

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



**Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre  
las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad  
general en aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

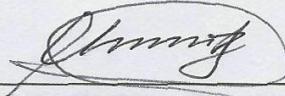
**PRETELL GUARNIZ KARLA NOEMI**

**TRUJILLO, PERÚ**

**2019**

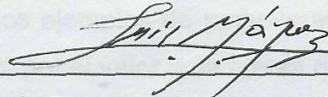
La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente Jurado:

En primer lugar a Dios por haberme permitido llegar a este punto y haberme dado salud para poder cumplir uno de mis objetivos y metas propuestas.



Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón  
PRESIDENTE

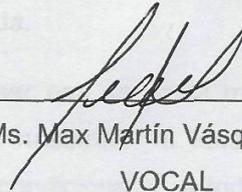
A mi madre por haberme enseñado a seguir adelante en todo momento, motivándome a seguir adelante y siempre por hacer de mí una mujer de bien con valores, pero más que nada por su infinito amor, aunque ella ya no esté físicamente conmigo, la llevo presente en cada momento.



Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta  
SECRETARIO

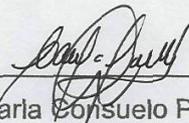
A mi padre Emigdio por los consejos y constantes que siempre nos ha dado, por haberme enseñado a seguir adelante y por su gran amor.

A mi hermana Sandra a quien admiro por la fortaleza que tiene, por ser el ejemplo de una hermana mayor a seguir, por siempre acompañarme en cada momento de mi vida.



Ing. Ms. Max Martín Vásquez Senador  
VOCAL

A mi tía Catalina por haberme enseñado a seguir adelante y por la confianza que siempre ha velado por mí, por la confianza, bondad y su apoyo en aquellos momentos que participé directa o indirectamente en la suscripción de esta tesis.



Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vásquez  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios por haberme permitido llegar a este punto y haberme dado salud para lograr cada uno de mis objetivos y metas propuestas.

A mi madre Noemi, que siempre me apoyó en todo momento, motivándome a seguir adelante y nunca rendirme, por hacer de mí una mujer de bien con valores, pero más que nada, por su infinito amor, aunque ella ya no esté físicamente conmigo, la llevo presente en todo momento.

A mi padre Emigdio por los ejemplos de perseverancia y constancia que siempre nos ha enseñado, por el valor y la fuerza que nos ha mostrado a mi hermana y a mí para enfrentar situaciones muy difíciles y seguir adelante y por su gran amor hacia nosotras.

A mi hermana Sandra a quien admiro por la fortaleza que tiene, por ser el ejemplo de una hermana mayor a seguir, por siempre acompañarme en cada momento de mi vida.

A mi tía Catalina por ser esa segunda madre que Dios me dio, quien siempre ha velado por nosotras, a toda mi familia por la confianza brindada y su apoyo incondicional y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi profundo agradecimiento a mi mamá Noemi, a mi papá Emigdio, a mi hermana Sandra y a mi tía Catalina por haberme acompañado en todo momento, por la motivación que recibí de su parte para nunca rendirme y seguir cumpliendo mis metas propuestas.

Agradezco a la Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vásquez, por haber aceptado ser mi asesora y haberme permitido trabajar en esta investigación guiándome desde el inicio con sus conocimientos y orientaciones en el desarrollo de la presente tesis.

A los miembros del jurado Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón, Ing. Ms. Luis Márquez Villacorta y Ing. Ms. Max Vásquez Senador, por los conocimientos impartidos durante el desarrollo de mi tesis.

Agradezco a la Ing. María Luisa Hayayumi por sus orientaciones y ayuda en la parte experimental.

A mis amigas Debora Peralta Morillas, Luciana Cerna Carranza y Andrea Gadea Wong por su colaboración en la realización de este trabajo de investigación y sobre todo por su amistad incondicional quienes se han convertido en parte de mi familia.

De igual manera mi agradecimiento a la Universidad Privada Antenor Orrego, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a todos mis docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día para convertirme en una buena profesional.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA .....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	4
2.1 Aguaymanto .....	4
2.1.1 Generalidades del aguaymanto.....	4
2.1.2 Valor nutritivo .....	5
2.1.3 Requisitos mínimos.....	6
2.1.4 Madurez del fruto .....	7
2.1.5 Clasificación.....	8
2.1.6 Índice de madurez.....	10
2.2 Irradiación ultravioleta .....	12
2.2.1 Generalidades de la irradiación UV-C .....	12
2.2.2 Características de la irradiación ultravioleta .....	12
2.2.3 Efecto de la irradiación UV-C sobre los seres vivos .....	13
2.2.4 Efecto hormico de la irradiación UV-C.....	14
2.2.5 Tratamiento con irradiación ultravioleta, usos en alimentos ..	14
2.3 Parámetros de calidad en frutas.....	15
2.3.1 Firmeza.....	15

2.3.2 Color .....	15
2.3.3 Ácido ascórbico .....	15
2.3.4 Acidez .....	16
2.3.5 Crecimiento de bacterias aerobias mesófitas viables.....	16
2.3.6 Aceptabilidad general .....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
3.1 Materiales, equipos e instrumentos .....	19
3.1.1 Lugar de ejecución.....	19
3.1.2 Materia prima y envases .....	19
3.1.3 Equipos e instrumentos de laboratorio .....	19
3.2 Método experimental .....	20
3.2.1 Esquema experimental para la investigación sobre aguaymantos irradiado con UV-C .....	20
3.2.2 Procedimiento experimental para la investigación sobre aguaymanto irradiado con UV-C .....	22
3.3 Métodos de análisis .....	24
3.3.1 Firmeza.....	24
3.3.2 Color .....	24
3.3.3 Ácido ascórbico.....	25
3.3.4 Acidez titulable .....	25
3.3.5 Número de bacterias aerobias mesófilas viables.....	25
3.3.6 Aceptabilidad general.....	26
3.4 Métodos estadísticos.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	28
4.1 Efecto de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza.....	28
4.2 Efecto de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre el color.....	33
4.3 Efecto de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre el ácido ascórbico .....	44

4.4 Efecto de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre la acidez titulable .....	57
4.5 Efecto de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre el número de bacterias aerobias mesófilas viables.....	51
4.6 Efecto de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general.....	55
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. RECOMENDACIONES .....	60
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	61
VIII. ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del aguaymanto .....	4
Cuadro 2. Composición nutricional del aguaymanto .....	5
Cuadro 3. Características del aguaymanto en diferentes estados de madurez.....	11
Cuadro 4. Diferentes regiones del espectro UV-C y sus longitudes de onda.....	12
Cuadro 5. Criterios microbiológicos de calidad en frutas y hortalizas frescas semiprocesadas, refrigerados y/o congelados... ..	17
Cuadro 6. Prueba de Levene modificada para la firmeza en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	30
Cuadro 7. Análisis de varianza de la firmeza en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	31
Cuadro 8. Prueba de Duncan para la firmeza en aguaymantos expuestos a irradiación la UV-C.....	32
Cuadro 9. Prueba de Levene modificada para la luminosidad en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	35
Cuadro 10. Análisis de varianza para la luminosidad en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	36
Cuadro 11. Prueba de Duncan para la luminosidad en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	37
Cuadro 12. Prueba de Levene modificada para la cromaticidad a* en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	39
Cuadro 13. Análisis de varianza para la cromaticidad a* en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	39
Cuadro 14. Prueba de Duncan para la cromaticidad a* en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C... ..	40

