costos productivos con un análisis sistemático de las fuentes. Esto es conocido como ir "encima del tubo" (over of pipe), en contraposición a los tratamientos de al "final de tubo" (end of pipe), es decir antes de la descarga al ambiente. Intervenir en los procesos de producción, mejora las operaciones de compra, y en última instancia implica el diseño de los productos mismos. Pero esto requiere un equipo de producción, de administración y de especialistas ambientales.

En los 90, en los Estados Unidos estas nuevas ideas y métodos fueron formalizados. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos decidió llamarla "Prevención de la polución" (Pollution Prevention) o P2. El P2 se plasmó en un acta que fue aprobada en 1990 por el Congreso de los Estados Unidos. El acta estableció que el P2 era una prioridad superior para proteger el ambiente contra la contaminación. Parte de la declaración recalca la idea que aunque el tratamiento de los desechos era importante, el esfuerzo debía hacerse en la prevención de la generación de los residuos al final del proceso, para evitar que tengan que ser tratados. El acta recalca que el reciclaje no es P2, es una forma de encontrar otro uso para algo que ya se ha convertido en "basura" (Pollution Prevention, 1990).

En Europa, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), desde la División de Tecnología, Industria y Medioambiente (Division of Technology, Industry and Economics) de París hizo observaciones similares y se focalizó específicamente sobre la necesidad de la prevención.

La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable de Johannesburgo estableció como uno de los objetivos del plan de acción la necesidad de modificar las prácticas no sustentables de producción y consumo, incrementando entre otras cosas, las inversiones en programas de P+L y ecoeficiencia, a través de centros de P+L. Por su parte, los países de la región manifestaron en la Iniciativa Latinoamericana para el Desarrollo Sustentable (2002), presentada en la Cumbre, la necesidad de incorporar conceptos de producción limpia en las industrias, crear centros nacionales de producción limpia y trabajar en pos de un consumo sustentable. Esto establece el

marco a nivel internacional para definir políticas nacionales y desarrollar planes de acción en producción limpia.

En países en vías de desarrollo, donde PNUMA es un recurso importante para la política ambiental, no existían o había débiles regulaciones para el tratamiento de la contaminación. La prevención sería por tanto rentable a través de una mejora en el manejo, logrando mayor eficacia como la única manera de reducir la contaminación de la industria. El PNUMA llamó a esto “Producción más Limpia”, CP (Cleaner Production) o P+L y promovió su aplicación convirtiéndose en el término usado en casi todos los países, con excepción de los Estados Unidos donde se utilizaba Prevención de la Polución.

### **2.2.2. Definición.**

La Producción Más Limpia (P+L) es la continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, con el fin de mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente (PNUMA/IMA, 1999). La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) desarrolló una metodología de implementación de P+L basada en la evaluación de los procesos e identificación de las oportunidades para usar mejor los materiales, minimizar la generación de los residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, y mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad de las empresas, aplicando el concepto de las tres R's (Reducción, Reutilización y Reciclaje) (ONUDI, 1999).

La P+L puede ser definida como “una estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y/o servicios con la finalidad de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente” (ONUDI 2009).

Esta estrategia permite al sector productivo ser más rentable y competitivo a través del ahorro generado por el uso eficiente de materias primas y por la reducción de la contaminación en la fuente de sus procesos, productos o servicios; con lo que además se evitan sanciones económicas por parte de las autoridades ambientales, y se

promueven nuevos beneficios al ofrecer al mercado, productos fabricados bajo tecnologías más limpias (Centro Ecuatoriano de Producción Más Limpia, 2007). Con la implementación de prácticas de P+L se busca pasar de un proceso ineficiente de control de la contaminación "al final del tubo", a un proceso eficiente de prevención de la contaminación, desde su punto de origen, a través de la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía a lo largo del proceso industrial.

Las estrategias tradicionales basadas en acciones al "final del tubo", son de alto costo para las empresas y de igual manera generan efectos nocivos a los sistemas naturales (Van-Hoof *et al.*, 2008). Las estrategias de final del tubo son aquellas que se enfocan en tratar los efectos que se generan en el último eslabón de los procesos productivos (tratar aguas contaminadas, manejo de residuos sólidos, entre otros) (Varela-Rojas, 2009). En estos casos, no eliminan la contaminación, sino que usualmente es transferida de un medio a otro (Rodríguez y Van-Hoof, 2010).

La P+L es conocida como "la creación de una economía realmente sostenible", basados en que esta logra beneficios económicos a través del incremento de la eficiencia de los recursos, la innovación y la reducción de los costos del control de la contaminación. La característica que distingue a la producción más limpia de las tecnologías de final del tubo es el hecho de generar un tratamiento no exterior al proceso, sino integrado (Cardona, 2006).

### **2.2.3. Beneficios.**

ONUDI (1999) y PNUMA (2003) reportan una serie de beneficios técnicos, económicos y ambientales al implementar la estrategia de P+L, resumidos en la tabla 1.

Tabla 1. Beneficios de la Producción Más Limpia.

| AL REDUCIR  | SE INCREMENTA  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• El uso de la energía en la planta.</li> <li>• La utilización de recursos como el agua.</li> <li>• La cantidad de residuos y la contaminación.</li> <li>• Los riesgos de accidentes laborales, lo que a su vez implica reducción de costos.</li> <li>• La posibilidad de incumplimiento de normas ambientales y sus correspondientes sanciones.</li> <li>• Costos en la producción.</li> <li>• La tasa de uso de recursos naturales y la tasa de generación de residuos contaminantes.</li> <li>• Los riesgos medio ambientales en caso de accidentes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad del producto.</li> <li>• La eficiencia, a través de una mejor comprensión de los procesos y actividades de la planta de producción.</li> <li>• La motivación del personal.</li> <li>• El prestigio, al mejorar la imagen de la empresa al socializar los resultados del proceso.</li> <li>• La competitividad en nuevos mercados nacionales e internacionales.</li> <li>• Ingresos y ahorros de la empresa.</li> <li>• La protección del medio ambiente.</li> <li>• La mejora continua de la eficiencia medioambiental en las instalaciones y de los productos.</li> </ul> |

Jiménez y Amortegui (2012) afirman que entre los beneficios de la aplicación P+L se encuentra la optimización de procesos, uso eficiente de materias primas, ahorro del recurso hídrico y energético, además de reducir la generación de residuos.

Además de los beneficios ambientales que podemos observar con la implementación de un programa de P+L, se identifican otros, como lo son los beneficios financieros, operacionales y comerciales (Consejo Nacional de la Empresa Privada, 2009).

#### **2.2.4. La Red Nacional de Producción Más Limpia (RNP+L).**

La Red Nacional de Producción Más Limpia (RNP+L) de Cuba se crea como parte del Programa de Centros y Redes de Producción Más Limpia de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), que abarca más de 30 países, donde Cuba se incorpora con el objetivo de convertirse en red de referencia y excelencia en la P+L en el ámbito nacional, con especial énfasis en el sector industrial.

