



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**ESTUDIO DEL USO COMBINADO DE RADIACIÓN UV-C Y  
DISTINTOS EMPAQUES PARA INCREMENTAR EL TIEMPO  
DE VIDA ÚTIL DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*  
Cav) CON FINES DE EXPORTACIÓN A LA UNIÓN EUROPEA**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO DE ALIMENTOS**

**CARLOS ERNESTO GONZÁLEZ GALLARDO**

**DIRECTORA: BIOQ. MARÍA JOSÉ ANDRADE**

**Quito, Marzo 2012**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2012  
Reservados todos los derechos de reproducción

# DECLARACIÓN

Yo **CARLOS ERNESTO GONZÁLEZ GALLARDO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

CARLOS ERNESTO GONZÁLEZ GALLARDO

C.I. 1716316201

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Estudiar el uso combinado de radiación UV-C y distintos empaques para incrementar el tiempo de vida útil del tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) con fines de exportación a la Unión Europea**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero de Alimentos** fue desarrollado por **Carlos Ernesto González Gallardo**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

---

Bioq. María José Andrade

**DIRECTORA DEL TRABAJO**

C.I. 1712338373

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	17
2.1. TOMATE DE ÁRBOL ( <i>Solanum betaceum Cav</i> ) .....	17
2.1.1. ORIGEN .....	18
2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	18
2.1.2. CULTIVO .....	20
2.1.3. COSECHA .....	22
2.1.4. POSCOSECHA .....	22
2.1.4.1.Recepción y Pesado .....	23
2.1.4.2.Limpieza, Inspección y Secado.....	23
2.1.4.3.Clasificación, Empacado y Pesado .....	24
2.1.4.4.Preservación y Almacenamiento.....	24
2.1.5. PRINCIPALES PROBLEMAS DURANTE LA POSCOSECHA .....	24
2.1.6. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL .....	25
2.1.7. USOS .....	26
2.1.8. CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL EN EL ECUADOR .....	27

	<b>Página</b>
2.1.9. PRINCIPALES MERCADOS PARA EL TOMÁTE DE ÁRBOL .....	28
2.2. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.....	29
2.2.1. RADIACIÓN UV-C .....	31
2.2.2. EFECTO DE LA RADIACIÓN UV-C EN FRUTAS Y HORTALIZAS .....	32
2.3. EMPACADO AL VACÍO .....	33
2.4. NORMAS EUREPGAP .....	33
2.4.1. PUNTOS DE VERIFICACIÓN DE LAS NORMAS EUREPGAP .....	35
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
3.1. MATERIAL VEGETAL.....	36
3.2. TRATAMIENTO CON LUZ UV-C Y SELECCIÓN DE LA DOSIS....	36
3.3. MEDICIÓN DE pH.....	37
3.4. SÓLIDOS SOLUBLES .....	38
3.5. ACIDEZ TOTAL TITULABLE.....	38
3.6. ÍNDICE DE MADUREZ .....	38
3.7. COLOR SUPERFICIAL .....	38
3.8. DUREZA .....	39
3.9. CONTENIDO DE PROTEÍNA.....	39
3.9.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	39
3.9.2. DIGESTIÓN DE LA MUESTRA .....	39
3.9.3. DESTILACIÓN DE LA MUESTRA .....	39
3.9.4. TITULACIÓN DE LA MUESTRA.....	39
3.10. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	40

	<b>Página</b>
3.10.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA E INOCULACIÓN.....	40
3.10.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	41
3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	41
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
4.1. SELECCIÓN DE LA DOSIS EFECTIVA DE RADIACIÓN UV-C Y DE EMPAQUE .....	42
4.2. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL ÍNDICE DE MADUREZ.....	43
4.3. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO .....	45
4.4. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL pH.....	46
4.5. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LOS SÓLIDOS SOLUBLES .....	46
4.6. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA ACIDEZ TOTAL TITULABLE .....	48
4.7. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS .....	49
4.7.1. MOHOS .....	49
4.7.2. LEVADURAS .....	50
4.7.3. AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES.....	51
4.8. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA DUREZA.....	52
4.9. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL COLOR .....	52
4.9.1. MATIZ.....	53
4.9.2. SATURACIÓN .....	53
4.9.3. LUMINOSIDAD.....	54

	<b>Página</b>
4.10. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PROTEÍNA.....	55
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	56
5.2. RECOMENDACIONES .....	57
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Clasificación Taxonómica del Tomate de Árbol .....	18
<b>Tabla 2.</b> Características para el cultivo de tomate de árbol .....	20
<b>Tabla 3.</b> Preservación y almacenamiento del tomate de árbol .....	23
<b>Tabla 4.</b> Composición Nutricional del Tomate de Árbol .....	26
<b>Tabla 5.</b> Superficie Cosechada, Rendimiento y Producción por año de tomate de árbol en el Ecuador. ....	27
<b>Tabla 6.</b> Importadores de tomate de árbol por año mostrado como otras frutas frescas.....	29
<b>Tabla 7.</b> Tipos y Rangos de Radiación Ultravioleta .....	30
<b>Tabla 8.</b> Selección de Dosis Efectiva de UV-C.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Tomate de Árbol Anaranjado Gigante ( <i>Solanum betaceum</i> Cav) .....	17
<b>Figura 2.</b> Flores de Tomate de árbol .....	19
<b>Figura 3.</b> Semillas de Tomate de árbol.....	19
<b>Figura 4.</b> Fruto de Tomate de árbol.....	20
<b>Figura 5.</b> Cultivo de Tomate de árbol .....	21
<b>Figura 6.</b> Cosecha de tomate de árbol .....	22
<b>Figura 7.</b> Tomate de árbol empacado y embalado .....	24
<b>Figura 8.</b> Tomate de árbol afectado con pudrición amarga .....	25
<b>Figura 9.</b> Zonas Productoras de tomate de árbol en el Ecuador .....	28
<b>Figura 10.</b> Espectro de Luz .....	30
<b>Figura 11.</b> Índice de Madurez en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento.....	44
<b>Figura 12.</b> Tomate de árbol almacenado por 48 días a 7 °C.....	43
<b>Figura 13.</b> Pérdida de peso (%) en tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m <sup>2</sup> ) durante el almacenamiento .....	45
<b>Figura 14.</b> pH en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento.....	46
<b>Figura 15.</b> Sólidos Solubles tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m <sup>2</sup> ) durante el almacenamiento .....	47
<b>Figura 16.</b> Acidez Titulable de tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m <sup>2</sup> ) durante el almacenamiento .....	48
<b>Figura 17.</b> Desarrollo de mohos en tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m <sup>2</sup> ) almacenados a 7°C .....	49
<b>Figura 18.</b> Desarrollo de levaduras en tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m <sup>2</sup> ) almacenados a 7°C .....	50
<b>Figura 19.</b> Desarrollo de levaduras en tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m <sup>2</sup> ) almacenados a 7°C .....	51
<b>Figura 20.</b> Dureza en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento.....	52

	<b>Página</b>
<b>Figura 21.</b> Matiz en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento.....	53
<b>Figura 22.</b> Saturación en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento.....	54
<b>Figura 23.</b> Luminosidad en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento.....	54
<b>Figura 24.</b> % de Proteína en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento.....	55

# ÍNDICE DE ANEXOS

Página

## ANEXO I

CERTIFICADO SEMINARIO-TALLER DE CAPACITACIÓN Y ASESORÍA A LAS COMUNIDADES PRODUCTORAS DE TOMATE DE ÁRBOL DE LA SIERRA CENTRO-NORTE DEL ECUADOR PARA LA EXPORTACIÓN HACIA LA UNIÓN EUROPEA.....	50
--	----

## ANEXO II

FOTOGRAFÍAS TOMATE DE ÁRBOL EMPACADO AL VACÍO.....	51
---	----

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mi Madre Marcia que esperó y que tanto me ayudo para llegarlo a culminar satisfactoriamente, a mi Padre Ernesto por su conocimiento y apoyo, y a mis abuelitos que están en el cielo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis Padres por su paciencia y apoyo durante toda mi carrera estudiantil y su amor infinito.

A mi mejor amigo Juan Pablo por estar siempre ahí presente.

A mi preciada y paciente Directora María José por su enorme paciencia y ayuda para la realización de este trabajo.

Al Ing. Jorge Viteri Decano de la Facultad por creer en mí y por su infinita ayuda.

A mis Queridos compañeros de la Facultad: Nadya, Taty, Ing. Belencita, Ing. Elenita, Ing. Manolito, Doc. Juanito, Ing. Carlotita, Ing. Galito, Ing. Anita, Fausto, Angelito, Alejita, por su inmenso apoyo para terminar este trabajo.

## RESUMEN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*), conocido también como tamarillo, es una fruta exótica con delicioso sabor y aroma, que posee excelentes cualidades físicas y nutritivas. Tiene como centro de origen las zonas altas tropicales de América, principalmente Ecuador, en las provincias de Imbabura, Tungurahua y Pichincha. Es una fruta muy versátil, que normalmente se consume como jugo o conserva con almíbar. El desarrollo de este frutal andino ha traído como consecuencia la detección de plagas, enfermedades y pérdidas productivas en cosecha y poscosecha. Por otra parte, la radiación UV-C que forma parte de las llamadas “tecnologías limpias”, ha sido extensamente empleada para la desinfección de agua y envases de alimentos, varios estudios sobre tratamientos poscosecha han demostrado que permite prolongar la vida útil y la calidad de frutas y hortalizas sin alterar sus características nutritivas, físicas y organolépticas. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el uso combinado de radiación UV-C y distintos empaques para incrementar el tiempo de vida útil del tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) con fines de exportación a la Unión Europea. Se cosecharon frutos de tomate árbol en la localidad de Patate (Provincia de Tungurahua) e inmediatamente se trasladaron hasta el laboratorio, donde se seleccionaron, lavaron y desinfectaron. Se dividieron los frutos en varios grupos: tratados ( $13 \text{ kJ/m}^2$ ) y no tratados (controles), y estos a su vez en tres subgrupos: (tratados vacío) los frutos se colocaron en bandejas de poliestireno espumado y se empacaron al vacío en bolsas flexibles de Nylon, (tratados film) se empacaron en bandejas de poliestireno espumado y se cubrieron con film manual estirable y (tratados malla) se empacaron en mallas plásticas de polietileno, todos se almacenaron a  $7^\circ\text{C}$  por 48 días. Se evaluó el efecto de radiación UV-C sobre índices de calidad físico químicos (Brix, pH, acidez total titulable), pérdida de peso y la flora nativa (recuento de aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras). Obteniendo una considerable disminución de la población de mohos y microorganismos aerobios mesófilos totales durante el almacenamiento y manteniéndose

constantes los valores de: pH, sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez y dureza. Por los resultados obtenidos se puede afirmar que la luz UV-C como tratamiento poscosecha en combinación con el empaçado en bandejas de poliestireno espumado y film manual estirable mantienen la calidad del tomate de árbol durante 48 días.



## ABSTRACT

The tree tomato (*Solanum betaceum Cav*), also known as tamarillo, is an exotic fruit with delicious flavor and aroma and excellent physical and nutritional qualities. Its origin is in highland tropical America, mainly Ecuador, in the provinces of Imbabura, Tungurahua, and Pichincha. It is a very versatile fruit, usually consumed as juice or canned in syrup. The development of this Andean fruit has resulted in the detection of pests, disease and production losses in harvest and postharvest. Moreover, UV-C radiation which forms part of the so called "clean technologies", there has been widely employed for disinfecting water and food containers, several studies have demonstrated that post-harvest treatments can prolong the life and quality fruit and vegetables without altering its nutritional characteristics, physical and organoleptic. The aim of this work was to study the combined use of UV-C and different packages to increase the lifetime of the tree tomato (*Solanum betaceum Cav*) for export to the European Union. Tomato fruits were harvested in the village of Patate (Tungurahua province), immediately transferred to the laboratory, selected, washed and disinfected. Fruits were divided into several groups: treated (13 kJ/m<sup>2</sup>) and untreated (control), and these in turn into three subgroups: (Vacuum processed) fruits were placed in trays of expanded polystyrene and were packed in vacuum Flexible Nylon bags (treated film) were packed in expanded polystyrene trays and covered with stretch film and hand (treated mesh) were packed in polyethylene plastic mesh, all stored at 7 ° C for 48 days. The effect of UV-C radiation on physico-chemical quality indexes (Brix, pH, acidity), weight loss and the native flora (total count of aerobic mesophilic bacteria, molds and yeasts). The results show a significant decrease in the population of molds and mesophilic aerobic microorganisms during storage and total remaining constant values: pH, soluble solids, acidity, maturity index and hardness. From the results obtained suggest that UV-C as post-harvest treatment with the packaged in trays of expanded polystyrene and hand stretch film maintain the quality of the tree tomato for 48 days.

