

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**

**ALIMENTARIAS**



**T E S I S**

**INFLUENCIA DEL ESTADO DE MADUREZ EN LAS CARACTERÍSTICAS DE  
COLOR DEL FRUTO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*)**

Para optar por el Título Profesional de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentado por el Bachiller:

**JORGE ANTONIO ZAMBRANO PALOMINO**

Asesor:

**Ing. M.Sc. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los veintisiete días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 312-2022-FCA-UNC, de fecha 25 de octubre del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"INFLUENCIA DEL ESTADO DE MADUREZ EN LAS CARACTERÍSTICAS DE COLOR DEL FRUTO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*)"**, realizada por el Bachiller **JORGE ANTONIO ZAMBRANO PALOMINO** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y veinte minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las diez horas y quince minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez  
PRESIDENTE

Dr. José Gerardo Sathuana Granados  
SECRETARIO

M. V. M. Sc. Rodolfo Raúl Orejuela Chirinos  
VOCAL

Ing. M. Sc. Jimmy Frank Oblitas Cruz  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES, HERMANOS, ABUELOS Y FAMILIARES.

A mis padres Nilia y Juan, por todo el apoyo absoluto que me brindaron mis padres, que, con mi problema de lenguaje, tartamudez, me brindaron la confianza para seguir adelante, y en muchas dificultades siempre me apoyaron, demostrándome el amor que nos une.

A mis hermanos Junior, César y Chabe, por darme la confianza para no rendirme.

A mis abuelos Feli y Eusebio (que en paz descansa) que con sus sabios consejos me enseñaron a valorar cada sacrificio y con su sabiduría, que debo luchar en la vida y salir adelante.

A mis tíos Orlando, Arnulfo y Jorge, por brindarme la confianza y la seguridad para seguir creciendo como profesional.

A mis tías Elena y Rosa, a mis primos Carlos, Coco, Hugo y Fernando, por todo el apoyo que me brindaron para seguir adelante en mis estudios y los consejos para seguir adelante.

A mi tía Jesús, mi tía Chanita y mi tío Eduardo, mis primas Lili, Sonia, Paty y mi primo Rey, que desde que llegué a Cajamarca para empezar mis estudios en la Universidad Nacional de Cajamarca, me recibieron con mucho cariño y confianza.

Y a todos mis familiares de Chota, Chiclayo y Ayacucho, y demás familiares, que siempre me apoyaron con sus palabras motivacionales y experiencias.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirme en todo momento y brindarme las fuerzas necesarias para poder llegar hasta estas instancias, tener en cuenta que todo se puede con la fuerza de voluntad de lograr los objetivos.

A mis padres, ya que, con todo su sacrificio, entrega, pasión y afecto por mí, no hubiera podido realizar este logro profesional tan importante para mí.

A mi Familia, por darme los mejores ánimos, en que los esfuerzos que uno realiza y que al final se plasman en resultado que me sirve para mi vida profesional y poder ser mejor persona cada día.

A la plana docente de la Universidad Nacional de Cajamarca, que forman científicamente, humanísticamente y éticamente, en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, que nos brindan sus experiencias profesionales y estimulan en crecer y creer en uno mismo, a la vez darnos la oportunidad de realizarme profesionalmente.

A mis amigos de mi promoción el Manchón y amistades de la carrera que me brindaron la confianza y la seguridad de seguir avanzando.

A mi asesor de tesis Ing. M.Sc. Jimmy Frank Oblitas Cruz, ya que con su benéfico apoyo y ayuda en la elaboración de dicha investigación, hubiera sido imposible concluirlo.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1	Planteamiento del Problema .....	3
2.2	Formulación del Problema.....	5
2.3	Justificación de la Investigación .....	5
2.4	OBJETIVOS.....	6
	Objetivo General .....	6
	Objetivos Específicos.....	6
III.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	7
3.1.	Antecedentes de la Investigación .....	7
3.2.	Bases Teóricas .....	10
3.2.1.	Aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ) .....	10
3.2.2.	El color y Escala CIELab.....	12
3.2.3.	Envases de Polietileno .....	18
3.2.4.	Calidad en frutas .....	22
3.2.4.1.	Prolongación de la vida útil de frutas y verduras .....	25
IV.	METODOLOGÍA.....	27
4.1.	Localización de la Investigación .....	27
4.2.	Materia prima .....	27
4.3.	Materiales, Equipos e Instrumentos.....	28

<b>4.4. Factores, Variables (Independiente y Dependiente), Niveles y</b>	
<b>Tratamientos en Estudio .....</b>	<b>28</b>
<b>4.4.1. Variable Independiente.....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.1.1. Temperatura .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.1.2. Estado de Madurez.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.1.3. Tipo de Empaque .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.2. Variable Dependiente .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.2.1. °Brix.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.2.2. Luminosidad (L*).....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.2.3. Espacio Cielab – a* .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.2.4. Espacio Cielab – b* .....</b>	<b>31</b>
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
<b>5.1. °Brix y características de color Cielab en base al tiempo. ....</b>	<b>37</b>
<b>5.2. Efecto del Tiempo y empaques sobre °Brix y escala Cielab .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3. Optimización y selección del mejor tratamiento.....</b>	<b>48</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BLIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO 1: DATOS PROMEDIO .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO 2: DATOS ESTADISTICOS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 3: GALERÍA FOTOGRÁFICA .....</b>	<b>64</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1. Esfera Cielab .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2. Mapa de Ubicación .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 3. Diagrama de flujo del experimento .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 4. Imágenes de tratamientos.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 5. Efecto del tiempo sobre el Brix .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 6. Efecto del tiempo sobre L* .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 7. Efecto del tiempo sobre a* .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 8. Efecto del tiempo sobre b* .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 9. Pareto de efectos para Brix .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 10. Efectos individuales para Brix.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 11. Superficie de respuesta para Brix.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 12. Pareto de efectos para L* .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 13. Efectos individuales para L* .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 14. Superficie de respuesta para L* .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 15. Pareto de efectos para a* .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 16. Efectos individuales para a* .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 17. Superficie de respuesta para a* .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 18. Pareto de efectos para b* .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 19. Efectos individuales para b* .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 20. Superficie de respuesta para b* .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 21. Función de deseabilidad para optimización .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 22. Superficie sobrepuesta de optimización.....</b>	<b>48</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1. Comparación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de polietileno de baja y alta densidad .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 2. Factores, variables, niveles y tratamientos en estudio .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 3. ANOVA para Brix .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 4. ANOVA para L* .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 5. ANOVA para a* .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 6. ANOVA para b* .....</b>	<b>54</b>

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la Influencia del estado de madurez en las características de color del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*), para ello se usó frutos de aguaymanto provenientes de la ciudad de Cajamarca y se tuvo como variables independientes a la temperatura y el Tipo de empaque y como variables dependientes al °Brix, Luminosidad ( $L^*$ ), Espacio Cielab – a y Espacio Cielab – b, evaluadas durante 8 días. Se trabajó con las Temperaturas de Refrigeración de 8°C y 14°C, cada temperatura con muestras testigos, muestras envasadas en empaques de polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad, también se trabajó a Temperatura ambiente de 20°C, con su respectiva muestra testigo, una muestra envasado en empaque de polietileno de baja densidad y otra muestra envasado en empaque de polietileno de alta densidad, las muestras se refieren al aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Además, como resultado se encontró que la variación de Luminosidad  $L^*$ , valor  $a^*$  y  $b^*$  del sistema cromático CIELab, en el aguaymanto (*Physalis peruviana*) encontrándose que con respecto al indicador de Cielab –  $L^*$  donde la variables empaque obtuvo el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución de la escala de color  $L^*$ , el valor  $a^*$  arrojó que la variables de tiempo y empaque obtuvo el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del valor  $a^*$  y el valor  $b^*$  que la variables de tiempo y empaque obtuvieron el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del valor  $b^*$ . Asimismo, se analizó el cambio en los grados °Brix del aguaymanto (*Physalis peruviana*), en función de la temperatura, tipo de empaque y tiempo estado de madurez donde solo el tiempo obtuvo el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del °Brix, también encontramos que la sinergia entre tiempo y empaque puede generar este tipo de cambios significativos sobre esta variable.

**Palabras claves:** Aguaymanto (*Physalis peruviana*), °Brix, Cielab y temperatura

## ABSTRACT

The objective of the research was to determine the influence of the state of maturity on the color characteristics of the goldenberry (*Physalis peruviana*) fruit, for which goldenberry fruits from the city of Cajamarca were used and the independent variables were temperature and temperature. Type of packaging and as dependent variables to °Brix, Luminosity (L\*), Cielab Space - a and Cielab Space - b, evaluated for 8 days.

We worked with the refrigeration temperatures of 8°C and 14°C, each temperature with control samples, samples packaged in low-density polyethylene and high-density polyethylene packaging, we also worked at a room temperature of 20°C, with its respective control sample, a sample packaged in low-density polyethylene packaging and another sample packaged in high-density polyethylene packaging, the samples refer to goldenberry (*Physalis peruviana* L.).

In addition, as a result, it was found that the variation of Luminosity L\*, value a\* and b\* of the system CIELab chromatic, in the goldenberry (*Physalis peruviana*) finding that with respect to the Cielab indicator - L\* where the packaging variable obtained the value of  $p < 0.05$  which indicates that only these variables had a significant effect on the evolution of the scale of color L\*, the value a\* showed that the variables of time and packaging obtained the value of  $p < 0.05$ , which indicates that only these variables had a significant effect on the evolution of The a\* value and the b\* value that the variables of time and packaging obtained the value of  $p < 0.05$ , which indicates that only these variables had a significant effect on the evolution of the b\* value. Likewise, the change in °Brix degrees of the goldenberry (*Physalis peruviana*) was analyzed, depending on the temperature, type of packaging and time to the state of maturity where only time obtained the value of  $p < 0.05$ , which indicates that only these variables had a significant effect on the evolution of °Brix, we also found that the synergy between time and packaging can generate this type of significant changes on this variable.

**Palabras claves:** Aguaymanto (*Physalis peruviana*), °Brix, Cielab y temperatura

## I. INTRODUCCIÓN

La maduración organoléptica es la etapa en la cual muchos productos hortofrutícolas alcanzan las características de color, tamaño, textura, aroma y sabor que esperan los consumidores. Este proceso inicia generalmente al final de la maduración fisiológica del fruto, antes de la senescencia, dando lugar a diferentes transformaciones físicas, bioquímicas y fisiológicas que determinan su calidad y vida útil, por ende, características aceptables o inaceptables para el consumidor. Se estima que las mermas en frutas pueden alcanzar en poscosecha hasta el 30% de la producción. Una de las alteraciones que presentan la mayoría de los frutos es el cambio del color, de forma y de algunas propiedades físicas y mecánicas. La comercialización del aguaymanto (*Physalis peruviana*), está determinada primeramente por la aceptación del tamaño de los frutos y el color, este fruto en Perú es una alternativa de producción para la economía, debido a que presenta buenas características e interés en los mercados internacionales. El color de estos frutos puede deberse a distintos factores además de los fisiológicos, como, por ejemplo, el exceso de sol en la etapa poscosecha, o el sol directo en los frutos puede causar quemaduras en los tomates, con manchas humedecidas y rugosas de color grisáceo. En otros casos pueden tener manchas grisáceas en su piel mientras que el interior está descolorido, así mismo los frutos maduros tienen partes verdes o marrones en su interior. Esto es ocasionado por exceso de sombra, temperaturas frías durante la época de maduración, es por ello que es necesario conocer los parámetros de calidad como es el color, para poder seleccionar y clasificar de acuerdo a estándares cuantitativos. Dentro de los principales factores responsables del deterioro de las frutas está su estado fisiológico, teniendo su origen en el propio fruto debido a su actividad metabólica, cambios físicos y químicos que sufren durante su desarrollo y maduración, específicamente el aguaymanto sin cáliz, resiste sin deterioro de calidad, el tratamiento en frío ya que de esta forma se lo

exporta, pero no hay estudios claros sobre el uso de empaques comerciales y su efecto en este producto por lo que la presente investigación pretende determinar la Influencia del estado de madurez en las características de color del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*) de la ciudad de Cajamarca.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 Planteamiento del Problema

*Physalis peruviana* es una fruta perteneciente a la familia de las solanáceas y al género *Physalis*. Esta planta es nativa de los Andes de América del Sur y produce fruta de color amarillo anaranjado con una baya jugosa comúnmente conocido como pasa dorada o aguaymanto (Fischer et al., 2014). El fruto está cubierto por una estructura fibrosa formada por cinco sépalos denominados cáliz, que es una envoltura que protege de forma natural al fruto durante su desarrollo y madurez, protegiéndolo de patógenos y condiciones climáticas externas (Giraldo et al., 2017). El cáliz de *P. peruviana* es un subproducto no comestible y representa el 5% del peso de la fruta fresca (Ballesteros-Vivas et al., 2019) . Colombia es el mayor productor del mundo, seguido de Sudáfrica (Bazana et al., 2019), países que exportan fruta a otros países como Holanda, Reino Unido, Alemania, Bélgica y Estados Unidos (Marchioretto et al. ., 2020 ; M.-L. Olivares-Tenorio et al., 2016). En Perú, el fruto de *P. peruviana* es un fruto emergente en exportación (Bustamante et al., 2016). Actualmente, el mercado requiere la comercialización de fruta sin cáliz, lo que reduce la vida útil de las frutas.

Según la literatura científica, en condiciones de almacenamiento a 12 ° C y 80% HR, el aguaymanto con cáliz tiene una vida útil de 24 días, y los frutos sin cáliz solo conservan su calidad poscosecha durante 11 días (Olivares-Tenorio et al., 2017). Para combatir todos los diferentes factores que causan daños a las frutas y preservar su calidad, se han utilizado múltiples métodos. Entre las tecnologías actualmente investigadas, destaca el uso de revestimientos comestibles (Torres-León et al., 2021, p.). Los recubrimientos comestibles se preparan a partir de polímeros renovables naturales como almidones, dextrina., celulosa, alginato , quitosano y

pectina, que presentan características deseables como biodegradabilidad, buen oxígeno y barreras de vapor (sin crear condiciones anaeróbicas severas para la fruta) (Yousuf et al., 2018).

La pectina se ha utilizado para la formulación de revestimientos comestibles; este polímero es biodegradable, no tóxico, biocompatible, soluble en agua y económico (Bustamante et al., 2016). Para mejorar las características tecnológicas de los recubrimientos comestibles, la incorporación de nanopartículas ha sido ampliamente investigada en los últimos años (Chávez-Magdaleno et al., 2018). La nanocelulosa tiene mayor cristalinidad, área de superficie específica, reactividad química superficial, resistencia mecánica, termoestabilidad y baja densidad que la celulosa (Chen et al., 2020).

Sin embargo, el agrietamiento de la fruta ha afectado drásticamente las tasas de producción de los cultivos. Se estima que entre el 10% y el 15% de la producción total del campo se ve afectada por el agrietamiento (Fischer, 2005) y ha provocado importantes pérdidas económicas para los agricultores. La preparación de productos procesados a partir de aguaymanto, como jugo y pulpa, permitirá la utilización de frutas partidas si mantienen su valor nutricional y propiedades organolépticas. Por lo tanto, es necesario caracterizar la maduración en base al color, para desarrollar métodos efectivos para controlar la oxidación y el pardeamiento durante el procesamiento. En este estudio, se realizó un análisis bioquímico detallado de la polifenol oxidasa de la uchuva para determinar sus parámetros cinéticos, las condiciones óptimas de reacción y la estabilidad térmica. Además, se investigaron los efectos de varios inhibidores naturales y sintéticos.

## 2.2 Formulación del Problema

¿Existirán cambios significativos en el color de acuerdo al espacio CIElab durante el proceso de maduración del aguaymanto (*Physalis peruviana*)?