Teniendo en cuenta que la información es un recurso del desarrollo, que como resultado de la Revolución Científico Técnica contemporánea ha desencadenado un vertiginoso crecimiento de sus productos y servicios y ha impactado en todas las esferas del desarrollo social, la Red P+L de Cuba, acorde con estos preceptos ha diseñado a la medida de sus necesidades informativas servicios que pretenden mantener informados a los distintos especialistas en cada una de sus materias sobre los avances que se han revolucionado en el mundo y además lograr sinergias entre las propias instituciones que forman la Red (Rubio y Fernández, 2007).

En Cuba la Red de P+L cuenta con cinco puntos focales que trabajan en estrecha coordinación:

- Agencia de Medio Ambiente (AMA) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), perteneciente al Ministerio de la Industria Azucarera.
- Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA), del Ministerio de la Industria Alimenticia.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), del Ministerio de la Agricultura.
- Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB).

Los planes, programas y actividades de la Red se corresponden con las políticas y estrategias ambientales nacionales, sectoriales y territoriales y se desarrollan con la asistencia técnica de ONUDI y expertos internacionales de vasta experiencia, que apoyan a su grupo técnico en el objetivo de convertirse en red de referencia y excelencia en la P+L en el país, en particular en el sector industrial.

La red según Rubio y Fernández (2007) brinda un conjunto de servicios entre los que se encuentran:

- Sensibilización y concientización
- Evaluaciones en plantas
- Diseminación de información

- Promoción de políticas de P+L.
- Asistencia técnica
- Entrenamiento y capacitación

A través de la red cubana se han realizado evaluaciones en planta. En el periodo 2002 al 2007, fueron realizadas por el punto focal de la Agencia de Medio Ambiente, cuatro evaluaciones profundas y nueve rápidas. Durante las evaluaciones rápidas fueron identificadas 65 opciones de P+L, de ellas 39 relacionadas con la aplicación de buenas prácticas productivas, 16 con sustitución de materias primas y 10 con cambios tecnológicos (ONUFI, 2008).

Como se puede observar, para la solución de problemas ambientales, no se requiere necesariamente la realización de cambios tecnológicos significativos, en tecnología dura; en ocasiones se alcanzan resultados importantes con la aplicación de medidas internas vinculadas a la aplicación de buenas prácticas productivas.

Reportes de la Red cubana muestran los impactos significativos en términos de reducción de recursos, minimización de la contaminación y los ahorros económicos.

En el sector de la industria alimenticia cubana, por ejemplo, con solo la implementación del 42% de las opciones de P+L identificadas en empresas del sector de procesamiento de alimentos durante el 2001 al 2007, se alcanzaron ahorros económicos ascendentes a 4 989 221 USD por concepto de ahorro de energía, agua y reducción de costos por cambios de materias primas, optimización de procesos, entre otras medidas, así como reducir el consumo de energía en 7 530 MWh, reducir las emisiones a la atmósfera en 1 991 toneladas de dióxido de carbono, reducir el consumo de agua en 2 227 metros cúbicos y reducir la carga contaminante en 18 280 toneladas de DQO y la generación de residuos sólidos en 53 toneladas.

### **2.3. Sistema HACCP.**

Este sistema supone la aplicación de una metodología con base científica y racional, que permite, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) “Un abordaje preventivo y sistemático dirigido a la prevención y

control de peligros biológicos, químicos y físicos, por medio de anticipación y prevención, en lugar de inspección y pruebas en productos finales”

El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) es más conocido por sus siglas en inglés HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), ya que se ajusta mejor al concepto y metodología de este sistema (Cabellos *et al.*, 2011). Será considerado como protocolo de referencia cuando se trate de asegurar la inocuidad de los alimentos, razón por la cual ha sido adoptado como un programa de obligatorio cumplimiento en casi todos los países del mundo (Gutiérrez *et al.*, 2011). Ofrece un enfoque documentado y verificable para la identificación de peligros, medidas preventivas, puntos críticos de control y para la puesta en marcha de un sistema de monitoreo, centrándose en microorganismos patógenos, residuos de sustancias químicas, materias extrañas y otros agentes físicos, que pueden contaminar el alimento (Vásquez, 2010).

En la década de 1960, la Pillsbury Company, el Ejército de los Estado Unidos y la Administración Espacial y de la Aeronáutica (NASA) desarrollaron el sistema HACCP para garantizar más seguridad, mientras reducía el número de pruebas e inspecciones al producto final (Almeida, 2006). En 1991, el FDA (Food & Drug Administration) y el NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration), inician en EE.UU. un programa voluntario de inspección de productos pesqueros basado en HACCP (Téllez, 2009). En el año 1993, la Comisión del Codex Alimentarius adoptó las directrices para la aplicación del sistema, al incorporarse como anexo al Código de principios Generales de Higiene de los Alimentos. Estas directrices fueron revisadas en el año 1997, por la propia Comisión del Codex Alimentarius incluyendo los principios en los que se asienta el sistema y la secuencia lógica de su aplicación que en la actualidad siguen vigentes tras su última revisión en julio de 2003. En la actualidad la normativa comunitaria obliga a los operadores de las empresas alimentarias a tener implantado un sistema HACCP, que garantice la seguridad de los productos que comercializa (De La Cruz, 2013).

### **2.3.1. Prerrequisitos del Sistema HACCP.**

Previamente a la implantación del sistema HACCP, es indispensable contar con un programa de prerrequisitos, cuya función esencial es la de controlar determinados tipos de peligros, para reducir en gran medida los Puntos Críticos de Control (PCC). Su diseño podrá hacerse teniendo en cuenta las directrices del Codex Alimentarius, concretamente deberá contemplar: el control de las condiciones higiénicas de las instalaciones, garantizando el mantenimiento de un nivel óptimo de limpieza y desinfección; el control de las condiciones higiénicas y de salud del personal, evitando la contaminación del alimento causada por inadecuadas prácticas de los manipuladores; y el control de las condiciones de los procesos, evitando la contaminación del alimento por contacto con superficies o sustancias cuya inocuidad no está asegurada (Hermida, 2012).

Los prerrequisitos se refieren al control de aspectos que pueden suponer un peligro y afectar a la seguridad alimentaria en todas o al menos varias de las etapas del proceso productivo. Esto es importante puesto que "aligera" el sistema HACCP, evitando encontrar PCCs en todas o varias etapas del proceso. Los planes de autocontrol son propios de cada establecimiento, por lo que permiten una gran flexibilidad a la hora de adaptar el plan a las características del mismo, y abordar el tratamiento de los prerrequisitos según sus propios criterios. No obstante se considera que al menos deberán incluirse los siguientes: plan de aptitud del agua; plan de higiene del funcionamiento antes, durante y después de las operaciones; plan de lucha contra plagas y animales indeseables; plan de diseño y mantenimiento de la infraestructura y el equipamiento; plan de control de lotes y trazabilidad (rastreadabilidad); plan de higiene del personal; plan de formación en higiene y procedimientos de trabajo; plan de control de la marca sanitaria; y plan de tratamientos, eliminación o aprovechamiento de subproductos no destinados a consumo humano (Cubero *et al.*, 2006).