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*), es una planta de 2 a 3 m de altura, que pertenece a la familia de las solanáceas, originario de los valles interandinos, particularmente en Ecuador. También conocido como tamarillo, crece en arbustos con follaje grande y flores rosadas con exquisita fragancia. La sierra ecuatoriana posee varias zonas óptimas para la producción de esta fruta que se caracterizan por un clima templado y fresco, y suelos con buen contenido de materia orgánica. Las provincias más representativas en cultivos de esta fruta son Imbabura, Tungurahua y Pichincha, en estas zonas se cultivan alrededor de 5000 ha, con rendimientos que oscilan entre 60 – 80 t /ha /año (Cadena, 2000).

El desarrollo de este frutal andino ha traído como consecuencia la detección de plagas, enfermedades, desequilibrios nutricionales, desórdenes fisiológicos y pérdidas de producción en cosecha y poscosecha.

La cosecha se efectúa manualmente cuando el fruto se encuentra morado, se debe realizar delicadamente y no debe dejarse sobremadurar porque se vuelve muy blando y se estropea en el transporte. La maduración completa se logra cuando el fruto pasa a un color rojo brillante. Se conserva a 8°C durante máximo un mes (FAO, 2000).

La fruta fresca se empaca en cajas de madera o cartón con un rango de peso de tres hasta nueve kilos. Para ciertos mercados, la fruta se coloca en charoles de plástico con espacios para cada fruta. El transporte para exportación se realiza en avión bajo clima templado o vía marítima en contenedores refrigerados a una temperatura de 2 °C. La cadena logística para el tomate de árbol es relativamente simple, puesto que es una fruta resistente y durable. Dependiendo de la variedad y sin refrigeración, la fruta tiene una vida útil de 14 a 18 días. En condiciones de refrigeración la vida útil se extiende considerablemente hasta 30 días (FAO, 2000).

Para el manejo poscosecha se utiliza etileno que continúa el proceso de maduración a través del ablandamiento de la pulpa, disminución en acidez titulable y aumento en el contenido de jugo y sólidos solubles, con una temperatura de 3,0 - 4,5 °C y humedad de 90 - 95 % para la adecuada preservación del fruto.

Así, considerando la necesidad de exportar productos frescos, especialmente frutas, consideradas como exóticas hacia mercados del primer mundo como la Unión Europea (Cadena, 2000), la producción de tomate de árbol ha experimentado un incremento en los últimos años en el país especialmente en las provincias de la sierra centro norte.

Pero se presentan gran cantidad de pérdidas en la etapa de poscosecha debido al incorrecto manejo del producto y especialmente por el desarrollo de la enfermedad llamada “pudrición amarga” causada por el hongo *Glomerella cingulata*, que se controlan por la inmersión de los frutos en agua a 50 °C durante 8-10 minutos, además se han probado aplicaciones de fungicidas y ceras, pero con cierta afectación en sus características organolépticas (Portela, 1999).

Por lo tanto se hace necesario la investigación de tecnologías que permitan en este sentido el control de enfermedades poscosecha sin cambios en las características del producto, así la radiación UV-C incluida dentro de las llamadas “tecnologías limpias” (no deja residuos en el producto) para el control de enfermedades durante la poscosecha, se encuentra entre las más efectivas. Se ha definido que controla el desarrollo de hongos asociados con procesos de maduración en fresas (Beltrán, 2010) y melón (Silveira, 2007), además que la aplicación poscosecha de luz UV-C puede inducir la producción y la síntesis de compuestos fotoquímicos con actividad nutracéutica, así como la reducción de compuestos indeseables, también puede usarse como una herramienta para reforzar las propiedades benéficas de productos frutihortícolas, así como controlar el crecimiento de microorganismos (Fonseca, 2004).

En la Universidad Tecnológica Equinoccial se desarrolla actualmente el proyecto de investigación: “Estudio de la Cadena Agroindustrial del Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* Cav.) para su exportación a la Unión Europea”; el presente trabajo de investigación se realiza como parte del mismo, con el fin de utilizar la radiación UV-C como una tratamiento poscosecha en tomate de árbol previo a su exportación hacia la Unión Europea (Anexo I).

## **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el uso combinado de radiación UV-C y distintos empaques para incrementar el tiempo de vida útil del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) con fines de exportación a la Unión Europea.

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la dosis óptima de radiación UV-C para incrementar la vida útil del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav).
- Determinar el empaque óptimo para incrementar la vida útil del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) durante su almacenamiento y transporte.
- Evaluar los efectos de la radiación UV-C sobre índices de calidad físicos químicos y microbiológicos en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav).
- Establecer las condiciones de almacenamiento (tiempo y temperatura) para la aplicación de radiación UV-C en el tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav).

## **2. MARCO TEÓRICO**

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav*)

El nombre científico del tomate de árbol se fijó definitivamente como *Solanum betaceum* en el año de 1995, en sustitución del anterior nombre científico *Cyphomandra betacea*. Sendt (Cadena, 2000).

El tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*), es una planta de 2 a 3 m de altura, que pertenece a la familia de las Solanaceas (MAGAP, 2001).

En el Ecuador posiblemente existen cinco variedades nativas cultivadas:

- Anaranjado gigante, conocida con el nombre de “Oro de Inca”
- Negra o “tomate de altura”
- Tomate de árbol “puntón”
- Tomate de árbol “redondo”
- Tomate mora, “rojo o mora”

La variedad anaranjado gigante (figura 1), es una variedad de fruto grande, que presenta alta demanda por parte del consumidor y es una gran alternativa para la exportación, debido a que su tamaño y peso son requeridos por el mercado internacional (Cadena, 2000).



**Figura 1.** Tomate de Árbol Anaranjado Gigante (*Solanum betaceum Cav*)

(MAGAP, 2001)

### 2.1.1. ORIGEN

El tomate de árbol es una planta originaria de los bosques andinos de clima templado, todavía se encuentra silvestre en bosques de Ecuador y Perú. Se lo cultivó y naturalizó en Argentina, Brasil, Colombia y Venezuela.

Se cultiva extensamente en Nueva Zelanda, desde que en 1890 un misionero regresó desde el Ecuador llevando algunas semillas; y en Kenia como cultivo de exportación (Cadena, 2000).

### 2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

En la Tabla 1 se indica la clasificación taxonómica del tomate de árbol

**Tabla 1.** Clasificación Taxonómica del Tomate de Árbol

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Fanerogamas
<b>Clase</b>	Dicotiledoneas
<b>Subclase</b>	Metaclamideas
<b>Orden</b>	<i>Tubiflorales</i>
<b>Familia</b>	<i>Solanaceas</i>
<b>Género</b>	<i>Cyphomandra</i>
<b>Especie</b>	<i>Betaceumcau</i>
<b>Nombre Científico</b>	<i>Solanum Betaceum Cav</i>
<b>Nombre Vulgar</b>	Tomate de árbol, Tamarillo

(Cadena, 2000)

Es una planta arbustiva de tallos semileñosos, de forma erecta y se ramifica a una altura que varía entre 1.5 m y 3 m de altura.

Las raíces son profundas y ramificadas cuando la reproducción se hace por semillas; cuando se hace por estaca son superficiales y bastante ramificadas.



Las flores (figura 2) se ubican en la terminación de las ramas y son de color blanco, con franjas de color rosado tenue.

Las semillas (figura 3) son pequeñas, planas, circulares y lisas, de color amarillento o a veces pardo y se encuentran entre 300 y 500 en un fruto.

El fruto es una baya de forma ovoide – apiculada que presenta una coloración verde cuando esta inmaduro. La longitud varía entre 6 y 9 cm, midiendo en su parte más ancha entre 4 y 6 cm. El peso promedio puede variar entre 70 y 80 g. Tiene una piel fina lisa y resistente al transporte y una cutícula de sabor amargo, razón por la cual hay necesidad quitarla de la corteza para poder hacer uso del fruto (figura 4). La pulpa es muy jugosa, de color anaranjado, de sabor agridulce, agradable y muy particular (MAGAP, 2001).



**Figura 2.** Flores de Tomate de árbol

(Infojardín, 2005)



**Figura 3.** Semillas de Tomate de árbol

(MAGAP, 2001)



**Figura 4.** Fruto de Tomate de árbol

### 2.1.2. CULTIVO

El tomate de árbol es propio de clima medio a frío, crece bien entre los 1600 y 2600 m.s.n.m, con temperaturas promedio entre los 16 y 22°C y alta nubosidad o ambiente sombreado. Puede resistir temperaturas de 0°C sin sufrir daños graves, siempre que sea por corto tiempo.

Las características para su cultivo se indican en la tabla 2.

**Tabla 2.** Características para el cultivo de tomate de árbol

<b>Clima</b>	Templado a subtropical
Temperatura	14 a 18 °C
Precipitación	600 a 1 500 mm por año, bien distribuidas.
Humedad	
Relativa	70 a 75%
Altura	1 800 a 2 600 m.s.n.m.
<b>Suelo</b>	Franco, ligero, profundo, buen drenaje
pH	Ligeramente ácido (5.8 a 7.3)
Fertilidad	No muy exigente
Materia Orgánica	Ricos

(MAGAP, 2001)

Para la siembra de plantaciones de tomate de árbol se recomienda mantener un sistema de doble hilera, el cual brinda el espacio suficiente para realizar todas las labores culturales, sin molestia para el trabajador y sin daños físicos para la planta. Se debe tener una distribución espacial de 1.5 m entre plantas, 1.25 dentro de la doble hilera y 2.0 m entre dobles hileras,

obteniendo una densidad de 3 683 plantas por hectárea, dejando 2.0 m del perímetro para dentro como calle de labores. Este diseño permite que las aplicaciones de pesticidas y fertilizantes foliares sean más efectivas, ya que van a aplicar a los costados de ambas plantas a la vez. En el hoyado se deben respetar las siguientes medidas: 50 x 50 x 40 cm de largo, ancho y profundidad respectivamente. Este espaciamiento brinda libertad de crecimiento a las raíces, además de que proveer los nutrientes necesarios para impulsar el desarrollo de la plantación (figura 5) (MAGAP, 2001).



**Figura 5.** Cultivo de Tomate de árbol

Se requiere de algunos cuidados durante la plantación como: podas cuando la planta tiene unos 50 cm. de altura, se debe realizar un pinzamiento, donde se eliminan las impurezas del tronco y se sacan las ramas secas y enfermas. El riego debe realizarse por lo general de cada 10 a 15 días (Cadena, 2000).

### 2.1.3. COSECHA

La cosecha o recolección de frutos se realiza manualmente una vez que el fruto haya madurado en la planta (Lobo, 2004), pero sin permitirle sobremadurar porque se vuelve muy blando y se estropea en el transporte. Se debe cosechar el fruto dejando el pedúnculo inserto en el mismo para evitar su excesiva deshidratación (Cadena, 2000), evitar el ingreso de hongos en la base y dar una agradable presentación. Generalmente se realizan cosechas cada 10 a 15 días (figura 6).



**Figura 6.** Cosecha de tomate de árbol  
(Colombiano, 2008)

### 2.1.4. POSCOSECHA

La fase de poscosecha determina que la calidad del fruto conseguida, no se pierda en las etapas posteriores hasta llegar al consumidor. En la tabla 3 se muestran algunos parámetros de conservación del tomate de árbol recomendadas por la (FAO, 2000).

**Tabla 3.** Preservación y almacenamiento del tomate de árbol

Fruta No Climatérica	
<b>Temperatura de Almacenamiento</b>	3 - 4 °C
<b>Humedad Relativa</b>	85 - 95 %
<b>Producción Etileno</b>	Baja
<b>Susceptibilidad al Etileno</b>	Medio
<b>Vida de Anaquel</b>	4 - 5 Semanas

(FAO, 2000)

Las etapas de poscosecha del tomate de árbol incluyen las etapas de recepción y pesado, limpieza, inspección y secado, clasificación, empaçado y pesado que se detallan a continuación (Lobo, 2004).