## 2.3 Justificación de la Investigación

Los tres aspectos principales para la aceptación de un alimento son el color, sabor y textura, siendo el color la propiedad óptica más importante en los alimentos. Muchos colorimetristas opinan que el color es el más importante, puesto que, si un producto no tuviese una buena presencia colorimétrica, el consumidor no podría llegar nunca a juzgar los otros dos aspectos. La importancia del control colorimétrico en alimentos se debe, entre otros, al uso del color como índice de valor económico. Por ejemplo, la madurez óptima de los tomates está asociada con el desarrollo óptimo del color y del sabor. Puesto que es más fácil medir el color que el sabor, se utiliza el color como medida del valor de un lote. En los vegetales desempeñan dos funciones esenciales: son pigmentos accesorios del proceso de fotosíntesis y proporcionan foto-protección. El aguaymanto (*Physalis peruviana*) y los productos derivados del tomate son la mejor fuente de licopeno, y constituyen una fuente importante de carotenoides en la dieta humana. Los carotenoides son un conjunto de compuestos relacionados estructuralmente que proporcionan color en la naturaleza.

Además, utilizar envases de polietileno de baja y alta densidad, nos va permitir observar cambios durante el estado de maduración del aguaymanto (*Physalis peruviana*), a la vez esta investigación puede servir para la obtención de datos a futuro para referencia a próximas investigaciones relacionadas al tema.

## 2.4 OBJETIVOS

### Objetivo General

Determinar la Influencia del estado de madurez en las características de color y °Brix del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*).

### Objetivos Específicos

- Determinar la variación de Luminosidad L\*, valor a\* y b\* del sistema cromático CIELab, en el aguaymanto (*Physalis peruviana*), en función de la temperatura, tipo de empaque y estado de madurez.
- Analizar el cambio en los grados °Brix del aguaymanto (*Physalis peruviana*), en función de la temperatura, tipo de empaque y tiempo del estado de madurez.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Antecedentes de la Investigación

La Universidad de Costa Rica, en su Centro de Investigaciones Agronómicas se realizó el siguiente trabajo de investigación:

Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración (Padrón Pereira et al., 2012) quienes en el resumen afirman:

Se estudió la evolución del color de muestras de tomates durante la maduración a temperatura ambiente y otras en refrigeración, mediante Sistema de Visión Computarizada (SVC). El SVC lo constituye un escenario iluminado, una cámara digital CCD y un computador (Laptop) ambos calibrados. El procesamiento digital de las imágenes se llevó a cabo con el software Adobe® Photoshop® CS3 Extended, con los cuales generaron imágenes promediadas en coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . La relación  $a^*/b^*$  y las coordenadas polares  $c^*$  y  $h^\circ$ , que presentaron diferencias estadísticas significativas entre las muestras determinadas ( $p < 0,05$ ). (p.01).

Este trabajo de investigación tiene un aporte muy importante al haber encontrado una diferencia significativa en las muestras, al utilizar el sistema CIELab, lo cual también aplica en nuestra investigación, donde discutiremos y confrontaremos los resultados hallados.

En la Universidad de Costa Rica, se realizó también la investigación, denominada: Sistema de visión computarizada y herramientas de diseño gráfico para la obtención de imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas CIE- $L^*A^*B^*$  (Pereira, 2009). Para obtener imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas

CIE-L\*a\*b\* se realizó el montaje de un escenario de iluminación. Se seleccionó una cámara digital CCD y se establecieron condiciones para la captación de imágenes. Se determinó el color de 23 muestras de alimentos. Se emplearon técnicas de pre procesamiento, segmentación por regiones y promediado de imágenes, mediante el software Adobe® Photoshop® CS3 Extended y se compararon con un instrumento de referencia. Se determinó coincidencias y diferencias entre las imágenes obtenidas, las apreciaciones de los observadores y valores de coordenadas de color señaladas en la literatura en lo relativo a la luminosidad y el carácter negativo o positivo de las coordenadas a\* y b\*. El procedimiento utilizado permitió la obtención de imágenes de muestras de alimentos uniformes y no uniformes de colores claros y oscuros, promediadas en coordenadas CIE-L\*a\*b\*; presentó aplicaciones en la comparación de variaciones de color entre muestras distintas o no de un mismo alimento, en la evaluación de estados de maduración de cultivos, en la transformación de resultados de coordenadas de color de otros estudios a imágenes y puede ser implementado en la determinación de características físicas de calidad en muestras de alimentos.

La Universidad Nacional de Colombia con Sede Medellín, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias se desarrolló la investigación denominada: Colorimetría del Fruto de Café (*Coffea arabica L.*) durante su Desarrollo y Maduración (Herrera et al., 2011), quienes en su resumen refieren: Obtener estándares del color del fruto de café durante su desarrollo y maduración es necesario para diferentes procesos relacionados con la cosecha y poscosecha de este producto. Las coordenadas L\*, a\*, b\*, C\* y h\* en la representación de color CIELab y la reflectancia en el espectro visible (400 - 700 nm) fueron medidas

sobre tres diferentes puntos de la epidermis del fruto de *Coffea arabica*, var. Colombia. La medición se realizó cada siete días, desde 182 hasta 238 días después de la anthesis (DDA), utilizando un espectrofotómetro de esfera, con el objetivo de determinar cuantitativamente el color del fruto en diferentes estados de desarrollo. Los resultados obtenidos indican que los frutos de diferentes días de maduración presentan diferencias de color definidas por la luminosidad, las coordenadas cromáticas y la cantidad de luz reflejada por la superficie del epicarpio, dependiendo de la región del espectro visible analizada. A través de las coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $h^*$  y de varias longitudes de onda luminosa reflejadas se pueden diferenciar frutos de café de 31, 32, 33 y 34 semanas de desarrollo. El croma  $b^*$  no permite diferenciar los frutos pintones de los maduros. La saturación  $C^*$  puede discriminar algunos estados de desarrollo, pero no permite establecer diferencias entre los estados inmaduros. Las longitudes de onda 520, 570 y 580 nm. permiten discriminar significativamente nueve estados diferentes de desarrollo del fruto. El conocimiento de la colorimetría de los frutos de café puede ser usado para el diseño de sistemas de recolección y clasificación post-cosecha, y para la adecuada discriminación entre diferentes estados de desarrollo del fruto, los cuales están relacionados con la calidad de la bebida y con la productividad.

## 3.2. Bases Teóricas

### 3.2.1. Aguaymanto (*Physalis peruviana*)

*Physalis peruviana*, también conocida como uchuva en Colombia, uvilla en Ecuador, aguaymanto en Perú, topotopo en Venezuela y goldenberry en países de habla inglesa son algunos de los múltiples nombres de esta fruta en todo el mundo.

El nombre botánico de la planta es *P. peruviana* Linnaeus, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *Physalis*, existen más de 80 variedades que se pueden encontrar en el desierto. *P. peruviana* L. Es una planta herbácea, semi-arbustiva, erguida y perenne en zonas subtropicales, puede crecer hasta alcanzar los 0,6 a 0,9 m y en algunos casos puede llegar a los 1,8 m. La flor puede ser polinizada fácilmente por insectos, viento y también por autopolinización (Giraldo et al., 2017). El fruto es una baya jugosa con forma ovoide y un diámetro entre 1,25 a 2,50 cm, 4 y 10 g de peso, conteniendo en su interior alrededor de 100 a 200 semillas pequeñas, el fruto está protegido por el cáliz o cesta frutal que cubre por completo el fruto a lo largo de su desarrollo y maduración, protegiéndolo de insectos, aves, enfermedades y situaciones climáticas adversas. Además, esta estructura representa una fuente esencial de carbohidratos durante los primeros 20 días de crecimiento y desarrollo (Bazana et al., 2019).

*P. peruviana* L. es una planta nativa de la región de los Andes, que trasciende la historia de los períodos pre inca e inca, en toda América del Sur. Esta planta se ha mantenido intacta y sin cambios aparentes en la estructura de su germoplasma. El centro de origen según Legge en 1974 (Legge, 1974) fueron los Andes peruanos, pero según un estudio realizado

por los países pertenecientes a la Convención Andrés Bello en 1983, se identificó un área mayor como origen del fruto de *P. peruviana* L. incluyendo los Andes ecuatorianos.

*P. peruviana* L. puede crecer en un amplio rango de altitud desde los 3300 m sobre el nivel del mar. Puede soportar bajas temperaturas, pero sufrir daños irreparables por debajo de 0 ° C, su crecimiento se ve afectado si las temperaturas se mantienen por debajo de los 10 ° C. La temperatura óptima es de 18 ° C. Las temperaturas muy altas pueden afectar la floración y la fructificación, requiere alta luminosidad y debe protegerse del viento excesivo. Debe tener suficiente agua durante el crecimiento inicial, pero no durante la maduración del fruto. Es una planta con alto potencial, ya que crece en suelos pobres, pero bien drenados y con bajo requerimiento de fertilización. *P. peruviana* L. prospera mejor en suelos ligeramente ácidos, aunque tolera bien valores de pH entre 5,5 y 7,3 con buen contenido de materia orgánica y precipitaciones entre 1000 y 2000 mm. No tolera suelos arcillosos porque tiene raíces superficiales (Dong et al., 2019). El tiempo entre el inicio de la germinación y la primera cosecha es de aproximadamente nueve meses. La vida útil de la producción de la planta va de nueve a once meses desde el momento de la primera cosecha, ya que a partir de entonces tanto la productividad como la calidad de la fruta disminuyen (Tapia & Fries, 2007). La vida útil del fruto de *P. peruviana* L. con cáliz es de un mes mientras que sin cáliz es de 4 a 5 días aproximadamente.

*P. peruviana* L. ha sido clasificada en ecotipos o plantas de diferentes regiones o países, las cuales se diferencian por tamaño, color y sabor, forma del capullo y altura y tamaño de la planta. Actualmente se cultivan tres tipos

de *P. peruviana* L. procedente de Colombia, Kenia y Sudáfrica (Almanza y Espinosa, 1995). El tipo colombiano se caracteriza por frutos pequeños con un peso promedio de 5 g, con color más vivo y mayor contenido de azúcar en comparación con los ecotipos de Kenia y Sudáfrica, estas características lo hacen más apetecible a los mercados, además de otras características morfológicas tan diversas como el cáliz, el comportamiento poscosecha y el sabor (Toro et al., 2014).

### **3.2.2. El color y Escala CIELab.**

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa. Está afectado por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, fondo, superficie, brillo y temperatura. Se lo define entonces como una respuesta mental al estímulo que una radiación luminosa visible produce en la retina. Se considera un concepto psicofísico, relacionado al mismo tiempo con la psicología del observador, la fisiología de la visión y la energía radiante espectral de una fuente luminosa. dan una definición precisa del color percibido: “es el aspecto de la percepción visual por el cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos de visión del mismo tamaño, forma y estructura, causada por diferencias en la composición espectral de la radiación incidente, de la capacidad del objeto para transformarla y de la fisiología del observador”. No es por lo tanto una propiedad intrínseca del objeto que transmite o refleja la radiación luminosa, pues basta con cambiar la fuente para modificar el estímulo producido.

Depende de la distribución espectral de la radiación incidente, de la capacidad del objeto para transformarla y de la fisiología del observador. Es un atributo de apariencia de los productos; su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos. Diversas industrias miden el color de sus productos: la industria del papel, la textil, de colorantes y pinturas, construcción, automóviles, medicamentos y alimentos. En la industria alimentaria, el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros, como la capacidad de retención de agua en las carnes (CRA), cenizas en harinas, curado, oxidación o degradación de un producto, desverdización de cítricos (ICC), conservación en atmósferas controladas, tostación del café y clasificación de huevos de gallina en blancos o castaños, para satisfacción de la ama de casa .

El color es uno de los principales atributos que afectan la percepción del consumidor sobre la calidad de los alimentos. Varios pigmentos en los alimentos, medibles por instrumentación colorimétrica, poseen actividad biológica. El presente trabajo es una revisión de estudios que evaluaron los cambios de color (mediante los parámetros CIELAB) y el contenido de compuestos bioactivos, analizando estadísticamente su correlación en un amplio espectro de alimentos. Se hizo énfasis en la contribución de fenoles , carotenoides, clorofilas y betalaínas en las características de color de los alimentos durante diferentes condiciones de procesamiento y almacenamiento. CIELAB es un espacio de color uniforme (UCS) recomendado por CIE en 1976, y más tarde se publicó como una norma conjunta ISO / CIE. Un UCS está definido por el vocabulario internacional

de iluminación de CIE como un espacio de color en el que distancias iguales están destinadas a representar diferencias de color percibidas umbral o supraumbral de igual tamaño. Es uno de los espacios de color más utilizados. Las aplicaciones típicas incluyen la especificación de color y la evaluación de la diferencia de color. La primera consiste en describir un color en correlaciones perceptuales como la claridad, el croma y el tono, y trazar muestras para comprender sus relaciones. Este último se utiliza principalmente para el control de la calidad del color, como la configuración de la tolerancia del color, la constancia del color, el metamerismo y la reproducción del color (*Design and characterization of a photometer-colorimeter standard*, s. f.). El color es una cuestión de percepción y de interpretación subjetiva. Incluso si varias personas observan un mismo objeto (en este caso, una manzana), obtendrán referencias y experiencias distintas y expresarán absolutamente el mismo color con palabras completamente diferentes. La gran variedad de formas para expresar un color hace que la descripción de un color concreto a alguien resulte extraordinariamente difícil y vaga. Si describimos el color de una manzana a alguien como "rojo fuego", ¿podemos esperar que la persona en cuestión sea capaz de reproducir ese color de una forma exacta? La expresión verbal del color es muy complicada y difícil. Sin embargo, si hubiera un método estándar mediante el cual todos pudiéramos expresar y comprender los colores de un modo preciso, la comunicación de los colores sería mucho más sencilla, fácil y exacta. Dicha comunicación precisa de los colores eliminaría los problemas relacionados con el color.

El modelo de color Lab ha sido creado para servir como modelo de referencia. Por eso es crucial para darse cuenta de que las representaciones visuales nunca son exactas. Las palabras para expresar los colores han ido cambiando con los tiempos. Si consideramos el rojo, por ejemplo, estaríamos hablando de "bermellón", "cinabrio", "carmesí", "rosa", "fresa" o "escarlata", por mencionar tan sólo algunos términos. Éstos se llaman nombres de colores "comunes". El análisis de la condición del color y la adición de adjetivos, como pueden ser "claro", "apagado" y "profundo", nos permiten describir el color de una forma un poco más precisa. Los términos como, por ejemplo, "rojo claro" utilizados por el hombre de la portada se denominan nombres de colores sistemáticos. Aunque existe una gran variedad de modos para describir el color, las diferentes personas que oigan "carmesí" o "rojo claro" seguirán interpretando dichas expresiones de formas diferentes. Por consiguiente, la expresión verbal de los colores sigue sin ser lo bastante precisa.

El color puede definirse y medirse por comparación con un patrón que se acepta como referencia, o a través de la medición instrumental de las partes constituyentes de ese color, como cantidades relativas de cada longitud de onda que, sumadas, producen el color, este se considera como un fenómeno de la superficie de un objeto opaco. La superficie de la carne roja refleja la luz en muchos ángulos, creando una reflectancia difusa de varias longitudes de onda, que son funciones de color del objeto. Es debido a la reflectancia difusa de varias longitudes de onda, que son funciones del color del objeto.