En 1969, a través del CAC/RCP 1-1969, se incluyó la necesidad de realizar programas de prerrequisitos, que permitían asegurar la dificultad que supone aceptar que en un sistema de HACCP se puedan controlar de forma eficaz números elevados de PCC.

Por esta razón, los prerrequisitos empleados como medidas de control de peligros, deben considerarse tan importantes como los propios PCC.

El principal beneficio de la aplicación de los prerrequisitos, se encarga de conseguir que los planes de HACCP disminuyan el número PCCs a identificar, manteniendo un control riguroso sobre las etapas que son realmente críticas para la seguridad alimentaria de un proceso. Muchos de los obstáculos con los que se encuentran las empresas a la hora de implantar y mantener sistemas de HACCP se deben a errores relacionados con requisitos previos, tales como la limpieza y desinfección o la formación y motivación del personal manipulador. Por lo que la seguridad alimentaria no ha de estar vinculada únicamente a la correcta aplicación del sistema HACCP, sino a la suma del sistema y sus prerrequisitos (González, 2007).

### **2.3.2. Principios del Sistema HACCP.**

Para el establecimiento, aplicación y mantenimiento de un plan de Autocontrol Sanitario basado en la Metodología HACCP son necesarias siete actividades distintas, lo que en las directrices del Codex Alimentarius (1997), se denominan los "siete principios", y que son los siguientes:

Principio 1: Realizar un análisis de peligros, que identifique los posibles riesgos asociados con la producción de alimentos en todas las fases: desde el cultivo, elaboración, fabricación y distribución, hasta el punto de consumo.

Principio 2: Determinar los PCC (puntos de control crítico). Los PCC son la fase en la que puede aplicarse un control, que es esencial para prevenir o eliminar un peligro para la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable. La utilización de herramientas, como el árbol de decisiones, puede ser útil para la determinación de un PCC.

Principio 3: Establecer límites críticos que deberán alcanzarse para asegurar que el PCC este bajo control.

Principio 4: Establecer un sistema de vigilancia para asegurar que el PCC este bajo control.

Principio 5: Establecer las medidas correctoras que han de adoptarse cuando la vigilancia indique que un determinado PCC no está bajo control.

Principio 6: Establecer procedimientos de verificación, incluidos ensayos y procedimientos complementarios, para comprobar que el sistema de HACCP funciona eficazmente.

Principio 7: Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos, y los registros apropiados a estos principios y a su aplicación.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Ubicación del trabajo de investigación

El trabajo se desarrolló en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón que pertenece a la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas.

#### 3.2. Características tecnológicas de la línea

La línea de producción de pasta de tomate tiene una capacidad instalada de ocho toneladas por hora. El proceso tecnológico se muestra en la figura 1.

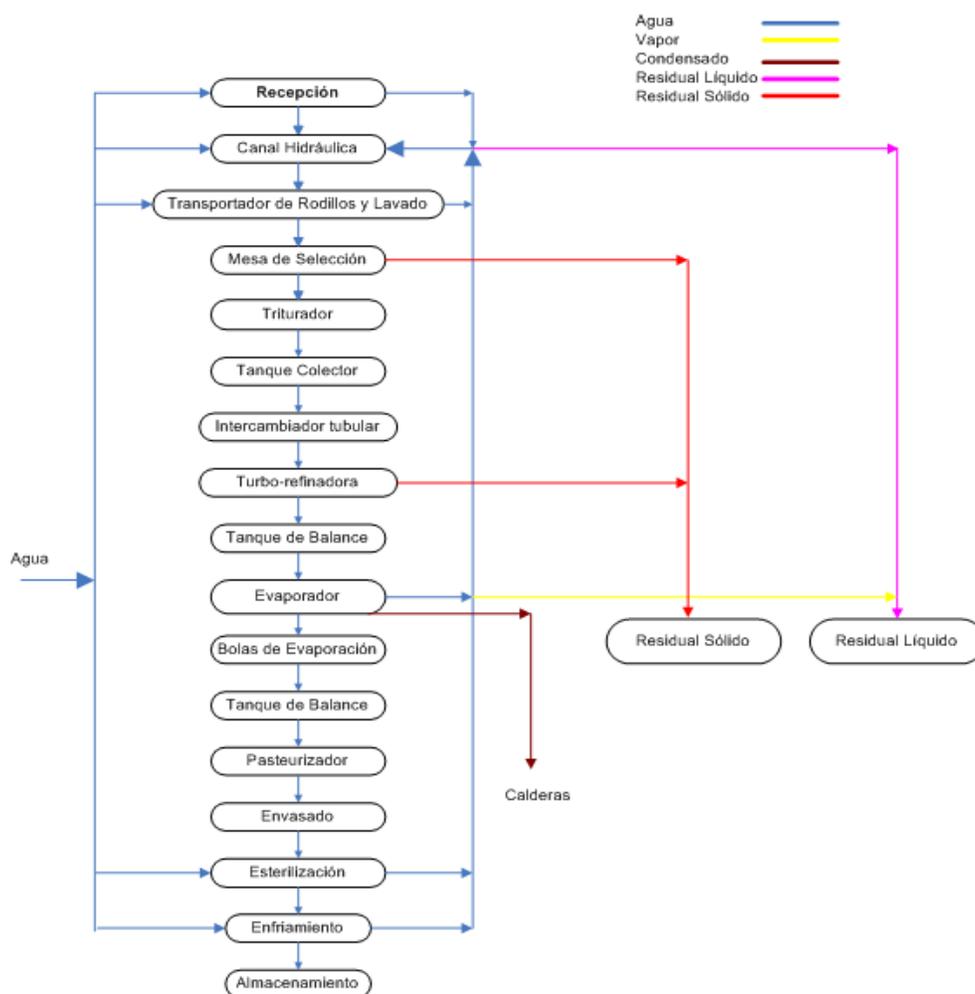


Figura 1. Diagrama de flujo de producción de pasta de tomate EAIVG.

### **3.3. Características del producto (pasta de tomate) obtenido**

La pasta de tomate es un producto obtenido a partir de tomates rojos, limpios, sanos y maduros. Libre de azúcar, sal agregada o cualquier otro aditivo. Es un producto natural, concentrado, inocuo y saludable, que se obtiene de tomates de primera calidad, de variedades seleccionadas que se cultivan en buenas condiciones de clima y suelo, bajo supervisión agrónoma especializada.