Cuadro 15. Prueba de Levene modificada para la cromaticidad $b^*$ en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	42
Cuadro 16. Análisis de varianza para la cromaticidad $b^*$ en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	42
Cuadro 17. Prueba de Duncan para la cromaticidad $b^*$ en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	43
Cuadro 18. Prueba de Levene modificada para el contenido de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C .....	45
Cuadro 19. Análisis de varianza para el contenido de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	46
Cuadro 20. Prueba de Duncan para el contenido de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	47
Cuadro 21. Prueba de Levene modificada para la acidez titulable en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	49
Cuadro 22. Análisis de varianza para la acidez titulable en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C.....	50
Cuadro 23. Prueba de Duncan para el contenido de acidez titulable en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C .....	51
Cuadro 24. Prueba de Levene modificada para el número de aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C .....	53
Cuadro 25. Análisis de varianza para el número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C .....	54
Cuadro 26. Prueba de Duncan para el número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a	

irradiación UV-C .....	55
Cuadro 27. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Tabla de estados de madurez comercial de tres ecotipos del aguaymanto según la Norma Técnica Peruana .....	8
Figura 2. Tabla de color del aguaymanto según la Norma Técnica Colombiana para la clasificación en base a su estado de color .....	10
Figura 3. Esquema experimental de aguaymanto expuestos a tratamiento de irradiación UV-C .....	21
Figura 4. Diagrama de flujo para la conservación de aguaymanto irradiados con UV-C.....	22
Figura 5. Tarjeta de evaluación sensorial para la prueba de aceptabilidad general de aguaymanto con irradiación UV-C en refrigeración .....	26
Figura 6. Firmeza en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación en función de los días de almacenamiento .....	28
Figura 7. Luminosidad ( $L^*$ ) en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación en función de los días de almacenamiento.....	33
Figura 8. Cromaticidad $a^*$ en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación en función de los días de almacenamiento.....	38
Figura 9. Cromaticidad $b^*$ en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación función de los días almacenamiento.....	41

Figura 10. Contenido de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación en función de los días de almacenamiento.....	44
Figura 11. Acidez titulable en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación en función de los días de almacenamiento .....	48
Figura 12. Número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación en función a los días de almacenamiento .....	52
Figura 13. Aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación en función a los días de almacenamiento.....	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

ANEXO A. Método para obtener los tiempos de exposición de cada dosis de irradiación UV-C .....	69
ANEXO B. Valores de la firmeza en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento .....	71
ANEXO C. Valores de L*, a* y b* en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento .....	72
ANEXO D. Valores de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento .....	77
ANEXO E. Valores de la acidez titulable en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento .....	79
ANEXO F. Número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento .....	81
ANEXO G. Valores de la aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento en el día 0 .....	83

ANEXO H. Valores de la aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento en el día 7 .....	84
ANEXO I. Valores de la aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento en el día 14 .....	85
ANEXO J. Valores de la aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a tratamiento de irradiación durante el almacenamiento en el día 21 .....	86
ANEXO K. Diagrama de flujo para aguaymantos frescos tratados con irradiación UV-C .....	87
ANEXO L. Comparación de los tratamientos del día 0 al día 30 de almacenamiento .....	88

## Resumen

Se evaluó el efecto de la dosis de irradiación UV-C y del tiempo de almacenamiento sobre la firmeza, color, ácido ascórbico, acidez titulable, número de bacterias aerobias mesófilas viables y aceptabilidad general en aguaymanto. Los frutos fueron adquiridos del mercado La Hermelinda de la provincia de Trujillo, La Libertad, los cuales fueron trasladados al laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Después de un proceso de selección, clasificación, pesado, fueron expuestos a irradiación UV-C con dosis de 3 y 5 kJ/m<sup>2</sup>, para posteriormente ser colocados en bandejas “clamshell” y finalmente almacenadas a 1 °C durante 28 días; considerándose una muestra control. Cada 7 días fueron medidas las variables dependientes. La prueba de Levene modificada demostró homogeneidad de varianza en las variables medidas. El análisis de varianza mostró efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las variables paramétricas estudiadas: firmeza, color, ácido ascórbico, acidez y número de bacterias aerobias mesófilas viables. La prueba de Duncan determinó que la dosis de irradiación UV-C de 5 kJ/m<sup>2</sup> presentó la mayor firmeza, acidez y contenido de ácido ascórbico, el mejor color y el menor número de bacterias aerobias mesófilas viables en el día 21 de almacenamiento. En la aceptabilidad general luego de aplicar Friedman se evidenció un efecto no significativo de la dosis de irradiación y el tiempo de almacenamiento entre todos los tratamientos.

## **Abstract**

The effect of the UV-C irradiation dose and storage time on the firmness, color, ascorbic acid, titratable acid, viable mesophilic aerobic bacteria count and general acceptance on golden berry was determined. The fruits were acquired from La Hermelinda market in the province of Trujillo, La Libertad, immediately moved to the laboratory of Professional School of Food Engineering, where they were selected, classified, weighed and irradiated with 3 and 5 kJ/m<sup>2</sup> UV-C doses, then placed in clamshell trays and finally stored at 1 °C for 28 days; a control sample. Every 7 days the dependent variables were evaluated. The modified Levene test showed variances homogeneity in all the evaluated variables. Analysis of variance denoted a significant effect ( $p < 0.05$ ) of the irradiation dose of UV-C and storage time on firmness, color, ascorbic acid, titratable acid and viable mesophilic aerobic bacteria count. Duncan test determined that the 5 kJ/m<sup>2</sup> UV-C irradiation dose of allowed to get the highest firmness, acidity and ascorbic acid content, the best color and viable mesophilic aerobic bacteria count on golden berry in the day 21 of storage. After applying the Friedman test, general acceptability showed a no significant effect of the irradiation dose and storage time on all the treatments.

## I. INTRODUCCIÓN

Los tratamientos térmicos poseen características de un método ideal en conservación de alimentos. Sin embargo, en algunos alimentos la gran termotolerancia de enzimas y microorganismos hace necesaria la aplicación de tratamientos, que afectan a las propiedades organolépticas y nutricionales del alimento, es por ello que los nuevos métodos de conservación como: altas presiones hidrostáticas, pasteurización y esterilización por extrusión, irradiación ultravioleta y ozonización, entre otros, buscan obtener productos con un mínimo procesamiento, que conserven sus características de calidad (mínimas pérdidas de color, textura, aroma, sabor y contenido de nutrientes) (Morata, 2010).

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es un arbusto oriundo de los andes peruanos, que en los últimos años ha adquirido importancia comercial. La demanda local, nacional y extranjera de este fruto se encuentra en estado creciente, tanto en frutos frescos como en productos transformados. Esta fruta constituye parte de la dieta alimenticia del sector rural de donde crece de forma silvestre, especialmente en las áreas calientes y secas cerca de los andes. El desarrollar nuevas propuestas para su procesamiento puede propiciar su revalorización y producción a mayor escala, además de poner al alcance de las personas sus propiedades nutritivas y medicinales (Minagri, 2014).

Un campo importante en la industria alimenticia es el área del manejo postcosecha de los alimentos con el fin de mantener su calidad y por ende su comercialización. En este sentido, es importante conocer sus propiedades fisicoquímicas y su relación con su estado de madurez (principalmente el color del fruto) que posee el alimento, así aprovechar al

máximo todo proceso industrial que se hace a dicho producto (Velásquez y Velásquez, 2017).

La irradiación de alimentos es una tecnología emergente, no térmica, cuyo objetivo es crear alimentos microbiológicamente seguros que no impacten de manera negativa los atributos sensoriales y nutricionales de los productos. El uso de esta tecnología está bien establecida para casos como, el tratamiento de agua, la desinfección de aire y la desinfección de superficies, sin embargo, su aplicación en alimentos listos para consumir, incluidos los frutos y vegetales, está aún en investigación y su difusión es aún insuficiente. No obstante, el tratamiento con irradiación UV-C tiene un amplio potencial para ser usado de manera comercial en frutos, debido al grado de efectividad que esta tecnología posee para inhibir ciertos tipos de microorganismos (Millán y otros, 2015).

Se ha comprobado que la aplicación de la irradiación ultravioleta corta (UV-C) en diferentes productos como frutas y vegetales controla el crecimiento microbiano y retrasa los procesos asociados con su maduración. Al parecer la irradiación UV-C induce a la acumulación de sustancias naturales antifúngicas que limitan el crecimiento microbiano, y en cantidades recomendadas no produce alteraciones ni favorece al proceso degenerativo del producto, una de sus ventajas es que no deja residuos y no afecta las características sensoriales del producto (Andrade y otros, 2013).

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto de dos dosis de irradiación UV-C (3 y 5 kJ/m<sup>2</sup>) y cuatro tiempos de almacenamiento a 1 °C (7, 14, 21 y 28 días) sobre la firmeza, color, ácido ascórbico, acidez, número de bacterias aerobias mesófilas viables y aceptabilidad general en aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)?