Uno de los retos a los que se enfrentan los científicos de las industrias alimentaria y farmacéutica es minimizar los efectos del tratamiento industrial

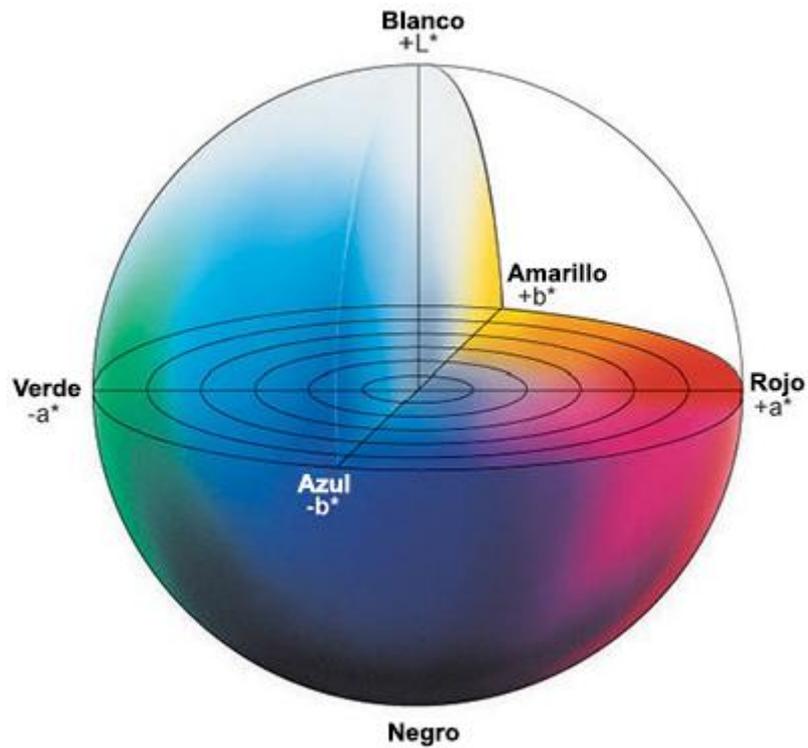
sobre los nutrientes durante el procesamiento y el almacenamiento. En este contexto, un control de calidad de los alimentos durante los procesos a bajo costo es fundamental para atender esta demanda actual. Las metodologías habituales para analizar compuestos bioactivos implican cromatografía y/o reacciones químicas, lo que las vuelve laboriosas, lentas, destructivas, costosas y, en consecuencia, no interesantes para aplicaciones industriales. Por lo tanto, el desarrollo de métodos alternativos para una aplicación de control de calidad en línea es de sumo interés. Las características de color generalmente se pueden recuperar de diferentes espacios de color, como RGB (rojo, verde, azul) y HSI (tono, saturación, intensidad) utilizando métodos estadísticos, lo que permite la evaluación de los parámetros en un período de tiempo muy corto (Sant'Anna et al., 2013).

Entre los diferentes espacios de color existentes (por ejemplo, CIEXYZ, CIEUVW, CIELUV), el CIELAB se utiliza actualmente y se recomienda para la mayoría de las aplicaciones industriales, en particular para alimentos, porque cubre uniformemente todo el espectro visible del ojo humano. Los parámetros de color relacionados con el espacio CIELAB se resumen en la esfera CIELAB de la Fig. 1. Dentro del espacio CIELAB se definen un índice psicométrico de luminosidad ( $L^*$ ) y dos coordenadas de color ( $a^*$  y  $b^*$ ). El índice  $L^*$  *está relacionado con la luminosidad*; De acuerdo con esta propiedad, cada color puede ser considerado como equivalente a un miembro de la escala de grises, es decir, entre el negro ( $L^* = 0$ ) y el blanco ( $L^* = 100$ ). La coordenada  $a^*$  tiene valores negativos para colores verdosos y valores positivos para colores rojizos. La coordenada  $b^*$  tiene valores positivos para colores amarillentos y valores

negativos para colores azulados. Además, los valores de la diferencia de color total ( $\Delta E^*$ ), el croma ( $C^*$ ) y el tono ( $h$ ) brindan información valiosa.

**Figura 1.**

*Esfera Cielab.*



**Nota.** En las ecuaciones siguientes se muestra las coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$ , así como también la Luminosidad ( $L^*$ ), la Tonalidad ( $h^*$ ) y la Saturación ( $C^*$ ).

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h^* = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right)$$

En que,

C: Saturación;

$h^*$ : Ángulo de tinta o tonalidad;

$a^*$ : Coordenada colorimétrica del eje verde al rojo;

$b^*$ : Coordenada colorimétrica del eje azul al amarillo.

### 3.2.3. Envases de Polietileno

De acuerdo a (Emblem, 2012) El polietileno de baja densidad (Low Density Polyethylene LDPE) es un copolímero de etileno y otros alquenos como el buteno, el hexeno o el octeno. Esto da como resultado una disposición de cadenas esencialmente lineal, con el comonomero (es decir, el buteno, el hexeno o el octeno) formando cadenas regulares cortas en el esqueleto de carbono principal.

Alrededor del 70% de todo el LDPE se utiliza como película. Esto incluye empaques secundarios y terciarios, como películas estirables para paletas, film retráctil para paletas, así como empaques primarios, como sacos, bolsas de compras para minoristas, bolsas para productos agrícolas y bolsas para alimentos congelados. Los fabricantes de películas ahora usan mezclas de LDPE para estas aplicaciones, la inclusión de este último ofrece oportunidades para aumentar la resistencia y disminuir el calibre y, por lo tanto, el consumo de LDPE está aumentando.

Los grados de LDPE catalizados con metaloceno ahora también están disponibles, ofrecen alta resistencia a la perforación y buena claridad, y están encontrando una aplicación particular en el extremo de alto rendimiento del mercado de películas estirables para paletas, especialmente para máquinas de preestirado. La mayoría de las películas estirables se producen mediante el proceso de fundición. La elección del comonomero en LDPE depende del rendimiento requerido; El octeno y el hexeno ofrecen una resistencia superior, pero son más caros que el LDPE de buteno, por lo que se utilizan para aplicaciones más exigentes.

La película retráctil de intercalación para paquetes secundarios utiliza mezclas de LDPE, así como coextrusiones para impartir características de deslizamiento específicas y, por lo tanto, garantizar la estabilidad de una carga paletizada. Si la transparencia es un factor importante, por ejemplo, para paquetes de colación de botellas de agua mineral y refrescos que se venden directamente al consumidor, los grados de metaloceno son adecuados y ofrecen oportunidades para reducir significativamente el calibre sin pérdida de resistencia.

La película de envoltura retráctil para paletas utiliza principalmente LDPE, que se puede mezclar con LDPE para mejorar la resistencia y reducir el calibre. En Europa, el enfardado de palés es mucho más común, ya que este último requiere una mayor inversión de capital y es más caro por palé debido a la cantidad de película utilizada y la necesidad de energía en forma de calor. Sin embargo, hay algunas aplicaciones específicas en las que sigue siendo la opción óptima, por ejemplo, para asegurar cargas pesadas, como botellas de vidrio en tránsito desde el productor hasta el envasador/llenador, o para proporcionar una buena protección contra la contaminación por polvo para hojas de papel/cartón paletizadas en tránsito. desde la fábrica de papel hasta la impresora/convertidora.

Otra aplicación de la película LDPE/LLDPE en el embalaje secundario/terciario es la de las fundas estirables para palets. El encapuchado estirable utiliza una película altamente elástica para formar una cubierta que se estira sobre la carga paletizada y se tira hacia abajo para asegurarla en el palet. No requiere calor (a diferencia de la envoltura retráctil de paletas) y es un proceso más rápido que la envoltura estirable. Las películas suelen ser

coextrusiones que incluyen copolímeros y elastómeros de EVA (etileno acetato de vinilo) .

Los sacos de plástico se utilizan principalmente en el mercado de la horticultura (para compost, etc.) y para productos químicos, fertilizantes, materiales de construcción y alimentación animal. El LDPE se usa ampliamente, a menudo mezclado con LDPE para resistencia a la perforación, y MDPE (polietileno de densidad media) para mayor rigidez para ayudar al rendimiento en la línea de llenado. Las coextrusiones se utilizan para impartir los niveles requeridos de deslizamiento y características de termosellado.

Aparte de los usos de la película, tanto el LDPE se utilizan como revestimientos termosellados, extruidos sobre papel, cartón, otras películas plásticas y papel de aluminio, así como para laminación. Un mercado importante es el de los envases de cartón para líquidos. Los usos de empaque rígido de LDPE incluyen botellas pequeñas y comprimibles, tubos, cierres a presión y a presión.

Asimismo (Serranti & Bonifazi, 2019) define al polietileno de baja densidad, tiene un buen equilibrio entre flexibilidad, resistencia, propiedades de barrera y costo, y puede tener una amplia combinación de propiedades. El polietileno de baja densidad tiene una gran transparencia, es químicamente inerte y tiene buena resistencia al impacto y excelente resistencia al desgarro y al agrietamiento por tensión.

El polietileno de alta densidad (HDPE) suele ser translúcido y menos flexible que el LDPE. Debido a su mayor cristalinidad, tiene mejor resistencia química, rigidez y resistencia que el LDPE. Quirúrgico y los instrumentos médicos utilizan la gran mayoría de HDPE. Al igual que el LDPE,

el HDPE exhibe buena resistencia química y al agrietamiento por tensión, resistencia a la radiación y resistencia al impacto. El polietileno de alta densidad (HDPE) se usa ampliamente en tubos médicos, donde su bajo costo, baja fricción, resistencia química y fácil moldeabilidad lo convierten en un fuerte competidor del PVC. Otro mercado de HDPE son los cierres farmacéuticos.

**Tabla 1.**

*Comparación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de polietileno de baja y alta densidad*

<b>Propiedad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Baja densidad LDPE</b>	<b>Alta densidad HDPE</b>
Peso molecular	kg/mol	≤600	200–500
Densidad	g/cc	0,91–0,93	0,94–0,97
Punto de fusión	°C	100–110	130–135
Temperatura de transición del vidrio	°C	–110	–90
HDT a 0,46 MPa o 66 psi	°C	40–50	80–90
HDT a 1,8 MPa o 264 psi	°C	30–40	38–50
Resistencia a la tracción	MPa	8–15	18–30
Alargamiento @ rotura	%	90–800	20–500
Módulo de flexión	GPa	0.25	0,8–1,25
Resistencia al impacto, con muescas	J/m	Sin descanso	50–100
Dureza superficial		SD48	SD68
% Cristalinidad	%	40%–50%	60%–80%

*Fuente.* Datos obtenidos de (Sastri, 2022).

### **3.2.4. Calidad en frutas**

Las frutas frescas se promocionan universalmente como productos saludables. La fruta no solo tiene un sabor delicioso con grandes aromas y sabores ricos, sino que también proporciona vitaminas, fibra dietética, polifenoles, flavonoides y elementos minerales esenciales, etc. la fruta se descarta antes de llegar al consumidor tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. En el control de calidad y conservación poscosecha, el etileno, que es una fitohormona gaseosa invisible, incolora e inodora, juega un papel crucial en el crecimiento, desarrollo y almacenamiento de la fruta en concentraciones de ppm o incluso ppb (Plazzotta et al., 2017).

Muchos factores pueden conducir a la pérdida de estabilidad y calidad en las frutas y hortalizas, de ahí el uso común del término "productos perecederos". Algunos factores son las consecuencias de que las frutas y hortalizas frescas y cortadas sean tejidos vivos que muestren una respuesta fisiológica a la recolección o a los procedimientos mínimos de procesamiento, así como a la manipulación y los tratamientos posteriores al procesamiento y, en última instancia, al entorno de envasado en el que están encerrados (Sousa Gallagher & Mahajan, 2011). Una vez separadas de la planta madre, las frutas y hortalizas se ven privadas de su fuente de agua, nutrientes y hormonas antisenescencia, y los factores normales como la respiración y la transpiración finalmente conducen a la senescencia y la pérdida de peso del producto. El crecimiento de patógenos o el daño físico causará una disminución en la calidad de las frutas y hortalizas que se muestra a través de su apariencia, lo que también estimula la senescencia. La fisiología intrínseca, la calidad y el crecimiento microbiano en las frutas y hortalizas influirán en la respuesta al

procesamiento y envasado mínimos y, por lo tanto, deben tenerse en cuenta. Varios estudios han indicado que la protección contra daños mecánicos e infecciones microbianas mantiene las Frutas y Verduras en buenas condiciones; sin embargo, no aumenta considerablemente la vida útil. Esto se debe a los procesos metabólicos de las frutas y hortalizas, que continúan incluso después de la cosecha. Se considera que la respiración es el importante proceso catabólico, que conduce a las frutas y hortalizas a la maduración natural, la senescencia y el posterior deterioro. La composición de la atmósfera de almacenamiento del producto fresco afecta significativamente su vida útil. El envasado en atmósfera controlada (CA) y atmósfera modificada (MAP) junto con el almacenamiento en frío exhiben una conservación eficaz de la fruta fresca, disminuyendo su actividad metabólica y alargando la vida útil (Falagán & Terry, 2018).

Las frutas y hortalizas cosechadas pierden rápidamente agua de sus superficies en un proceso conocido como transpiración. La transpiración es un componente principal de la pérdida de peso en las frutas y hortalizas y su textura se ve afectada negativamente por la pérdida excesiva de agua, lo que hace que el producto no sea comercializable.

La pérdida de agua en frutas y hortalizas está determinada por muchos factores, siendo probablemente el más importante la resistencia de la cutícula externa (periderma) a la transpiración. Los órganos de la planta están cubiertos con tejidos especializados, que sirven para proteger a la planta del ataque de insectos y patógenos, lesiones físicas y pérdida excesiva de agua.

Los productos varían en el porcentaje de agua que se puede perder antes de que la calidad se reduzca notablemente. Una pérdida de peso del

5±10 % provocará un marchitamiento y un arrugamiento significativos, una textura y un sabor deficientes. Sin embargo, pelar y cortar da como resultado la reducción o eliminación de la resistencia de estas barreras a la transpiración. La velocidad de la pérdida de agua poscosecha depende principalmente del déficit de presión de vapor externo; sin embargo, otros factores influirán en la situación. La pérdida de humedad ocurre rápidamente en un ambiente cálido y seco, especialmente entre los productos dañados, y se ve afectada por las características de los productos básicos, como la relación entre el área superficial y el volumen, la presencia de sustancias cerosas en la piel, la sensibilidad de la piel y la presencia de protuberancias en la piel, superficie. Dos aspectos son importantes para la pérdida de agua: la reducción del volumen del tejido (es decir, el aumento de la relación entre el área superficial y el volumen) y la eliminación de los tejidos protectores de la peridermis. Ambos mecanismos provocan un aumento en la pérdida de agua, como lo demuestra el hecho de que el corte de kiwi en rodajas aumenta las tasas de pérdida de agua, y la posterior eliminación de la cáscara de las rodajas da como resultado un mayor aumento en la pérdida de peso. El método de pelado de las zanahorias influye en la pérdida de agua de las rodajas frescas procesadas posteriormente. El pelado por abrasión gruesa da como resultado una pérdida de peso tres veces mayor en las rodajas envasadas en comparación con las rodajas hechas con zanahorias peladas a mano. El proceso de rebanado también puede influir en la pérdida de agua, ya que los productos rebanados a máquina pierden agua un 30 % más rápido que las zanahorias rebanadas manualmente (Falagán & Terry, 2018).

#### **3.2.4.1. *Prolongación de la vida útil de frutas y verduras***

Los procesos biológicos básicos como la respiración, la transpiración y las transformaciones bioquímicas continúan después de la cosecha. Sin embargo, estos procesos pueden alterarse mediante la manipulación de diferentes factores, como la temperatura, la humedad relativa (HR) y la concentración de gases biológicamente activos, como el vapor de agua, el O<sub>2</sub>, el CO<sub>2</sub> y el etileno en las frutas y hortalizas frescas. Más allá de ciertos límites, especialmente la composición de la atmósfera del gas, y dependiendo de la etapa de desarrollo del producto, pueden desarrollarse trastornos fisiológicos que afecten negativamente la apariencia, el sabor y el valor nutricional.

Temperatura. La refrigeración domina como la más fundamental de todas las tecnologías poscosecha. Las frutas y hortalizas deben almacenarse por encima de las temperaturas críticas a las que muestran síntomas de daño por frío. Muchas frutas y hortalizas se benefician del enfriamiento rápido inmediatamente después de la cosecha. El enfriamiento previo para eliminar el calor del campo lo más rápido posible después de la cosecha es esencial para reducir la tasa de deterioro de los productos altamente perecederos. Las bajas temperaturas ralentizan los procesos metabólicos como la respiración y la transpiración y retrasan el desarrollo de enfermedades poscosecha al inhibir la maduración del huésped, prolongar la resistencia a enfermedades asociadas con la inmadurez e inhibir directamente el patógeno a temperaturas desfavorables para su desarrollo (Sousa Gallagher & Mahajan, 2011).

La vida útil/almacenamiento de los productos frescos se prolonga considerablemente si la respiración se puede ralentizar mediante la

refrigeración. En varias publicaciones (Brasil & Siddiqui, 2018) se proporcionan listas de condiciones de almacenamiento recomendadas para una amplia gama de frutas y hortalizas.