Se trata de un producto libre de cloruro de sodio, libre de ácido ascórbico u otros preservantes, aditivos, ingredientes o antioxidantes de cualquier naturaleza y se envasa en latas de hojalata de 3,2 kg de peso neto, con una vida útil de 18 meses almacenado a temperatura ambiente en un lugar limpio y seco.

### **3.4. Identificación de los focos que generan opciones de P+L**

Las partes del proceso de producción de pasta de tomate incluyen según el flujo del proceso los siguientes puntos de control a evaluar para detectar posibles focos de contaminación y generación de P+L:

#### **3.4.1. Relacionados con la materia prima**

En los puntos de control ubicados en la recepción y almacenamiento del tomate se realizó un muestreo de la materia prima en las que se evalúan los indicadores de calidad del tomate para industria, según metodología para lograr producción más limpia del PNUMA (2006).

#### **3.4.2. Relacionados con la tecnología**

Se evaluaron las áreas del transportador de frutos, lavado y selección; la línea de transformación del tomate con sistema Cold Break; áreas de triturado, precalentamiento y turbo refinadora; evaporación, pasteurización, llenado y cierre de envases rígidos; esterilización en baños de maría y enfriamiento.

### **3.4.3. Relacionados con la eliminación de fugas de vapor y aislamiento de tuberías.**

En las Inspecciones tecnológicas al área se evaluó el sistema de aislamiento de las tuberías y las fugas de vapor en la línea de procesamiento de tomate y el evaporador.

## **3.5. Propuestas e implementación de opciones de P+L.**

### **3.5.1. Propuestas de opciones de P+L.**

Una vez que se identificaron los focos que generan opciones de P+L se proponen medidas correctivas, que hagan cumplir las siguientes normas ISO:

- Norma ISO 9000 de Gestión de Calidad.
- Norma ISO 22000 de Seguridad Alimentaria Protocolos IFS, BRC también de Seguridad Alimentaria.
- Norma ISO 14000 de Gestión medioambiental.

### **3.5.2. Implementación y evaluación de las propuestas de P+L.**

Una vez que han sido generadas las opciones de P+L, se implementaron, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación y rentabilidad. En correspondencia con las normas o procedimientos establecidos (PNUMA, 2006).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Identificación de los focos que generan opciones de P+L**

#### **4.1.1. Relacionadas con la materia prima.**

Entre los problemas relacionados con la materia prima se encuentran: las materias extrañas, grado de maduración de los frutos, suciedad, daños mecánicos por no cumplimiento de las normas de envase del producto, mala manipulación, retardo de los frutos en el campo.

#### **Implicación de estos daños en la P+L.**

La fruta que se destina a la industria presenta problemas pues no todas tienen la calidad requerida en cuanto a contenido de sólidos solubles totales (°Bx), contenido de jugo y materias extrañas. Lo anterior afecta los índices de rendimiento, la eficiencia industrial y los costos de producción. Aumento de los costos energéticos e hídricos.

#### **4.1.2. Relacionadas con la tecnología.**

Se identificaron como puntos críticos del proceso relacionados con este acápite los siguientes: falta de mantenimiento e inadecuada operación, mal diseño del proceso o del equipo, mala disposición de las instalaciones y tecnología obsoleta.

En las áreas de transportación de frutos, lavado y selección; la línea de transformación del tomate con sistema Cold Break; áreas de triturado, precalentamiento y turbo refinadora; evaporación, pasteurización, llenado y cierre de envases rígidos; esterilización en baños de maría y enfriamiento.

Mayor consumo de vapor y por consiguiente de fuel oil por mala selección de la presión de entrada de vapor, deficiente aislamiento de las tuberías de vapor, fugas de vapor por mal estado de las trampas, deficiencias en el sistema de control. En la figura 2 se muestran problemas en el proceso tecnológico.



Figura 2. Problemas que se presentan con la tecnología.

#### **Implicación de estos daños en la P+L.**

Aumento de los portadores energéticos para lograr los parámetros de operación de los equipos como temperatura, caudales, mayor consumo de energía eléctrica por alargamiento de los tiempos en cada operación.

#### **4.1.3. Relacionadas con la eliminación de fugas de vapor y aislamiento de tuberías.**

Se identificaron como puntos críticos del proceso relacionados con este acápite los siguientes: falta de mantenimiento e inadecuada operación, mal diseño del proceso o del equipo, mala disposición de las instalaciones y tecnología obsoleta. En las áreas de transportación de frutos, lavado y selección; la línea de transformación del tomate con sistema Cold Break; áreas de triturado, precalentamiento y turbo refinadora; evaporación, pasteurización, llenado y cierre de envases rígidos; esterilización en baños de maría y enfriamiento (observar figura 3).



Figura 3. Problemas que se presentan con fugas de vapor y aislamiento de tuberías

#### **Implicación de estos daños en la P+L.**

El mal aislamiento de las tuberías del evaporador y las fugas de vapor por trampas aumentan el consumo de vapor trayendo como resultado aumento de los consumos de fuel oil, agua y electricidad.

#### **4.2. Propuestas e implementación de opciones de P+L.**

##### **4.2.1. Propuestas de opciones de P+L.**

Una vez que se identificaron los focos que generan opciones de P+L se proponen medidas correctivas, que hagan cumplir las normas ISO.

**- Relacionadas con la materia prima:** Durante la evaluación fueron identificadas tres opciones de P+L, de ellas una corresponde a Buenas Prácticas de Producción, una a cambios tecnológicos y una al uso y rehúso de corrientes e inversiones.

**OPCION 1.** Mejorar disciplina y condiciones para reducir consumo de agua y tiempo en las limpiezas en la materia prima.

Situación actual.

El proceso de limpieza requiere hasta de cuatro horas para su ejecución debido a la gran cantidad de ramas, tierra y frutos pasados de madurez que traen los tomates del campo deteriorando la higiene del área. Además no se empleaba la limpieza mecánica para barrer los sólidos.

Recomendaciones

Aplicar la limpieza mecánica para eliminar los sólidos de pisos, paredes, equipos. Además se recomienda capacitar al personal sobre el uso racional del agua ya que en muchos lugares no hay fugas pero no se cierran correctamente las llaves o se dejan abiertas mientras realizan otras actividades.

Establecer en los contratos con los suministradores la bonificación y penalización por la calidad de la materia prima.

Los especialistas de calidad así como los controles de recepción de frutas garantizan el cumplimiento de lo acordado en el contrato con los suministradores.

- **Relacionadas con la tecnología:** Durante la evaluación fue identificada una opción de P+L.

**OPCION 2.** Instalación de equipamiento a la entrada de la línea de tomate que facilite eliminar la tierra que traen los frutos del campo.