Los objetivos propuestos para esta investigación son los siguientes:

- Evaluar el efecto la dosis de irradiación UV-C (3 y 5 kJ/m<sup>2</sup>) y tiempo de almacenamiento 1 °C (7, 14, 21 y 28 días) sobre la firmeza, color, ácido ascórbico, acidez, número de bacterias aerobias mesófilas viables y aceptabilidad general, en aguaymanto.
- Determinar la dosis de irradiación UV-C (3 y 5 kJ/m<sup>2</sup>) y el tiempo de almacenamiento 1 °C (7, 14, 21 y 28 días) para obtener la mayor firmeza, mejor color, mayor aceptabilidad general, mayor acidez, el mayor contenido de ácido ascórbico y el menor número de bacterias aerobias mesófilas viables.

## II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

### 2.1. Aguaymanto

#### 2.1.1. Generalidades del aguaymanto

Se trata de una planta herbácea erecta, perenne en zonas tropicales. Puede alcanzar una altura de entre 0.6 a 0.9 m, sin embargo, se han registrado casos en los que llega a alcanzar 1.8 metros. Las ramas son acanaladas y a veces de color violáceo. Hojas opuestas, alternadas de forma acorazonada midiendo de 6-15 cm de longitud y 4-10 cm de ancho. Presenta flores amarillas en forma de campanas, con corolas campanuladas de color morado marrón. Los frutos son bayas de color naranja-amarillo de forma globosa y de 1.5-2 cm de diámetro con un sabor peculiar agrídulce de buen gusto, protegidos por un cáliz no comestible de textura papirácea (Minagri, 2014).

El aguaymanto es una planta perteneciente a la familia Solanáceas, su clasificación taxonómica se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del aguaymanto

Jerarquía	Descripción
Reino	Plantae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Tubiflorales
Género	<i>Physalis</i>
Variedad	<i>Physalis</i> .
División	Embriophyta
Subclase	Methachlamydeae
Familia	Solanáceas
Especie	Peruviana
Nombres comunes	Uchuva, uvilla, tomatillo, aguaymanto, capulí, entre otros.

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2013).

El aguaymanto, que pertenece al género *Physalis*, cuenta con más de ochenta variedades que se encuentran en estado silvestre y que se caracterizan porque sus frutos están encerrados dentro de un cáliz o capacho (Mendoza y otros, 2012).

### 2.1.2. Valor nutritivo

El aguaymanto contiene nutrientes como la proteína, después de los carbohidratos y el agua que son los compuestos en mayor proporción en la pulpa, a continuación, se muestra la composición nutricional del aguaymanto en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición nutricional del aguaymanto

Componente	Contenido de 100 g de pulpa
Energía (kJ)	54.00
Agua (g)	79.60
Proteína (g)	1.1
Grasa (g)	0.40
Carbohidratos (g)	13.10
Fibra (g)	4.80
Ceniza (g)	1.00
Calcio (mg)	7.00
Fosforo (mg)	38.00
Hierro (mg)	1.20
Vitamina A (U.I)	648.00
Tiamina (mg)	0.18
Riboflavina	0.03

Fuente: Mendoza y otros (2012).

El fruto del aguaymanto ha sido usado como una buena fuente de provitamina A, minerales, vitamina C y complejo B. La fruta contiene 15% de sólidos solubles (principalmente azúcares). El nivel de fósforo es alto y su contenido de fibra dietética permite que la pectina de la fruta se comporte como un regulador intestinal (Ramadán y Morsel, 2003).

El aguaymanto, es la especie más conocida de este género, se caracteriza por tener un fruto azucarado y contar con la vitamina A y C, además de hierro y fósforo (Mendoza y otros, 2012).

### **2.1.3. Requisitos mínimos**

Según la Norma Técnica Peruana 203.121 (INDECOPI, 2014), en todas las categorías a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, los frutos de aguaymanto deberán:

- Estar enteros con o sin cáliz
- Estar sanos y exentos de podredumbre o deterioro que los hagan no aptos para el consumo
- Estar limpios, y prácticamente exentos de cualquier materia extraña visible
- Estar prácticamente exentos de plagas que afecten al aspecto general del producto
- Estar prácticamente exentos de daños causados por plagas
- Exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica
- Estar exentos de cualquier olor y/o sabores extraños
- Ser de consistencia firme para consumo fresco las que no cumplan con este requisito puede ser destinado al procesamiento
- Tener un aspecto fresco
- Tener una piel suave y brillante, para consumo fresco; los que no cumplan con este requisito puede ser destinado al procesamiento.
- Si el cáliz está presente, el pedúnculo no deberá superar los 25 mm de longitud.

#### **2.1.4. Madurez del fruto**

De acuerdo a su velocidad de respiración el aguaymanto es considerado como un fruto climatérico que presenta además de un claro incremento de la producción de etileno durante la etapa de maduración. El etileno puede estar asociado a distintos procesos durante la maduración de los frutos del aguaymanto, como, por ejemplo, el ablandamiento, actividad antioxidante, el cambio de color entre otros (Velásquez y Velásquez, 2017).

La madurez comercial del aguaymanto puede evaluarse visualmente según su coloración, que varía de: verde limón, amarillo y naranja a medida que madura el fruto según los ecotipos (Figura 1). Su condición de madurez puede confirmarse determinando el contenido total de sólidos solubles, la variación en la coloración del cáliz no indica necesariamente la madurez del fruto y el contenido de sustancias solubles deberá ser por lo menos de 12°Brix (INDECOPI, 2014).

Un aspecto fundamental a tener en cuenta es el manejo de postcosecha de frutas, es que éstas continúan vivas aun después de cosechadas. En el sentido, la fruta continúa respirando, madurando en algunos casos e iniciado su proceso de senescencia, todo lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada fruta. Asimismo, el producto cosechado está constantemente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración y a otros fenómenos fisiológicos (Arias y Toledo, 2007).

La Norma Técnica Peruana 203.121 (INDECOPI, 2014) indica los estados de madurez comercial de tres ecotipos del aguaymanto: Ecotipo verde limón, ecotipo amarillo y ecotipo naranja (Figura 1)

Ecotipo verde limón	Ecotipo amarillo	Ecotipo naranja
		

Fuente: INDECOPI (2014)

Figura 1. Tabla de estados de madurez comercial de tres ecotipos del aguaymanto según la Norma Técnica Peruana.

### 2.1.5. Clasificación

Según la Norma Técnica Peruana 203.121 (INDECOPI, 2014), los frutos de aguaymanto se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación, independientemente de su tamaño y color:

#### a) Categoría extra

El fruto de aguaymanto de esta categoría deberá ser de calidad superior y características del ecotipo y/o tipo comercial. No deberán tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase

**b) Categoría I**

Los frutos de aguaymanto de esta categoría deberán ser de buena calidad y características del ecotipo. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:

- Defectos leves de la forma;
- Defectos leves en la coloración;
- Defectos leves de la piel.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto.

**c) Categoría II**

Esta categoría comprende los frutos del aguaymanto que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en el apartado 2.1.3. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando los frutos de aguaymanto conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación, aspecto general y presentación:

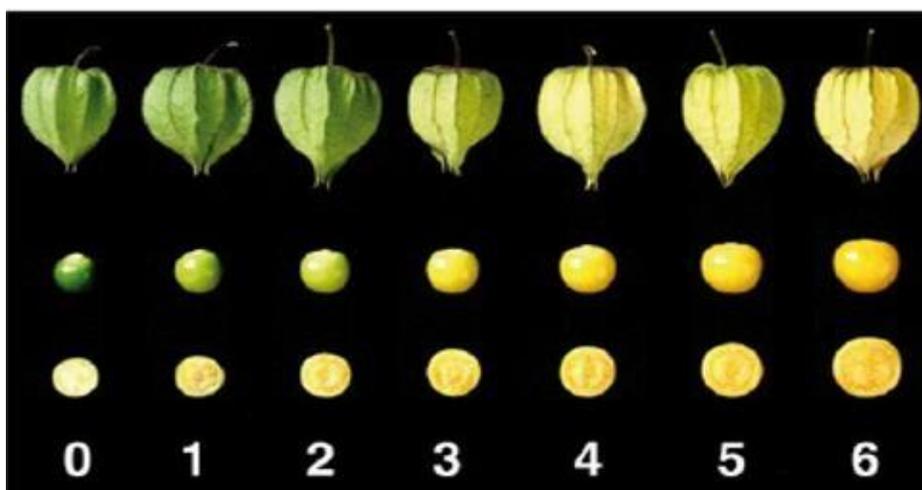
- Defectos de la forma
- Defectos de la coloración
- Defectos de la piel
- Pequeñas grietas cicatrizadas que no representen más del 10% de la superficie total del fruto

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto

### 2.1.6. Índice de madurez

El índice de madurez fisiológica identifica el momento para realizar la cosecha de los frutos. Este índice de madurez indica, por cambios perceptibles, que el fruto ha llegado a su desarrollo, a la madurez fisiológica que le permitirá alcanzar la madurez de consumo una vez se separe de la planta. En el caso del aguaymanto el índice de madurez más utilizado por los productores y comercializadores es la determinación visual a través del color del cáliz que coincide totalmente con la coloración del fruto (AMPEX, 2008).