Después del pre enfriamiento, es importante que se mantenga la cadena de frío, durante toda la vida del producto. Esto significa que la refrigeración debe tener lugar durante el transporte y el almacenamiento, y preferiblemente mantenerse durante la venta al por menor y en el hogar del consumidor. Por lo general, los contenedores terrestres y marítimos están refrigerados, al igual que las unidades de almacenamiento en los exportadores, importadores y centros de distribución minorista. La carga aérea rara vez se enfría y depende de un enfriamiento previo adecuado, un buen aislamiento del paquete y la velocidad del transporte para mantener una calidad adecuada. La cadena de refrigeración tiende a romperse en las tiendas minoristas donde las frutas y hortalizas rara vez se exhiben en las secciones refrigeradas, a excepción de las frutas y hortalizas recién cortadas (Weibel & Alföldi, 2007).

El método elegido para el enfriamiento está determinado en gran medida por el tipo de producto en cuestión y la relación costo-beneficio. Estos métodos incluyen el enfriamiento por aire forzado y en la habitación, el hidrogenfriamiento y el enfriamiento con hielo y vacío. La elección del método de pre enfriamiento depende de las necesidades de enfriamiento y la idoneidad de un producto básico, el tipo de material de empaque utilizado para el producto, el tipo de mercado y sistema de mercadeo, y consideraciones económicas y de otro tipo (Brasil & Siddiqui, 2018).

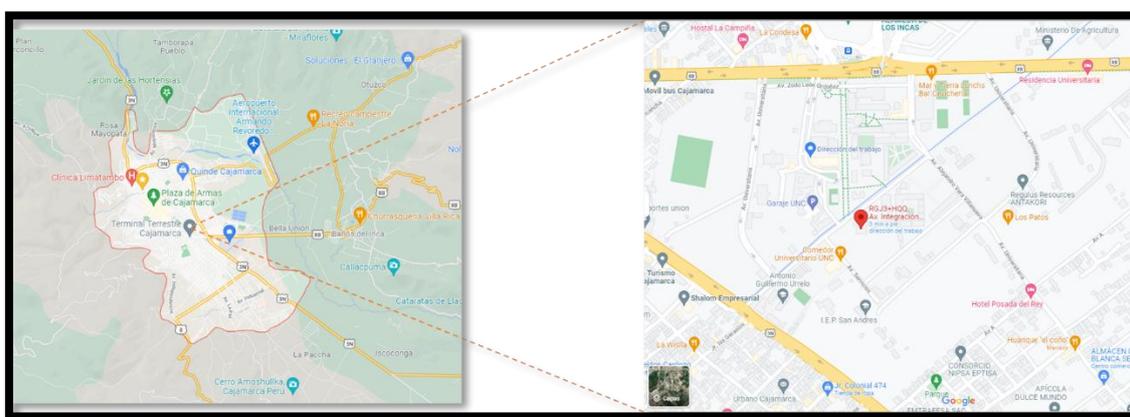
## IV. METODOLOGÍA

### 4.1. Localización de la Investigación

El trabajo se realizó en la ciudad de Cajamarca, en el laboratorio de Fermentaciones Industriales de la E.A.P. de Ingeniería de Industrias alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

**Figura 2.**

*Mapa de Ubicación.*



*Nota.* La figura muestra el mapa de ubicación donde se realizó la investigación. Fuente: Google Maps (2022)

### 4.2. Materia prima

Los frutos frescos de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) se obtuvieron de productores locales ubicados en Cajamarca. Los frutos se compraron al proveedor por la mañana para conservar la turgencia y evitar aumentos de temperatura. Inicialmente, en todas las muestras se eliminó el cáliz y se seleccionaron frutos de maduración intermedia y sin evidencia visible de daño, pudrición microbiana o cualquier deterioro. A continuación, los frutos se limpiaron y desinfectaron en recipientes de 0,1 g kg<sup>-1</sup> solución de hipoclorito de sodio durante 60 s y lavado con agua dulce. Finalmente, las muestras se dejaron durante 2 h a temperatura ambiente para eliminar el agua superficial.

### **4.3. Materiales, Equipos e Instrumentos**

- Refrigeradoras
- Colador
- Termómetro
- Mesa de acero
- Bolsas de polietileno de alta y baja densidad
- Selladora
- Tazones
- Refractómetro
- Colorímetro
- Tijera
- Mortero
- Lapicero
- Hojas de apunte
- Marcador permanente
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Materiales de limpieza

### **4.4. Factores, Variables (Independiente y Dependiente), Niveles y Tratamientos en Estudio**

A continuación, en la Tabla 2 se describe los factores asociados a las variables independientes:

**Tabla 2.***Factores, variables, niveles y tratamientos en estudio.*

	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>
	Temperatura	8, 14 y 20	°C
Variable Independiente	Estado de madurez	Tiempo (1 -8)	días
	Tipo de empaque	Polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad	Densidad
Variable Dependiente	°Brix	Solidos solubles	%
	Luminosidad (L)	Color instrumental	L*
	Espacio Cielab - a	Color instrumental	a*
	Espacio Cielab - b	Color instrumental	b*

*Nota.* Elaboración propia para la realización de la investigación

#### **4.4.1. Variable Independiente**

##### **4.4.1.1. Temperatura (8°C - 14°C - 20°C)**

Para esta investigación se trabajó con las Temperaturas de Refrigeración de 8°C y 14°C, cada temperatura con muestras testigos, muestras envasadas en empaques de polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad, también se trabajó a Temperatura ambiente de 20°C, con su respectiva muestra testigo, una muestra envasado en empaque de polietileno de baja densidad y otra muestra envasado en empaque de polietileno de alta densidad, las muestras se refieren al aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).

#### **4.4.1.2. Estado de Madurez**

Durante los días que se realizó las pruebas de cada muestra de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), se pudo observar los cambios enzimáticos mediante los factores de las diferentes temperaturas, sea en frío o calor en la cual se observó los cambios de color de piel del fruto y también por el uso de empaques de polietileno de baja y alta densidad.

#### **4.4.1.3. Tipo de Empaque**

Los empaques utilizados en esta investigación son, polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad, la cual para sellar dichos empaques se utilizó una selladora de plásticos.

### **4.4.2. Variable Dependiente**

#### **4.4.2.1. °Brix**

La obtención de datos de los °Brix de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), se realizó mediante el Brixómetro, por lo cual con el reflejo de la luz se puede observar la cantidad de Sólidos Solubles que contiene dicho fruto.

#### **4.4.2.2. Luminosidad (L\*)**

Los datos obtenidos de la Luminosidad (L\*) se obtuvo mediante el uso del Refractómetro, la cual nos mostraba datos correspondientes en una pantalla de cada una de las muestras de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).

#### **4.4.2.3. Espacio Cielab – a\***

Los datos obtenidos de la Coordenada a\*, se obtuvo mediante el uso del Refractómetro, la cual nos mostraba datos correspondientes

en una pantalla de cada una de las muestras de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).

#### **4.4.2.4. Espacio Cielab – b\***

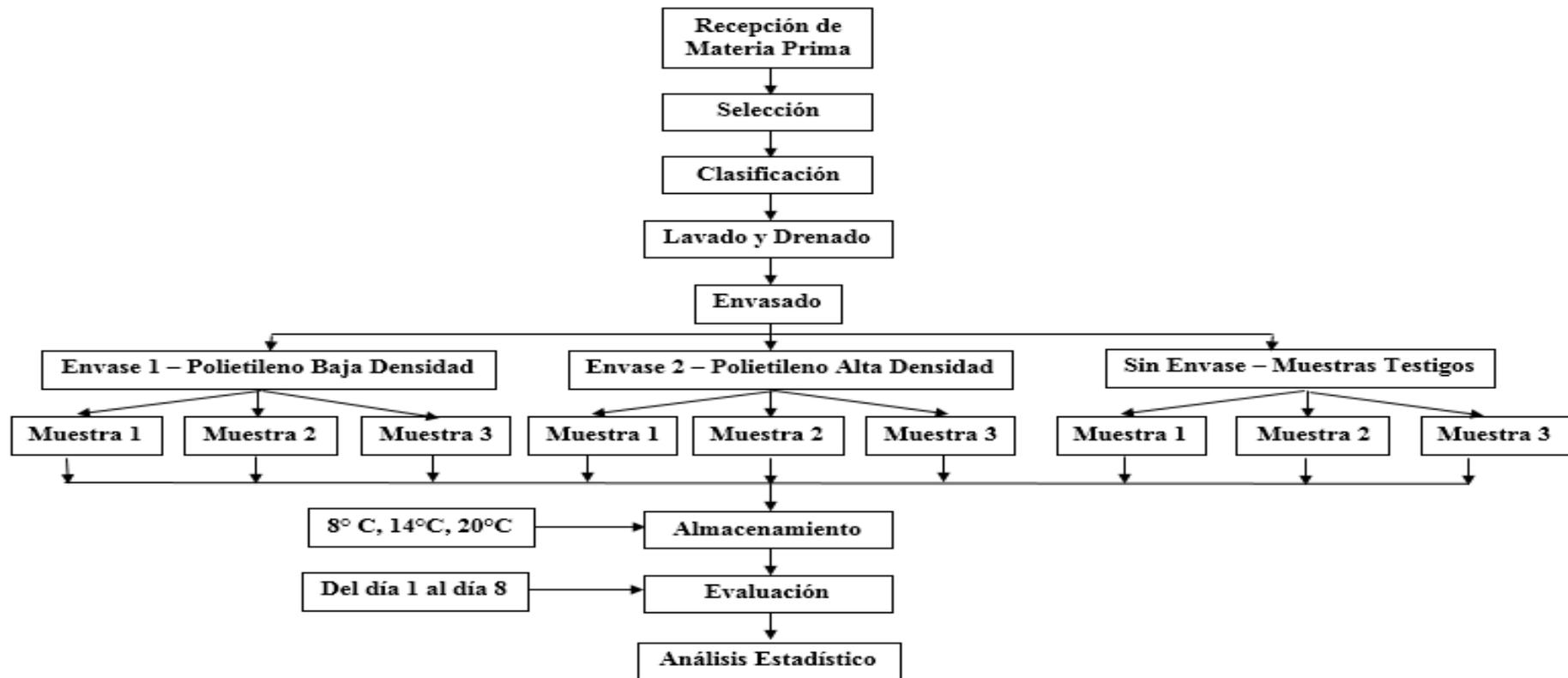
Los datos obtenidos de la Coordenada b\*, se obtuvo mediante el uso del Refractómetro, la cual nos mostraba datos correspondientes en una pantalla de cada una de las muestras de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).

En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo para llevar a cabo el proceso experimental de la tesis.

La presente investigación parte desde la recepción de la materia prima, luego una selección para eliminar los aguaymantos en mal estado, posteriormente se realizará el lavado para eliminar partículas en la superficie del fruto. Una vez limpio se procede a la etapa de desinfección para eliminar microorganismos presentes en el fruto y eliminación del agua con un drenado, seguidamente el envasado y almacenamiento. Se detalla a continuación los pasos:

**Figura 3.**

*Diagrama de flujo del experimento.*



*Nota.* La figura muestra el Diagrama de Flujo de la cual se elaboró mediante los procesos que se realizan en el año 2022.

## **Recepción de Materia Prima**

La recepción es la operación donde se registra la procedencia de la materia prima, tiempo de cosecha y proveedor. Así mismo la cantidad de aguaymanto que se evaluará.

## **Selección**

En esta operación se eliminará los aguaymantos que no están aptos a ser evaluados en la investigación; donde se retiran los aguaymantos maduros, picados o que tengan otros daños físicos como golpes o ralladuras.

## **Clasificación**

Esta operación es muy importante para identificar a la materia prima por sus características físicas, como son los °Brix, la acidez titulable y el estado de madurez, etc.

## **Lavado y Drenado**

El Lavado y Drenado es la operación que tiene como fin reducir la carga microbiana de la superficie de los aguaymantos, empleando una concentración de 20 ppm de Hipoclorito de Sodio, por un tiempo de 30 segundos, a 5 °C de temperatura.

## **Envasado**

Para este proceso se clasificó en 3 grupos respectivamente, de las cuales son:

- Envase 1 - Polietileno de Baja Densidad: se clasificó en 3 muestras
- Envase 2 - Polietileno de Alta Densidad: se clasificó en 3 muestras

- Sin Envase – Muestras Testigos: se clasificó en 3 muestras.

Obteniendo 9 muestras en total para el análisis y comprobación del cambio del color en el estado de madurez del aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).

### **Almacenamiento**

Para la operación de almacenamiento, se trabaja en tres 3 temperaturas, las cuales en Refrigeración son 8°C y 14°C, y en Temperatura Ambiente de 20°C, clasificados de la siguiente manera:

- Almacenado a 8°C:
  - 1° Envase 1 Polietileno Baja Densidad – Muestra 1
  - 2° Envase 2 Polietileno Alta Densidad – Muestra 1
  - 3° Sin Envase Muestra testigo – Muestra 1
- Almacenado a 14°C:
  - 1° Envase 1 Polietileno Baja Densidad – Muestra 2
  - 2° Envase 2 Polietileno Alta Densidad – Muestra 2
  - 3° Sin Envase Muestra testigo – Muestra 2
- Almacenado a 20°C:
  - 1° Envase 1 Polietileno Baja Densidad – Muestra 3
  - 2° Envase 2 Polietileno Alta Densidad – Muestra 3
  - 3° Sin Envase Muestra testigo – Muestra 3

Se observa los diferentes cambios del color de la piel en las diferentes muestras de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), además de variar los °Brix y las características enzimáticas.

## **Evaluación**

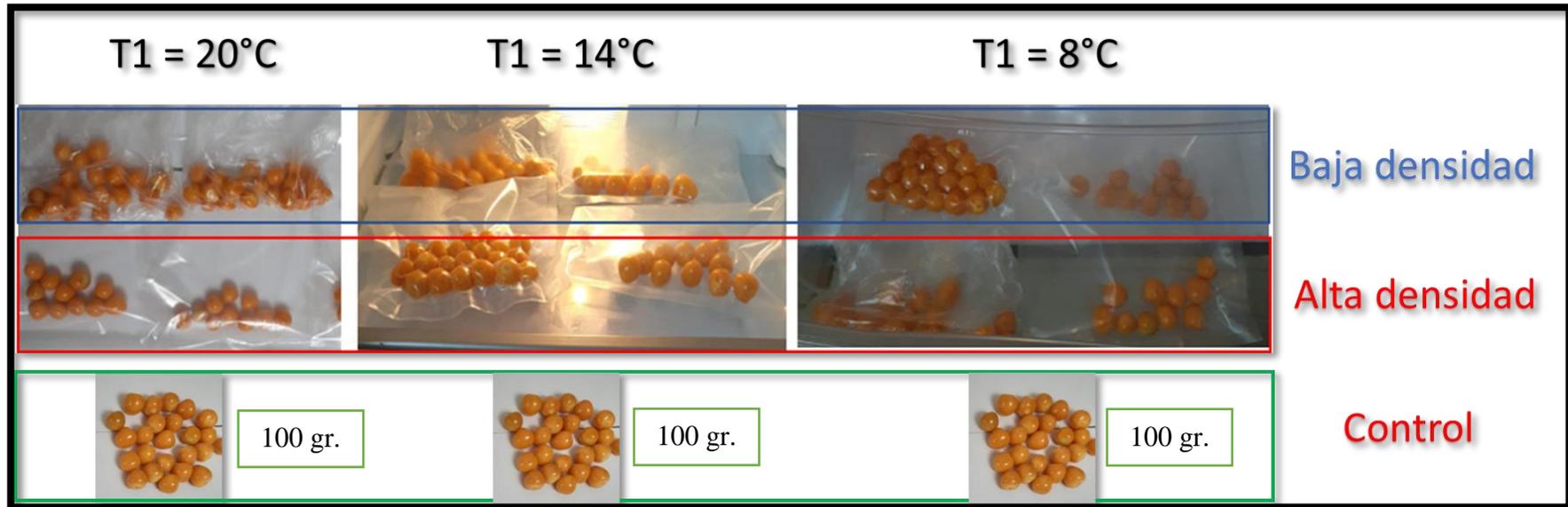
En este proceso, se evaluó desde el día 1 al día 8, en las diferentes temperaturas y con sus envases respectivos, midiendo los °Brix, obteniendo su colorimetría, de la cual se obtuvo datos diarios y comprobar los cambios respectivos que van sufriendo cada día, para luego ser registrados y analizados para así obtener nuestra fuente información.