Situación actual

En la línea existen pérdidas de pasta de tomate, agua y energía debido a que los tomate vienen del campo con gran cantidad de tierra debido a la cosecha mecanizada y a las características de nuestros suelos, que se sedimenta en el fondo de la canal hídrica de almacenamiento y transporte lo que nos obliga a realizar como mínimo dos limpiezas al día por espacio de dos horas cada vez, esto conlleva que haya que liquidar el evaporador por falta de jugo y mantener el equipo trabajando con agua suave.

Recomendaciones:

Adquirir el equipamiento de lavado del tomate existente para este fin en el mercado y eliminar las pérdidas señaladas.

**- Relacionadas con la eliminación de fugas de vapor y aislamiento de tuberías:**

**Durante** la evaluación fue identificada una opción de P+L.

**OPCION 3.** Aislamiento de tuberías de vapor y fugas por trampas.

Situación actual

Durante el diagnóstico se detectó que en las tuberías de vapor hacia el concentrador, bolas de evaporación, pasteurizador y los tanques o baños de maría para latas no estaban aisladas y tenían una temperatura promedio en la pared de 70 °C.

En general la industria cuenta con un buen mantenimiento en la reparación de fugas de vapor sin embargo durante la inspección se detectaron algunas fugas.

Recomendaciones

Reparar todas las fugas de vapor y monitorear periódicamente las trampas. Aplicar aislamiento a las tuberías y baños de maría.

**4.2.2. Implementación y evaluación de las propuestas de P+L.**

Una vez que han sido generadas las opciones de P+L, se implementaron, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación y rentabilidad. En correspondencia con las normas o procedimientos establecidos (PNUMA, 2006).

**- Relacionadas con la materia prima:** Durante la evaluación fueron identificadas tres opciones de P+L, una corresponde a Buenas Prácticas de Producción, una a cambios tecnológicos y una al uso y rehúso de corrientes e inversiones.

Garantizar el suministro estable de frutas así como el pago por la calidad de las mismas a los suministradores ha permitido aumentar los rendimientos según las estadísticas de la industria.

En la figura 4 se muestran los resultados de la aplicación de las mejoras de P+L en la entrada de frutas, donde se observó un incremento después de implementar las opciones de P+L del 65,5%.

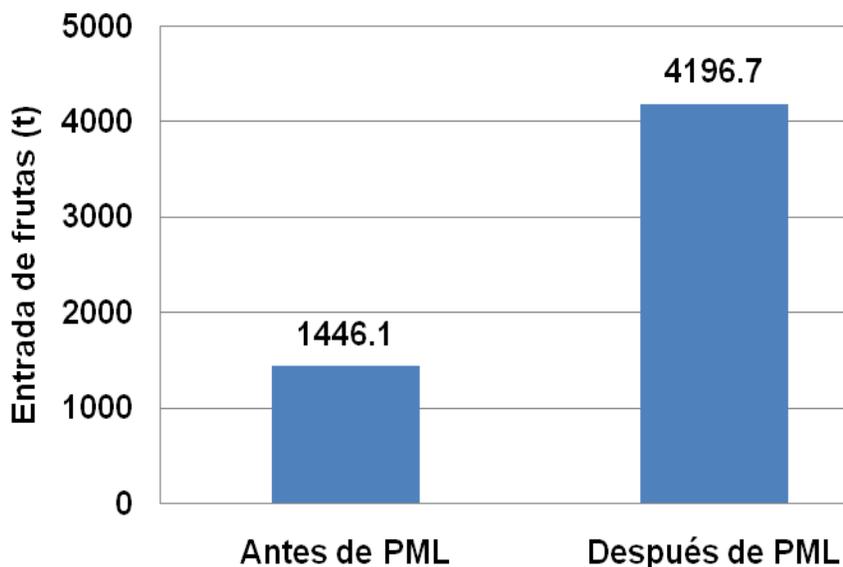


Figura 4. Entrada de frutas antes y después de implementar las opciones de P+L.

- **Relacionadas con la tecnología:** Con la implementación de la opción se logra reducir el consumo de agua en la línea de procesamiento.

Las medidas de P+L implementadas en el manejo de agua (figura 5) permiten un ahorro de consumo de agua del 4,78% lo que representa una disminución de  $1.6 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$

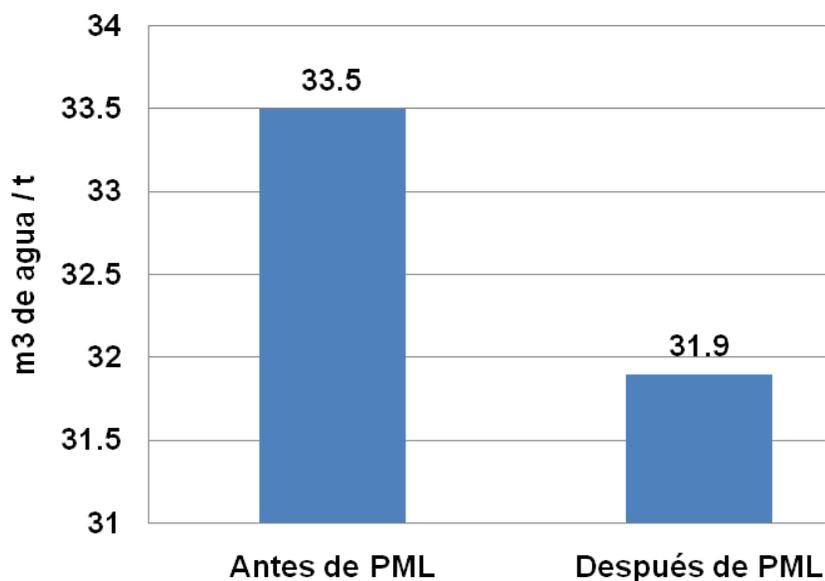


Figura 5. Reducción del consumo de agua durante la evaluación de P+L.

**- Relacionadas con la eliminación de fugas de vapor y aislamiento de tuberías.**

**Consumo y costo del fuel oil.**

La empresa industrial cuenta con dos generadores de vapor que requieren fuel oil para su funcionamiento. El vapor generado se emplea básicamente para la concentración del jugo y en otros procesos como son la línea de papas prefritas en la peladora de tubérculos, la línea de frutas en el pelado del mangos, papayas y durante el calentamiento agua para la limpieza tecnológica de la planta de producción. La aplicación de las medidas implementadas permitió lograr un ahorro de 2 808,5 L de fuel-oil (figura 6).

