



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**Facultad de Ciencia y Tecnología  
Escuela de Ingeniería en Alimentos**

**“Análisis de la capacidad antioxidante de frutas y verduras  
sometidos a congelación y liofilización”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en  
alimentos**

**Autor:**

**Paola Gabriela Duchitanga Torres**

**Directora:**

**Ing. María Alicia Peña González Mgs.**

**Cuenca, Ecuador**

**2018**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto es dedicado a Dios por permitirme cumplir mis metas, posteriormente a mi madre por el apoyo de todos mis años universitarios, a mi esposo que con su amor y paciencia siempre ha estado presente y a mi hijo que me ha dado la fuerza para poder cumplir cada uno de los objetivos planteados tanto estudiantiles, laborales como familiares.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero agradezco a mi directora de tesis Ing. María Alicia Peña González por la confianza brindada en este para realizar este proyecto, Ing. Andrés Pérez e Ing. Marco Lazo por su asesoría.

## RESUMEN

Se evaluó la capacidad antioxidante (CA) en la pulpa fresca, congelada y liofilizada del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), babaco (*Carica pentagona*) y tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) cultivadas en el cantón Paute, Azuay, Ecuador; mediante la utilización del método DPPH. Los análisis demostraron que el proceso de congelación y liofilización afectan la CA, dependiendo del tipo de fruta y proceso. Así, el babaco es la fruta con mayor CA en fresco, el tomate de árbol en congelación y el tomate riñón en el de liofilización. Finalmente, el proceso de liofilización es el que menos afecta la capacidad antioxidante.

**PALABRAS CLAVES** Antioxidante, *Solanum betaceum*, *Carica pentagona*, *Solanum lycopersicum*, DPPH, congelado, liofilizado, conservación



Ing. María Alicia Peña González Mgs.

**Directora del trabajo de Titulación**



Ing. María Fernanda Rosales Medina PhD.

**Coordinadora de Escuela**



Paola Gabriela Duchitanga Torres

**Tesista**

## Analysis of the antioxidant capacity of fruits and vegetables subjected to freezing and lyophilization

### ABSTRACT

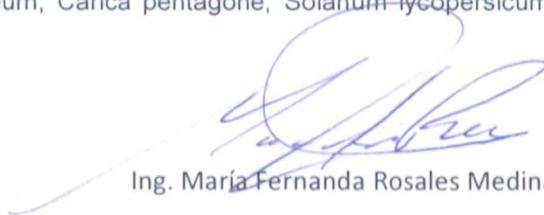
The antioxidant capacity (AC) was evaluated using the DPPH method in fresh, frozen and lyophilized pulp of tree tomato (*Solanum betaceum*), babaco (*Carica pentagona*) and tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivated in the Paute canton of Azuay. The analyzes showed that the processes of freezing and lyophilization affected the AC depending on the type of fruit and process. The babaco was the fruit with the highest AC in fresh, the tree tomato in freezing and the tomato in lyophilization. Finally, the lyophilization process was the one that least affected the antioxidant capacity.

**KEYWORDS** Antioxidant, *Solanum betaceum*, *Carica pentagona*, *Solanum lycopersicum*, DPPH, Frozen, Lyophilized, Conservation.



Ing. María Alicia Peña González Mgs.

Thesis Director



Ing. María Fernanda Rosales Medina PhD.

Faculty Coordinator



Paola Gabriela Duchitanga Torres

Author



Translated by  
Ing. Paul Arpi



**ÍNDICE DE CONTENIDO**

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>Tomate de Árbol (<i>Solanum betaceum</i>)</b> .....	1
<b>Babaco (<i>Carica pentagona</i>)</b> .....	1
<b>Tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i>)</b> .....	2
<b>Antioxidantes</b> .....	2
<b>Métodos para determinar capacidad antioxidante</b> .....	2
<b>Congelación lenta</b> .....	3
<b>Liofilización</b> .....	3
CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
<b>Reactivos</b> .....	4
<b>Material Vegetal</b> .....	4
<b>Métodos</b> .....	5
CAPÍTULO 2: RESULTADOS.....	7
<b>Caracterización del Material Vegetal</b> .....	7
<b>Capacidad Antioxidante</b> .....	9
CAPITULO 3: DISCUSIÓN.....	9
<b>Capacidad Antioxidante del Tomate de Árbol</b> .....	9
<b>Capacidad Antioxidante del Tomate Riñón</b> .....	10
<b>Capacidad Antioxidante del Babaco</b> .....	10
<b>Capacidad Antioxidante de los métodos de conservación</b> .....	11
CONCLUSIÓN.....	12
RECOMENDACIONES.....	12
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
ANEXOS.....	16

**ÍNDICE DE TABLAS**

**Tabla 1** *Clasificación taxonómica de las frutas en estudio*..... ¡Error! Marcador no definido.  
**Tabla 2** *Composición nutricional de las frutas en estudio*..... ¡Error! Marcador no definido.  
**Tabla 3** *Paramentos evaluados en frutos frescos* ..... 8  
**Tabla 4** *Concentración de pulpa necesaria para estabilizar un 50% del DPPH expresada en  $\mu\text{g}$  de pulpa de fruta en sus diferentes métodos de conservación.* ..... 9  
**Tabla 5** *Capacidad Antioxidante expresada en  $\mu\text{g}$  de equivalentes trolox / g de pulpa de fruta en sus diferentes métodos de conservación*..... 9

**INDICE DE ANEXOS**

**Anexo 1** *Especies que se utilizaron en el proyecto* ..... 16  
**Anexo 2** *Caracterización material vegetal*..... 17  
**Anexo 3** *Preparación muestras*..... 17  
**Anexo 4** *Preparación de extractos*..... 17

Paola Gabriela Duchitanga Torres

Trabajo de graduación

Ing. María Alicia Peña González. Msc.

Septiembre 2018

## **Análisis de la capacidad antioxidante de frutas y verduras sometidos a congelación y liofilización**

### **INTRODUCCIÓN**

Las nuevas tendencias en el consumo de alimentos demuestran que la población busca opciones más saludables con tratamientos de conservación menos invasivos para sus nutrientes, sin embargo, los alimentos frescos como frutas y verduras tienen un tiempo limitado de vida útil y es necesaria la aplicación de procesos tecnológicos para reducir las propiedades fisicoquímicas de deterioro. (FAO, 2015) (Cruz Bojórquez, Gonzáles Gallego, & Sánchez Collado, 2013).