#### **2.1.4.1. Recepción y Pesado**

En la recepción del producto proveniente del campo, se debe verificar que los frutos hayan sido cosechados con un adecuado nivel de madurez fisiológica, de manera que las frutas continúen su maduración. La fruta recogida deberá pesarse con el objeto de llevar un registro estadístico y remunerar al personal de cosecha.

#### **2.1.4.2. Limpieza, Inspección y Secado**

Durante esta operación se efectúa una inspección para eliminar frutas dañadas. El proceso puede desarrollarse en tinas con duchas o con paños húmedos. Los tomates deberán luego secarse al aire para clasificarlos y empacarlos.

#### 2.1.4.3. Clasificación, Empacado y Pesado

Las frutas inspeccionadas deben clasificarse mientras se empacan en función del tamaño del fruto, grado de madurez (color) y apariencia. A nivel internacional se utilizan para el empaque cajones de cartón corrugado; los tomates de árbol deberán preferentemente ser colocados en cubetas plásticas o envueltos en papel, para precautelar la calidad de los frutos, evitando daños y rozamientos y reduciendo la transpiración (figura 7).



**Figura 7.** Tomate de árbol empacado y embalado

#### 2.1.4.4. Preservación y Almacenamiento

Las condiciones óptimas de almacenamiento y recepción del fruto son 7° C de temperatura con 85% de humedad relativa.

#### 2.1.5. PRINCIPALES PROBLEMAS DURANTE LA POSCOSECHA

La principal causa de las pérdidas poscosecha se debe a enfermedades como la pudrición amarga (figura 8). Los principales microorganismos responsables de esta enfermedad son: *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *Diaporthe phaseolarum*, *Phoma exigua*, *Phomopsis* sp. *Colletotrichum acutatum* y *C. gloeosporioides* (Portela, 1999). La pudrición

presenta una lesión que profundiza en el fruto en forma de “V”, lo que la diferencia de las otras. Los frutos son susceptibles de ser infectados con temperaturas entre los 24 a 28 °C. El hongo no necesita heridas para penetrar el fruto. Normalmente la fruta es infectada cuando está en el árbol pero no se desarrolla la enfermedad sino hasta el almacenamiento. Un baño de 8-10 minutos en agua a 50 °C inmediatamente después de la cosecha controla efectivamente las infecciones latentes, pero causa algo de daño en el pedúnculo y en la capa de cera de la cutícula de los frutos, aumentando la pérdida de agua durante el almacenamiento (Erkan, 2001).



**Figura 8.** Tomate de árbol afectado con pudrición amarga

#### **2.1.6. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL**

El tomate de árbol es una fuente importante de betacaroteno (provitamina A), vitamina B6, vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E y hierro (tabla 4). Su contenido de nitrógeno y aminoácidos libres es muy alto. Su contenido de carbohidratos es bajo, en promedio una fruta proporciona menos de 40 calorías.

**Tabla 4.** Composición Nutricional del Tomate de Árbol

<b>Composición</b>	<b>Contenido por cada 100 g de Fruta</b>	
Agua	89,7	g
Proteínas	1,4	g
Grasa	0,1	g
Carbohidratos	7,0	g
Fibra	1,1	g
Cenizas	0,7	g
Calcio	6	mg
Fósforo	22	mg
Hierro	0,4	mg
Calorías	30	mg
Riboflavina	0,03	mg
Niacina	1,1	mg
Acido ascórbico	25	mg
Vitamina A	1000	UI

(Vasco, 2008)

### **2.1.7. USOS**

Se emplea fresco sin utilizar la corteza, también para la preparación de jaleas, jugos, helados, dulces, mermeladas y ensaladas. Industrialmente se han fabricado mermeladas, néctares, jugos turbios y conservas con resultados muy satisfactorios, ofreciendo un rendimiento de 83 a 86% en pulpa, en comparación a otras frutas como la tuna, el mango y el melón que ofrecen rendimientos de 45%, 64% y 59% respectivamente (MAGAP, 2001). También es conocido por sus usos medicinales donde se utilizan el fruto o las hojas, previamente calentadas y se aplican en forma tópica especialmente contra la inflamación de amígdalas o anginas. Otra propiedad atribuida al tomate de árbol es como remedio de problemas hepáticos (Burgos, 2006).



### 2.1.8. CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL EN EL ECUADOR

El cultivo comercial de este fruto se inició en el país en 1970 demostrando un crecimiento sostenido. La superficie cosechada, la producción y el rendimiento del tomate de árbol en el período comprendido entre 1994 y 2008 (tabla 5).

**Tabla 5.** Superficie Cosechada, Rendimiento y Producción por año de tomate de árbol en el Ecuador.

<b>Año</b>	<b>Superficie cosechada (miles ha)</b>	<b>Rendimiento (tm/ha)</b>	<b>Producción (miles tm)</b>
1994	1420	7,11	10545
1995	2220	8,12	18354
1996	2017	8,86	17867
1997	1982	12,43	24654
1998	2280	9,25	21163
1999	2472	7,76	19183
2000	2888	4,86	14031
2001	3020	6	18135
2002	2389	9,37	22389
2003	3373	6,64	22389
2004	3451	6,81	23511
2005	3254	5,64	18342
2006	4741	4,55	21580
2007	4825	9,64	24589
2008	4562	7,12	19856

(SICA, 2009)

Las principales zonas productoras de tómate de árbol dentro del país determinadas en datos porcentuales de superficie son: Tungurahua (39.2%), Chimborazo (22.2%), Azuay (14.1%), Pichincha (10.0%), e Imbabura (4.8%). La distribución geográfica del cultivo del tomate de árbol en el Ecuador (figura 9).



**Figura 9.** Zonas Productoras de tomate de árbol en el Ecuador  
(SICA, 2009)

### 2.1.9. PRINCIPALES MERCADOS PARA EL TOMÁTE DE ÁRBOL

Estados Unidos y Europa (Holanda, Bélgica, Alemania, Suecia, Dinamarca, Suiza, Reino Unido, España, Finlandia), constituyen los principales mercados, en los cuales la demanda se va incrementando, aparte de China. (CAE, 2001). Estados Unidos es el principal socio comercial ecuatoriano captando el 53% de las exportaciones totales de tomate de árbol. En la tabla 6. se muestran las importaciones como otros frutos frescos por país.

**Tabla 6.** Importadores de tomate de árbol por año mostrado como otras frutas frescas.

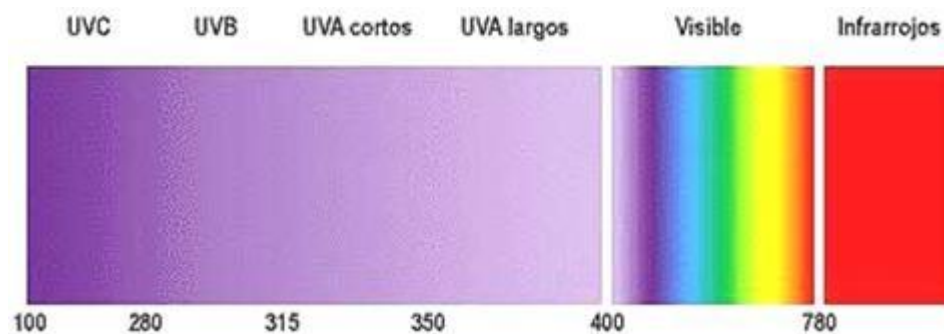
Importadores	Cantidad importada, Ton				
	2005	2006	2007	2008	2009
China	183329	218053	231027	348073	515870
Federación de Rusia	147856	175159	213359	210061	218883
Malasia	16369	124551	710035	103503	34360
Estados Unidos de América	79558	85639	99159	94566	101338
Alemania	51637	51746	69547	64501	63793
Francia	39574	37970	48134	33627	33983
Países Bajos (Holanda)	33577	32164	59167	39774	
Singapur	31813	28608	28143	28752	28568
Reino Unido	18234	25059	26421	24756	23343
Italia	17064	20614	21634	22451	32174
Canadá	15293	18278	21482	18883	23219
España	2551	10334	2569	3430	
Austria	7362	8673	10299	13528	10298
Portugal	7813	8285	7711	14544	14102

(MAP, 2009)

Como se mencionó anteriormente las enfermedades poscosecha son la principal causa de reducción de la vida útil del tomate de árbol. Para ser exportado a mercados lejanos y por la necesidad de cumplir con las normas internacionales de transporte y manipulación de productos agrícolas, se busca la aplicación de tecnologías emergentes que permitan controlar este problema y alargar la vida útil del producto.

## 2.2. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Es una radiación electromagnética cuyas longitudes de onda van desde los 400 nm, el límite de la luz violeta, hasta los 15 nm, donde empiezan los rayos X (figura10).



**Figura 10.** Espectro de Luz

(Fonseca, 2004)

En la tabla 7 se muestran los tipos y rangos de radiación ultravioleta

**Tabla 7.** Tipos y Rangos de Radiación Ultravioleta

Nombre	Abreviación	Longitud de onda (nm)
Ultravioleta cercano	NUV	400-200
Onda larga	UV-A	400-320
Onda corta	UV-B	320-280
Onda corta	UV-C	280-200
Ultravioleta lejano	FUV, VUV	200-10
Ultravioleta extremo	EUV, XUV	91,2-1

(Beltrán, 2010)

**Radiación ultravioleta A (UVA).**- Abarca longitudes de onda entre 320 y 400 nm; es la parte menos energética de la radiación UV. Se emplea comercialmente para el bronceado de la piel y el tratamiento de la psoriasis (Fonseca, 2004).

**Radiación ultravioleta B (UVB).**- Se extiende entre los 280 – 320 nm. No es útil para el bronceado, ya que, a igual dosis que los UVA, es 200-2.000

veces más probable que produzca eritema y quemaduras. Se usa en el tratamiento de Goeckerman para la psoriasis y parece ser efectiva en el tratamiento del prurito urémico (Guerrero, 2009).

**Radiación ultravioleta C (UVC).**- Se extiende entre los 200 y 290 nm; es la porción más energética del espectro, de forma que posee una importante acción bactericida. Sufre una fuerte dispersión al atravesar la atmósfera, por lo que puede considerarse que prácticamente no está presente a nivel del mar. Las fuentes artificiales se emplean para la esterilización, el tratamiento de las micosis fúngicas y las úlceras de decúbito (Barbosa-Cánovas, 2009; Guerrero, 2009).

### **2.2.1. RADIACIÓN UV-C**

El efecto germicida de la radiación UV-C se ha empleado en diferentes alimentos como un método de desinfección superficial a temperatura ambiente que no deja residuos en el producto, por lo que se considera una buena alternativa para la conservación de alimentos.

Los efectos de la radiación con luz UV-C sobre los microorganismos pueden variar de especie a especie y, en la misma especie, puede depender de la cepa, medio de cultivo, estado del cultivo, densidad de microorganismos y otras características como el tipo y composición del alimento (Cairns, 2000). Los hongos y levaduras son más resistentes durante la desinfección; sin embargo, los niveles altos de microorganismos deben tomarse en cuenta cuando se usa UV-C para desinfectar (Liltved, 2001). La radiación absorbida por el ADN puede detener el crecimiento celular y causar muerte celular (Liltved, 2001). La luz UV-C causa la ruptura de los enlaces del ADN, que retrasan la reproducción o provocan la muerte celular. Esto significa que el efecto bactericida de la UV-C es básicamente a nivel del ácido nucleico (Cairns, 2000).

### **2.2.2. EFECTO DE LA RADIACIÓN UV-C EN FRUTAS Y HORTALIZAS**

La luz ultravioleta puede ser letal a patógenos que afectan a plantas y humanos, lo cual es la principal razón de por qué esta técnica ha sido estudiada como agente desinfectante de alimentos. La agencia federal de drogas de los Estados Unidos (FDA) recientemente aprobó el uso de luz ultravioleta como desinfectante para el tratamiento superficial de alimentos (FDA, 2011).

Existen evidencias de que la aplicación de tratamientos con UV-C pueden aumentar las propiedades nutraceuticas de frutas y hortalizas (Zevallos, 2003). La exposición de los tejidos a dosis bajas de radiación puede inducir a la producción de compuestos fungicidas como fitoalexinas, reducir procesos de maduración y senescencia, esto permite disminuir las pérdidas poscosecha (Luckey, 1991).