Según la Norma Técnica Colombiana 4580 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1999), indica una clasificación objetiva respecto al color en la materia prima presentado en la Figura 2.



Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (1999)

Figura 2. Tabla de color del aguaymanto según la Norma Técnica Colombiana para la clasificación en base a su estado de madurez.

La Norma Técnica Colombiana 4580 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1999), indica una clasificación basada en el color presentado en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características del aguaymanto en diferentes estados de madurez

Estado de madurez	Color externo del fruto
0	Fisiológicamente desarrollado de color verde oscuro
Uno	Color verde un poco más claro
Dos	Color verde se manifiesta en las zonas cercanas al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas.
Tres	Color anaranjado claro con visos verdes hacia la zona del cáliz
Cuatro	Color anaranjado claro
Cinco	Color anaranjado
Seis	Color anaranjado intenso

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (1999).

## 2.2. Irradiación UV-C

### 2.2.1. Generalidades de la irradiación UV-C

La irradiación ultravioleta, en su forma natural, proviene del sol. El espectro de dicha radiación, que penetra en la atmósfera terrestre, se ha dividido en tres regiones dependiendo de su longitud de onda. Dichas regiones ejercen diferentes características sobre los organismos. Es debido a las propiedades germicidas de la irradiación UV-C, que se han creado fuentes de irradiación artificiales (lámparas) con fines prácticos, generalmente con pronósticos de desinfección. Estas fuentes de irradiación son fabricadas utilizando lámparas de mercurio de baja presión, que producen radiación con una longitud de onda de 254 nm (Haro y Guerrero, 2013).

### 2.2.2. Características de la irradiación ultravioleta

La luz ultravioleta es una radiación no ionizante, que actúa a una longitud de onda entre 100 a 400 nm, se clasifica en tres tipos: UV-A, UV-B, UV-C; esta última es la más reconocida por su acción germicida a 254 nm (Oviedo y otros, 2013).

En el cuadro 4 se indica las diferentes regiones del espectro UV indicando sus respectivas longitudes.

Cuadro 4. Regiones del espectro UV con sus respectivas longitudes

Radiación	Longitud de onda
UV-A	315 – 400 nm.
UV-B	280 – 315 nm.
UV-C	200 – 280 nm.

Fuente: Oviedo y otros (2013)

### **2.2.3. Efecto de la irradiación UV-C sobre los seres vivos.**

#### **a) Efecto germicida**

Todos los seres vivos no reaccionan de la misma forma a la irradiación ultravioleta, algunos resisten dosis mayores que otros. Su mecanismo de acción se basa en una reacción fotoquímica irreversible sobre el ADN celular, lo cual causa una alteración en los procesos de replicación celular que trae como consecuencia una inactivación de la reproducción, que a su vez lleva a la destrucción de la célula; así se logra la eliminación del microorganismo (Bermúdez y Barbosa, 2013)

La irradiación UV-C afecta el ADN de los microorganismos, causando mutaciones mediante la separación de la doble hélice, evitando de esta manera su reproducción, es así como esta tecnología no térmica puede ser aplicada para inactivar diversos tipos de microorganismos incluyendo virus. La generación de radiación ultravioleta monocromática (254 nm) es considerada como un medio físico de desinfección cuya aplicación en alimentos está aún siendo investigada (Haro y Guerrero, 2013).

#### **b) Efecto sobre los frutos**

Como tratamiento postcosecha, la irradiación UV-C reduce la velocidad de maduración y retrasa la senescencia de la fruta, induce la acumulación de compuestos bioactivos y reduce algunos desórdenes fisiológicos (Márquez y Pretell, 2013)

Al aplicar irradiación UV-C en frutas y vegetales, adicionalmente a la reducción de la carga microbiana inicial en la superficie, se produce un fenómeno denominado “efecto hormético”, dicho efecto puede mejorar la resistencia al ataque de ciertos microorganismos

tales como mohos y levaduras, dado que puede estimular la producción de fenilalanina amonio liasa, que induce la formación de compuestos fenólicos (fitoalexinas), tóxicos para ellos (Mendoza, 2014)

#### **2.2.4. Efecto hórnico de la irradiación UV-C**

La hormesis UV-C es un enfoque recientemente introducido en el manejo postcosecha, pues su aplicación es mejor en dosis bajas de irradiación 2-20 kJ/m<sup>2</sup> puede inducir la producción de compuestos fungicidas como fitoalexinas, reduciendo la velocidad de maduración y retrasando la senescencia. En el sector hortícola eso permite reducir las pérdidas postcosecha ocasionadas por desórdenes fisiológicos, como daño por frío, susceptibilidad al ataque de fitopatógenos, daños mecánicos, pérdida de firmeza y otros (León, 2016).

#### **2.2.5. Tratamiento con irradiación ultravioleta, uso en alimentos**

La irradiación ultravioleta (UV) es conocida por su efecto germicida y su aplicación en esterilización, y ha sido adoptada especialmente en áreas en las que la contaminación microbiológica tiene gran importancia. Asimismo, se ha utilizado por mucho tiempo en la industria alimentaria para la purificación de ambientes donde se procesan o fabrican alimentos, en la desinfección de agua y de superficies de empaque. También se ha experimentado su aplicación directa en algunos alimentos frescos y procesados. Así, se ha usado en el control de enfermedades postcosecha de frutas y hortalizas y se ha demostrado su efecto beneficioso en numerosos sistemas (León, 2016).

La irradiación UV como tecnología no térmica de conservación es un tratamiento simple, limpio, se realiza a bajas temperaturas y sin humectación del producto.

El uso de la irradiación UV ha sido aprobado como control en el tratamiento superficial de alimentos, esterilización del agua usada en la producción de alimentos y reducción de patógenos y otros microorganismos (FDA, 2013)

## **2.3. Parámetros de calidad en frutas frescas**

### **2.3.1. Firmeza**

La firmeza es un atributo muy importante en la postcosecha de los frutos. El excesivo ablandamiento es uno de los principales factores determinantes de la pérdida de calidad, dado que los productos más firmes soportan mejor el manipuleo y el transporte y son menos propensos al desarrollo de hongos y podredumbres (Herrera, 2013).

### **2.3.2. Color**

El color de los frutos puede ser un factor decisivo en su aceptación o rechazo por los consumidores. En frutas y vegetales, el color se debe principalmente a tres familias de pigmentos: clorofilas, carotenoides y antocianinas, que son responsables de la coloración verde, roja-amarilla y azul-violeta, respectivamente (León, 2016).

### **2.3.3. Ácido ascórbico**

La vitamina C o ácido ascórbico ayuda al desarrollo de dientes y encías, huesos, cartílagos, absorción del hierro, crecimiento y reparación del tejido conectivo normal, producción de colágeno, metabolización de grasas y la cicatrización de heridas. Siendo el ácido ascórbico una vitamina hidrosoluble indispensable para el organismo y que funciona como un cofactor en diversas reacciones de hidrólisis, interviene de manera importante. Esta vitamina es esencial para el

desarrollo y mantenimiento del organismo, por lo que su consumo es obligatorio para mantener una buena salud (Sandoval, 2010)

#### **2.3.4. Acidez**

Las frutas y hortalizas contienen ácidos orgánicos en su composición química, lo cual le da un sabor característico, los ácidos son esenciales para que el cuerpo humano tenga un funcionamiento adecuado, la determinación de la acidez es de ayuda para lograr conocer los porcentajes de ácidos orgánicos presentes en las frutas y hortalizas (Dirección General de Normas Mexicanas, 2010).