El presente estudio busca cuantificar la CA de las frutas y verduras con mayor producción en el cantón Paute: tomate de árbol, tomate riñón y babaco sometidas a los métodos de conservación: congelación y liofilización, estos resultados nos permitirán determinar el impacto que tienen estos procesos tecnológicos en el contenido de antioxidantes de estos productos.

#### **Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*)**

Es una fruta de forma ovalada que pesa aproximadamente entre 60 y 170 g. Su pulpa tiene un sabor agrídulce y su cáscara posee un sabor amargo. (Leon, León, Viteri, & Cevallos, 2004) La pulpa corresponde al 65 y 85% del peso neto del fruto, y sus sólidos solubles están entre el 9.0-11.0 °Brix. Se reporta que la fruta es una fuente de Vitamina A, B6, C, E y hierro (Herrera & Paúl, 2011) (MAGAP, 2016). Además, los compuestos responsables de su coloración que son las antocianinas, leucoantocianinas, flavonas y flavonoides y algunos carotenoides, mismas que presentan propiedades asociadas a prevenir problemas respiratorios, enfermedades neurodegenerativas, aterosclerosis y reducir los niveles de colesterol en la sangre, debido a su CA y sus propiedades biológicas. (Márquez, Otero, & Misael, 2008) (Cerón, Higueta, & Cardona, 2001) (Roque Lima, 2012)

#### **Babaco (*Carica pentagona*)**

Es una fruta alargada de sección pentagonal con un contenido de sólidos solubles entre 7.0 y 10.1 ° Brix. (Pinchao Yamid, Osorio, & Ordoñez Santos, 2016) El color de su pulpa se debe a la presencia de carotenoides como la violaxantina, la caricaxantina, criptoxantina,  $\beta$  carotenos y  $\gamma$

carotenos, también se afirma que posee enzimas proteolíticas. (León, Viteri, & Mejía, 2004) Debido a sus propiedades fitoquímicas este fruto posee atributos farmacológicos tales como: analgésico, antibiótico, amebicida, estomático y vermífugo. Adicionalmente, se manifiesta que este fruto posee papaína alcaloide enzimática la misma que ayuda a diluir tumores cancerosos y linfáticos, evitan la arteriosclerosis y posee un efecto des-inflamatorio en caso de infecciones y traumatismos. (Romero Rodriguez, Vasquez Oderiz, Lopez Hernandez, & Simal Lozano, 2005) (AAIC, 2004)

### **Tomate riñón (*Solanum lycopersicum*)**

Es una baya redonda que puede alcanzar 600 gramos, con un contenido de humedad alrededor del 91%, el color de su fruto se debe a la presencia del licopeno, siendo el tomate fuente principal de este compuesto (80-90%), el tomate es bajo en calorías y grasa y alto en contenido de fibra, proteínas, vitaminas E, A, C y potasio. (Gonzalo, 2007) Debido al alto contenido de licopeno el tomate tiene efectos contra varios tipos de cáncer como: mama, cervix, ovario, pulmón, tracto intestinal, cavidad oral y próstata, además bioensayos reflejan que este compuesto puede reducir el estrés oxidativo y disminuir los niveles de colesterol en la sangre. (Ramírez Vargas, 2013).

### **Antioxidantes**

Los antioxidantes son sustancias que estabilizan los mecanismos de óxido reducción (ROS) que ocurren naturalmente en el cuerpo, y se encuentran presentes en alimentos como: frutas, verduras y algunos granos. (PERCIVAL, 1998) (Bartosz, 2014) (Cruz Bojórquez, González Gallego, & Sánchez Collado, 2013)

Los procesos celulares, enzimáticos y de respiración celular utilizan mecanismos de óxido reducción generando pequeñas cantidades de moléculas o fragmentos de las mismas que tienen uno o más electrones desapareados (radicales libres). (Valko, y otros, 2007) Estos compuestos conjuntamente con factores como la dieta, el estilo de vida, la exposición a radiación, los metales, pesticidas tóxicos y algunos medicamentos están vinculados al desarrollo de enfermedades como cáncer, diabetes, aterosclerosis, desordenes neurodegenerativos y envejecimiento prematuro. (Ciappini, Stappani, Martinet, & Alvarez, 2013) (Londoño Londoño, 2012)

### **Métodos para determinar capacidad antioxidante**

Los métodos más usados son el ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) y el DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) se fundamentan en la estabilización de radicales libres sintéticos meta-estables, cuya reacción con un antioxidante generará un cambio que puede ser detectado instrumentalmente. Además, estos métodos pueden ser estabilizados por

mecanismos TAH (Transferencia de Átomos de Hidrogeno) como TE (Transferencia de Electrones). (Roginsky, Vitaly, & Lissi, 2005) (Londoño Londoño, 2012)

El método DPPH fue propuesto por Brad- Williams en 1995 y es un ensayo que cuantifica la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical libre DPPH, La medición se realiza por espectrofotometría siguiendo el decaimiento de la absorbancia 517 nm. La estabilización se da mediante un mecanismo TE con un aporte marginal de TAH. Los resultados de este ensayo se suelen expresar como EC<sub>50</sub>, (concentración de antioxidante necesaria para estabilizar un 50% del DPPH), la simplicidad y bajo requerimiento instrumental son algunas de las ventajas de este método, sin embargo, se puede generar confusiones al momento de la interpretación de los resultados cuando se tienen sustancias cuyo espectro de absorción se solapa con el del radical. (Prior, Xianli, & Schaich, 2005) (Brand Williams, Cuvelier, & Berset, 1995)

### **Congelación lenta**

El proceso de congelación comprende la solidificación del agua disponible en los alimentos a temperaturas inferiores a los 0 °C dependiendo del tipo de alimento, este es el método de conservación más común pues detiene el crecimiento de microorganismos, reduce la velocidad de las reacciones químicas y los alimentos se pueden mantener en tiempos relativamente largos además de ser el método más económico de conservación. (Muñoz Delgado & Vicente, 2005)