La radiación UV-C se ha estudiado recientemente como un método alternativo para la conservación de frutos de fresa, manzana y mango (Yaun B R, 2004).

La aplicación de radiación UV-C en frutas y hortalizas ha demostrado ser un sistema efectivo para prolongar su vida útil ya que destruye la mayoría de los microorganismos (Baka M, 1999). Se encontró que aplicando dosis 0.4, 0.81, 2.44, 4.07, y  $8.14 \times 10^3$  Kgf/S<sup>2</sup> redujeron la cuenta de bacterias psicotróficas, coliformes y levaduras en lechuga mínimamente procesada (Allende A, 2003). Se presentó una reducción del crecimiento fúngico en fresa aplicando una dosis de 5 Kgf/ S<sup>2</sup> (Marquenie D, 2002) .

La radiación se ha utilizado como método para retrasar la maduración de frutas y hortalizas como alternativa a la aplicación de etileno y poliaminas (Lu J Y, 1991). Se reporta que la utilización de radiación UV-C retrasa el

proceso de maduración de manzana, durazno y en fresa esta tecnología reduce la pérdida de firmeza (Baka M, 1999).

Por lo tanto, debido a que la radiación UV-C es un tratamiento de superficie y que el producto puede ser contaminado en las fases posteriores de manipulación se hace necesario la combinación con otros métodos de conservación como tratamientos térmicos, refrigeración o el uso de atmósferas modificadas.

### **2.3. EMPACADO AL VACÍO**

Se entiende al empaçado al vacío como un modo de conservación de alimentos muy práctico y sencillo en el que se extrae el aire que rodea al producto que se va a envasar. De este modo se consigue una atmósfera libre de oxígeno con la que se retarda la acción de bacterias y hongos que necesitan de este elemento para sobrevivir, lo que posibilita una mayor vida útil del producto. El envasado al vacío se complementa con otros métodos de conservación ya que después, el alimento puede ser refrigerado o congelado (Eroski, 2008).

Se ha probado el uso combinado de diferentes tecnologías y empaques, por ejemplo: tratamiento térmicos y radiación UV-C; inmersión en soluciones de  $\text{CaCl}_2$  y empaçado al vacío (Reza, 2005), frutos enteros o mínimamente procesados tratados con radiación UV-C y empacados en film PVC (Andrade, 2008).

### **2.4. NORMAS EUREPGAP**

Debido a las normas internacionales dictadas por la FAO en el Codex Alimentarius sobre inocuidad alimentaria y normas específicas como las normas EUREPGAP en la Unión Europea, el uso de la radiación UV-C como tecnología emergente que no deja residuos en el producto se puede utilizar

como un complemento para garantizar la inocuidad y calidad alimentaria (Cairns, 2000).

Las normas EUREPGAP establecen un marco referencial para las buenas prácticas agrícolas (GAP) en fincas, en el cual se definen elementos esenciales para el desarrollo de las mismas, para la producción global de productos agrícolas, por ejemplo: frutas y vegetales.

En cualquier lugar en que se apliquen, todos los productores deben demostrar su conformidad con la ley nacional e internacional.

Todos los productores deben ser capaces de demostrar su compromiso para:

- Mantener la confianza del consumidor en la seguridad y la calidad del alimento
- Minimizar el impacto perjudicial al medio ambiente, conservando la naturaleza y la vida silvestre.
- Reducir el uso de productos para la protección de cultivos
- Mejorando la eficiencia en el uso de recursos naturales.
- Asumir una actitud responsable sobre la salud y seguridad del trabajador.

EUREPGAP es un medio para incorporar el Manejo Integrado de Plagas (IPM) y el Manejo Integrado de Cultivos (ICM) en el marco de la producción agrícola comercial. La adopción del IPM / ICM están consideradas por EUREPGAP como mejoras esenciales para el mejoramiento y la sostenibilidad de la producción agrícola en el largo plazo.

EUREPGAP respalda los principios HACCP (análisis de riesgos de puntos críticos de control) y recomienda su aplicación.



Es esencial que todas las organizaciones involucradas en la cadena de producción de alimentos acepten la parte de su responsabilidad y las tareas que aseguren el soporte total e implementación del EUREPGAP.

#### **2.4.1. PUNTOS DE VERIFICACIÓN DE LAS NORMAS EUREPGAP**

Los documentos esquemáticos según la norma EUREPGAP (2004) son:

- Las regulaciones generales EUREPGAP que establecen las reglas a través de las cuales los estándares serán administrados.
- El Protocolo de criterios de Cumplimiento y puntos de control (CPCC) EUREPGAP es el estándar que el productor debe cumplir, el mismo que le da detalles específicos de cómo cumplir con cada uno de los requerimientos del sistema.
- La lista de evaluación EUREPGAP que es la base para la auditoría interna anual.

Debido a la alta producción de tomate árbol en el Ecuador, la presencia de mercados de exportación viables, se hace necesario el estudio para la utilización de tecnologías emergentes como lo es la radiación UV-C y combinado con diversos empaques que permitan mantener la inocuidad y calidad del producto, siguiendo las directrices de las diferentes normas internacionales para la adecuada producción, manejo poscosecha y exportación del producto.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAL VEGETAL

El estudio se llevó a cabo utilizando frutos recién cosechados de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en el cantón Patate (Provincia de Tungurahua), las muestras se limpiaron y desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio (150 ppm).

#### 3.2. TRATAMIENTO CON LUZ UV-C Y SELECCIÓN DE LA DOSIS

Para determinar las condiciones experimentales adecuadas se ensayaron diferentes dosis de UV-C, una vez secados los frutos se dividieron en dos grupos: control (no irradiados) y tratados (irradiados). Estos últimos se colocaron bajo cuatro lámparas UV-C (UV Germicidal G30T8) a una distancia de 30 cm y fueron irradiados con dosis de 4,0, 8,6 y 13,0 kJ/m<sup>2</sup>, la intensidad de la radiación fue medida con un radiómetro digital UV (UVX Radiometer UVP). Cada fruto fue colocado en una cubeta de cartón prensado previamente desinfectada separados 5 cm uno de otro y con el pedúnculo hacia abajo posteriormente se repitió el proceso pero colocando los tomates en posición inversa para que la radiación sea directa y así asegurar una exposición uniforme en toda la superficie del fruto.

Con el fin de seleccionar el empaque óptimo para el producto, una vez finalizado el tratamiento, se dividieron los frutos en 3 subgrupos:

- Subgrupo 1 (**tratados vacío**) los frutos se colocaron en bandejas de poliestireno espumado (Largo: 210 m/Ancho: 145 mm / Altura: 20 mm) y se empacaron al vacío en bolsas flexibles de Nylon, PEBD de 70 µm de grosor utilizando una empacadora al vacío Komet Vacuboy.

- Subgrupo 2 (**tratados film**) se empacaron en bandejas de poliestireno espumado (Largo: 210 m/Ancho: 145 mm / Altura: 20 mm) y se cubrieron con film manual estirable de 20  $\mu$ m.
- Subgrupo 3. (**tratados malla**) se empacaron en mallas plásticas de polietileno de 30 cm de ancho y 5 cm de diámetro.

Todas las muestras se almacenaron a una temperatura de 7°C durante 48 días.

Los frutos control (sin ningún tratamiento) igualmente se dividieron en 3 subgrupos (**control vacío**), (**control film**) y (**control malla**), empacándolos como se describió anteriormente y almacenándolos directamente a 7°C por 48 días.

Tanto los frutos control como tratados se dispusieron en empaques de 500g. A los 0, 12, 24, 36 y 48 días de almacenamiento, fueron retirados de la cámara de refrigeración para determinar el efecto de la radiación UV-C sobre los parámetros físico - químicos (pH, sólidos solubles totales y acidez titulable).

Una vez seleccionada la dosis y el empaque óptimos para el producto, se efectuó el tratamiento sobre los frutos (como se indicó anteriormente) y se los almacenó junto a los frutos control a 7°C por 48 días. A cada día de muestreo (días 0, 12, 24, 36 y 48), los frutos fueron retirados de la cámara de refrigeración se realizaron análisis físico químico (pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, índice de madurez, color superficial, dureza, y contenido de proteína, además se realizaron análisis microbiológicos (recuento de aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras).

### **3.3. MEDICIÓN DE pH**

Se utilizó una bandeja con frutos de tomate árbol por cada tratamiento y empaque. La muestra se homogenizó utilizando una licuadora Oster y se filtró a través de una gasa estéril dispuesta en dos capas, hasta obtener un

volumen de 25 ml de filtrado. El pH de cada muestra fue determinado con un potenciómetro Thermo Scientific por inmersión de electrodo en el filtrado de la muestra. Las mediciones se realizaron por duplicado.

### **3.4. SÓLIDOS SOLUBLES**

Se determinó el contenido de sólidos solubles por la medición de °Brix en el filtrado de la muestra de cada tratamiento y de cada empaque, utilizando un refractómetro de mano marca B&C, (0-32°Brix). Las mediciones se realizaron por duplicado.

### **3.5. ACIDEZ TOTAL TITULABLE**

Fue determinada por titulación con el volumen de NaOH 0.1 N consumido en 10 ml de muestra (filtrado de tomate de árbol). Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico. Los análisis se realizaron por duplicado.

### **3.6. ÍNDICE DE MADUREZ**

Se expresó como el coeficiente de sólidos solubles y acidez titulable de los frutos.

### **3.7. COLOR SUPERFICIAL**

Se determinó el color superficial utilizando un colorímetro Lutron RGB-1002 Color Analyzer, midiendo los parámetros H (tono), S (Saturación) y L (luminosidad). Las determinaciones se hicieron en tres lugares del fruto: en los hombros, zona ecuatorial y en la base del fruto. Las mediciones fueron promediadas para obtener un valor para cada fruto. Se analizaron seis frutos control y tratados.

### **3.8. DUREZA**

Se determinó la dureza utilizando un penetrómetro 53205 Fruit Pressure tester (fruit firmness) Turoni. Se realizaron cuatro determinaciones en cinco frutos en la zona ecuatorial del fruto medido en Newtons (N) .

### **3.9. CONTENIDO DE PROTEÍNA**

Se determinó utilizando el método Kjeldahl (A.O.A.C., 1984).

#### **3.9.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

Se tomaron dos gramos de muestra (frutos control y tratados) y se colocó en un tubo Kjeldahl, y se añadió 20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(c).

#### **3.9.2. DIGESTIÓN DE LA MUESTRA**

Se procedió a colocar los tubos con las diferentes muestras en un digestor Kjeldahl (Velp Scientifica) a una temperatura de 420°C durante 30 min, hasta la aparición de un color amarillento.

#### **3.9.3. DESTILACIÓN DE LA MUESTRA**

Con el líquido resultante del procedimiento anterior a temperatura ambiente, se procedió a agregar 50 ml de agua destilada en los tubos y se colocaron en el destilador Kjeldahl (Velp Scientifica) durante 5 min, la muestra se recogió en volumen de 100 ml de agua destilada a la que se le añadieron 3 gotas del indicador rojo de metilo.

#### **3.9.4. TITULACIÓN DE LA MUESTRA**

Se procedió a titular la muestra del resultado anterior con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,25 N. Y se expresó el resultado en porcentaje de proteína (ecuación 1).

$$\% \text{ Proteína} = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times \text{factor}}{m \times 1000}$$

[1]

Donde:

V : 50 mL

N : Normalidad del ácido

m : masa de la muestra, en gramos

factor: 6.25

### **3.10. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Se evaluó el desarrollo de la flora nativa de los frutos de tomate de árbol inmediatamente después del tratamiento de radiación UV-C y en los diferentes empaques (malla, plástico film, al vacío) en el día 0 y a los 12, 24, 36 y 48 días de almacenamiento a 7 °C, se realizó el recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales, levaduras y mohos.

#### **3.10.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA E INOCULACIÓN**

Se homogenizaron 10 g de fruto de tomate de árbol en 90 ml de agua destilada estéril correspondiente a la dilución  $10^{-1}$ , a partir de ésta se realizaron dos diluciones sucesivas ( $10^{-2}$  y  $10^{-3}$ ). De cada dilución se tomó 1 ml y se inoculó en placas para recuento de mohos y levaduras y placas para el recuento de aerobios 3M™ Petrifilm™. Los ensayos se realizaron por duplicado.