#### **2.3.5. Crecimiento de bacterias aerobias mesófilas viable**

Según la Norma Sanitaria que establece los criterios de microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, las frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas o precocidas), refrigeradas y/o congeladas deben cumplir con las condiciones presentadas en el Cuadro 5 (Minsa, 2003).

Cuadro 5. Criterios microbiológicos de calidad en frutas y hortalizas frescas semiprocesadas, refrigeradas y/o congeladas

Agente microbiano	Categoría	Clase	N	C	Limite por gramo	
					M	M
<b>Aerobios Mesófilos</b>	1	3	5	3	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25g	-
<i>Listeria monocytogene</i>	10	2	5	0	Ausencia/25g	-

n: Número de unidades de muestra requeridas para realizar el análisis, que se eligen separada e independientemente, de acuerdo a normas nacionales o internacionales referidas a alimentos y bebidas apropiadas para fines microbiológicos.

c: Número permitido de unidades de muestra rechazables en un plan de muestreo de 2 clases o unidades de muestra provisionalmente aceptable en un plan de muestreo de 3 clases. Cuando se detecte un número de unidades de muestra mayor a “c” se rechaza el lote.

m: Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general, un valor igual o menor a “m”, representa un producto aceptable y los valores superiores a “m” indican lotes rechazables en un plan de muestreo de 2 clases.

M: Los valores de recuentos microbianos superiores a “M” son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

Fuente: Minsa (2003)

### 2.3.6. Aceptabilidad general

La evaluación sensorial o aceptabilidad se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. La evaluación sensorial es una ciencia multidisciplinaria que utiliza los sentidos humanos en sus dos áreas de trabajo: medir la aceptabilidad de los alimentos (y de otros materiales), mediante pruebas afectivas con consumidores y medir las propiedades sensoriales de los mismos mediante pruebas analíticas con panelistas (Herrera, 2013).

La aceptabilidad general constituye en la actualidad una de las más importantes herramientas para el desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Así pues, por su aplicación en el control de calidad y de los procesos, el diseño y desarrollo de nuevos productos y la estrategia de lanzamiento de los mismos al comercio, la hace sin duda, copartícipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación (Vite, 2015).

La evaluación sensorial es el proceso en el que utilizamos nuestros sentidos (gusto, olfato, tacto, vista) y su aplicación para la determinación de la aceptabilidad de los alimentos (León, 2016).

#### a. Tipo de prueba

- **Prueba de aceptabilidad:** Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores (Rodríguez, 2014).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales, equipos e instrumentos**

##### **3.1.1. Lugar de ejecución**

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

##### **3.1.2. Materia prima y envase**

- Aguaymanto con  $12.0 \pm 0.5$  °Brix, obtenido del mercado La Hermelinda de Trujillo.
- Bandejas de plástico tipo “clamshell” de 500 g de capacidad.

##### **3.1.3. Equipos e instrumentos**

- Refrigeradora. Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango 0 a 8 °C. Precisión  $\pm 2$  °C
- Balanza analítica marca METTLER TOLEDO. Capacidad 0 – 210 g. Sensibilidad: 0.0001 g
- Colorímetro Konica Minolta. Modelo CR – 400
- Texturómetro Instron. Modelo 3342.
- Equipo de rayos ultravioletas de onda corta. Diseño propio. Cuatro lámparas Philips, modelo TUV G30T8, 30 W. Dimensiones de la cámara de vidrio: 121 cm largo x 26.8 cm ancho x 91 cm alto. Espesor: 1 cm

## **3.2. Método experimental**

### **3.2.1. Esquema experimental para la investigación sobre conservación de aguaymanto con irradiación UV-C**

La Figura 1 muestra el esquema experimental para desinfección de aguaymanto con irradiación UV-C. Las variables independientes son dosis de irradiación UV-C (3 y 5 kJ/m<sup>2</sup>) y tiempo de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días); y como variables dependientes la firmeza, color, ácido ascórbico, acidez, número de bacterias aerobias mesófilas viables y aceptabilidad general

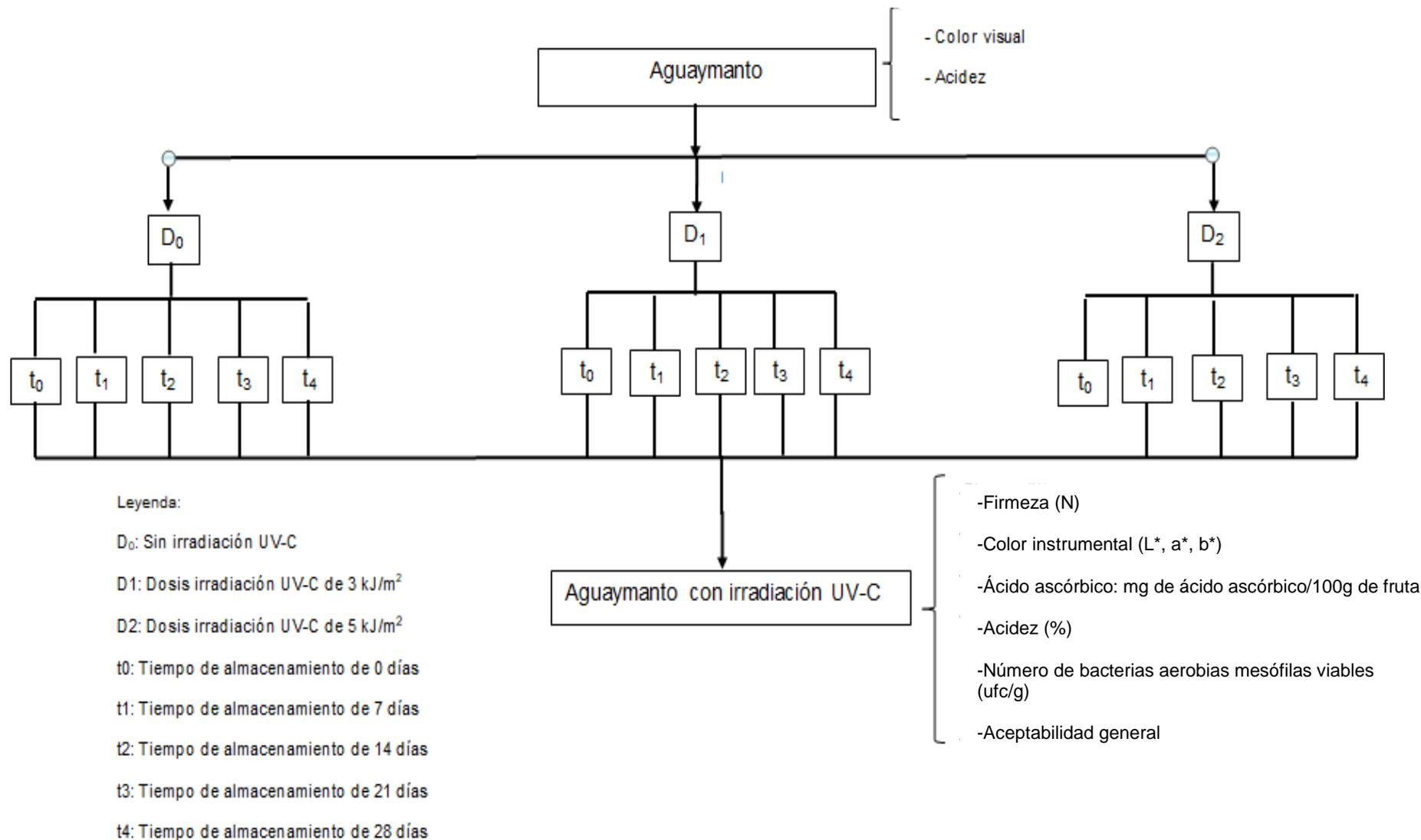


Figura 3. Esquema experimental para la investigación sobre conservación de aguaymanto con irradiación UV-C

### 3.2.2. Procedimiento experimental para la investigación sobre aguaymanto

La Figura 4 presenta el proceso de los frutos frescos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) para su tratamiento con irradiación UV-C y, luego, ser almacenados a 1 °C, para su evaluación periódica (0, 7, 14, 21 y 28 días).