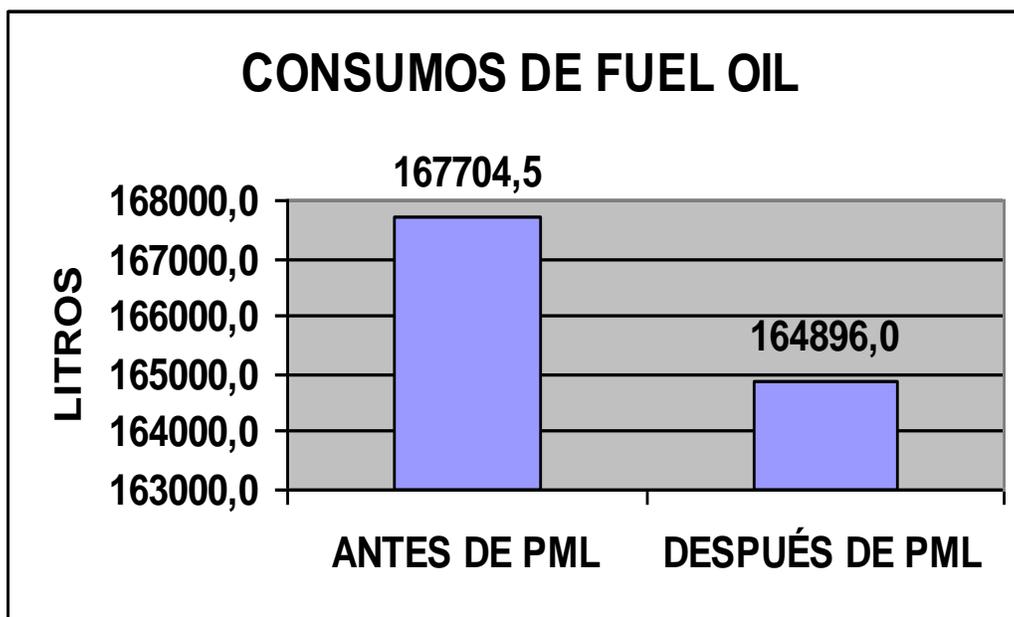


Figura 6. Reducción del consumo de fuel oil.

## **5. CONCLUSIONES.**

1. Los focos que generan opciones de P+L fueron identificados en la materia prima y la tecnología.
2. Las medidas de P+L implementadas permiten un ahorro de 4,78% del consumo de agua, lo que representa una disminución de  $1.6 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$
3. La aplicación de las medidas de P+L permiten un ahorro de 2 808,5 L de fuel-oil.

## **6. RECOMENDACIONES.**

1. Continuar los estudios de P+L en otras líneas de producción en la UEB Combinado Industrial "Héroes de Girón".

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

Abd-Allah, E. F.; Hashem, A. and Al-huqail, A. 2011. Biological based strategies to reduce postharvest losses of tomato. *African Journal of Biotechnology*. 10(32): 6040-6044.

Almeida, C. R.; Moraes, S.; Bejarano, N. D. y Da costa, G. A. 2006. Análisis De Peligros y Puntos Críticos De Control (HACCP). Washington DC: Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Anjanappa, M.; Jayaramana-Gowda, G. S. and Suresh-Kumara, B. 2013. Shelf life and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) as influenced by 1-methylcyclopropene (MCP) under cold storage conditions. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*. 47(1): 58-65.

Arazuri, S.; Jarén, C.; Arana, J. I.; Arias, N.; Macua, J. I. and Lahoz, I. 2010. Development of a calibration model for lycopene analysis based on NIR Spectroscopy. International Conference on Agricultural Engineering "AgEng-2010". Environmental Technology, Clermont-Ferrand, France. 6-8 September 2010. p 208.

Arazuri, S.; Jarén, C.; Arana, J. I.; Arnal, P.; Armendariz, R. and Gervaz, C. 2004. Evaluation of damage produced by tomato harverters using the IS-100. *ISHS Acta Horticulturae* 724. IX International Simposium on the processing tomato.

Asociación Tomate 2000. 2014. Informe Progresos 2013-2014 [en línea]. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/asociacion-tomate-2000.-programa-de-competitividad-de-la-industria-de-tomate.-informe-de-progresos-2013-2014>. [Consulta: enero, 17 2018].

Baldwin, E. A.; Goodner, K. y Plotto, A. 2008. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors. *Journal of Food Science*. 73: 294–307.

Bartell, D. M.; Beaulieu, J. C. and Shewfelt, R. 2010. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Crit. Food Sci*. 50: 369-389.

Bartz, J. A. y Brecht, J. K. 2003. *Postharvest Physiology and Pathology of vegetables*. Dekker Press, Boca Raton, FL. USA.

Bartz, J. A.; Ritenour, M. A. and Elkahky, M. 2010. Chilling injury in tomato exposed to low temperature in the fields. *Phytopathology*. 100(6): 12

Bohs, L. 2001. A revision of *Solanum* section *Cyphomandropsis* (Solanaceae). *Systematic Botany Monographs*. 61:1-85.

Brandt, M. S.; Pek, Z.; Barna, E.; Lugasi, A. y Helyes, L. 2006. Lycopene content and color of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of Sci. Food Agric*. 86(4): 568-572.

Bruhn, C. M. 2007. Aspectos de calidad y seguridad alimentaria de interés para el consumidor. En: *Tecnología Poscosecha de Productos Hortofrutícolas*. Third edición. Kader, A. (Editor), 37-44. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, USA.

Cabellos, P. J.; García, M., Martínez, M. y García, A. 2011. *Manual de aplicación del Sistema APPCC en el sector de la Restauración Colectiva en Castilla-La Mancha*. Castilla-La Mancha. 105 p.

Cámara de comercio de Bogotá. 2015. Manual del Tomate. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial. p. 32-36.

Cardona, M. 2006. Minimización de residuos: una política de gestión ambiental empresarial. *Producción + Limpia*. 1(2): 47-57.

Casanova, A. S.; Gómez O.; Pupo, F.; Hernández, M.; Chailloux, M.; Depestre, T.; Hernández, J. C.; Moreno, V.; León, M.; Igarza, A.; Duarte, C.; Jiménez, I.; Santos, R.; Navarro, A.; Marrero, A., Cardoza, O.; Piñeiro, F.; Arozarena, N.; Villarino, L.; Hernández, M. T.; Salgado, J. M.; Socorro, A.; Cañet, F.; Rodríguez, A. y Osuna, A. . 2007. Producción protegida de plántulas de tomate. Manual para la producción protegida de hortalizas. Ministerio de la Agricultura. IIH "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba. 138 pp.

Casierra-Posada, F. y Aguilar, O. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*. 26(2): 300-307.

Causse, M.; Friguet, C.; Coiret, C.; Lépicier, M.; Navez, B.; Lee, M.; Holthuysen, N.; Sinesio, F.; Moneta, E. y Grandillo, S. 2010. Consumer preferences for fresh tomato at the European scale: a common segmentation on taste and firmness. *J.Food Sci.* 75(9): 531– 541.

Centro Ecuatoriano de Producción Más Limpia. (2007). Marco conceptual de Producción Más Limpia. Ecuador.