En la congelación se forman cristales de hielo y los solutos presentes en los líquidos intracelulares y extracelulares se concentran más en el agua líquida restante (Henry & Champman, 2002). La formación de hielo también puede romper estructuras celulares causando reacciones que limitan el tiempo de almacenamiento de los productos congelados, la reacción más importante es la oxidación, en donde son susceptibles compuestos como vitaminas, ascorbato y folatos, además que la capacidad de retención de agua conlleva a una mayor pérdida por goteo de cantidades de nutrientes solubles; por estas razones es difícil predecir los cambios que tienen los alimentos congelados en cuanto a calidad y estabilidad de nutrientes. (Henry & Champman, 2002). A esto se suman los factores que intervienen en el proceso que reciben antes de la congelación, se ha demostrado que frutas y verduras en formatos frescos, escaldados o secos presentan cambios en el valor nutricional. (Caranza, 2017)

### **Liofilización**

La liofilización es un proceso de conservación mediante sublimación utilizado con el fin de reducir las pérdidas de los componentes volátiles o termo-sensibles, debido a que utiliza temperaturas muy bajas; este procedimiento une dos métodos de conservación fiables la

congelación y deshidratación. Además, se ha demostrado que no altera la estructura físico-química (estructura, sabor, y aroma) del producto y permite la conservación del producto sin cadena de frío de manera indefinida, con menos del 15% de humedad y alta estabilidad a los microorganismos (Marques, Ferreira, & Freire, 2007) (Ramírez Narvas, 2006)

La liofilización en la actualidad da lugar a productos alimenticios de mayor calidad con relación a los obtenidos con procesos de secado convencional, y el factor principal es la rigidez estructural que presenta el producto congelado cuando se verifica la sublimación. De esta forma se evita el colapso de la estructura porosa después del secado. Además, las frutas y verduras están compuestas principalmente de agua, vitaminas, carbohidratos, proteínas y lípidos, entre otros compuestos sensibles al calor. Esta técnica permite evitar la degradación del producto debido a la descomposición térmica, oxidación o pardeamiento enzimático. Después de la rehidratación el producto retiene la mayor parte de su estructura original, sin embargo, tales características están determinadas por la congelación debido a la forma, el tamaño y la distribución de cristales de hielo formados en este proceso (Liapis, Pim, & Bruttini, 2006) (Ramírez Narvas, 2006)

## **CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Reactivos**

Se utilizó trolox (ácido 6-hidroxi-2,5, 7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) al 97% (Sigma-Aldrich, Misuri, Estados Unidos) como antioxidante de referencia. El DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) al 94.6% (Merck, Nueva Jersey, Estados Unidos) como captador de radicales libres, metanol  $\geq 99.6\%$ (GC) (Sigma-Aldrich, Misuri, Estados Unidos), ácido clorhídrico concentrado al 37% (Merck, Nueva Jersey, Estados Unidos)

### **Material Vegetal**

Para la realización de este trabajo fueron seleccionadas tres frutas propias de la región Andina del Ecuador. Tomate de árbol, Tomate riñón y Babaco, las cuales fueron compradas en tres sectores diferentes: Pirincay, Uzhupud y Chican respectivamente, del cantón Paute, provincia del Azuay.

Para la caracterización de los productos se basó en la NTE INEN 1909, 1745 y 1998, para frutos frescos correspondiente a cada uno de los frutos estudiados, en el mismo orden mencionado. De cada grupo se analizó: el diámetro y longitud para determinar el tamaño del fruto, el grado de calidad, color, aroma y madurez visual. Para los parámetros físicos químicos se determinó: el °brix, la acidez titulable, el índice de madurez y contenido de pulpa, de acuerdo al método de ensayo de cada norma correspondiente.

## Métodos

Para la preparación de las muestras y extractos acuosos se utilizaron los métodos descritos por: Rincón al et. (2011), Moreno al et. (2014), Cerón al et. (2011) y Alarcón (2011); combinados y con modificaciones.

**Preparación de las muestras de pulpa liofilizada:** Se tomó 500 g de frutos de cada especie, a los mismos que previamente se eliminó la corteza, despulpo en un fluidificador (Oster, Wisconsin, Estados Unidos) y la pasta se pasó por un tamiz de 250 micras con el fin de separar la semilla. Se colocaron  $20.4 \pm 0.58$  g de pulpa en cada frasco de vidrio color ámbar, posteriormente fueron congelados en un ultra congelador de laboratorio (UKUF450 Arctiko, Esbjerg, Dinamarca) a  $-76 \pm 4$  °C durante 24 horas.

Una vez pasadas las 24 horas se procedió a liofilizar en un liofilizador (KD-10N Series Freeze Dryer, Henan, China) durante 48 horas, hasta que alcanzó una temperatura de  $25 \pm 4$  °C, 1 Pa de presión y una humedad en base seca en el producto, no mayor a 10%. Pasado este tiempo, las muestras fueron extraídas de los frascos, colocadas en tubos falcón (Fisher Scientific, Nuevo Hampshire, Estados Unidos) y guardadas en un desecador hasta su posterior uso con el fin de evitar que absorba humedad del ambiente.

**Preparación de los extractos acuosos de los liofilizados:** En frascos de vidrio color ámbar se colocó 1 g de pulpa liofilizada y se añadió 10 mL de metanol acidificado con ácido clorhídrico concentrado, se llevó al vortex durante 5 minutos y se colocó en el ultra-sonido durante 80 minutos. Se dejó en maceración durante 24 horas en la oscuridad. Una vez transcurrido este tiempo se llevó al vortex durante 1 minuto y se colocó la muestra en tubos falcón de 15 mL, posteriormente se centrifugó en una centrifuga (5804 EPPENDORF, Hamburgo, Alemania) a 3500 rpm durante 10 minutos. Se recogió el excedente líquido y se lo guardo en tubos falcón en congelación hasta su uso.

**Preparación de las muestras de pulpa congelada:** Se tomó 300 g de frutos de cada especie, a los mismos que previamente se eliminó la corteza, escaldo a  $92 \pm 2$  °C por 30 segundos, despulpó en un fluidificador y la pasta se pasó por un tamiz de 250 micras con el fin de separar la semilla. Después la pulpa fue pasteurizada a  $72 \pm 3$  °C por 15 segundos. Se colocó  $100.6 \pm 0.65$  g de pulpa en fundas de polietileno de baja densidad, y fueron selladas con un sellador manual por impulso. Finalmente, las pulpas fueron congeladas en un congelador doméstico a  $-35 \pm 6$ °C durante 96 horas.