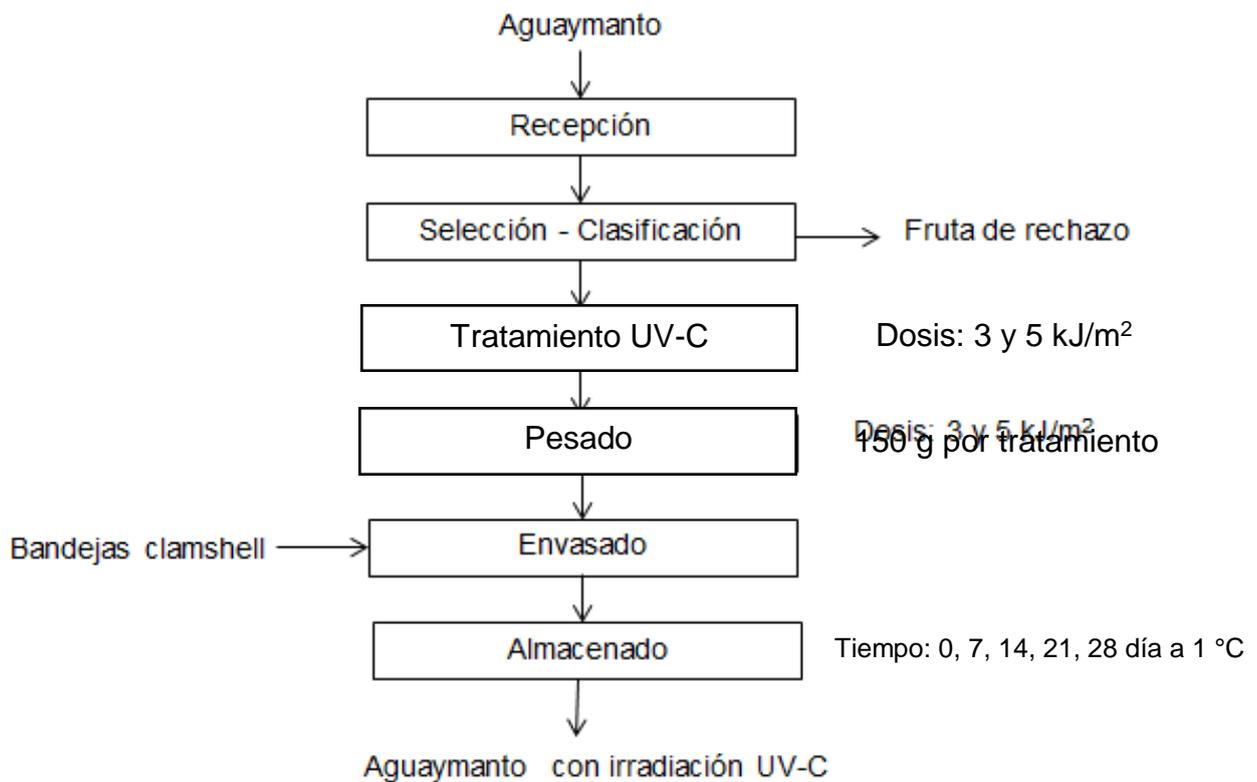


Figura 4. Diagrama de flujo para la conservación de aguaymantos irradiados con UV-C.

A continuación, se describe cada etapa del proceso para la obtención de aguaymanto sometido a tratamiento de irradiación UV-C para ser envasados y almacenado.

**Recepción.** La fruta se recibió en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor

Orrego, verificando que no tenga algún tipo de daño ya sea físico o mecánico. Posteriormente se colocó en un espacio ventilado del mismo laboratorio, para poder continuar con las operaciones (Herrera, 2013)

**Selección/Clasificación.** Los frutos fueron seleccionados manualmente considerando ausencia de daños físicos e infección por hongos y se clasificaron en base a su estado de madurez N° 5 según la tabla de color de la Norma Técnica Colombiana 4580 (Figura 2) (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1999) y el ecotipo 3 (Figura 1) según la Norma Técnica Peruana (INDECOPI, 2014). Se eliminaron los que no cumplieron con las condiciones requeridas.

**Tratamiento UV-C.** Para la aplicación de este tratamiento se utilizó 04 lámparas germicidas UV-C de 254 nm a una distancia de 12.5 cm, a diferentes tiempos de exposición que permitió obtener las diferentes dosis de aplicación, mediante la ecuación 1 y 2 (León, 2016). Los resultados completos sobre el método se encuentran en el Anexo A.

$$D = I * t \dots\dots\dots(1)$$

$$I = A/B \dots\dots\dots(2)$$

D: Dosis de irradiación aplicada (kJ/m<sup>2</sup>)

I: Intensidad de irradiación bajo el área de emisión de luz UV-C (kJ/m<sup>2</sup>)

t: Tiempo de exposición (s)

A: Área de emisión de luz UV-C (m<sup>2</sup>)

B: Intensidad (kJ/m<sup>2</sup>)

**Pesado.** Se pesó aproximadamente 150 g de fruto por cada tratamiento; utilizando una balanza analítica y se registraron los valores (Herrera, 2013)

**Envasado.** Se envasó en bandejas tipo “clamshell” de 500 mg de capacidad y se cerraron cuidadosamente, previo a la distribución uniforme de los frutos (Herrera, 2013).

**Almacenamiento.** Se realizó a una temperatura de 1 °C, para ser evaluados periódicamente (0, 7, 14, 21 y 28 días) en sus características fisicoquímicas y microbiológicas (Mendoza, 2014).

### **3.3. Métodos de análisis**

#### **3.3.1. Firmeza**

La firmeza se determinó de manera instrumental, se reportó un promedio de 5 valores por cada tratamiento, se utilizó un texturómetro Instron modelo 3342 siguiendo la metodología usada por Zapata y otros (2010).

Los parámetros del ensayo fueron tomados de la siguiente manera:

- Modo: medida de fuerza en compresión.
- Opción: retorno al inicio.
- Velocidad de pretest: 1.0 mm/s.

#### **3.3.2. Color**

Se utilizó el sistema CIELAB, usando el colorímetro Kónica Minolta. El equipo se calentó durante 10 min y calibró con un blanco estándar. Luego se determinó los parámetros de color expresados en términos de luminosidad  $L^*$  (0 para negro y 100 para blanco), cromaticidad  $a^*$  (- verde a + rojo) y  $b^*$  (- azul a + amarillo). Las medidas fueron tomadas en 5 frutos por cada tratamiento reportándose el promedio de los valores siguiendo la metodología usada por Vandepierre, (2011).

### **3.3.3. Ácido ascórbico**

Se maceró 20 g de aguaymantos triturados en un mortero con 50 mL de ácido metafosfórico al 3 %, luego se pasó la muestra a una probeta de 100 mL y se ajustó el volumen con agua destilada, para después agitar la muestra, se tomó 10 mL de la capa superior y se lo colocó en un matraz erlenmeyer y se tituló con la solución de indofenol (previamente estandarizada). El color azul viró a rosa cuando este estuvo en contacto con el ácido, e inmediatamente se decoloró por la vitamina C presente; se continuó con la adición del indofenol hasta que el color rosa fue permanente (AOAC, 2012).

### **3.3.4. Acidez titulable**

Se pesó 10 g de muestra para después ser triturada y colocarla a una fiola de 100 mL, la cual se aforó con agua destilada, luego se filtró y se tomó una alícuota de 50 mL, se agregó 4 gotas de fenolftaleína para luego titularse con NaOH 0.09 N, hasta la aparición del color rosado-grosella. Se anotó el volumen consumido de NaOH 0.09 N. Se determinó la acidez titulable expresada en porcentaje de ácido cítrico (AOAC, 2005).

### **3.3.5. Número total de bacterias aerobias mesófilas viables**

Se separaron asépticamente 10 g de muestra que fueron homogenizados en 90 mL de agua peptonada al 0.1%. Una serie de diluciones fueron preparadas en 9 mL de agua peptonada con 1 mL de alícuota. El recuento de bacterias aerobias mesófilas viables se determinó usando el método de siembra en superficie de Agar Patrón para Recuento-PCA (Merck) como medio. Las placas se incubaron a 35 °C durante 2 días (ICMSF, 2001).