## **Análisis Estadístico**

Para este proceso se necesitó los datos obtenidos en la Evaluación, de la cual se registró toda la información trabajada durante el periodo de investigación, estos datos pasan por un programa estadístico en la cual nos representa mediante gráficas y poder leerlo de manera más acertada para nuestros resultados.

**Figura 4.**

*Imágenes de tratamiento*



*Nota.* La figura muestra las imágenes de las muestras analizadas en diferentes temperaturas y en sus envases respectivos y las muestras al aire libre analizadas en el año 2022.

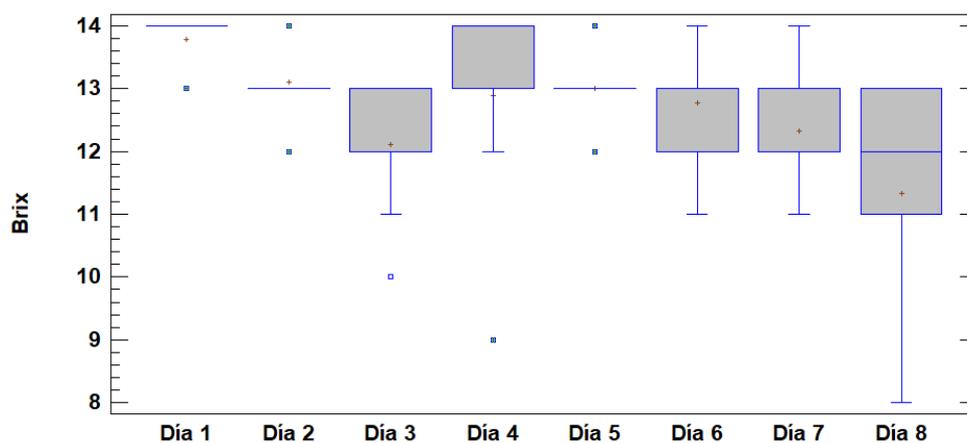
## V. RESULTADOS

### 5.1. °Brix y características de color Cielab en base al tiempo.

En la figura 5, 6, 7 y 8 se observa la evolución del °Brix y de las variables de color L\*, a\* y b\* donde se observa claramente el cambio en base al tiempo.

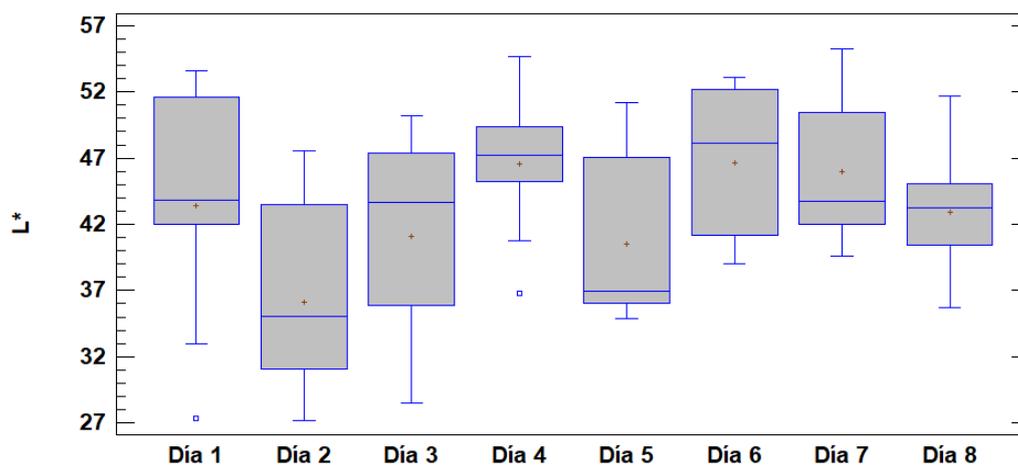
**Figura 5.**

*Efecto del tiempo sobre el °Brix.*



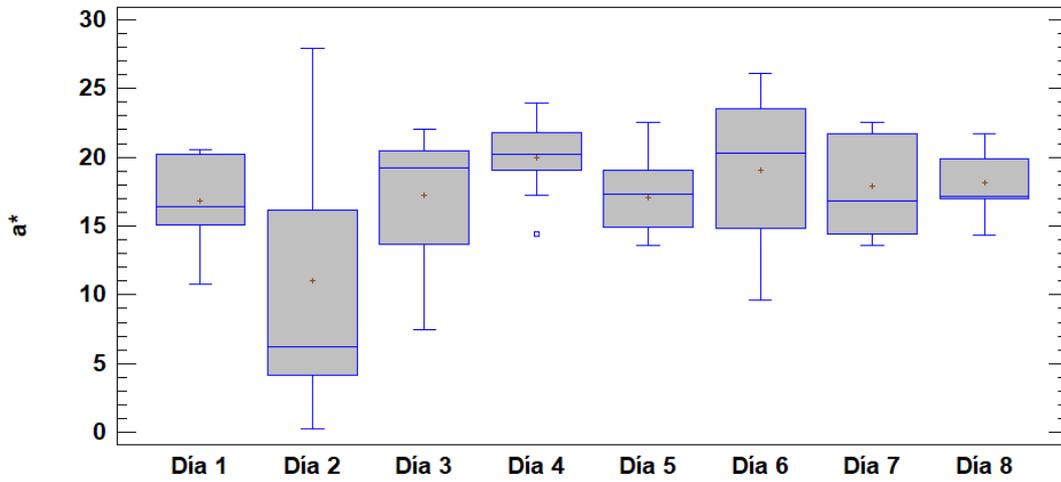
**Figura 6.**

*Efecto del tiempo sobre L\*.*



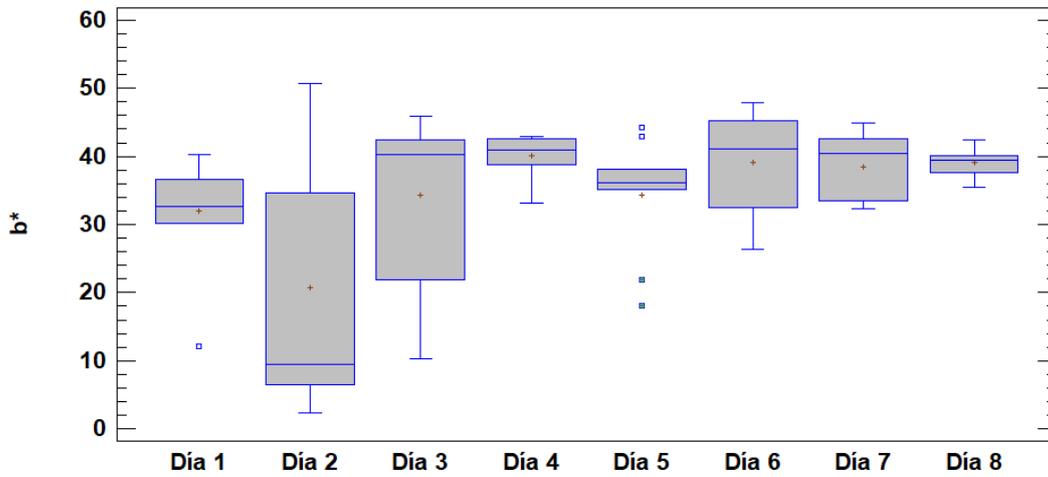
**Figura 7.**

*Efecto del tiempo sobre a\*.*



**Figura 8.**

*Efecto del tiempo sobre b\*.*



*Nota.* Con respecto a las variables de °Brix,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en base a la prueba de comparación múltiple (Tukey) se encontró un valor de  $p < 0.05$  para todas las variables, encontrándose que a partir del día 4, se generan los primeros cambios para todas las muestras.

## 5.2. Efecto del Tiempo y empaques sobre °Brix y escala Cielab

La tabla 3 muestra el ANOVA de los efectos de la Temperatura, tipo de empaque y tiempo sobre el °Brix de los aguaymantos evaluados, donde las variables de tiempo obtuvieron el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del °Brix.

**Tabla 3.**

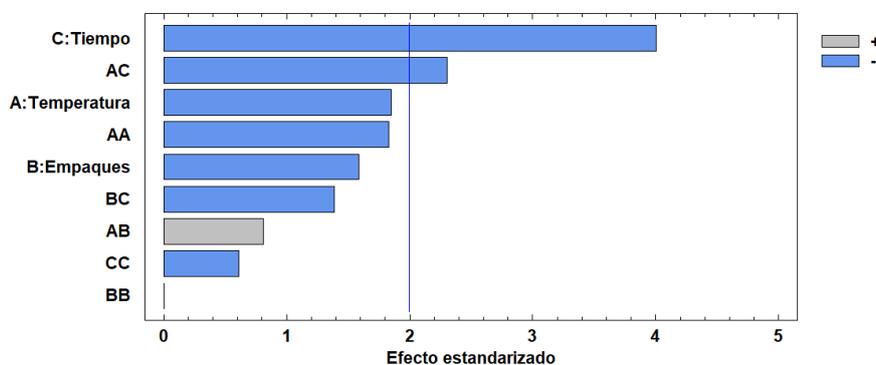
*ANOVA para °Brix*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	4.08333	1	4.08333	3.42	0.0690
B:Empaque	3.0	1	3.0	2.52	0.1178
C:Tiempo	19.1138	1	19.1138	16.03	0.0002
AA	4.0	1	4.0	3.35	0.0718
AB	0.78125	1	0.78125	0.66	0.4214
AC	6.34921	1	6.34921	5.32	0.0244
BB	0.0	1	0.0	0.00	1.0000
BC	2.28571	1	2.28571	1.92	0.1712
CC	0.44709	1	0.44709	0.37	0.5426
Error total	73.9396	62	1.19257		
Total (corr.)	114.0	71			

*Nota.* Datos obtenidos del ANOVA

**Figura 9.**

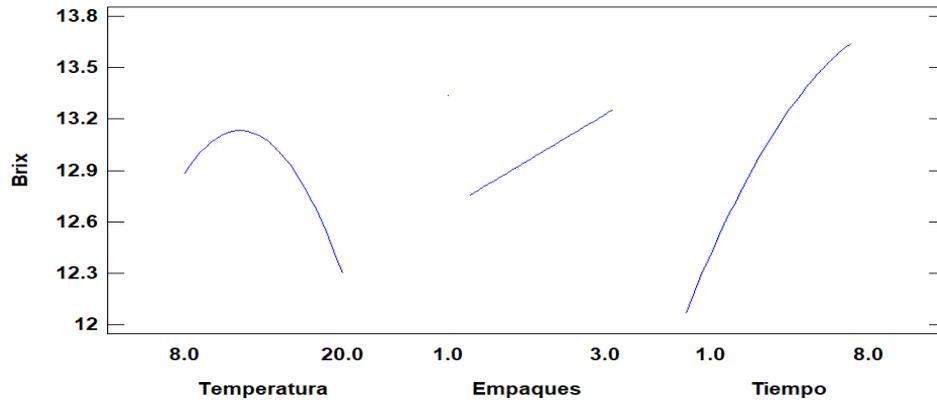
*Pareto de efectos para °Brix.*



*Nota.* Asimismo, la Figura 9, muestra que el tiempo es el que tiene un mayor efecto positivo sobre el cambio del °Brix, también muestra que la sinergia entre tiempo y empaque puede generar este tipo de cambios significativos sobre esta variable.

**Figura 10.**

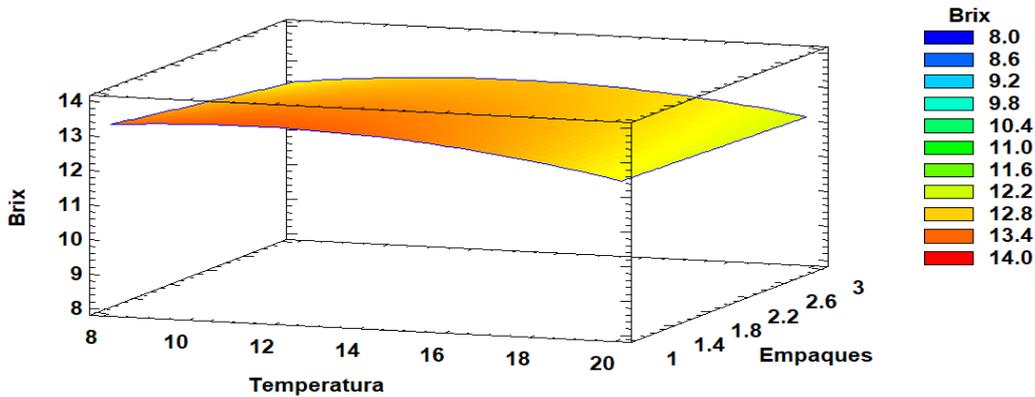
*Efectos individuales para °Brix.*



*Nota.* La figura 10, muestra los efectos individuales de cada variable, donde lo más resaltante es la forma del cambio de °Brix por efectos del tipo de empaque y del tiempo.

**Figura 11.**

*Superficie de respuesta para °Brix*



$$\begin{aligned} \text{°Brix} = & 10.4177 + 0.407242 \cdot \text{Temperatura} - 0.186012 \cdot \text{Empaques} + 0.490741 \cdot \text{Tiempo} - \\ & 0.0138889 \cdot \text{Temperatura}^2 + 0.0260417 \cdot \text{Temperatura} \cdot \text{Empaques} - 0.026455 \cdot \text{Temperatura} \cdot \text{Tiempo} + \\ & 0.0 \cdot \text{Empaques}^2 - 0.0952381 \cdot \text{Empaques} \cdot \text{Tiempo} - 0.0171958 \cdot \text{Tiempo}^2 \end{aligned}$$

*Nota.* Con el fin de ajustar el modelo a una superficie de respuesta se muestra la Figura 11 y su respectiva ecuación los cuales obtuvieron un ajuste de  $R^2$  de 0.95.

Los valores del °Brix evaluado se encuentran dentro de los valores de (NTC 5166:2003., s. f.) que menciona que los valores de 12 °Brix están relacionados a valores de madurez, se observa que los valores de °Brix aumentan hasta valores de 14 °Brix, esto se debe a que a medida que el fruto madura (Fischer et al., 2011), disminuyen los contenidos de almidón por hidrolisis y la concentración de sólidos solubles totales aumenta, esto corrobora también que los empaques en conjunto con el tiempo pueden mantener en un estado de °Brix adecuado, siendo que este es un indicador de la madurez de los frutos.

Con respecto al indicador de Cielab – L\* el cual muestra las tonalidades de blanco al negro, la cual pueden estar relacionadas a niveles de pardeamiento, se generó el análisis el cual se muestra en la tabla 4 donde está el ANOVA de los efectos de la Temperatura, tipo de empaque y tiempo sobre el valor L\* de los aguaymantos evaluados, donde la variables empaque obtuvo el valor de  $p < 0.05$ , el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución de la escala de color L\*.