Para el recuento de mohos y levaduras las placas se incubaron según la Guía de interpretación Petrifilm la cual sugiere incubarlas durante 3-5 días a 25°C.

Mientras que para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales las placas se incubaron según el método Oficial (A.O.A.C., 1984) el cual sugiere incubarlas durante 48 horas a 35°C.

### **3.10.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

La interpretación de las colonias Petrifilm™ para levaduras y mohos se realizó con la Guía de interpretación Petrifilm, donde se indica que para diferenciar las colonias de levaduras y mohos se debe observar una o más de las siguientes características:

- Levaduras: colonias pequeñas, de bordes definidos, de color rosa tostado a azul verdoso, aparecen abultadas, de color uniforme.
- Mohos: colonias grandes, de bordes difusos, color variable, apariencia plana, núcleo oscuro.

La interpretación de las colonias Petrifilm™ para aerobios se realizó utilizando la Guía de interpretación 3M Petrifilm el cual indica que se deberán contar todas las colonias de color rojo, independientemente de su tamaño o intensidad.

### **3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En todas las experiencias se utilizó un Diseño de bloques al azar unifactorial donde se analizaron variables dependientes: análisis físico-químicos de pH, acidez, sólidos solubles, al igual que variables independientes que incluyen: tiempo y temperatura de almacenamiento, tipo de empaque y dosis de radiación UV-C. Los resultados se procesaron mediante un análisis de varianza y las medidas comparadas por el test de LSD con una significancia 0,05 usando el software Statgraphics Centurion versión 16.



## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. SELECCIÓN DE LA DOSIS EFECTIVA DE RADIACIÓN UV-C Y DE EMPAQUE

Para determinar las condiciones experimentales adecuadas se ensayaron dosis de  $4,0 \text{ kJ/m}^2$ ,  $8,6 \text{ kJ/m}^2$  y  $13,0 \text{ kJ/m}^2$ , posteriormente se empacaron los frutos en al vacío, con malla, y plástico film, y se almacenaron a temperatura de  $7^\circ\text{C}$  durante 48 días. A los 0, 12, 24, 36 y 48 días de almacenamiento, los frutos fueron retirados de la cámara de refrigeración e investigaciones de índice de madurez, sólidos solubles totales, acidez titulable y de pH.

Los frutos control mostraron un incremento del índice de madurez (tabla 8) en el día 48 de 11,27% con respecto al día 0, mientras que los frutos empacados en malla presentaron un incremento de 10,71 % con dosis de  $4,0 \text{ kJ/m}^2$ , 8,77% con dosis de  $8,6 \text{ kJ/m}^2$  y 4,71% con dosis de  $13,0 \text{ kJ/m}^2$ , mientras que para el caso de los frutos empacados con plástico film se registró 9,20 % de incremento con dosis de  $4,0 \text{ kJ/m}^2$ , 9,17 % con dosis de  $8,6 \text{ kJ/m}^2$  y 3,85 % con dosis de  $13,0 \text{ kJ/m}^2$ .

El estudio con las muestras empacadas al vacío se detuvo ya que al día 12 presentaron un estado de deterioro muy avanzado con cambios muy evidentes en color y textura (datos no mostrados), los frutos se volvieron blandos de color negro y presentaron un olor desagradable (Anexo II).

En la tabla 8 se puede observar una disminución de pH de 9,09% para los frutos control con respecto al día 0, frutos empacados en malla presentaron una disminución de 12,36 % con dosis de  $4,0 \text{ kJ/m}^2$ , 6,79% con dosis de  $8,6 \text{ kJ/m}^2$  y 3,84% con dosis de  $13,0 \text{ kJ/m}^2$ , mientras que para el caso de los frutos empacados con plástico film se registró 13,30 % de disminución con dosis de  $4,0 \text{ kJ/m}^2$ , 10,61 % con dosis de  $8,6 \text{ kJ/m}^2$  y 1,87 % con dosis de  $13,0 \text{ kJ/m}^2$ .

**Tabla 8.** Selección de Dosis Efectiva de UV-C

PARÁMETRO	DÍAS	CONTROL	DOSIS UV-C EMPACADO MALLA			DOSIS UV-C EMPACADO PLÁSTICO FILM			LSD
			4,0 kJ/m <sup>2</sup>	8,6 kJ/m <sup>2</sup>	13,0 kJ/m <sup>2</sup>	4,0 kJ/m <sup>2</sup>	8,6 kJ/m <sup>2</sup>	13,0 kJ/m <sup>2</sup>	
ÍNDICE DE MADUREZ (%)	0	7,04	7	6,86	7,08*	7,1	6,93	6,87*	1,368
	48	7,94	7,84	7,52	7,43*	7,82	7,63	7,14*	1,248
pH	0	3,74	3,80	3,68	3,65	3,75	3,77	3,74	0,025
	48	3,4	3,33	3,43	3,51	3,25	3,37	3,67	0,042

\*El asterisco indica diferencias del respectivo control a un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

Se muestra la diferencia mínima significativa.

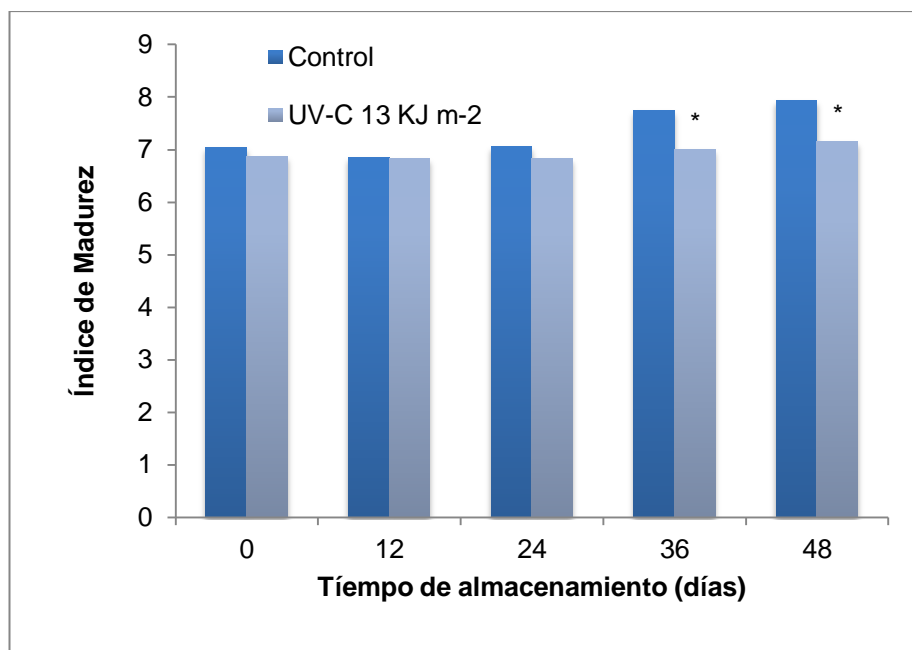
Según el análisis global de resultados por existir diferencia significativa en el índice de madurez y pH, se seleccionó la dosis de 13 KJ/m<sup>2</sup> y el empaque de plástico film para posteriores ensayos.

#### 4.2. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL ÍNDICE DE MADUREZ

Después de seleccionar la dosis de 13 KJ/m<sup>2</sup>, se evaluó el desarrollo del índice de madurez sobre frutos de tomate de árbol, controles y empacados con plástico film y almacenados a 7 °C por 48 días (figura 12).



**Figura 11.** Tomate de árbol almacenado por 48 días a 7 °C



**Figura 12.** Índice de Madurez en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento

\*El asterisco indica diferencias del respectivo control a un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

El índice de madurez en los frutos control se incrementó gradualmente desde el día 24 hacia el día 48 (aproximadamente en un 13%), mientras que los frutos tratados presentaron un comportamiento similar pero en menor proporción, incrementándose desde el día 24 hacia el 48 (aproximadamente un 4,5 %), a partir del día 24 se evidenció un deterioro en apariencia en los frutos control, mientras que los tratados mantenían sus características de calidad para este tiempo de almacenamiento (figura 11).

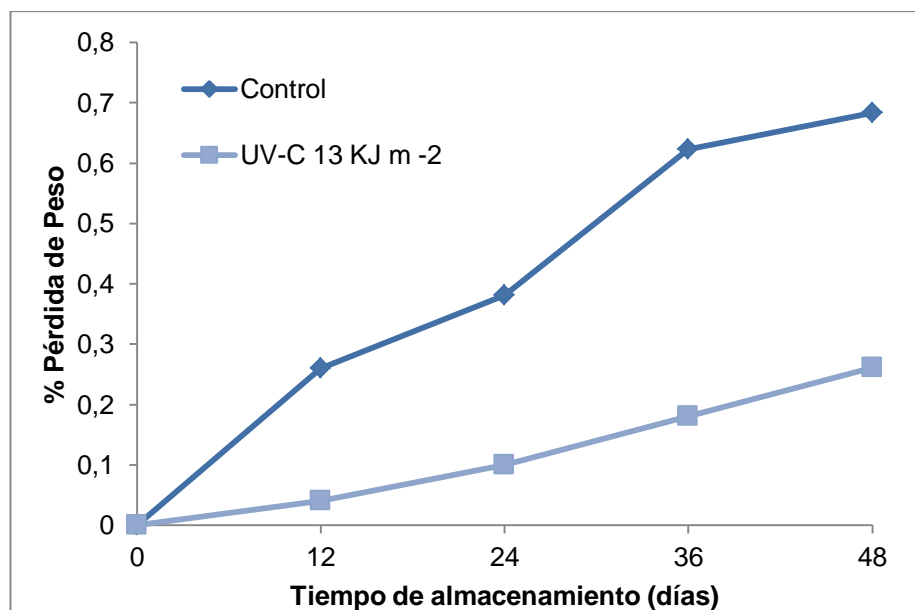
Resultados similares a los obtenidos en esta investigación se han reportado con el tratamiento UV-C en mango y durazno (González, 2004), donde la radiación UV-C retrasó el daño y mantuvo la calidad de los frutos tratados por mayor tiempo con respecto a los frutos control.

### 4.3. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO

La pérdida de peso se evaluó durante el período de almacenamiento y se expresó como el porcentaje de pérdida de masa en relación a la masa inicial.

Los frutos control presentaron una pérdida de peso de 0,26% en el día 12 de almacenamiento a partir del cual se observó un incremento hasta el día 48, alcanzando una pérdida de peso del 0,68% respecto al día inicial del experimento. Mientras que los frutos tratados presentaron un incremento gradual en la pérdida de peso desde el día inicial hasta el día 48 de 0,26 % respecto al día inicial.

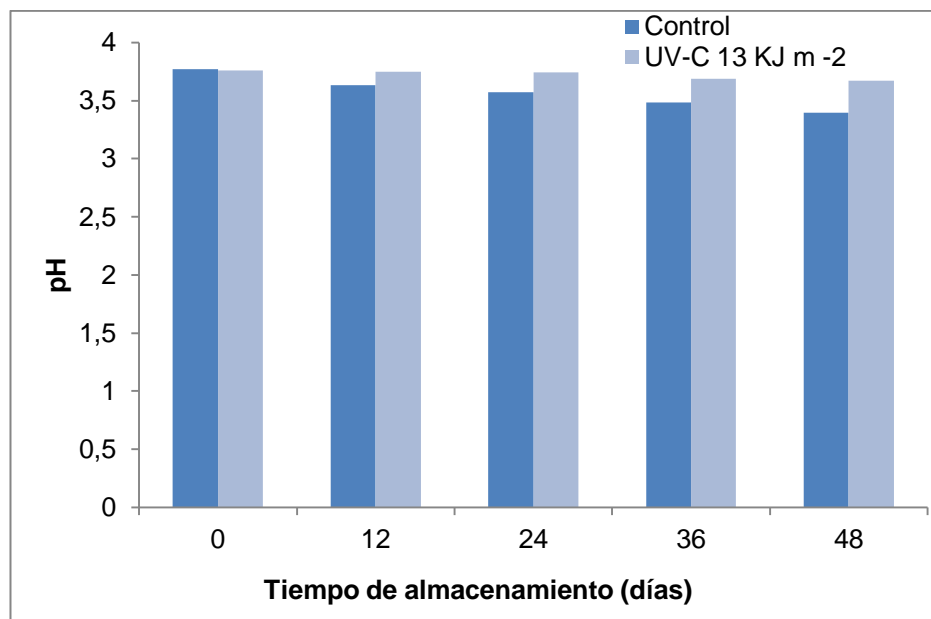
En la figura 13 se puede observar que la pérdida de peso alcanzó valores inferiores al 0,7 %, esta insignificante pérdida de peso de los frutos control y tratados podría deberse a la reducida permeabilidad del empaque utilizado. Al igual que en el presente estudio, en carambola tratada térmicamente se observó una reducida pérdida de peso (0,7%) (Miller, 2007), (López, 2007), reportó resultados similares en granadas tratadas con UV-C y almacenadas en atmósfera modificada.