Chaib, J.; Devaux, M. F.; Grotte, M. G.; Robini, K.; Causse, M.; Lahaye, M. and Marty, I. 2007. Physiological relationships among physical, sensory and morphological attributes of texture in tomato fruits. *Journal of Experimental Botany*. 58(1): 1915-1925.

Colombo, M. H. y Obregón, R. 2008. Horticultura General. Consideraciones del cultivo del tomate y manejo. INTA–Estación Experimental Agropecuaria "Bella Vista". Centro Regional Corrientes. Publicación Técnica N° 24. p. 4 -14.

Consejo Nacional de la Empresa Privada. 2009. ¿Qué es la Producción más Limpia? [en línea]. Disponible en:<http://www.conep.org.pa/prodlimpia/templates/quepl.php>. [Consulta: junio, 8 2017].

Cubero, G.; Fabregat, S.; Courchoud, Asunción y Alcolea, A. 2006. Manual de Implantación del Autocontrol basado en el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC). Gobierno de Aragón. Departamento de Sanidad. Dirección General de Salud Pública. Servicio de Seguridad Alimentaria y Salud Ambiental. 79 p.

Cunha, G.; Santos, M.; Araújo, B.; De Jesús, J.; Dos Santos, L.; Santos, J. and Romão, L. 2015. Performance of Agroindustrial Wastes for Removal of Disinfection By-products from Water. *Water, Air, and Soil Pollution*. 226 (12): 1-14.

Davidson, P. G. y Touger-Decker, R. 2009. Chemopreventive role of fruits and vegetables in oropharyngeal cancer. *Nutr. Clin. Pract.* 24: 250-260.

Davila-Aviña, J. E.; González-Aguilar, G. A.; Ayala-Zavala, J. F.; Sepúlveda, D. R. and Olivas, G. I. 2011. Compuestos volátiles responsables del sabor del tomate. *Fitotecnia Mexicana*. 34(2): 133-143.

De La Cruz, 2013. SISTEMA HACCP. 15 p.

Del Pino, M.; Garbi, M.; Martínez, C.; Oyhanto, F., Puerta, A. y Sangiacomo, M. A. 2002. Manual de Producción de Hortalizas. Universidad Nacional de Luján. Argentina. p 137.

El-Mergawi, R. A. y Al-Redhaiman, K. 2010. Effect of organic and conventional production practices on antioxidant activity, antioxidant constituents and nutritional value of tomatoes and carrots in Saudi Arabia markets. *J. Food Agric. Environ.* 8: 253-258.

FAO. 2011. *FAO Statistical Yearbook*. Food and Agricultural Organization. Rome, Italy.

FAO. 2012. Food and Agricultural Organization. Estadísticas del cultivo del tomate [en línea]. Disponible en: [http://www.faostat.fao.org./home/index\\_es.html/](http://www.faostat.fao.org./home/index_es.html/). [Consulta: septiembre, 22 2017].

FAO. Food and Agricultural Organization. 2010. Crop Water Information: Tomato [en línea]. Disponible en: [http://www.fao.org/nr/water/cropinf\\_tomato.htm1](http://www.fao.org/nr/water/cropinf_tomato.htm1). [Consulta: junio, 18 2017].

FAOSTAT, 2015. Producción Tomate [en línea]. Disponible en: [www.faostat.org](http://www.faostat.org). [Consulta: octubre, 12 2017].

FAOSTAT. 2010. Agricultural Production Database [en línea]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>. [Consulta: noviembre, 9 2017].

FAOSTAT. 2013. *Statistical Yearbook*. Datos estadísticos sobre el cultivo del tomate [en línea]. Disponible en: <http://www.faostat.fao.org/www.htm/reportes/>. [Consulta: septiembre, 22 2017].

Gautier, H.; Diakou-Verdiri, V.; Benard, C.; Reich, M.; Buret, M.; Bourgaud, F.; Poessel, J. L.; Caris-Veyrat, C. y Generd, M. 2008. How does tomato quality (sugar, acid and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature and irradiance. *Journal of Agric. Food. Chem.* 56: 1241-1250.

Gómez, O.; Casanova, A., Cardoza, H.; Piñeiro, F., Hernández, J C.; Murguido, C.; León, M. y Hernández, A. 2010. Guía Técnica para la producción del cultivo del tomate. Editora Agroecología. Biblioteca ACTAF. IIH "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba. p. 3-9.

González, I. 2007. Prerrequisitos del Sistema APPCC: Punto de partida hacia la Seguridad Alimentaria [en línea]. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/alimentacion/2007/01/30/58358>. [Consulta: noviembre, 9 2017].

González, J.; Reyes, M. y Flores, R. 2016. El análisis financiero elemento para la estrategia de eco innovación en la agroindustria. Memorias del Congreso de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad. 9(1): 2091-2106.

Gracia-López, C. 2009. La Mecanización de los cultivos hortícolas. En: XXXII Congreso Argentino de Horticultura. Salta, Argentina.

Gutiérrez, N.; Pastrana, E. y Castro, J. K. 2011. Evaluación de Prerrequisitos en el Sistema HACCP en Empresas del Sector Agroalimentario. EIA (Escuela de Ingeniería de Antioquia). 15: 33-43.

Hemaprabha, E. and Balasaraswathi, R. 2008. Internal quality characterization and isolation of lycopene specific genes from tomato. Journal of Applied Horticulture. 10(1): 21-24

Hermida, A. 2012. Guía para la implantación de sistemas de Autocontrol (APPCC) en el sector primario. ANFACO-CECOPECA (Centro Técnico Nacional de Conservación de Productos de la Pesca y la Acuicultura). Madrid. España. 112 p.

INFOAGRO. 2007. Tomate [en línea]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm/>. [Consulta: julio, 10 2017].

Jaramillo, J.; Rodríguez, V.; Guzmán, M.; Zapata, M. y Rengifo, T. 2007. Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual Técnico. Tampillo, México. 122 p.

Jiménez, M. y Amórtegui, A. 2012. Producción más limpia en la industria farmacéutica. *Producción + Limpia*. 8(1): 30-38.

Kader, A. A. 2007. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Universidad de California, Davis, California, EE.UU.

Kader, A. A. 2008. Perspective. Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal Sci. Food Agric*. 88: 1863-1868.

Kjaerheim, G. 2005. Cleaner production and sustainability. *Journal of cleaner production*. 13(4): 329-339.

Klee, H. J. and Giovannoni, J. J. 2011. Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. *Annual Reviews of Genetics*. 45: 41-59.

Klee, H. J. and Tieman, D. M. 2013. Genetic Challenges of flavor improvement in tomato. *Trends in Genetics*. 29 (4): 257-262.

Maroto, J. V. 2008. Consumo de hortalizas y salud. *Agrícola Vergel*. 315: 138-143.