**Preparación de los extractos acuosos de las pulpas congeladas:** Se descongeló al ambiente cada pulpa y en frascos de vidrio color ámbar se colocó 10 g de pulpa descongelada y se añadió 10 mL de metanol acidificado con ácido clorhídrico concentrado, se llevó al vortex durante 5 minutos y se colocó en el ultra-sonido durante 80 minutos. Se dejó en maceración durante 24 horas en la oscuridad. Una vez transcurrido este tiempo se llevó al vortex durante 1 minuto y se colocó la muestra en tubos falcón de 15 mL, posteriormente se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos. Se recogió el excedente líquido y se lo guardo en tubos falcón en congelación hasta su uso.

**Preparación de las muestras de pulpa fresca:** Se tomó 50 g de frutos de cada especie, a los mismos que previamente se eliminó la corteza y cortó en rodajas de  $2 \pm 0.8$  cm de espesor. Se

colocó  $10.1 \pm 0.05$  g de fruta en frascos de vidrio color ámbar, se adiciono 10 mL de metanol acidificado con ácido clorhídrico concentrado y se dejó reposar durante 24 horas en oscuridad.

**Preparación de los extractos acuosos de la pulpa fresca:** Una vez transcurridas las 24 horas se llevó al bortex durante 5 minutos y se colocó en el ultra-sonido durante 80 minutos. Posteriormente, se colocó la muestra en tubos falcón de 15 mL, se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos, finalmente, se recogió el excedente líquido y se lo guardo en tubos falcón en congelación hasta su uso.

#### **Actividad inhibidora del radical 1,1-Difenil2-picrilhidrazilo (DPPH)**

El método utilizado para medir la actividad inhibidora de DPPH fue descrito por Brand Williams, (1995) con una modificación en la preparación de las soluciones:

- Preparación del radical DPPH: se disolvieron 2 mg de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) en 100 mL de metanol. La solución se dejó reaccionar a temperatura ambiente durante 20 minutos.
- Preparación de trolox: se preparó una solución disolviendo 2 mg de ácido 6-hidroxi-2,5, 7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico (Trolox) en 25 mL de metanol. Luego se prepararon diluciones con concentraciones entre 10  $\mu$ l y 60  $\mu$ l.

Se preparó una solución madre de 100 ppm de los diferentes extractos provenientes de las diferentes especies en estudio, a su vez se prepararon concentraciones entre 50 ppm y 10 ppm, de las cuales se tomó 1 mL y se adiciono 3 mL de solución DPPH previamente preparada, se dejó en reposo durante 20 minutos hasta que suceda la reacción de decoloración. (Brand Williams, Cuvelier, & Berset, 1995). Igualmente se prepararon soluciones blanco de las muestras disueltas con metanol. Adicionalmente, la solución de referencia se obtuvo a partir de Trolox disuelto en la solución DPPH. La medición de la actividad inhibidora del radical libre DPPH se realizó en un espectrofotómetro UV (Thermo Scientific, Massachusetts, Estados Unidos) a 517 nm para todas las soluciones. (Hidalgo & Almajano, 2017) (Wang, y otros, 1998).

A partir de las absorbancias obtenidas se determinó el porcentaje de inhibición para cada una de las concentraciones con la siguiente expresión matemática. (Wang, Cao, & Pior, 2006) (Kasangana, Haddad, & Stevanovic, 2015)

$$\%IC_{50} = \frac{Abs\ c - Abs\ m}{Abs\ c} * 100$$

Dónde: %IC<sub>50</sub>: Porcentaje de inhibición de la muestra

Abs m: Absorbancia de la muestra

Abs c: Absorbancia del blanco de la muestra

Luego de calcular los porcentajes de inhibición para cada una de las concentraciones estos fueron ajustados mediante regresión lineal y en base a su ecuación se determinó el índice de inhibición medio ( $IC_{50}$ ) o concentración de antioxidante necesaria para estabilizar un 50% del DPPH. (Henriquez, López Alarcón, Lutz, & Speisky, 2011) (Rodríguez Aguirre, Andrade Barreiro, & Diaz López, 2015)

Las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado y los datos de varianza obtenidos fueron evaluados por una prueba estadística desarrollada para realizar simultáneamente la comparación de las medias (ANOVA); en el programa Minitab 18. (Rubio Hurtado & Berlanga Silvente, 2012)

## **CAPÍTULO 2: RESULTADOS**

### **Caracterización del Material Vegetal**

De acuerdo a los resultados expresados en la tabla 1, en donde se presenta un análisis en cuanto a clasificación, disposiciones generales y físicas de las variedades estudiadas con relación a la Norma INEN de frutos frescos de cada especie, se pudo determinar que todos los parámetros reflejados se encontraron dentro de los rangos establecidos en la norma. Además, se observó que estadísticamente los grados °Brix, el porcentaje de acidez titulable así como el índice de madurez son diferentes. Sin embargo, los valores del contenido de pulpa no son estadísticamente diferentes.

**Tabla 1 Paramentos evaluados en frutos frescos<sup>1</sup>**

Muestra	Clasificación		Disposiciones generales				Físicos			
	Calibre/ Tamaño	Grado de calidad	Color	Aroma	Madurez Visual	°Brix	Acidez Titulable (%)	Índice de Madurez	de	Contenido de pulpa (%)
Tomate de Árbol	Grande	Extra	Característico	Característico	Maduro	<sup>a</sup> 8.3±0.07	<sup>a</sup> 1.3±0.06	<sup>a</sup> 6.7±0.06		<sup>a</sup> 72±2.82
Tomate Riñón	Grande	I	Característico	Característico	Maduro	<sup>b</sup> 5.1±0.14	<sup>b</sup> 0.5±0.02	<sup>b</sup> 10.4±0.01		<sup>a</sup> 67±2.82
Babaco	Mediano	Extra	Característico	Característico	Maduro	<sup>c</sup> 7.5±0.07	<sup>b</sup> 0.6±0.02	<sup>c</sup> 12.5±0.05		<sup>a</sup> 73±2.82

<sup>1</sup> Acidez expresada en: % Ácido cítrico, % Ácido cítrico, % Acido málico

<sup>1</sup> Los datos son expresados en media± desviación estándar para n =15;en columnas con  $\alpha = 0.05$