**Figura 13.** Pérdida de peso (%) en tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m<sup>2</sup>) durante el almacenamiento

#### 4.4. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL pH

Después de la aplicación de la radiación no se observó diferencia en el pH entre los frutos tratados y controles. El pH disminuyó a partir del día 12 en los frutos controles y se mantuvo casi sin alteración en los tratados, al final del almacenamiento se observó un pH de 3,39 para los frutos controles y 3,67 para los tratados (figura 14).



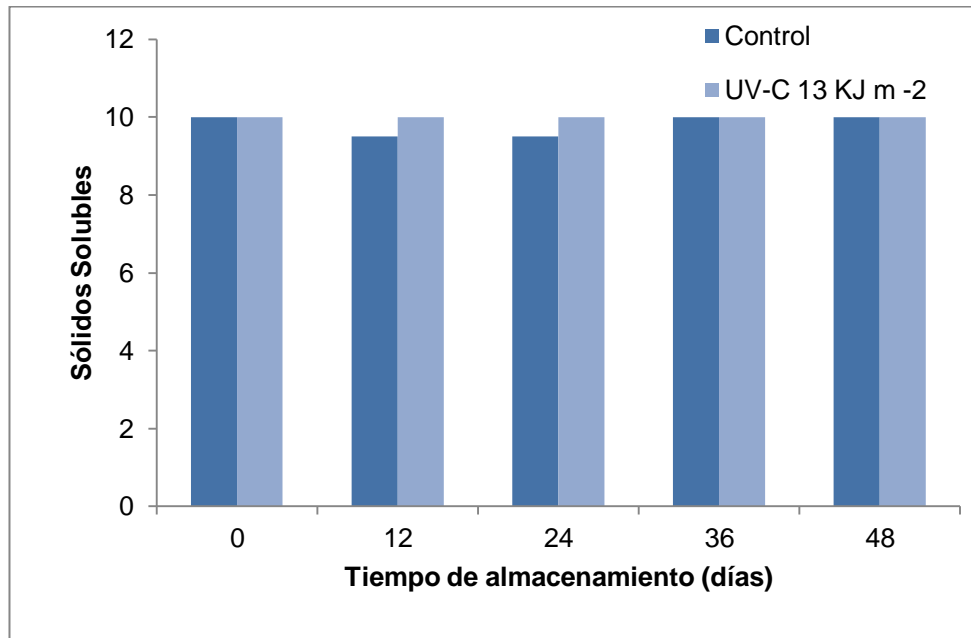
**Figura 14.** pH en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento

Se aprecia que el tratamiento con radiación UV-C pudo haber influenciado en la mínima disminución del pH en los frutos tratados, las características bioquímicas de las frutas y hortalizas pueden verse afectadas por el uso de radiación UV-C (Rivera, 2007).

#### 4.5. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LOS SÓLIDOS SOLUBLES

Inmediatamente después del tratamiento UV-C no se observaron diferencias entre los frutos tratados y controles., la concentración de sólidos solubles en

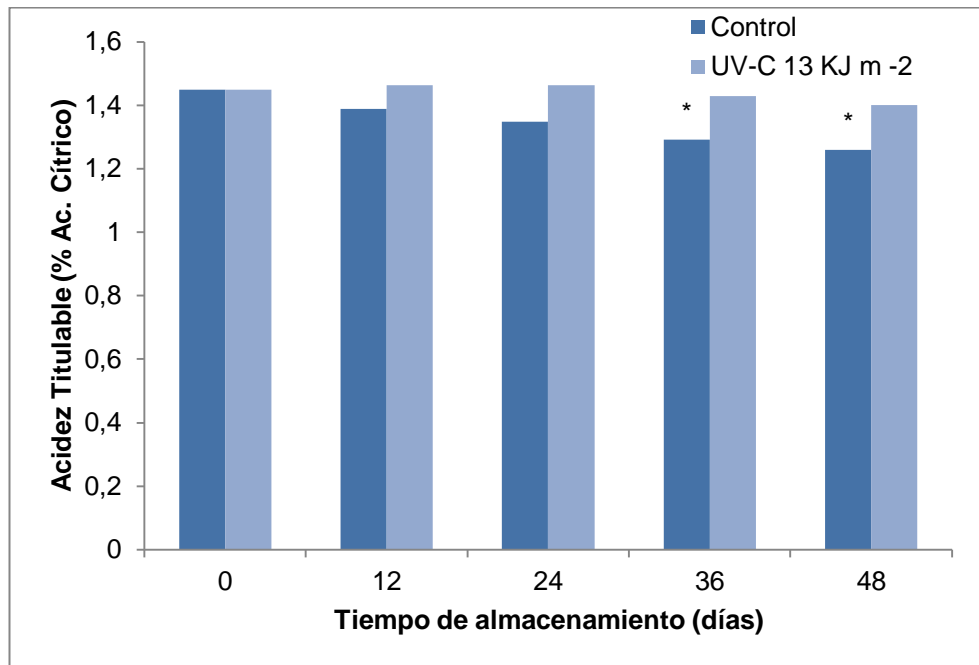
los frutos tratados se mantuvo prácticamente constante a lo largo del período de almacenamiento, al igual que la de los frutos control (figura 15).



**Figura 15.** Sólidos Solubles tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m<sup>2</sup>) durante el almacenamiento

Los resultados obtenidos indican que el tratamiento de radiación UV-C no estaría ejerciendo efecto sobre el contenido de sólidos solubles de la fruta, similares resultados fueron presentados en carambola analizada como fruta entera con radiación UV-C (Yusof, 1997).

#### 4.6. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA ACIDEZ TOTAL TITULABLE



**Figura 16.** Acidez Titulable de tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m<sup>2</sup>) durante el almacenamiento

\*El asterisco indica diferencias del respectivo control a un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

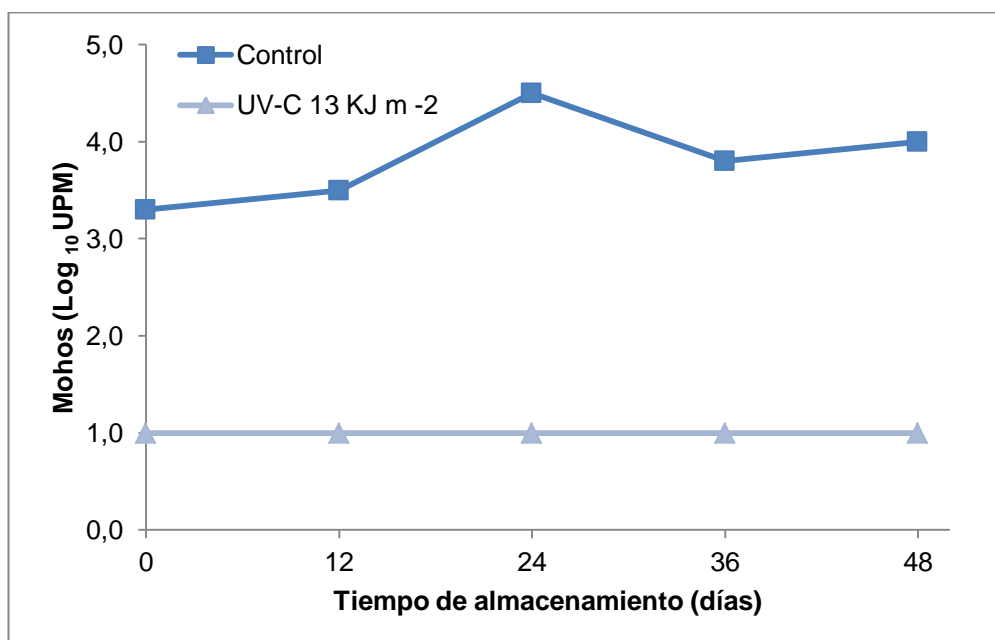
Después del tratamiento UV-C en el día 0 no se observaron diferencias en la acidez titulable entre los frutos tratados y controles. Los frutos control mostraron una disminución gradual de la acidez durante el almacenamiento hasta el día 48 con una reducción del 13% con respecto al inicio del experimento, a diferencia de los frutos tratados donde la acidez subió los días 12 y 24, para posteriormente disminuir gradualmente hasta el día 48, donde existe una diferencia significativa entre controles y tratados (figura 16). Estos resultados se encuentran dentro de los resultados de análisis reportados para frutas y hortalizas (Rivera, 2007).



## 4.7. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

### 4.7.1. MOHOS

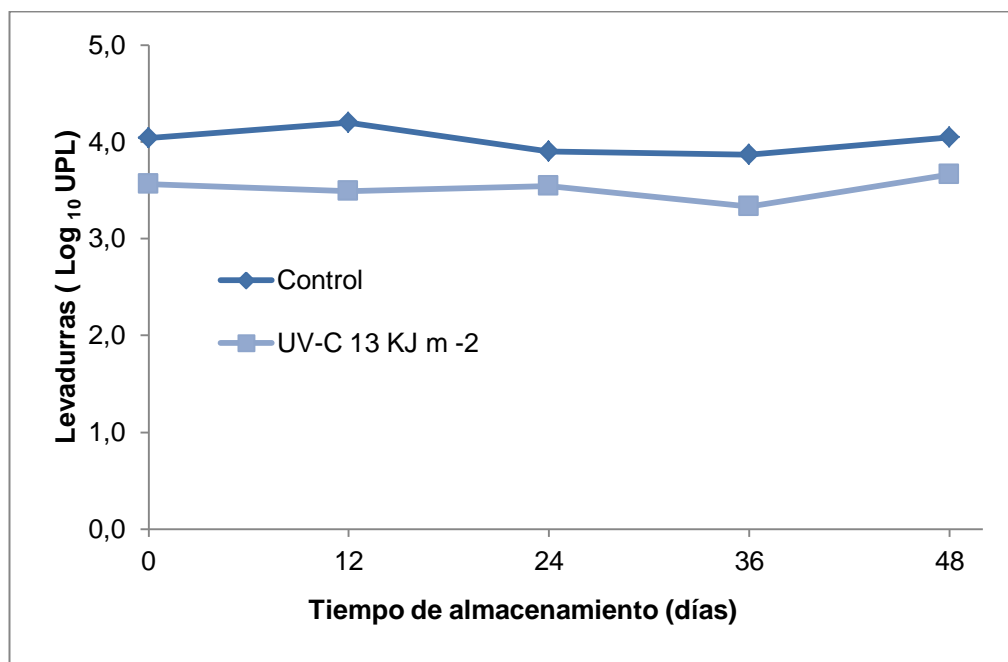
Los principales géneros de mohos que causan pérdidas poscosecha en el tomate de árbol son el *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *Diaporthe phaseolarum*, *Phoma exigua*, *Phomopsis* sp. *Colletotrichum acutatum* y *C. gloeosporioides*.



**Figura 17.** Desarrollo de mohos en tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m<sup>2</sup>) almacenados a 7°C

Como se puede observar en la figura 17, inmediatamente después del tratamiento se encontraron Unidades Propagadoras de Mohos (UPM) en los frutos control hasta el día 48, mientras que en los tratados no se apreció crecimiento durante el tiempo de almacenamiento. Resultados similares han sido reportados en estudios de melón mínimamente procesado (Silveira, 2007), tratado con dosis de 1,2 y 4,8 KJ/m<sup>2</sup> de radiación UV-C, corroborándose así el efecto de la radiación UV-C en el control de mohos.