### 3.3.6. Aceptabilidad general

La aceptabilidad general de las muestras de aguaymanto se evaluaron usando una escala hedónica estructurada de nueve puntos, con un valor de 1 para me “Me desagrada muchísimo” y un valor de nueve para “Me agrada muchísimo”. La prueba se realizó cada siete días con panelistas no estrenados. Los aguaymantos se sirvieron en forma aleatoria en contenedores codificados con 3 códigos (Sandoval, 2013)

Las muestras se entregaron a los panelistas, los cuales las probaron y llenaron la cartilla de acuerdo a su agrado.

A continuación, se muestra la cartilla de evaluación que se les entregó a los panelistas para que según su criterio y gusto evalúen los aguaymantos irradiados con UV-C

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD GENERAL DE AGUAYMANTO CON IRRADIACIÓN UV-C			
Nombre:.....			
Fecha:.....			
Instrucciones: Pruebe cada aguaymanto que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que le produzca basándose en el sabor, color, olor, textura y apariencia			
Escala	Muestras		
	545	460	633
Me gusta muchísimo			
Me agrada mucho			
Me agrada moderadamente			
Me agrada poco			
No me agrada ni me desagrada			
Me desagrada poco			
Me desagrada moderadamente			
Me desagrada mucho			
Me desagrada muchísimo			
Comentarios:.....			
.....			
.....			
.....			
.....			

Figura 5. Tarjeta de evaluación sensorial para la prueba de aceptabilidad general de aguaymanto con irradiación UV-C en refrigeración.

### **3.4. Métodos estadísticos**

El diseño estadístico que se aplicó para la evaluación paramétrica de pérdida de peso, color, firmeza, ácido ascórbico, acidez y número de bacterias correspondieron a un arreglo bifactorial con 3 repeticiones, para lo cual se utilizó la Prueba de Levene para evaluar homogeneidad de varianzas, seguido del análisis de varianza y finalmente la Prueba de comparaciones múltiples de Duncan, todas con un nivel de confianza del 95%.

Los datos obtenidos en la evaluación de la aceptabilidad general del aguaymanto fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon, ambas con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el programa SPSS para Windows (Statistical Package for The Social Sciences), versión 25.0 (IBM-SPSS Inc., 2018).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los resultados fueron analizados hasta el día 21 de almacenamiento debido a que existió presencia de microorganismos en el día 28 y no se pudo realizar la prueba de aceptabilidad general.

##### 4.1. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre firmeza.

En la Figura 6, se presenta el comportamiento de la firmeza en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C en función al tiempo de almacenamiento.

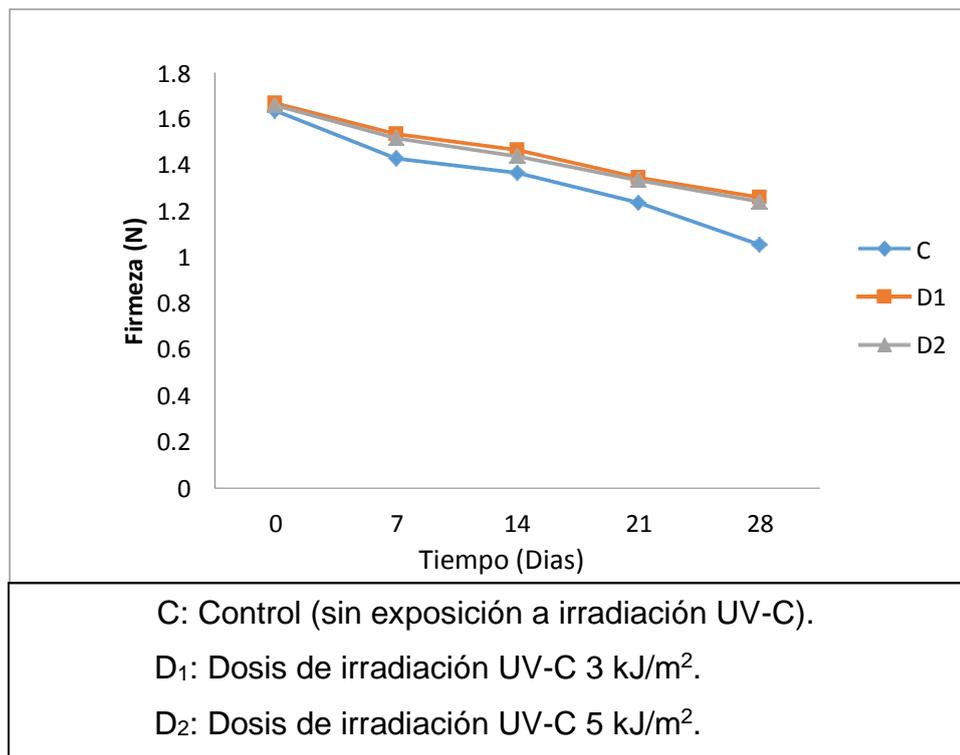


Figura 6. Firmeza en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C en función a los días de almacenamiento.

Las muestras de aguaymantos expuestas a irradiación UV-C presentaron mayor firmeza en el periodo de almacenamiento de 21 días. Las muestras expuestas a  $3 \text{ kJ/m}^2$  ( $D_1$ ) y  $5 \text{ kJ/m}^2$  ( $D_2$ ) presentaron los valores mayores de firmeza con 1.34 y 1.33 N, respectivamente. Así mismo se encontró que la muestra control (C) presentó el menor valor con 1.24 N. Los resultados completos sobre la firmeza se encuentran en el Anexo B.

León (2016) reportó que las uvas expuestas a irradiación de  $4 \text{ kJ/m}^2$  presentaron mayor firmeza durante el almacenamiento con 3.23 N en el día 28, seguido de la muestra tratada con  $7 \text{ kJ/m}^2$  con 3.08 N. Así mismo, reportó que las muestras control presentaron menor firmeza, con 1.28 N.

Mendoza (2014) evaluó la firmeza en bayas de arándano tratadas con irradiación UV-C a  $4$  y  $2 \text{ kJ/m}^2$  almacenadas a  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  presentando mayor firmeza durante los 28 días con 1.56 y 1.52 N respectivamente, en comparación a la muestra control que presentó la menor firmeza con un valor de 1.48 N.

Herrera (2013) evaluó la firmeza en bayas de saúco irradiadas con dosis de  $2$  y  $4 \text{ kJ/m}^2$  por un periodo de almacenamiento de 30 días a  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  obteniendo los valores de 0.86 y 0.83 N, respectivamente. Así mismo, reportó que la muestra control presentó el menor valor con 0.817 N.

Durante la maduración de la fruta uno de los cambios más notables es el ablandamiento, que está relacionado con las alteraciones bioquímicas de la pared celular. La firmeza de frutas mínimamente procesadas es un importante atributo de calidad que está afectado por estas enzimas que acusan el ablandamiento de los tejidos de las frutas (Pérez, 2013)

La firmeza tiene un rol importante en la determinación de la aceptabilidad por parte de los consumidores. La firmeza de los frutos está influenciada por factores estructurales y químicos; constituyentes bioquímicos de los organelos celulares, composición de la pared celular y contenido de agua. Cualquier agente externo que afecte a uno o varios de estos factores puede modificar la firmeza y, en consecuencia, inducir a cambios que modifiquen la calidad del producto (Márquez y Pretell 2010).

La firmeza de las frutas está relacionada con la integridad de la pared celular. Los tratamientos con irradiación UV-C podrían reducir la actividad de las enzimas degradantes de la pared celular retrasando el ablandamiento (Rivero y otros, 2013).

En el Cuadro 6, se presenta la Prueba de Levene modificada aplicada a la firmeza en aguaymantos irradiados con UV-C, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para así de esta forma determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 6. Prueba de Levene modificada para la firmeza en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C.

<b>Variable</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
Firmeza	0.46	0.939

En el Cuadro 7, se muestra el análisis de varianza de la firmeza en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C.

Cuadro 7. Análisis de varianza de la firmeza en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Dosis de irradiación : D</b>	0.106	2	0.053	142.86	0.000
<b>Tiempo de almacenamiento:T</b>	1.152	4	0.288	779.82	0.000
<b>D*T</b>	0.030	8	0.004	10.117	0.000
<b>Error</b>	0.011	30	0.000		
<b>Total</b>	1.298	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento y la interacción presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la firmeza

León (2016) reportó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) de la dosis de irradiación (4 y 7 kJ/m<sup>2</sup>), tiempo de almacenamiento y la interacción sobre la firmeza en uva variedad Red Globe almacenadas a 1 °C por 28 días.