**Tabla 4.**

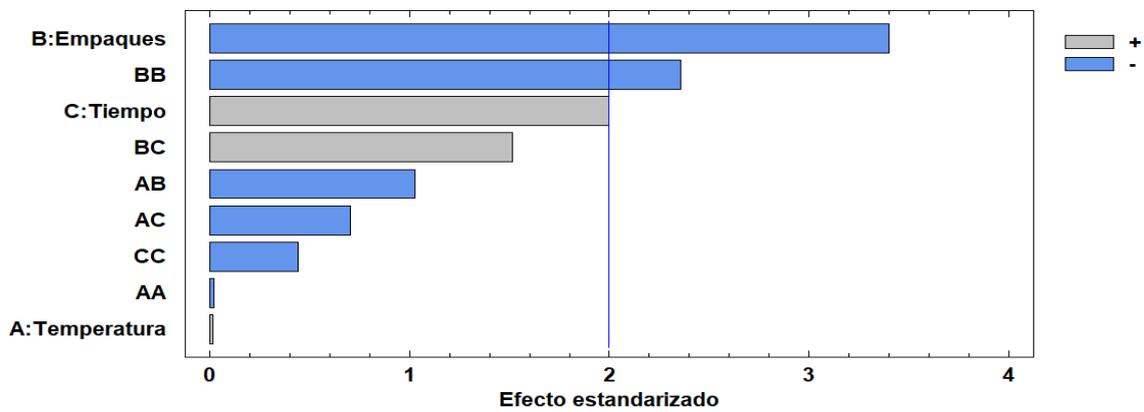
*ANOVA para L\**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.00853333	1	0.00853333	0.00	0.9887
B:Empaque	489.921	1	489.921	11.54	0.0012
C:Tiempo	169.611	1	169.611	4.00	0.0500
AA	0.0245444	1	0.0245444	0.00	0.9809
AB	44.7931	1	44.7931	1.06	0.3083
AC	21.1932	1	21.1932	0.50	0.4825
BB	235.597	1	235.597	5.55	0.0217
BC	97.2225	1	97.2225	2.29	0.1353
CC	8.37798	1	8.37798	0.20	0.6584
Error total	2631.91	62	42.4502		
Total (corr.)	3698.66	71			

*Nota.* Datos obtenidos del ANOVA

**Figura 12.**

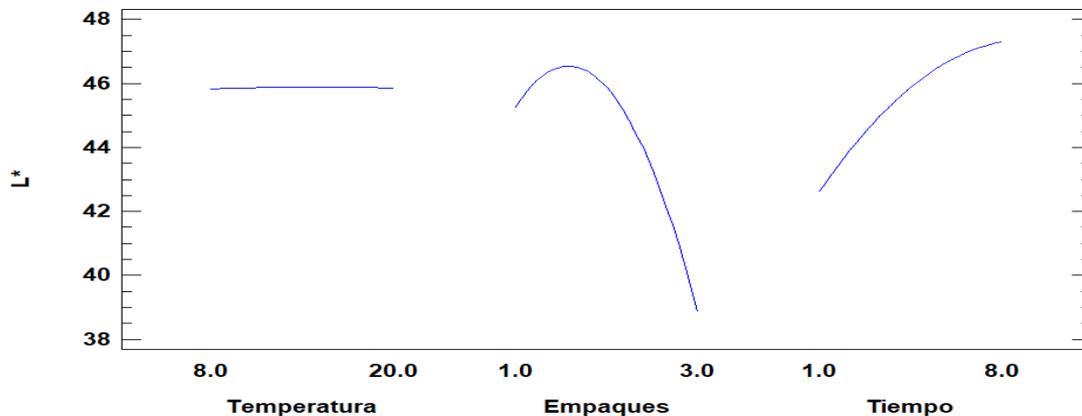
*Pareto de efectos para  $L^*$ .*



*Nota.* Asimismo, la Figura 12, muestra que el empaque es el que tiene un mayor efecto positivo sobre el cambio del valor  $L^*$ , también muestra que el tiempo es muy importante para este cambio, pero sin llegar a ser significativo para el periodo evaluado.

**Figura 13.**

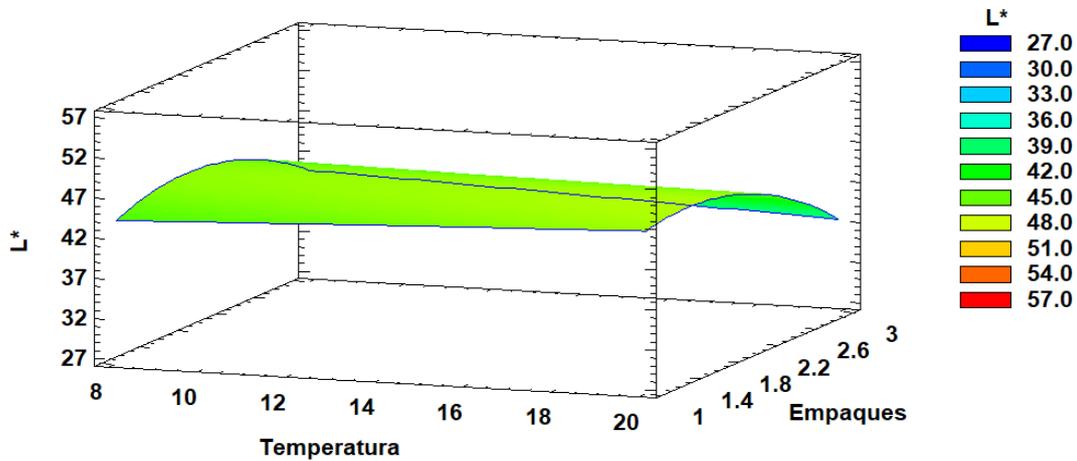
*Efectos individuales para  $L^*$*



*Nota.* La figura 13, muestra los efectos individuales de cada variable, donde lo más resaltante es el tipo de empaque evaluado, mostrando un cambio muy abrupto en los valores de  $L^*$ . Estudios como el de Pinzón et al. (2015), ya manifiestan que los aguaymantos pueden sufrir cambios en las características de color respecto a su almacenamiento y temperatura usada, las tendencias de su investigación son similares a las encontradas.

**Figura 14.**

*Superficie de respuesta para L\*.*



$$L^* = 29.181 + 0.64456*Temperatura + 12.1199*Empaques + 0.7742*Tiempo - 0.00108796*Temperatura^2 - 0.197188*Temperatura*Empaques - 0.0483333*Temperatura*Tiempo - 3.83729*Empaques^2 + 0.621131*Empaques*Tiempo - 0.0744378*Tiempo^2$$

*Nota.* Con el fin de ajustar el modelo a una superficie de respuesta se muestra la Figura 14 y su respectiva ecuación los cuales obtuvieron un ajuste de  $R^2$  de 0.925.

Otro valor de la escala Cielab es el valor  $a^*$  el cual muestra las escalas de verde a rojo, colores que son importantes ya que pueden ser sensibles a los aguaymanto poco maduros y ver sus cambios para ello en la tabla 5, se muestra el ANOVA de los efectos de la Temperatura, tipo de empaque y tiempo sobre el valor  $a^*$  de los aguaymantos evaluados, donde la variables de tiempo y empaque obtuvo el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del valor  $a^*$ .

**Tabla 5.**

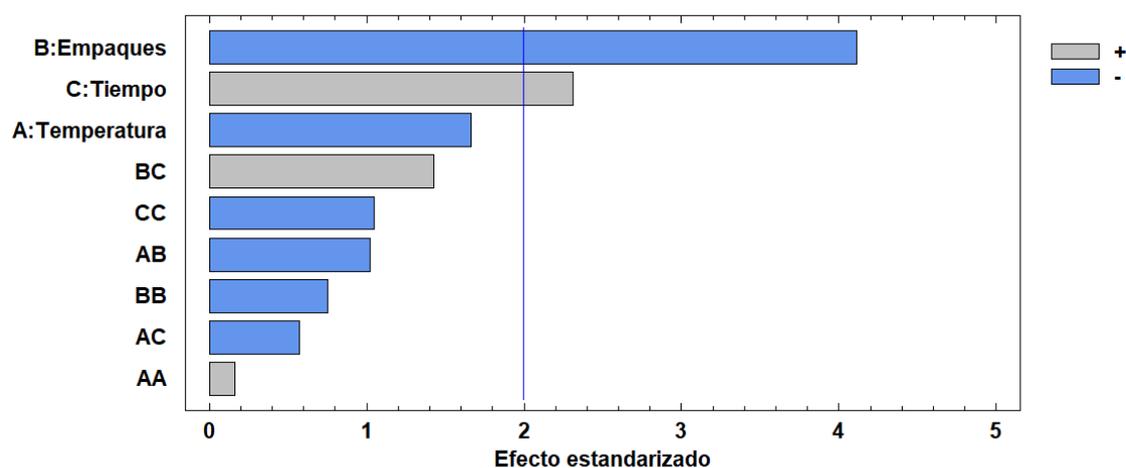
*ANOVA para a\**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	59.6971	1	59.6971	2.77	0.1014
B:Empaque	364.707	1	364.707	16.90	0.0001
C:Tiempo	115.105	1	115.105	5.33	0.0243
AA	0.551306	1	0.551306	0.03	0.8735
AB	22.3781	1	22.3781	1.04	0.3125
AC	7.01835	1	7.01835	0.33	0.5706
BB	12.3026	1	12.3026	0.57	0.4531
BC	43.8542	1	43.8542	2.03	0.1591
CC	23.685	1	23.685	1.10	0.2989
Error total	1338.3	62	21.5855		
Total (corr.)	1987.6	71			

*Nota.* Datos obtenidos del ANOVA.

**Figura 15.**

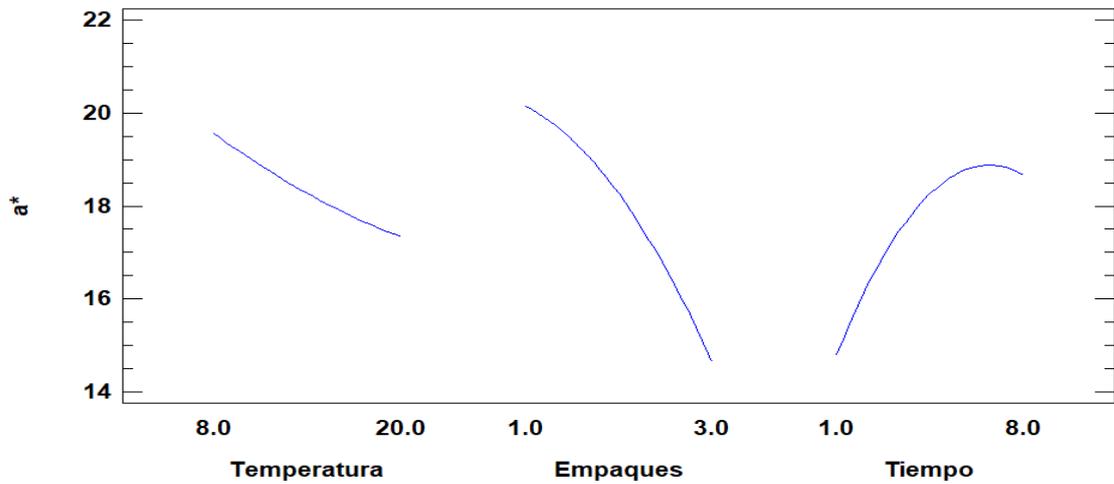
*Pareto de efectos para a\*.*



*Nota.* Asimismo, la Figura 15, muestra el gráfico de Pareto estandarizado el cual indica que el tipo de empaque tiene mayor efecto que el tiempo en la presencia de tonalidades representadas por el valor a\*, asimismo al igual que las otras variables anteriores la temperatura no tiene mayor efecto de cambio.

**Figura 16.**

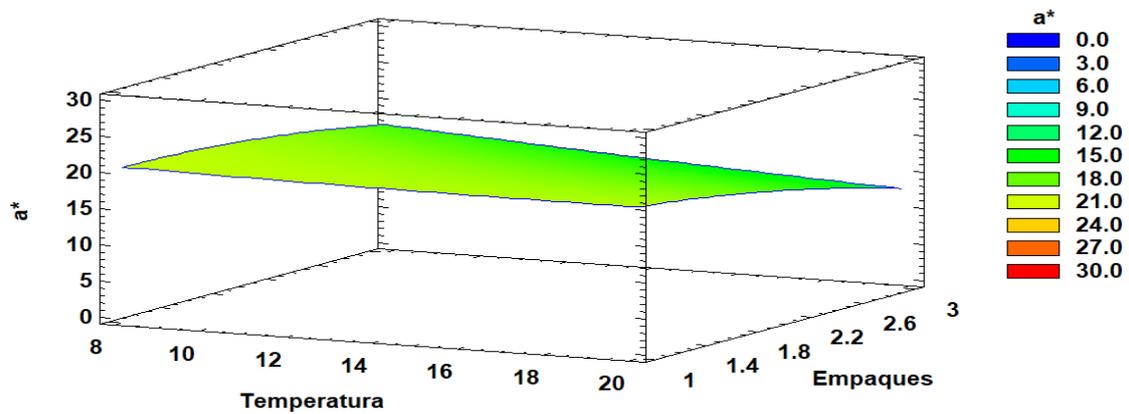
*Efectos individuales para a\*.*



*Nota.* La figura 16, muestra los efectos individuales de cada variable, donde lo más resaltante es la forma del cambio del valor a\* por efectos del tipo de empaque y del tiempo.

**Figura 17.**

*Superficie de respuesta para a\**



$$a^* = 16.9706 + 0.0736706*Temperatura + 0.82506*Empaques + 1.23333*Tiempo + 0.00515625*Temperatura^2 - 0.139375*Temperatura*Empaques - 0.0278142*Temperatura*Tiempo - 0.876875*Empaques^2 + 0.417163*Empaques*Tiempo - 0.125159*Tiempo^2$$

*Nota.* Con el fin de ajustar el modelo a una superficie de respuesta se muestra la Figura 17 y su respectiva ecuación los cuales obtuvieron un ajuste de R<sup>2</sup> de 0.916.

El ultimo valor de la escala Cielab es el valor  $b^*$ , el cual muestra los cambios de tonalidades de azul a amarillo, en el caso de aguaymanto es importante por la tonalidad regular de este fruto, la tabla 6, muestra el ANOVA de los efectos de la Temperatura, tipo de empaque y tiempo sobre el °Brix de los aguaymantos evaluados, donde la variables de tiempo y empaque obtuvieron el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del valor  $b^*$

**Tabla 6.**

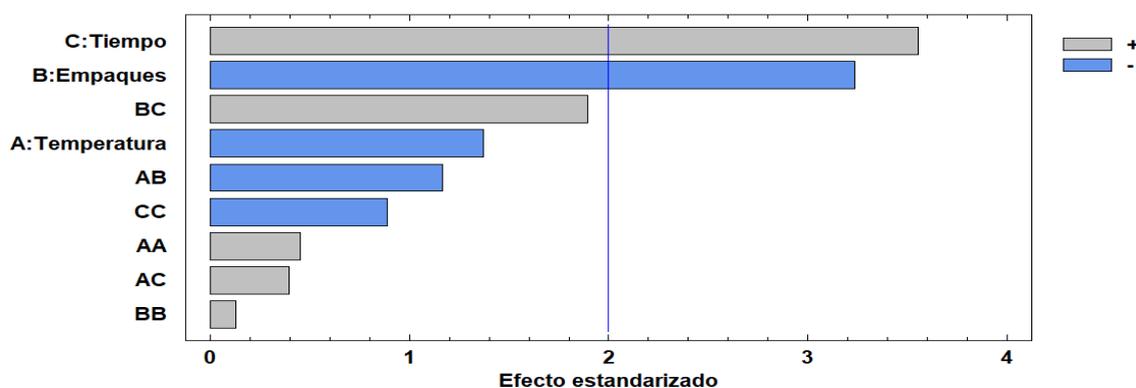
*ANOVA para  $b^*$*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	173.204	1	173.204	1.88	0.1749
B:Empaque	960.962	1	960.962	10.45	0.0020
C:Tiempo	1159.22	1	1159.22	12.60	0.0007
AA	18.8645	1	18.8645	0.21	0.6522
AB	125.532	1	125.532	1.36	0.2472
AC	14.5248	1	14.5248	0.16	0.6924
BB	1.56458	1	1.56458	0.02	0.8966
BC	330.985	1	330.985	3.60	0.0625
CC	72.4303	1	72.4303	0.79	0.3783
Error total	5702.16	62	91.9704		
Total (corr.)	8559.45	71			

*Nota.* Datos obtenidos del ANOVA.