## Capacidad Antioxidante

**Tabla 2 Concentración de pulpa necesaria para estabilizar un 50% del DPPH expresada en  $\mu\text{g}$  de pulpa de fruta en sus diferentes métodos de conservación.<sup>1</sup>**

	Tomate Árbol	Tomate Riñón	Babaco
Fresco	<sup>a</sup> 1264.36 $\pm$ 27.2	<sup>a</sup> 697.09 $\pm$ 9.7	<sup>a</sup> 544.91 $\pm$ 8.1
Congelado	<sup>b</sup> 3149.88 $\pm$ 89.2	<sup>b</sup> 10147.77 $\pm$ 1192.8	<sup>b</sup> 2750.76 $\pm$ 95.6
Liofilizado	<sup>c</sup> 2159.23 $\pm$ 31.9	<sup>c</sup> 1804.91 $\pm$ 263.8	<sup>b</sup> 2427.06 $\pm$ 276.4

<sup>1</sup>Los datos son expresados en media  $\pm$  desviación estándar con un coeficiente de correlación  $R^2 \geq 0.90$  para  $n=3$  de cada especie; en columnas con  $\alpha = 0.05$

**Tabla 3 CA expresada en  $\mu\text{g}$  de equivalentes trolox / g de pulpa de fruta en sus diferentes métodos de conservación.<sup>1</sup>**

	*Tomate Árbol	*Tomate Riñón	*Babaco
Fresco	<sup>a</sup> 173.61 $\pm$ 3.73	<sup>a</sup> 410.27 $\pm$ 5.75	<sup>a</sup> 434.02 $\pm$ 6.41
Congelado	<sup>b</sup> 80.48 $\pm$ 2.28	<sup>b</sup> 25.23 $\pm$ 2.96	<sup>b</sup> 74.71 $\pm$ 2.60
Liofilizado	<sup>c</sup> 118.79 $\pm$ 1.75	<sup>c</sup> 148.65 $\pm$ 10.60	<sup>b</sup> 101.15 $\pm$ 11.52

<sup>1</sup>Los datos son expresados en media  $\pm$  desviación estándar con un coeficiente de correlación  $R^2 \geq 0.90$  para  $n=3$  de cada especie; en columnas con  $\alpha = 0.05$

La CA se muestra en la tabla 2 y 3, la primera expresa la concentración de pulpa necesaria para inhibir el 50% de reactivo DPPH y la segunda expresa la concentración de equivalente trolox ( $\mu\text{g}$  ET)/ g de fruta en cada método de conservación. En los valores de la tabla 2 la CA de la fruta es inversamente proporcional a la concentración de pulpa necesaria para inhibir el 50% del reactivo DPPH.

Los resultados demostraron una disminución de la CA, en el proceso de liofilización que fue, de mayor a menor, un 76.80%, 31.58% y 10% para el babaco, tomate riñón y tomate de árbol, respectivamente. Mientras que para el proceso de congelado se determinó un 93%, 82.79% y 53.63% para tomate riñón, babaco y tomate de árbol, en el mismo orden. Estos valores se obtuvieron cuando fueron comparados con sus contrapartes en fresco.

Sin embargo, las varianzas de los valores expresados de la pulpa de babaco, estadísticamente son iguales.

## CAPITULO 3: DISCUSIÓN

### Capacidad Antioxidante del Tomate de Árbol

Muñoz J. et al (2007) con valores de  $IC_{50}$  correspondientes a  $11.59 \pm 0.26$  mg. Indica que esta fruta contiene elevadas concentraciones de sustancias como ácido ascórbico y especialmente carotenoides. Sin embargo, Pinchao al et. (2016) confirma que la  $\beta$ -criptoxantina es el compuesto con mayor concentración en el tomate de árbol.

Asimismo, los resultados obtenidos en la investigación de Castro et al.(2013) y Repo de Carrasco al et. (2008) de  $421.06 \mu\text{g}$  ET/L y  $853 \pm 52 \mu\text{g}$  ET/g de tejido respectivamente, indican

que el tamarillo es una fuente importante de antioxidantes y que posee un potente efecto inhibitor sobre la oxidación de lípidos, concluyendo que la CA de un alimento vegetal no viene dada solo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada componente que la constituyen, sino depende del microambiente en el que se encuentre el compuesto y sobre todo del estado de madurez del mismo.

Por lo tanto, el valor reportado de antioxidantes en fruta fresca en la presente investigación difiere de otras publicaciones y esto se relaciona a las condiciones de almacenamiento, extracción y estado de madurez del fruto.

En el proceso de liofilizado, Zapata et al. (2014) en su estudio obtuvo valores de  $91.5 \pm 3.0$   $\mu\text{mol}$  Trolox/100g de muestra liofilizada obtenida por ORAC, resultando inferior al obtenido en el presente estudio ( $118.79 \pm 1.75$   $\mu\text{g}$  ET/g pulpa liofilizada). Además, este autor indica que la pulpa de tomate de árbol presenta una capacidad antioxidante moderada comparada con otras especies de frutas.

### **Capacidad Antioxidante del Tomate Riñón**

El tomate de riñón fresco presenta cantidades elevadas de polifenoles y flavonoides, sin embargo, el uso de fertilizantes y la variedad del tomate tiene un efecto significativo en la concentración de macronutrientes, sabor y componentes antioxidantes. (Figueroa-Cares, y otros, 2017) (Filgueiras, De Oliveira Do Nascimento, Barbosa Junior, Bastida Da Silva, & Jacintho Barbosa, 2017). Los resultados obtenidos en las investigaciones de Raffoa et al. (2006) en relación a la CA del tomate riñón de: 199 - 454  $\mu\text{g}$  ET /100g de fruta, son muy cercanos a los valores obtenidos en la presente investigación.

La CA de tomate riñón en este estudio se encuentra dentro de los valores reportados anteriormente por lo que se puede asumir que a este fruto no le afecta las condiciones del ambiente y almacenamiento, sin embargo, el contenido de nutrientes varía de acuerdo a la variedad del tomate a analizar.