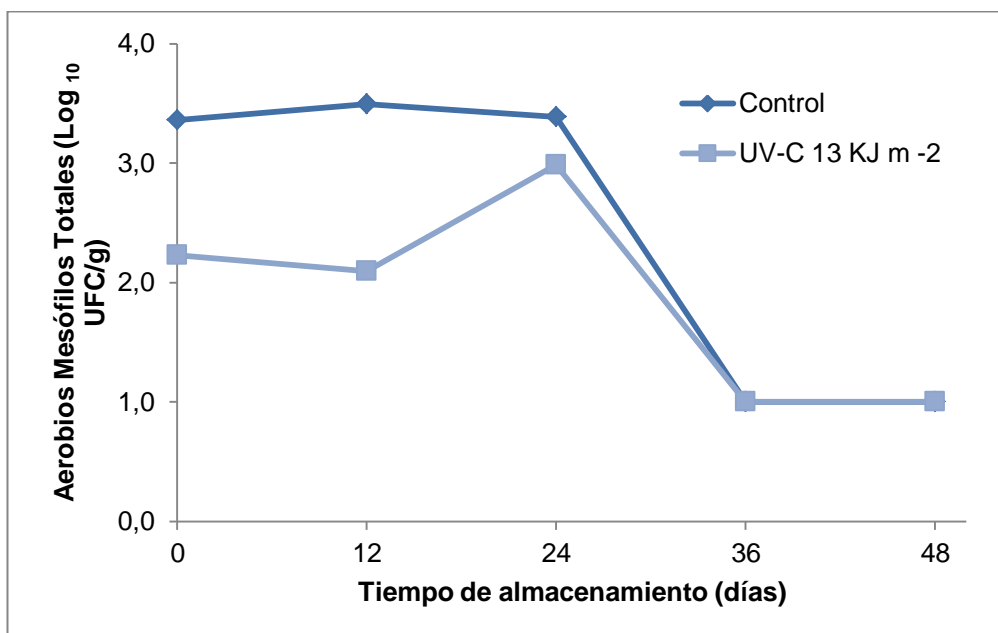
#### 4.7.2. LEVADURAS



**Figura 18.** Desarrollo de levaduras en tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m<sup>2</sup>) almacenados a 7°C

Inmediatamente después del tratamiento se observaron valores ligeramente superiores en el recuento de levaduras en los frutos controles respecto a los tratados (figura 18). La población de levaduras en los frutos control se mostró sin cambios considerables durante todo el almacenamiento. En los frutos tratados la población de levaduras presentó un comportamiento similar pero en menor proporción durante el almacenamiento, presentando valores menores a los controles a los 48 días. Resultados similares han sido reportados en el estudios con carambola osmodeshidratada (Maharaj R, 1999).

### 4.7.3. AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES



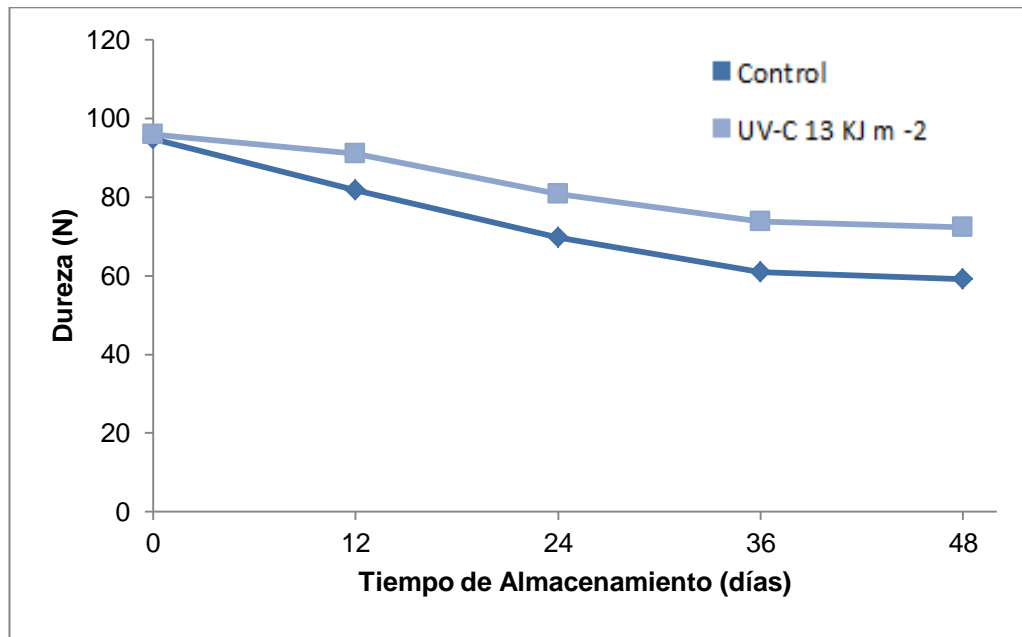
**Figura 19.** Desarrollo de aerobios mesófilos totales en tomate de árbol control y tratados (UV-C 13 KJ/m<sup>2</sup>) almacenados a 7°C

Se pudo observar que el tratamiento con UV-C no tuvo influencia sobre la población de aerobios mesófilos totales (figura 19). La población de aerobios mesófilos totales en los frutos tratados se mantuvo constante desde el día 12 hasta el día 24 en el que se pudo evidenciar una disminución en el número de unidades formadoras de colonia (UFC). No obstante los frutos control presentaron un ligero incremento en el número de UFC hasta el día 12, a partir de este día se observó una disminución de los UFC hasta el final del almacenamiento alcanzando valores menores a los iniciales (día 0).

Se ha reportado que el uso de radiación UV-C sobre melón mínimamente procesado (Silveira, 2007) redujo el recuento de microorganismos.

#### 4.8. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA DUREZA

La dureza de los frutos en el día 0 fue similar entre control y tratados, disminuyendo a partir del día 12 hasta el día 48, pero con mayor intensidad en los frutos controles que en los tratados (figura 20).



**Figura 20.** Dureza en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento

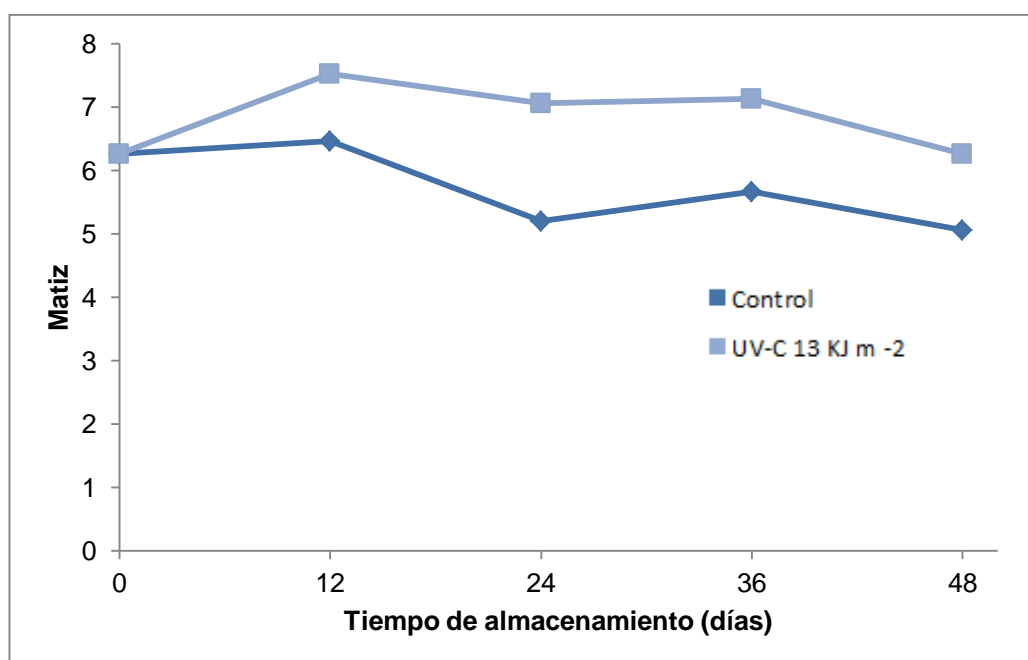
Se pudo observar que el tratamiento con radiación UV-C tuvo influencia sobre la dureza de los frutos de tomate de árbol, observándose una menor disminución de la misma con respecto a los controles. En otras frutas como tratadas con radiación UV-C como granadas se observó el mismo comportamiento (López, 2007).

#### 4.9. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL COLOR

Para la medición del color se utilizó el modelo HSL, donde H es el matiz, S la saturación y L la luminosidad.

#### 4.9.1. MATIZ

Con respecto al matiz (H) (figura 21), los frutos controles y tratados comenzaron con la misma intensidad pero fueron disminuyendo a partir del día 12, con una ligera subida el día 24 y continuando su disminución hasta el día 48, mostrándose este fenómeno con mayor incidencia en los frutos control que en los tratados.

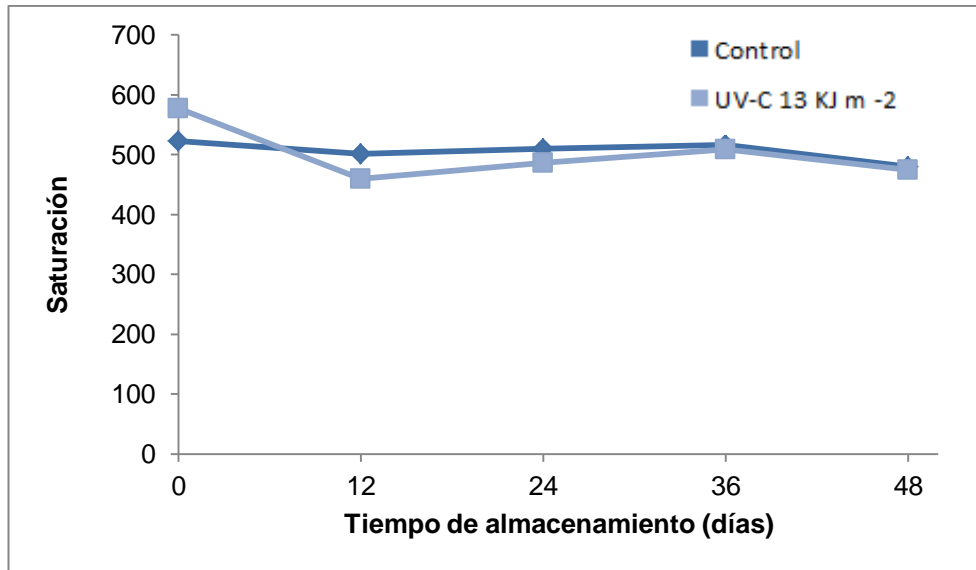


**Figura 21.** Matiz en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento

La disminución del matiz (H) se puede deber al proceso normal de maduración de la fruta como se explica también en tomate riñón tratado con UV-C (Robles, 2007).

#### 4.9.2. SATURACIÓN

La saturación (S) disminuyó de manera similar en los frutos controles y tratados desde el día 0 hasta el día 48, (figura 22).

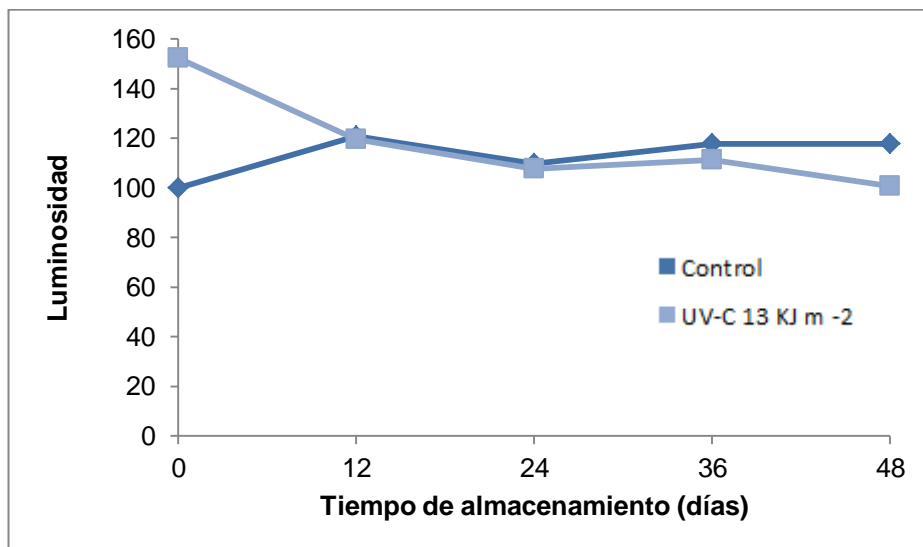


**Figura 22.** Saturación en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento

La disminución de la saturación (S) y que no exista diferencia entre frutos controles y tratados se puede deber al proceso normal de maduración como se explica también en tomate riñón tratado con UV-C (Robles, 2007).