**Figura 18.**

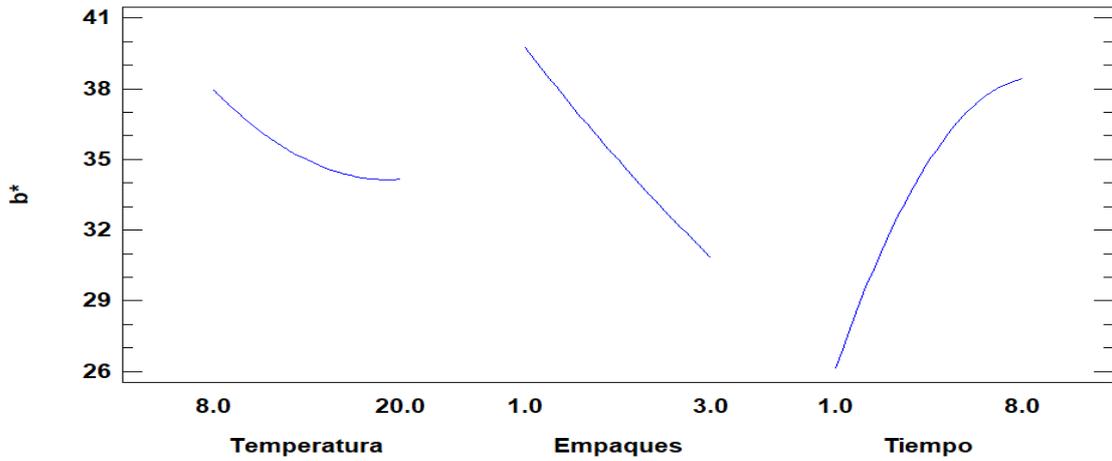
*Pareto de efectos para  $b^*$*



*Nota.* Asimismo, la Figura 18, muestra que el tiempo es el que tiene un mayor efecto positivo sobre el cambio del valor  $b^*$  en relación al tipo de empaque, que, si bien es significativo, es menor.

**Figura 19.**

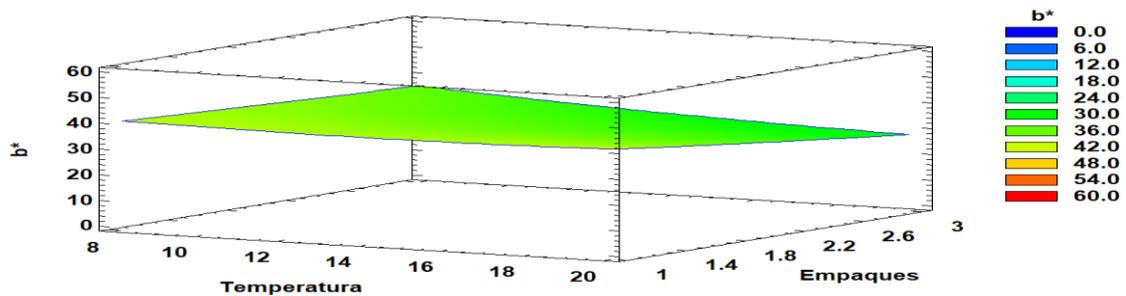
*Efectos individuales para b\*.*



*Nota.* La figura 19, muestra los efectos individuales de cada variable, donde lo más resaltante es la forma del cambio del valor b\* por efectos del tipo de empaque y del tiempo. En este caso es importante el resultado pues vemos que el empaque genera una tonalidad amarilla más oscura, mientras que el tiempo genera tonalidad más intensa respecto al color amarillo.

**Figura 20.**

*Superficie de respuesta para b\*.*



$$b^* = 46.7987 - 0.680985*Temperatura - 6.26098*Empaques + 0.868737*Tiempo + 0.030162*Temperatura^2 - 0.330104*Temperatura*Empaques + 0.0400132*Temperatura*Tiempo + 0.312708*Empaques^2 + 1.14605*Empaques*Tiempo - 0.218869*Tiempo^2$$

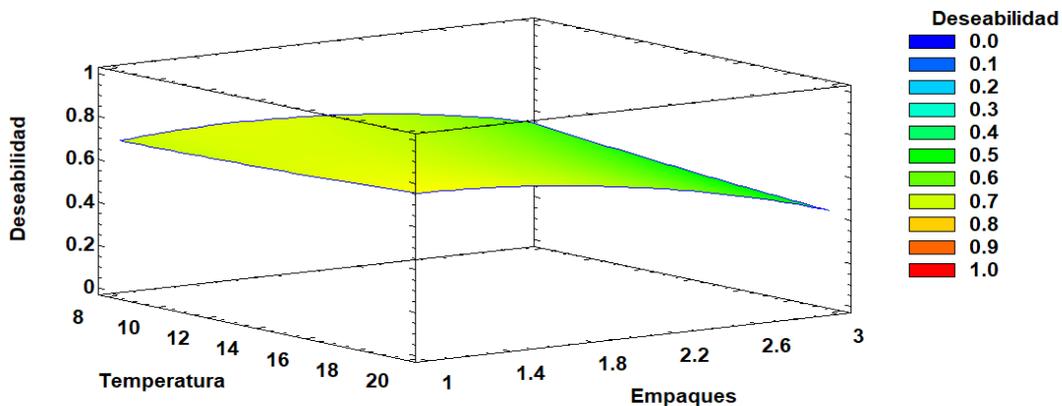
*Nota.* Con el fin de ajustar el modelo a una superficie de respuesta se muestra la Figura 20 y su respectiva ecuación los cuales obtuvieron un ajuste de R<sup>2</sup> de 0.948.

### 5.3. Optimización y selección del mejor tratamiento

Durante el periodo de evaluación los °Brix se mantuvieron dentro de la escala de madurez aceptable, por lo que se busca optimizar en base a la coloración de los aguaymantos, por ello se maximizó los valores de  $L^*$  y  $b^*$  los cuales nos ajustaran a un fruto más brillante y de color más amarillo. Para ello se usó la función de deseabilidad para la optimización tal como se observa en las figuras 21 y 22.

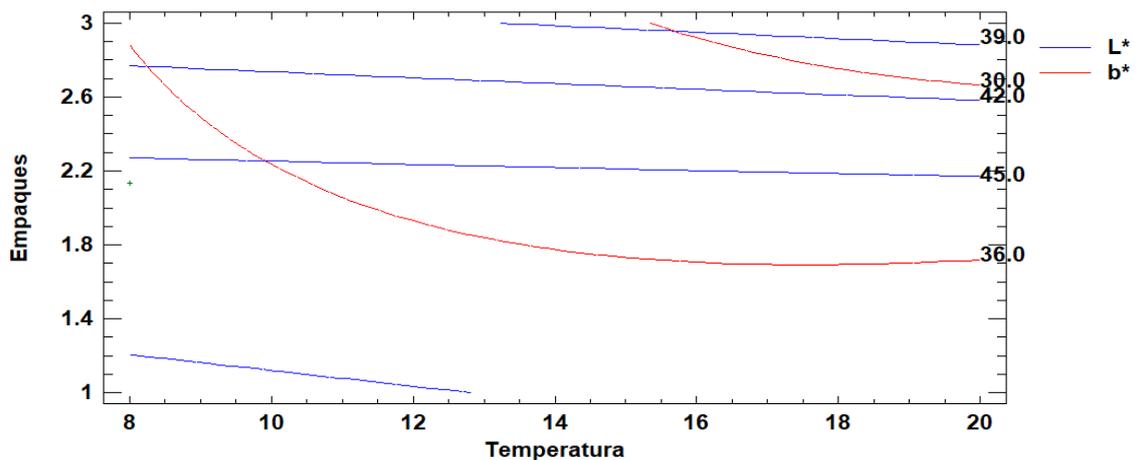
**Figura 21.**

*Función de deseabilidad para optimización.*



**Figura 22.**

*Superficie sobrepuesta de optimización*



*Nota.* En la figura 22, Al optimizar se obtiene que la temperatura usada para lograr el objetivo debe ser 8°C con el empaque de alta densidad, para los valores óptimos de  $L^* = 48.2295$ ,  $a^* = 25.65$  y  $b^* = 40.7796$

La uchuva es un fruto emergente con un amplio potencial económico por sus características nutricionales y sensoriales (Bustamante et al., 2016), para mejorar las posibilidades de mercado de esta fruta es necesario implementar sistemas de empaque que brinden soluciones integrales de conservación manteniendo sus propiedades de calidad y extendiendo su vida útil para facilitar su distribución y comercialización. Estudios como el de Garavito et al. (2022), muestran estudios usando diversos envases y combinándola con atmosferas modificadas buscando solucionar varios problemas relacionados con el acortamiento de la vida útil, como el control de la maduración y senescencia y la actividad microbiana mediante la regulación de los niveles de gas en el interior de los envases, la reducción de la formación de condensaciones o la integración de antimicrobianos compuestos antioxidantes, nuestra investigación es preliminar ya que no se usó atmosferas modificadas pero si se obtuvo resultados donde los cambios en aguaymanto si son afectados por temas como el empaque. Asimismo medir los °Brix nos dio un indicativo del nivel de madurez y de lo que pasaba en el fruto durante el periodo de evaluación, nuestros resultados fueron parecidos a los reportados por Carvalho, (2015), donde manifiesta que uno de los aspectos donde más se puede mejorar es en la integración del sistema de envasado en torno a las características específicas del producto a conservar, como estado de maduración, procesos metabólicos, cantidad, potencial microbiano, etc., y también según las condiciones de almacenamiento.

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la variación de Luminosidad  $L^*$ , del sistema cromático CIELab en el aguaymanto (*Physalis peruviana*), encontrándose que las variables de los empaques polietileno de baja y alta densidad obtuvieron el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución de la escala de color  $L^*$ , obteniendo el valor óptimo de  $L^* = 48.2295$ , además en su respectivo ajuste obtuvo un resultado de  $R^2$  de 0.925.
- Se determinó la variación del valor  $a^*$ , del sistema cromático CIELab en el aguaymanto (*Physalis peruviana*), arrojó que las variables de empaque y tiempo obtuvo el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del valor  $a^*$ , obteniendo un valor óptimo de  $a^* = 25.65$ , además en su respectivo ajuste obtuvo un resultado de  $R^2$  de 0.916.
- Se determinó la variación del valor  $b^*$ , del sistema cromático CIELab en el aguaymanto (*Physalis peruviana*), que las variables de tiempo y empaque obtuvieron el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del valor  $b^*$ , la cual se notó los cambios del color del aguaymanto (*Physalis peruviana*) en su estado de madurez, indicando un valor óptimo de  $b^* = 40.7796$ , además en su respectivo ajuste obtuvo un resultado de  $R^2$  de 0.948.
- Se determinó que el Efecto del Tiempo con respecto a las variables de  $^{\circ}$ Brix,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , en base a la prueba de comparación múltiple (Tukey) se encontró un valor de  $p < 0.05$  para todas las variables, encontrándose que a partir del día 4, se generan los primeros cambios para todas las muestras.

- Se analizó el cambio en los grados °Brix del aguaymanto (*Physalis peruviana*), en función de la temperatura, tipo de empaque y tiempo estado de madurez donde solo el tiempo obtuvo el valor de  $p < 0.05$  el cual nos indica que solo estas variables tuvieron un efecto significativo sobre la evolución del Brix, también encontramos que la sinergia entre tiempo y empaque puede generar este tipo de cambios significativos sobre esta variable.
- Al obtener el resultado de deseabilidad para la optimización, se obtiene que la temperatura usada para lograr el objetivo debe ser de 8°C con el empaque de alta densidad.
- Se observó durante los días en que se realizó la investigación, durante el almacenamiento a temperaturas bajas pueden sufrir una mayor reducción de la actividad metabólica, en la cual genera cambios enzimáticos, de las cuales generan el cambio del color de la piel y la variación de los sólidos solubles o °Brix, además mientras más tiempo dura la investigación, seguirá generando cambios enzimáticos tanto en las muestras que están a diferentes temperaturas y las que están selladas en diferentes envases, lo cual cada muestra analizada sufrirá diferentes cambios enzimáticos a causa de las diferentes temperaturas, por el avance de los días analizados y el uso de envases de polietileno.

## VII.RECOMENDACIONES

- La investigación en ensayos de condiciones de almacenamiento es importante para ver temas de calidad en frutas como el aguaymanto, en la presente investigación no se pudo realizar temas como usar otros tipos de empaques en base al grosor o temas de atmosferas modificadas por lo que implementar estas variables en nuevas investigaciones es recomendable.
- Se debería también explorar el uso de materiales biodegradables, ya que, si bien se usan aun los plásticos para poder envasar, el tema relacionado al impacto ambiental generado por ellos es importante tomarlo en cuenta, además de generar una economía circular, en rehusar o reutilizar los materiales biodegradables, en vez de darle un solo uso.
- Para futuras investigaciones de este tipo, se recomienda en aplicar la prueba sensorial mencionando las características organolépticas de la materia prima y además de incluir el control de la textura de la materia prima, para lograr nueva información y parámetros.

## VIII. REFERENCIAS BLIBLIOGRÁFICAS

- Ballesteros-Vivas, D., Álvarez-Rivera, G., del Pilar Sánchez-Camargo, A., Ibáñez, E., Parada-Alfonso, F., & Cifuentes, A. (2019). A multi-analytical platform based on pressurized-liquid extraction, in vitro assays and liquid chromatography/gas chromatography coupled to high resolution mass spectrometry for food by-products valorisation. Part 1: Withanolides-rich fractions from goldenberry (*Physalis peruviana* L.) calyces obtained after extraction optimization as case study. *Journal of Chromatography A*, *1584*, 155-164. Scopus.  
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.11.055>
- Bazana, M. T., da Silva, S. S., Codevilla, C. F., de Deus, C., Lucas, B. N., Ugalde, G. A., Mazutti, M. A., Moraes Flores, E. M., Barin, J. S., de Bona da Silva, C., & de Menezes, C. R. (2019). Development of nanoemulsions containing *Physalis peruviana* calyx extract: A study on stability and antioxidant capacity. *Food Research International*, *125*. Scopus.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108645>
- Brasil, I. M., & Siddiqui, M. W. (2018). Chapter 1 - Postharvest Quality of Fruits and Vegetables: An Overview. En M. W. Siddiqui (Ed.), *Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality* (pp. 1-40). Academic Press.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809807-3.00001-9>
- Bustamante, R., Oblitas, J., & Rojas, E. (2016). Influencia de la temperatura y concentración sobre el comportamiento reológico de la pulpa concentrada de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Agroindustrial Science*, *6*(1), 37-43.  
<https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.04>
- C I La Selva, & Pedro Carvalho, C. (2015). Alginate Edible Coating and Cold Storage for Improving the Physicochemical Quality of Cape Gooseberry (*Physalis*

Peruviana L.). *Food Science & Nutrition*, 1(1), 1-7.

<https://doi.org/10.24966/FSN-1076/100002>

Chávez-Magdaleno, M. E., González-Estrada, R. R., Ramos-Guerrero, A., Plascencia-Jatomea, M., & Gutiérrez-Martínez, P. (2018). Effect of pepper tree (*Schinus molle*) essential oil-loaded chitosan bio-nanocomposites on postharvest control of *Colletotrichum gloeosporioides* and quality evaluations in avocado (*Persea americana*) cv. Hass. *Food Science and Biotechnology*, 27(6), 1871-1875.

Scopus. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0410-5>

Chen, Q., Xiong, J., Chen, G., & Tan, T. (2020). Preparation and characterization of highly transparent hydrophobic nanocellulose film using corn husks as main material. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 781-789.

Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.250>

*Design and characterization of a photometer-colorimeter standard.* (s. f.). Recuperado 8 de octubre de 2021, de

<https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?uri=AO-43-13-2621>

Dong, B., An, L., Yang, X., Zhang, X., Zhang, J., Tuerhong, M., Jin, D.-Q., Ohizumi, Y., Lee, D., Xu, J., & Guo, Y. (2019). Withanolides from *Physalis peruviana* showing nitric oxide inhibitory effects and affinities with iNOS. *Bioorganic Chemistry*, 87, 585-593. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.03.051>

<https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.03.051>

Emblem, A. (2012). 13—Plastics properties for packaging materials. En A. Emblem & H. Emblem (Eds.), *Packaging Technology* (pp. 287-309). Woodhead Publishing.

<https://doi.org/10.1533/9780857095701.2.287>

Falagán, N., & Terry, L. A. (2018, enero 1). *Recent Advances in Controlled and Modified Atmosphere of Fresh Produce* [Text]. Johnson Matthey.