Por otro lado, la alta pérdida de la CA en la pulpa de tomate riñón congelada (93%) estaría relacionada a la disminución del contenido de compuestos bioactivos, especialmente del caroteno, debido a la extracción de la piel y el proceso de escaldado previos al congelado de la fruta, operaciones que son parte del proceso de industrialización de este fruto (Palomo G, Fuentes Q, Carrasco S, González R, & Moore-Carrasco, 2010)

Finalmente, en la pulpa liofilizada el valor de CA obtenida en este estudio:  $148.65 \pm 10.60$   $\mu\text{mol}$  ET /g de pulpa liofilizada es similar a la concentración reportada en la investigación de Zapata et al. (2014) en donde expresa  $193.6 \pm 20.2$   $\mu\text{mol}$  ET/g de muestra liofilizada. Definiendo al tomate riñón como un vegetal de capacidad antioxidante intermedia.

### **Capacidad Antioxidante del Babaco**

En cuanto al Babaco, Jáuregui (2006) indica que el chamburo es una fuente alta de antioxidantes, pues posee una alta cantidad de  $\beta$ -Carotenos y  $\alpha$  criptoxantina. Además, Zambrano (2013) en su estudio de babaco refleja una CA de  $94.741 \pm 12.87$   $\mu\text{g}$  ET/g pulpa concentrada. Estos valores son cercanos a los reportados en el presente estudio en babaco congelado y babaco liofilizado por lo que se afirma que el babaco es una fruta con una CA alta en comparación a las otras dos especies del estudio.

### **Capacidad Antioxidante de los métodos de conservación**

En los tres casos la pulpa de fruta congelada pierde mayor capacidad antioxidante, esto se da debido a la extracción de piel y procesos de escaldado y pasteurizado previos a la congelación. Aplicando estos procesos al tomate de árbol y al babaco no existe diferencia significativa en su CA, sin embargo, el tomate riñón si sufre variaciones en estos procesos, Morales de la Peña al et. (2010) afirma en su estudio que las diferencias de las propiedades antioxidantes son atribuidas principalmente al tipo de fruta, grado de madurez, condiciones ambientales del cultivo y cosecha de las frutas, así como de los procesos tecnológicos utilizados para su obtención, tiempo y condiciones de almacenamiento. También, este autor presume que los tratamientos térmicos son la causa principal de la disminución de los antioxidantes naturales y que las altas temperaturas podrían degradar estos compuestos fácilmente. Además resultados obtenidos en dicha investigación indican que el contenido de carotenoides del tomate de árbol disminuye entre un 12 y 16% en los primeros 14 días de almacenamiento a 4°C, independientemente del tratamiento térmico.

Rattanathanalerrk al et. (2010) en su estudio sobre el efecto de la pasteurización en zumos de mora, piña y manzana concluyeron que este tratamiento conduce a la disminución en los niveles de antioxidantes. En otra investigación realizada por Aranwit al et. (2010) con arándanos demuestra que antioxidantes tales como polifenoles y antocianinas no se ven afectados durante el almacenamiento en frío pero disminuyó el contenido de otros compuestos bioactivos. Por otro lado, la capacidad antioxidante puede variar de acuerdo al tiempo de almacenamiento a temperaturas inferiores a 0°C; en la investigación de fruta congelada realizada por Reque al et. (2013) el contenido de antocianinas disminuyó después de seis meses de almacenamiento a -18°C. Y en el estudio de Cortés al et. (2006) encontraron que la concentración total de carotenoides en zumos de tomate y naranja tratados con pulsos eléctricos, disminuyó durante el tiempo de almacenamiento en congelación, independientemente del tratamiento térmico de conservación aplicado. De esta forma se podría afirmar que el contenido de polifenoles y antocianinas son mayores en las especies como el babaco y tomate de árbol y por ello son menos sensibles al tratamiento térmico y conservación en congelación por lo que poseen mayor capacidad antioxidante. Sin embargo, el tomate riñón posee otros compuestos bioactivos en mayor concentración que tienen mayor sensibilidad al calor o al prolongado almacenamiento a temperaturas inferiores a 0°C.

Por otra parte, en el proceso de liofilización, la variedad más tolerable es el tomate riñón pues pierde únicamente el 10% de su capacidad antioxidante seguido por el tomate de árbol (31%) y por último el babaco (76%). Reque al et. (2013) alega que el proceso de congelación rápida en blueberries es menos invasivo que el almacenamiento a -18°C. Sin embargo, según Nicoli al et.(1999) la concentración por eliminación de agua, en algunos casos puede causar poco o ningún cambio en el contenido de antioxidantes naturales, tal es el caso del licopeno, además asegura que la disminución de los compuestos fenólicos se dan por las reacciones de oxidación, mismas que dependen de las condiciones de procesamiento, aw, tiempo y disponibilidad de oxígeno. Según Yang y Atallah (1999) los productos liofilizados existe una retención de vitaminas A y C, niacina y color, y que en los arándanos liofilizados en su investigación existió pérdidas pequeñas de polifenoles especialmente de ácido elálgico, quercetina, floridina, naringina y kaempferol; así como antocianinas, resultando mejor que otros métodos de deshidratación. De esta manera se puede afirmar que el babaco y tomate de árbol al presentar mayor cantidad de compuestos fenólicos son menos estables en el proceso de liofilización debido a las condiciones que presentaron durante su procesamiento, y que la

disminución de agua, así como la poca disponibilidad de oxígeno son los factores que probablemente más afectan en los compuestos antioxidantes.

Finalmente, Michalska y Łysiak (2015) concluyen que puede haber modificaciones en las moléculas durante el proceso de extracción y esto depende de factores tales como temperatura, tiempo y solventes.

## **CONCLUSIÓN**

La pulpa fresca con mayor capacidad antioxidante fue el babaco, seguida por el tomate riñón y finalmente el tomate de árbol. Alegando que las condiciones de almacenamiento antes del procesamiento, extracción y madurez influyen significativamente en la cuantificación de estos compuestos. Efectivamente, los procesos como congelación y liofilización alteran el contenido de antioxidantes, el primero afecta mucho más debido a la combinación de procesos como pasteurización y escaldado previo a la congelación, también los tiempos prolongados de conservación alteran los antioxidantes significativamente. El proceso de liofilización es un método menos invasivo para los compuestos bioactivos de las muestras analizadas, sin embargo, los dos métodos de conservación afectan de manera diferente dependiendo de los antioxidantes predominantes en cada variedad. Es así que el tomate de árbol y el babaco son más estables en la congelación que el tomate riñón, y los compuestos antioxidantes que predominan en el tomate riñón son más estables a los factores que intervienen en la liofilización.