Navarro-González, I.; García-Valverde, V.; García-Alonso, J. and Periago, J. M. 2011. Chemical profite, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. Food Res. Int. 44(5): 1528-1535.

Kjaerheim, G. 2005. Cleaner production and sustainability. Journal of cleaner production. 13(4): 329-339.

ONUDI. 1999. Manual de Producción Más Limpia. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

ONUDI, 2008. Seis años de cooperación con la ONUDI para la implementación de la Producción más limpia en otros sectores y en la política ambiental cubana 2001-2007 [en línea]. Disponible en: <http://www.redpml.cu/biblioteca%20virtual/tema10/informe%20ama.pdf> [Consulta: junio, 8 2017].

ONUDI. 2009. Introducción a la Producción más Limpia. Manual de Producción más Limpia. Viena. p. 3.

Peralta, I. E. y Spooner, D. M. 2000. Classification of wild tomatoes. A review. Kurtziana. 28: 45-54.

Pila, N.; Gol, N. B. y Rao, T. V. R. 2010. Effect of postharvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits during storage. Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 9: 470-479.

PNUMA. 2003. La empresa eficiente. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Poiroux-Gonord, F., Bidel, L. P. R.; Fanciullino, A. L.; Gautier, H. y Lauri-López, F. 2010. Health benefits of vitamins and secondary metabolites of fruits and vegetables and prospects to increase their concentrations by agronomic approaches. *J. Agric. Food Chem.* 58: 12065-12082.

Pollution Prevention. 1990. Senado de los Estados Unidos [en línea]. Disponible en: <http://epw.senate.gov/PPA90.pdf> [Consulta: noviembre, 16 2017].

Prigojin, I.; Fallik, E.; Qat, Y.; Ajalin, I.; Allam, H., Ezzat, M.; Al-Masri, M. and Bader, M. 2005. Middle East regional agricultural program: Survey on postharvest losses of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* L.) and table grape (*Vitis vinifera*). Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Postharvest Symposium, June 6-11 in Verona, Italy. *Acta Horticulturae (ISHS)*. 682: 1049-1056.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2006. Manual de Producción más Limpia: un paquete de recursos de capacitación [en línea]. Disponible en: [http://www.pnuma.org/industria/produccionlimpia\\_manual.php](http://www.pnuma.org/industria/produccionlimpia_manual.php). [Consulta: enero, 19 2017].

Rodríguez, A.; Companioni, N.; Peña, E.; Cañet, F.; Fresneda, J.; Estrada, J.; Rey, R.; Fernández, E.; Vázquez, L.; Avilés, R.; Arozarena, N.; Dibut, B.; González, R.; Pozo, J. L.; Cun, R. y Martínez, F. 2007. Manual Técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. 6<sup>ta</sup> Edición. ACTAF-INIFAT. La Habana, Cuba. 78 p.

Rodríguez, M. y Van Hoof, B. 2010. Para que la PYME sea más competitiva se requiere una gestión ambiental preventiva [en línea]. Disponible en: <http://www.manuelrodriguezbecerra.org/bajar/pymes.pdf>. [Consulta: enero, 19 2017].

Rubio, Teresa y Fernández, Argelia. 2007. La gestión de información en la Red Nacional de Producción Más Limpia de Cuba. Cub@: Medio ambiente y Desarrollo. Electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. 7(12): 1-12.

Santacruz, D. 2005. Diseño de alternativas de producción más limpia para los residuos peligrosos generados en la planta hidroeléctrica Chivor S. A. E. S. P., Bogotá: Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad de La Salle.

Serna, B. R. y Castro, R. P. 2003. Aseguramiento de la calidad en la producción de hortalizas. Universidad Católica del Oriente, Colombia. p. 109-119.

Sortino, O.; Dipasquale, M.; Montoreni, E.; Tomasso, L.; Perrone, D. G.; Vindrona, D.; Negre, M. and Piccone, G. 2013. Refuse derived soluble bio-organics enhancing tomato growth and productivity. Waste Management. 32:1792-1801.

Spooner, D. M.; Peralta, I. E. y Knapp, S. 2005. Phylogeny of wild tomatoes. [*Solanum*, l. section *Lycopersicon* (Mill). Wettst. Subsection. *lycopersicon*]. Taxon.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2010. Plant Physiology. 5<sup>th</sup> Edition. Sinauer, Sunderland, MA, USA. 782 p.

Téllez, J. A. 2009. Implementación de un sistema de gestión de inocuidad en una empresa de alimentos en polvo. Ciudad México. Tesis en opción al título de Máster en Ingeniería de calidad. Universidad Iberoamericana.

Thybo, A. K.; Adelenbos, M.; Christensen, L. P.; Serensen, J. N. and Thorup-Kristensen, K. 2006. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. LWT. 39: 835-843.

Thybo, A. K.; Adelenbos, M.; Christensen, L. P.; Serensen, J. N. and Thorup-Kristensen, K. 2006. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT*. 39: 835-843

Toivonen, P. M. A. 2007. Fruit maturation and ripening and their relationship to quality. *Stewart Postharvest Reviews*. 3: 1-5.

Toivonen, P. M. A. 2007. Fruit maturation and ripening and their relationship to quality. *Stewart Postharvest Reviews*. 3: 1-5.

Van Hood, B.; Monroy, N. y Saer, A. 2008. Producción más limpia: paradigma de gestión ambiental. México: Alfaomega

Varela-Rojas, I. 2009. Sistema nacional de incentivos a la producción más limpia en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 22(2): 51.

Vásquez, M. C. 2010. Apoyo en la implementación de los sistemas de calidad. BPM y HACCP en la industria de alimentos Carne Vally S.A. Caldas (Antioquia). Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Administración de Empresas. Agropecuarias.

Wills, R. B.; McGlasson, W. B.; Graham, D. and Joyce, D. C. 2007. Postharvest: An introduction to the Physiology and handling of fruit, vegetable and ornamentals. Fifth Edition. Cabi, Oxfordshire.

World Processing. 2015. Tomato Council [en línea]. Disponible en: <http://www.wptc.to/tomato-&-health-wptc.php> [Consulta: noviembre, 12 2017].

Zaccari, F. 2009. Cosecha y postcosecha de frutas y hortalizas [en línea]. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy>. [Consulta: junio, 18 2017].

ZAROR, C. 2000. Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos. Chile. p. 5-8.

Znidarcic D. and Pozrl, T. 2006. Comparative study of quality changes in tomato cv. Malike (*Solanum lycopersicum* L.) whilst stored at different temperatures. Acta Agriculturae Slovenica. 87: 235-243.

Znidarcic, D.; Ban, D.; Oplanic, M.; Karic, L. and Pozrl, T. 2010. Influence of postharvest temperatures on physicochemical quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment. 8(1):21-25.