<https://doi.org/10.1595/205651318X696684>

- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importance and cultivation of the cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in the world. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 40. Scopus.
- Fischer, G., Herrera, A., & Almanza, P. J. (2011). 17—Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). En E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (pp. 374-397e). Woodhead Publishing.  
<https://doi.org/10.1533/9780857092762.374>
- Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones del empaque.* (s. f.). Recuperado 16 de agosto de 2022, de <https://tienda.icontec.org/gp-frutas-frescas-uchuva-especificaciones-del-empaque-ntc5166-2003.html>
- Garavito, J., Mendoza, S. M., & Castellanos, D. A. (2022). Configuration of biodegradable equilibrium modified atmosphere packages, including a moisture absorber for fresh cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 314, 110761. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110761>
- Giraldo, G. I., Cruz, C. D., & Sanabria, N. R. (2017). Physical properties of clarified cape gooseberry (*Physalis peruviana*) juice as a function of concentration and temperature. *Informacion Tecnologica*, 28(1), 133-142. Scopus.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100013>
- Herrera, J. J. C., Torres, I. D. A., Tascón, C. E. O., & Montoya, J. W. M. (2011). Colorimetría del Fruto de Café (*Coffea arabica* L.) Durante su Desarrollo y Maduración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(2), 6229-6240.
- Olivares-Tenorio, M.-L., Dekker, M., van Boekel, M. A. J. S., & Verkerk, R. (2017). Evaluating the effect of storage conditions on the shelf life of cape gooseberry

(*Physalis peruviana* L.). *LWT*, 80, 523-530.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.027>

- Padrón Pereira, C. A., Padrón León, G. M., Montes Hernández, A. I., & Oropeza González, R. A. (2012). Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Agronomía Costarricense*, 36(1), 97-111.
- Pereira, C. A. P. (2009). Sistema De Visión Computarizada Y Herramientas De Diseño Gráfico Para La Obtención De Imágenes De Muestras De Alimentos Segmentadas Y Promediadas En Coordenadas Cie-L\*a\*b\*. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 283-301.
- Pinzón, E. H., Reyes, A. J., Álvarez-Herrera, J. G., Leguizamo, M. F., & Joya, J. G. (2015). Comportamiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* L., bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 26-35. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.10>
- Plazzotta, S., Manzocco, L., & Nicoli, M. C. (2017). Fruit and vegetable waste management and the challenge of fresh-cut salad. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.013>
- Sant'Anna, V., Gurak, P. D., Ferreira Marczak, L. D., & Tessaro, I. C. (2013). Tracking bioactive compounds with colour changes in foods – A review. *Dyes and Pigments*, 98(3), 601-608. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.04.011>
- Sastri, V. R. (2022). 5 - Commodity Thermoplastics: Polyvinyl Chloride, Polyolefins, Cycloolefins and Polystyrene. En V. R. Sastri (Ed.), *Plastics in Medical Devices (Third Edition)* (pp. 113-166). William Andrew Publishing.
- <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85126-8.00002-3>

- Serranti, S., & Bonifazi, G. (2019). 2—Techniques for separation of plastic wastes. En F. Pacheco-Torgal, J. Khatib, F. Colangelo, & R. Tuladhar (Eds.), *Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete* (pp. 9-37). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102676-2.00002-5>
- Sousa Gallagher, M. J., & Mahajan, P. V. (2011). 22—The stability and shelf life of fruit and vegetables. En D. Kilcast & P. Subramaniam (Eds.), *Food and Beverage Stability and Shelf Life* (pp. 641-656). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857092540.3.641>
- Toro, R. M., Aragón, D. M., Ospina, L. F., Ramos, F. A., & Castellanos, L. (2014). Phytochemical analysis, antioxidant and anti-inflammatory activity of calyces from *physalis peruviana*. *Natural Product Communications*, 9(11), 1573-1575. Scopus. <https://doi.org/10.1177/1934578x1400901111>
- Torres-León, C., Chávez-González, M. L., Hernández-Almanza, A., Martínez-Medina, G. A., Ramírez-Guzmán, N., Londoño-Hernández, L., & Aguilar, C. N. (2021). Recent advances on the microbiological and enzymatic processing for conversion of food wastes to valuable bioproducts. *Current Opinion in Food Science*, 38, 40-45. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.11.002>
- Weibel, F. P., & Alföldi, T. (2007). 16—Improving the quality and shelf life of fruit from organic production systems. En J. Cooper, U. Niggli, & C. Leifert (Eds.), *Handbook of Organic Food Safety and Quality* (pp. 330-352). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845693411.3.330>
- Yousuf, B., Qadri, O. S., & Srivastava, A. K. (2018). Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT - Food Science and Technology*, 89, 198-209. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.051>

## ANEXOS

### ANEXO 1: DATOS PROMEDIO

TEMPERATUR A	EMPAQUE	Tiempo	BRIX	L	a	b
8	1	1	14	43.02	16.43	36.57
14	1	1	14	41.96	15.06	30.18
20	1	1	13	53.63	20.24	36.28
8	2	1	14	51.62	20.34	40.21
14	2	1	14	44.16	20.56	36.92
20	2	1	14	52.1	19.56	32.72
8	3	1	14	43.86	12.37	31.96
14	3	1	14	32.94	10.81	12.11
20	3	1	13	27.38	15.67	30.21
8	1	2	13	44.46	27.95	50.75
14	1	2	12	47.52	21.75	42.08
20	1	2	14	31.76	16.17	34.57
8	2	2	13	29.47	5.82	7.09
14	2	2	13	35.07	4.17	6.54
20	2	2	14	43.48	3.85	5.51
8	3	2	13	27.17	13.24	28.59
14	3	2	13	35.23	0.26	2.27
20	3	2	13	31.1	6.2	9.39
8	1	3	13	28.46	13.71	21.94
14	1	3	13	43.69	17.65	42.41
20	1	3	10	47.37	20.3	40.25
8	2	3	12	46.27	21.32	45.84
14	2	3	11	50.16	22.01	45.93
20	2	3	12	48.34	20.43	42.4
8	3	3	12	35.86	19.21	39.23
14	3	3	13	30.37	12.91	20.78
20	3	3	13	39.31	7.44	10.28
8	1	4	14	48.8	20.2	42.58
14	1	4	14	54.64	22.39	42.97
20	1	4	13	45.27	23.94	42.92
8	2	4	13	49.37	20.63	38.79
14	2	4	14	50.19	21.77	42.53
20	2	4	13	36.8	20.08	40.86
8	3	4	9	46.02	19.08	40.22
14	3	4	14	47.23	17.22	36.86
20	3	4	12	40.75	14.39	33.12
8	1	5	14	47.06	19.18	35.57
14	1	5	13	36.08	19.02	42.9
20	1	5	13	48.55	17.33	35.21
8	2	5	12	34.9	14.94	21.95

14	2	5	12	36.01	13.56	18.1
20	2	5	13	51.23	22.5	44.23
8	3	5	13	35.87	15.56	36.6
14	3	5	13	38.03	17.9	38.11
20	3	5	14	36.91	13.9	36.1
8	1	6	13	48.13	20.26	43.68
14	1	6	14	52.17	23.57	45.26
20	1	6	12	51.47	22.29	41.12
8	2	6	13	52.68	26.08	47.96
14	2	6	12	53.09	24.2	45.95
20	2	6	14	42.05	9.65	26.38
8	3	6	13	39.01	14.82	32.45
14	3	6	13	41.17	16.95	37.48
20	3	6	11	40.18	13.99	32.44
8	1	7	12	44.34	20.89	40.5
14	1	7	14	42.32	14.39	33.2
20	1	7	11	55.22	22.35	42.54
8	2	7	13	50.48	22.53	44.84
14	2	7	12	54.43	21.68	44.03
20	2	7	12	41.95	13.58	32.25
8	3	7	13	43.72	16.81	40.91
14	3	7	13	39.59	14.79	34.1
20	3	7	11	41.97	14.09	33.5
8	1	8	13	43.68	19.88	40.11
14	1	8	13	35.74	18.68	41.31
20	1	8	11	40.42	17.17	39.19
8	2	8	12	51.65	21.7	42.5
14	2	8	13	48.17	20.37	39.4
20	2	8	9	37.51	14.36	36.27
8	3	8	12	43.25	16.96	37.64
14	3	8	11	40.45	17.02	35.41
20	3	8	8	45.04	16.9	39.56

## ANEXO 2: DATOS ESTADISTICOS

### Brix

**Tabla ANOVA**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	34.2222	7	4.88889	3.92	0.0013
Intra grupos	79.7778	64	1.24653		
Total (Corr.)	114.0	71			

### Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Día 8	9	11.3333	X
Día 3	9	12.1111	XX
Día 7	9	12.3333	XXX
Día 6	9	12.7778	XXX
Día 4	9	12.8889	XXX
Día 5	9	13.0	XX
Día 2	9	13.1111	XX
Día 1	9	13.7778	X

### L\*

**Tabla ANOVA**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	828.889	7	118.413	2.64	0.0184
Intra grupos	2869.77	64	44.8402		
Total (Corr.)	3698.66	71			

### Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Día 2	9	36.14	X
Día 5	9	40.5156	XX
Día 3	9	41.0922	XX
Día 8	9	42.8789	XX
Día 1	9	43.4078	XX
Día 7	9	46.0022	XX
Día 4	9	46.5633	X
Día 6	9	46.6611	X

a\*

### Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	455.406	7	65.058	2.72	0.0157
Intra grupos	1532.19	64	23.9405		
Total (Corr.)	1987.6	71			

### Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Día 2	9	11.0456	X
Día 1	9	16.7822	XX
Día 5	9	17.0989	XX
Día 3	9	17.22	XX
Día 7	9	17.9011	XX
Día 8	9	18.1156	XX
Día 6	9	19.09	X
Día 4	9	19.9667	X

b\*

### Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2561.26	7	365.895	3.90	0.0013
Intra grupos	5998.18	64	93.7216		
Total (Corr.)	8559.45	71			

### Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Día 2	9	20.7544	X
Día 1	9	31.9067	XX
Día 5	9	34.3078	XX
Día 3	9	34.34	XX
Día 7	9	38.43	X
Día 8	9	39.0433	X
Día 6	9	39.1911	X
Día 4	9	40.0944	X

## Optimización de Múltiples Respuestas

Nombre del archivo: <Sin Título>

Datos/Variables:

L\*

b\*

	Mínimo	Máximo
Respuesta	Observado	Observado
L*	27.17	55.22
b*	2.27	50.75

	Deseabilida d	Deseabilida d		Pesos	Pesos	
Respuesta	Baja	Alta	Meta	Primero	Segundo	Impacto
L*	27.17	55.22	Maximizar	1.0		3.0
b*	2.27	50.75	Maximizar	1.0		3.0

			Deseabilida d	Deseabilida d
Fila	L*	b*	Prevista	Observada
1	43.02	36.57	0.6118	0.632287
2	41.96	30.18	0.639071	0.550955
3	53.63	36.28	0.682084	0.813487
4	51.62	40.21	0.541585	0.825925
5	44.16	36.92	0.521144	0.657962
6	52.1	32.72	0.518623	0.747149
7	43.86	31.96	0.31746	0.60365
8	32.94	12.11	0.268818	0.204333
9	27.38	30.21	0.232019	0.0656863
10	44.46	50.75	0.642964	0.785111
11	47.52	42.08	0.667072	0.771846
12	31.76	34.57	0.707787	0.330187
13	29.47	7.09	0.595643	0.09029
14	35.07	6.54	0.573198	0.1575
15	43.48	5.51	0.569612	0.19713
16	27.17	28.59	0.396721	0.0
17	35.23	2.27	0.342177	0.0
18	31.1	9.39	0.302091	0.143446
19	28.46	21.94	0.667155	0.1366
20	43.69	42.41	0.687907	0.698306
21	47.37	40.25	0.725947	0.751113
22	46.27	45.84	0.642625	0.782281
23	50.16	45.93	0.617754	0.859139
24	48.34	42.4	0.612395	0.790401
25	35.86	39.23	0.468296	0.485991
26	30.37	20.78	0.408584	0.208704
27	39.31	10.28	0.364732	0.26741
28	48.8	42.58	0.684364	0.800732
29	54.64	42.97	0.701631	0.906732
30	45.27	42.92	0.736701	0.735566
31	49.37	38.79	0.682528	0.772137

32	50.19	42.53	0.654969	0.825547
33	36.8	40.86	0.647364	0.522761
34	46.02	40.22	0.532491	0.725294
35	47.23	36.86	0.468037	0.71432
36	40.75	33.12	0.420205	0.555047
37	47.06	35.57	0.694582	0.697898
38	36.08	42.9	0.70828	0.515958
39	48.55	35.21	0.740148	0.719644
40	34.9	21.95	0.715342	0.334468
41	36.01	18.1	0.684939	0.320789
42	51.23	44.23	0.674767	0.861624
43	35.87	36.6	0.589439	0.46865
44	38.03	38.11	0.520529	0.534997
45	36.91	36.1	0.468617	0.492247
46	48.13	43.68	0.697795	0.798915
47	52.17	45.26	0.70788	0.889009
48	51.47	41.12	0.736359	0.833203
49	52.68	47.96	0.741046	0.925802
50	53.09	45.95	0.707721	0.912454
51	42.05	26.38	0.694762	0.513632
52	39.01	32.45	0.6392	0.512611
53	41.17	37.48	0.566056	0.602073
54	40.18	32.44	0.510021	0.537253
55	44.34	40.5	0.693987	0.694768
56	42.32	33.2	0.700449	0.587014
57	55.22	42.54	0.725389	0.911401
58	50.48	44.84	0.759617	0.854231
59	54.43	44.03	0.723348	0.914946
60	41.95	32.25	0.707461	0.570828
61	43.72	40.91	0.681798	0.685756
62	39.59	34.1	0.604612	0.539177
63	41.97	33.5	0.544447	0.583001
64	43.68	40.11	0.683133	0.6778
65	35.74	41.31	0.685997	0.496018
66	40.42	39.19	0.707279	0.599779
67	51.65	42.5	0.771018	0.851007
68	48.17	39.4	0.731836	0.757224
69	37.51	36.27	0.712941	0.508454
70	43.25	37.64	0.717238	0.646715
71	40.45	35.41	0.636187	0.568889
72	45.04	39.56	0.571911	0.70002

L\* - maximizar

b\* - maximizar

## ANEXO 3: GALERÍA FOTOGRÁFICA



# ALTA DENSIDAD



## Bolsas en Rollo

# Rollomiq

Calidad y Resistencia



ROLLOMIQ	Largo (mm)	Ancho (mm)	Fardo x	Unid. bolsas	Peso	Colores
3x6	145	75	20 rollos	1365	1/2 Kg	Natural
3x8	195	75	20 rollos	1035	1/2 Kg	Natural
4x8	195	95	20 rollos	880	1/2 Kg	Natural
5x10	245	120	20 rollos	1100	1 Kg	Natural
6x12	300	150	20 rollos	810	1 Kg	Natural
7x10	248	178	20 rollos	718	1 Kg	Natural
8x12	300	190	20 rollos	520	1 Kg	Natural
10x15	370	250	20 rollos	350	1 Kg	Natural
12x17	425	300	20 rollos	223	1 Kg	Natural
14x20	492	350	15 rollos	262	1.5 Kg a más	Natural

Las unidades de las bolsas por cada rollo, puede variar en + ó - 10 und.





# BAJA DENSIDAD



Baja densidad  
**con 100 bolsas**



BAJA DENSIDAD	Largo (mm)	Ancho (mm)	Fardo x	Colores
2x8	190	42	500 paq.	Natural
2-1/2x8	190	50	500 paq.	Natural
3x6	150	65	500 paq.	Natural
3x8	150	65	500 paq.	Natural
3x10	249	65	500 paq.	Natural
3-1/2x10	240	75	500 paq.	Natural
4x8	192	95	500 paq.	Natural
4x10	240	85	500 paq.	Natural
5x10	252	120	300 paq.	Natural
5x10 G	240	102	250 paq.	Natural
5x12	290	120	200 paq.	Natural
5x32	370	120	400 paq.	Natural
6x12	290	135	200 paq.	Natural
*6x14x1.2	355	152	100 paq.	Natural
*6x16x1.2	405	152	100 paq.	Natural
*6x18x1.2	457	152	80 paq.	Natural
7x10	252	165	200 paq.	Natural