## **RECOMENDACIONES**

Debido a la escasa información de capacidad antioxidante de las especies de tomate de árbol y babaco. Sería interesante que otros investigadores realicen estudios más profundos, acerca de los métodos de conservación de frutas y su influencia en los diferentes compuestos antioxidantes que predominan.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Muñoz Jáuregui, A. M., Ramos Escudero, D. F., Ortiz Ureta, C., & Castañeda Castañeda, B. (2007). Evaluación de la Capacidad Antioxidante y Contenido de Compuestos Fenólicos en Recursos Vegetales promisorios. (U. S. Porres, Ed.) *Rev Soc Quim*, 73(3), 73.

AAIC. (2004). Cultivo de Babaco en Invernadero. *Asociación Indígenas del Cañar*.

Aramwit, P., Bang, N., & Srichana, T. (2010). The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. *Food Research International*, 43(1093-1097), 5.

Bartosz, G. (2014). *Food Oxidants and Antioxidants Chemical, Biological, and Functional Properties*. (Z. E. Sikorski, Ed.) United States, New York: CRC Press.

Brand Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 30.

- Caranza, R. (2017). Congelación de Alimentos. *CIENCIA & DESARROLLO*.
- Castro Vargas, H. I., Benelli, P., Ferreira, S., & Parada Alfonso, F. (2013). Supercritical fluid extracts from tamarillo (*Solanum betaceum* Sendtn) epicarp and its application as protectors against lipid oxidation of cooked beef meat. *ELSEVIER*, 76(17-13), 17.
- Cerón, I., Higueta, J., & Cardona, C. (2001). Capacidad Antioxidante y Contenido Fenólico Total de Tres Frutas Cultivadas en la Región Andina. 55.
- Ciappini, M. C., Stappani, F. S., Martinet, R., & Alvarez, M. B. (2013). Actividad Antioxidante y Contenido de Compuestos Fenólicos y Flavonoides en Mielles de Tréboles, Eucalipto y Alfalfa. *Ciencia y Tecnología*, 19, 51.
- Cortés, C., Torregrosa, F., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2006). Carotenoid Profile Modification during Refrigerated Storage in Untreated and Pasteurized Orange Juice and Orange Juice Treated with High-Intensity Pulsed Electric Fields. *J. Agric. Food Chem*, 54(6247-6254), 8.
- Cruz Bojórquez, R., González Gallego, J., & Sánchez Collado, P. (2013). Propiedades Funcionales y Beneficios para la Salud del Licopeno. *Nutricion Hospitalaria*, 6(15), 28.
- FAO. (2015). Horticultura y Fruticultura en Ecuador. *FAO*, 37.
- Figueroa-Cares, I., Cruz-Álvarez, O., Martínez-Damián, M. T., Rodríguez-Pérez, J., Colinas-León, M., & Valle-Guadarrama, S. (24 de Septiembre de 2017). Calidad nutricional y capacidad antioxidante en variedades y genotipos nativos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Fac. Agron.*, 35(63-84), 22.
- Filgueiras, J. M., De Oliveira Do Nascimento, C., Barbosa Junior, J., Bastida Da Silva, L., & Jacintho Barbosa, M. (17 de Agust de 2017). PHYSICOCHEMICAL Characteristics, Antioxidant Capacity and Phenolic Compounds of Tomatoes Fertigated with Different Nitrogen Rates. *Rev. Caatinga*, 30(1), 7.
- Gonzalo, E. (2007). Fitoquímica y Agroindustrialización de Dos Genotipos de Vasconcellea, Chamburo (*Vasconcellea Cundinamarcensis* V. Badillo) y Toronche (*Vasconcellea Stipulata* V. Badillo). *ESPE-IASA*.
- Henriquez, C., López Alarcón, C., Lutz, M. G., & Speisky, H. (2011). Time-dependence of ferric reducing antioxidant power (FRAP) index in Chilean apples and berries. *Archivos latinoamericanos de nutricion*, 61(3), 11.
- Henry, C. J., & Champman, C. (2002). The Nutrition Handbook for Food Processors. *Elsevie*.
- Herrera, G., & Paúl, E. (2011). Producción y Comercialización de Tomate de Árbol Orgánico. *Universidad de las Américas*.
- Hidalgo, G. I., & Almajano, M. P. (2017). Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination. *A review. Antioxidants*, 6(1), 7.
- Jáuregui, A. M. (2006). Estudio químico-bromatológico del fruto de *Carica monoica* Desf. "chamburú" y los efectos de su ingesta en el crecimiento y el perfil bioquímico de las ratas. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 84.

- Kasangana, P. B., Haddad, P. S., & Stevanovic, T. (2015). Study of polyphenol content and antioxidant capacity of *Myrianthus arboreus* (Cecropiaceae) root bark extracts. , . *Antioxidants*, 4(2), 426.
- León, F., Viteri, D., & Mejía, C. (2004). Guía para la Determinación de Deficiencias Nutricionales en Babaco. *Estación Experimental de Santa Catalina-INIAP*.
- Leon, León, F., Viteri, D., & Cevallos, A. (2004). Manual del Cultivo de Tomate de Árbol. (INIAP, Ed.) *Estación Experimental de Santa Catalina* .
- Liapis, A. I., Pim, M. L., & Bruttini, R. (2006). Research and development needs and opportunities in freeze drying. *Drying technology*, 14(6), 1300.
- Limón Pacheco, J., & Gonsebatt, M. E. (2009). The Role of Antioxidants and Antioxidant-Related Enzymes in Protective Responses to Environmentally Induced Oxidative Stress. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 674(1), 147.
- Londoño Londoño, J. (2012). Antioxidantes: Impostancia Biológica y Métodos para Medir su Actividad en Desarrollo y Transversalidad . *Cooperacion Universitaria Lasallista-Lasallista Investigación y Ciencia*.
- MAGAP. (2016). Compendio Agroestadístico Digital del Ecuador. *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca*.
- Marques, L. G., Ferreira, M. C., & Freire, J. T. (2007). Freeze-drying of Acerola (*Malpighia glabra* L.). *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 457.
- Márquez , C., Otero, M., & Misael, C. (2008). Cambios Fisiológicos , Físicoquímicos y Microestructurales del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*) en Poscosecha. *VITAE- Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 11(1), 14.
- Márquez, C. J., Otero, C. M., Rojano, B. A., & Osorio , J. A. (2014). ACTIVIDAD Antioxidante Y Concentración de Compuestos Fenólicos del Tomate de Árbol(*Cyphomandra Betacea* S.) En Poscosecha. *Temas Agrarios*, 19(173-184), 12.
- Michalska, A., & Łysiak, G. (10 de August de 2015). Bioactive Compounds of Blueberries: Post-Harvest Factors Influencing the Nutritional Value of Products. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 22.
- Ministerio de Agricultura, G. A. (2016). Compendio Agroestadístico digital del Ecuador. 3(1).
- Morales de la Peña, M., Salvia Trujillo, L., Rojas Grau, M. A., & Martín Belloso, O. (19 de January de 2010). Impact of high intensity pulsed electric field on antioxidant properties and quality parameters of a fruit juice–soymilk beverage in chilled storage. *Food Science and Technology*, 43(872-881), 10.
- Muñoz Delgado, J. A., & Vicente, A. M. (2005). Refrigeración y Congelación de Alimentos Vegetales. *Fundación Española de la Nutrición*.
- Nicoli , M., Anese, M., & Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10(94-100), 7.