#### 4.9.3. LUMINOSIDAD

La luminosidad (L) disminuyó de manera similar en los frutos controles y tratados desde el día 0 hasta el día 48 (figura 23).

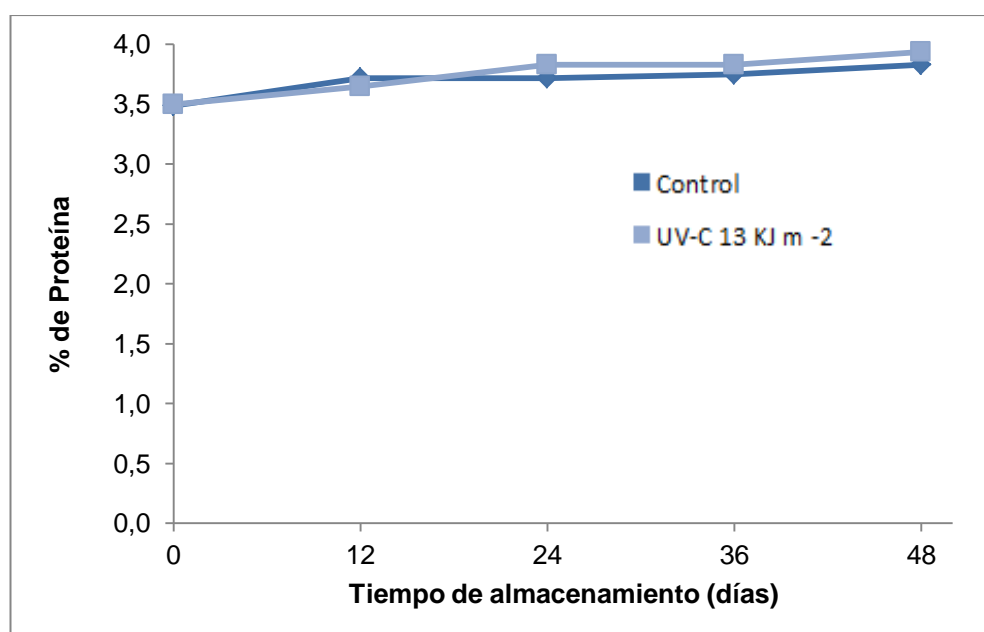


**Figura 23.** Luminosidad en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento

La disminución de la luminosidad (L) y que no exista diferencia entre frutos controles y tratados se puede deber al proceso normal de maduración como se explica también en tomate riñón tratado con UV-C (Robles, 2007).

#### 4.10. EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PROTEÍNA

El porcentaje de proteína se incrementó tanto en los frutos tratados como en los controles a partir del día 12 hasta el día 48 (figura 24), presentándose un mayor incremento en los frutos tratados.



**Figura 24.** % de Proteína en tomate de árbol control y tratados durante el almacenamiento.

El porcentaje de proteína se incrementa durante la maduración, debido a la síntesis de enzimas que interfieren en las reacciones durante este proceso, como describe Lara (2007) en guayaba agria.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que la dosis óptima de radiación UV-C para incrementar la vida útil del tomate de árbol fue de 13,0 kJ/m<sup>2</sup>, para incrementar su vida útil a 48 días.
- Se encontró que el empaque óptimo para los 48 días de almacenamiento y transporte del tomate de árbol fueron bandejas de poliestireno espumado (Largo: 210 m/Ancho: 145 mm / Altura: 20 mm) y film manual estirable de 20 µm.
- El tratamiento UV-C influyó sobre los parámetros analizados, manteniendo constantes a lo largo del almacenamiento los valores de: pH, sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez y dureza, con respecto a los controles. Se puede afirmar que la luz UV-C como tratamiento poscosecha mantiene la calidad de tomate de árbol por 48 días.
- La aplicación de radiación UV-C y el empaquetado con bandejas de poliestireno espumado y film manual estirable, almacenados a 7°C aumentaron el tiempo de vida útil del tomate de árbol a 48 días.
- El tratamiento UV-C redujo la población de mohos y microorganismos durante todo el tiempo de almacenamiento, mientras que las levaduras se mantuvieron estables. Esta diferencia podría deberse a la competencia natural que se presenta entre los microorganismos en los sistemas biológicos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Aplicar el tratamiento UV-C en productos derivados del tomate de árbol comportamiento del fruto y comprobar el efecto de la radiación UV-C sobre su tiempo de vida útil.
- Proponer el diseño de un equipo de radiación UV-C a nivel industrial, para su utilización en el producto, por parte de productores y comercializadores.
- Estudiar la respuesta bioquímica del tomate de árbol frente a la radiación UV-C.
- Como el tomate de árbol se cultiva en zonas del Ecuador con diferencia de altura (m.s.n.m), se podría estudiar si existe influencia de este parámetro sobre las características físico – químicas, microbiológicas y contenido de antioxidantes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (1984). Official Methods of Analysis (13 th Edition ed.): Association of Official Analytical Chemists
- Allende A, F. A. (2003). Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *Food Science*, 36, 739 - 746.
- Andrade, C., M. J. (2008). *Relación entre la capacidad antioxidante y el desarrollo del daño por frío en pimientos*. Universidad Nacional de La Plata-Argentina, La PLata, Argentina.
- Baka M, J. M., F Corcuff, F Castaigne, J Arul. (1999). Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. *Food Science*, 68, 1068 - 1072.
- Barbosa-Cánovas, J. A. G.-B. y. G. V. (2009). Ventajas y Limitaciones del Procesamiento de Alimentos con Luz Ultravioleta. *Mundo Alimentario*.
- Beltrán, M. R., M Alvarez (2010). Estudio de la Vida Útil de Fresas (*Fragaria vesca*) Mediante Tratamiento con Radiación Ultravioleta de Onda Corta (UV-C). *Revista Tecnológica ESPOL*, 23.
- Burgos, I. C. C. P., Ing. José L. Julca Hashimoto, Dr. Julio E. Amaya Robles (Ed.). (2006). *TOMATE de ÁRBOL (Cyphomandra betacea Send.)*. Trujillo, Perú.
- Cadena, E. (2000). *Estudio de Prefactibilidad para Tomate de Árbol*. Quito: SICA.

- Cairns, H. B. W. y. W. L. (2000). *LUZ ULTRAVIOLETA*. Ontario, Canadá: Trojan Technologies Inc.
- Colombiano, D. E. (2008). Cosecha del tomate de árbol.
- Erkan, M., Wang, C.Y., Krizek, D.T.,. (2001). UV-C radiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue. *Environ*, 1–9.
- Eroski, C. (2008). Alimentos envasados al vacío. Retrieved 23-03-2011, 2011, from <http://todoenvasadoalvacio.blogspot.com/2008/08/es-lgico-que-como-empresa-dedicada-al.html>
- FAO. (2000). Manejo Poscosecha de Frutas y Hortalizas. from <http://apps.fao.org/inicio.htm>
- FDA. (2011). Ultraviolet (UV) Radiation. from <http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/Tanning/ucm116425.htm>
- Fonseca, J. (2004). El Efecto de la Radiación con Luz Ultravioleta en la Calidad de las Hortalizas. *Western Vegetable Quality*, 2.
- González, A., G. A.; Ayala-Zavala, J. F.; Rivera-López, J.; Zavaleta-Gatica, R.; Villegas-Ochoa, M. A. y Tejedor-Espinosa, W. (2004). Reducción de deterioro en frutos de mango, durazno y nectarina utilizando irradiación ultravioleta (UV-C). *Ciencia de la Frontera: Revista de Ciencias y Tecnología de la UNCJ*, 3, 49-57.
- Guerrero, B., Barbosa, Cánovas (2009). Ventajas y Limitaciones del Procesamiento de Alimentos con Luz Ultravioleta. *Mundo Alimentario*.

Infojardín. (2005). Flor de tomate de árbol. In normal\_arboltenerife.JPG (Ed.). Oviedo, Asturias.

Liltved, H. (2001). Ozonation and UV-Irradiation. *Northeast Regional Aquaculture Center*.

Lobo, P. D., Clara Inés Medina C., M.Sc., raul Iván Valbuena B., M.Sc., Luís Horacio Albarracín, Nemesio Torres. (2004). *TOMATE DE ARBOL, FRUTAL PROMISORIO PARA LA DIVERSIFICACIÓN DEL AGRO ANDINO*.

López, R., V.; Artés-Hernández, F. y Calero, F. (2007). *Evaluación de la Calidad de Granadas tratadas con UV-C y Almacenadas en Atmósfera Controlada*. Paper presented at the V Congreso Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones, Cartagena, España.

Lu J Y, C. S., V A Khan, M Kabwe, C L Wilson. (1991). The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *Food Quality, 14*, 299 - 305.

Luckey. (1991). Radiation Hormesis. *CRC Press*, 33-45.

MAGAP. (2001). *Tomate de Arbol*.

Maharaj R, J. A., P Nadeau. (1999). Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. 'Capello') by delaying senescence. *Postharv, 15*, 13 - 23.

MAP, T. (2009). List of importers for the selected product in 2010.

Product : 0810 Fruits nes, fresh. from  
[http://www.trademap.org/light/Country\\_SelProduct.aspx](http://www.trademap.org/light/Country_SelProduct.aspx)

- Marquenie D, C. W. M., A H Geeraerd, A Schenk, C Soontjens, J F Van Impe, B M Nikolai (2002). Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *Food Microbiology*, 73, 187 - 196.
- Miller, W. R. y. M. D., R. E. (2007). Carambola Quality After Heat Treatment, Cooling and Storage. *Food Quality*, 23(3), 283 - 291.
- Portela, S. I. (1999). *Fisiología y manejo de postcosecha del tamarillo (cyphomandra betacea)*: Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616.
- Reza, N. S. F., A. L.; Alonso, N. M. y Ramírez, B. P. (2005). *Evaluación de Textura, Color y Aceptación del Nopalito variedad Milpa alta Escaldado, a Diferentes Tiempos de Inmersión en Solución de NaCl y CaCl2 y Empacado al Vacío*.
- Rivera, P. D., Alfonso A. Gardea Béjar, Miguel Á. Martínez Téllez, Marisela Rivera Domínguez, Gustavo A. González Aguilar. (2007). EFECTOS BIOQUÍMICOS POSTCOSECHA DE LA IRRADIACIÓN UV-C EN FRUTAS Y HORTALIZAS. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30.
- Robles, A. D. C., FRANCISCO ARTÉS HERNÁNDEZ, PERLA GÓMEZ, ANTONIO CALDERÓN, MARÍA ÁNGELES FERRER y FRANCISCO ARTÉS. (2007). ACCIÓN COMBINADA DE LA RADIACIÓN UV-C Y LA ATMÓSFERA CONTROLADA PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL TOMATE. V CONGRESO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA Y AGROEXPORTACIONES.
- SICA. (2009). Servicio de Información y Censo Agropecuario.

- Silveira, E. A., F. Artés-Hernández y F. Artés. (2007). *Radiación UV-C y envasado en sala blanca, alternativas a la desinfección con cloro de melón "Galia" mínimamente procesado en fresco*. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Vasco, C. R., Jenny and Kamal-Eldin. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111(4), 816-823.
- Yaun B R, S. S. S., J D Eifert, J E Marcy. (2004). Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *Internatl. J. Food Microbiology*, 90, 1 - 8.
- Yusof, S. y. C., L. K. (1997). Effects of Brix, processing techniques and storage temperature on the quality of carambola fruit cordial. *Food Chemistry*, 59(1), 27-32.
- Zevallos, C. (2003). The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding - value of fresh fruits and vegetables. *J. Food Sci*, 68, 1560-1565.



**ANEXOS**

## ANEXO I

# CERTIFICADO SEMINARIO-TALLER DE CAPACITACIÓN Y ASESORÍA A LAS COMUNIDADES PRODUCTORAS DE TOMATE DE ÁRBOL DE LA SIERRA CENTRO-NORTE DEL ECUADOR PARA LA EXPORTACIÓN HACIA LA UNIÓN EUROPEA



## ANEXO II

### FOTOGRAFÍAS TOMATE DE ÁRBOL EMPACADO AL VACÍO



Tomate de árbol empacado al vacío día 0



Tomate de árbol empacado al vacío almacenado a 7 °C día 24