- Palomo G, I., Fuentes Q, E., Carrasco S, G., González R, D., & Moore-Carrasco, R. (12 de November de 2010). Antioxidant, Lipid-Lowering and Antiplatelet Activity of Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) and The Effect of its Processing And Storage. *Chil Nutr*, 37(4), 10.
- PERCIVAL, M. (1998). Antioxidants. *Clinical Nutrition Insights*, 4, 96.
- Pinchao Yamid, A., Osorio, O., & Ordoñez Santos, L. (2016). Correlación del Índice de Madurez de Uchuva( *Physalis peruviana*)y Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*) con la Concentración de Carotenos/ Correlation of Maturity Index from Cape Gooseberry( *Physalis peruviana*) and Tree Tomato (*Solanum betaceum*) with the C. *VITAE*, S260, 23.
- Pinchao, Y. A., Osorio, O., & Ordoñez Santos, L. (2016). Correlacion del Índice de Madurez de Uchuva (*Physalis Peruviana*) y Tomate De Árbol (*Solanum Betaceum*) con la Concentración de Carotenoides. *Vitae*, 23(1), 5.
- Prior, R., Xianli, X., & Schaich, K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4302.
- Raffoa, A., La Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G., & Quaglia, G. (7 de February de 2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(11-19), 9.
- Ramírez Narvas, J. S. (2006). Liofilización de Alimentos. *Reciteia*.
- Ramírez Vargas , G. J. (2013). Evaluación Agronómica Bajo Cubierta de Tres Híbridos de Tomate Riñon (*Lycopersicum sculentum* Mill) en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. *ESPE*.
- Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N., & Srichumpoung, W. (14 de Marzo de 2005). Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering*, 66(259-265), 7.
- Repo de Carrasco, R., & Encima Zelada, C. (2008). Determinación de la Capacidad Antioxidante y Compuestos Bioactivos de Frutas Nativas Peruanas. *Rev Soc Quím*, 74(2), 17.
- Reque, R., Priscilla, M., Sreffens, A., Jablonsk, S., Flores, H., Alessandro , O., & Rigs Erna, V. (2013). Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits and juice: anthocyanin stability and antioxidant activity. *Food Compos*, 11, 26.
- Rodríguez Aguirre, O. E., Andrade Barreiro, W. A., & Diaz López, F. E. (Mayo de 2015). Antioxidant activity of extracts from leaves of *Bocconia*. *DIALNET*, 1, 16.
- Roginsky, Vitaly, & Lissi. (2005). Review of Methods to Determine Chain-breaking Antioxidant Activity in Food. *Food Chemistry*, 92(2), 254.
- Romero Rodriguez, M. A., Vasquez Oderiz, M. L., Lopez Hernandez, J., & Simal Lozano, J. (2005). Composition of Babaco, Feijoa, Passion fruit and Tamarillo produced in Galicia. *Food Chemistry*, 49, 255.

- Roque Lima, B. L. (2012). Extracción por Acción Biocatalítica y Cuantificación de B Caroteno y Licopeno de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* de *Solanum betaceum*) de Distrito de Pariahuanca.
- Rubio Hurtado, M. J., & Berlanga Silvente, V. (13 de Marzo de 2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. *REIRE*, 18.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free Radicals and Antioxidants in Normal Physiological Functions and Human Disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 84.
- Wang, H., Cao, G., & Pior, R. L. (2006). Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 44(3), 705.
- Wang, M., Li, J., Rangarajan, M., Shao, Y., Lavoie, E., Huang, T., & Ho, C. T. (1998). Antioxidative Phenolic Compounds from Sage (*Salvia officinalis*). *J. Agric. Food Chem*, 46, 4873.
- Yang T, C., & Atallah, W. A. (1999). Effect of Four Drying Methods on the Quality of Intermediate Moisture Lowbush Blueberries. *Journal of Food Science*, 50(1233), 5.
- Zambrano Mayorga, L. F. (2013). Comparación de la capacidad antioxidante de 10 cultivos ancestrales andinos con sus respectivos concentrados de fibra dietética total para su uso como aditivo funcional en la Industria de Alimentos., (pág. 103). Ambato.
- Zapata, S., Piedrahita, A. M., & Rojano, B. (Enero-Junio de 2014). Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana ISSN 0124-4108*, 16(1), 36.

## ANEXOS



1



2



3

**Anexo 1** Especies que se utilizaron en el proyecto  
<sup>1</sup> Tomate de Árbol <sup>2</sup> Tomate Riñón <sup>3</sup> Babaco



1



2



3

**Anexo 2 Caracterización material vegetal**  
*<sup>1</sup> Rendimiento, <sup>2</sup> Calibre, <sup>3</sup> Acidez titulable*



1



2



3



4

5

**Anexo 3 Preparación muestras**  
*<sup>1</sup> Pelado, <sup>2</sup> Fluidificado, <sup>3</sup> Pasteurizado, <sup>4</sup> Congelad, <sup>5</sup> Liofilizado*



1



2



3



4



5



6

**Anexo 4 Preparación de extractos**  
*<sup>1</sup> Ultrasonido, <sup>2</sup> Muestras tubos falcon, <sup>3</sup> Centrifugado, <sup>4</sup> Diluciones, <sup>5</sup> Decoloración, <sup>6</sup> Medición*