Herrera (2013) encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), en la aplicación de irradiación UV-C (2 y 4 kJ/m<sup>2</sup>) y tiempo de almacenamiento (30 días a 1 °C) sobre la firmeza en bayas de saúco.



## 42 Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre color

El color en los aguaymantos se vio afectado por la irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento. La evaluación se fundamentó en valor de la luminosidad ( $L^*$ ), componentes del verde al rojo (cromaticidad  $a^*$ ) y componentes del azul al amarillo (cromaticidad  $b^*$ ).

En la Figura 7, se presenta el comportamiento de la luminosidad ( $L^*$ ) en aguaymantos expuestos a la irradiación en función del tiempo de almacenamiento.

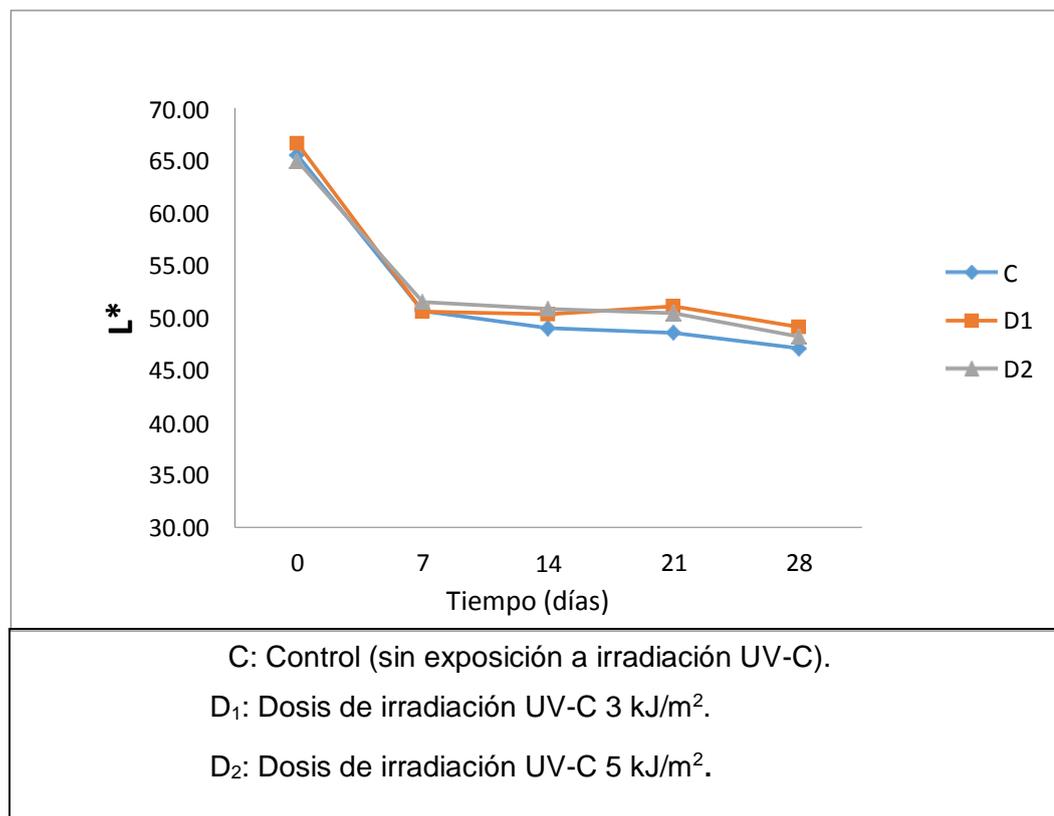


Figura 7. Luminosidad ( $L^*$ ) en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C en función a los días de almacenamiento.

Los valores de  $L^*$  en los aguaymantos disminuyeron con el tiempo de almacenamiento, esta reducción indica la pérdida de la luminosidad, la cual se usa como indicador de oscurecimiento que se dio por la maduración del fruto por lo consiguiente se presentó el proceso de la hormesis lo que conlleva a que exista una senescencia (González y otros, 2008). Las muestras de aguaymantos irradiadas con  $3 \text{ kJ/m}^2$  ( $D_1$ ) presentaron mayor valor de luminosidad a los 21 días de almacenamiento, con un valor de 51.1, seguido de las muestras tratadas con  $5 \text{ kJ/m}^2$  ( $D_2$ ) con 50.44. La muestra control (C) de aguaymanto presentó valores de 48.55. Los resultados completos del valor  $L^*$  se observan en el Anexo C.

León (2016) reportó que las uvas expuestas a irradiación UV-C de  $4 \text{ kJ/m}^2$  almacenadas a  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  presentaron mayor luminosidad a los 28 días de almacenamiento, con un valor de 25.14, en comparación, a la muestra control 21.52.

Mendoza (2014) evaluó la luminosidad en bayas de arándano expuestas a irradiación UV-C con  $4 \text{ kJ/m}^2$  presentando los valores más altos de luminosidad a los 30 días de almacenamiento a  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  con 23.04, seguido de las muestras expuestas a  $2 \text{ kJ/m}^2$  con 22.17. Así mismo, en las muestras control presentaron el menor valor de luminosidad con 20.37.

Herrera (2013) evaluó la luminosidad en bayas de saúco expuestas a irradiación UV-C con una dosis de  $2 \text{ kJ/m}^2$  las cuales presentaron los mayores valores de luminosidad a los 30 días de almacenamiento, con un valor de 20.96, seguido de las muestras tratadas con  $4 \text{ kJ/m}^2$  con 20.27. Así mismo, las muestras control en bayas de saúco presentaron los menores valores de luminosidad, con 18.46.

Los carotenoides son los responsables de la mayoría de los colores amarillos, anaranjados, rojos de los frutos y vegetales, son pigmentos estables en su ambiente natural, la degradación de estos pigmentos reduce el valor nutritivo e induce a una decoloración en los frutos, el grado de decoloración va a depender fundamentalmente por la presencia de agentes oxidantes en el medio, lo que conlleva a producirse una pérdida de color (Melendez-Martinez y otros 2015).

Varios estudios han permitido determinar que los tratamientos con bajas dosis de UV-C resultan valiosos para retrasar la senescencia y maduración de diferentes productos fruti-hortícolas (Cote, 2011).

En el Cuadro 9, se muestra la Prueba de Levene modificada para los valores de luminosidad en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C que determinó que existe homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ), por lo que consecuentemente se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 9. Prueba de Levene modificada para la luminosidad en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Variable Respuesta</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
<b>Luminosidad (L*)</b>	0.840	0.623

En el Cuadro 10, se muestra el análisis de varianza de la luminosidad en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la luminosidad en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Dosis de irradiación:D</b>	27.084	2	13.542	19.951	0.000
<b>Tiempo de almacenamiento:T</b>	1783.129	4	445.782	656.7382	0.000
<b>D*T</b>	11.198	8	1.399	2.062	0.072
<b>Error</b>	20.363	30	0.678		
<b>Total</b>	1841.775	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento presentaron un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre luminosidad en aguaymantos.

León (2016) encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la exposición de irradiación UV-C 4 y 7 kJ/m<sup>2</sup> y el tiempo de almacenamiento sobre luminosidad en uva variedad Red Globe almacenados a 1 °C por 28 días.

Mendoza (2014) reportó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la exposición de las dosis de irradiación de UV-C 2 y 4 kJ/m<sup>2</sup> y tiempo de almacenamiento en bayas de arándano almacenadas a 1 °C por 30 días sobre la luminosidad.

Gallardo (2013) demostró que existió diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en aplicación de las dosis de irradiación UV-C 1, 3 y 5 kJ/m<sup>2</sup> en bayas de arándano y tiempo de almacenamiento por 9 días a 4 °C sobre la luminosidad.

Herrera (2013) encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la exposición de irradiación de UV-C 2 y 4 kJ/m<sup>2</sup> y tiempo de almacenamiento en bayas de sauco a 1 °C por 30 días sobre la luminosidad.

En el Cuadro 11, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. En el subgrupo 2, se observa que tanto los tratamientos de 3, 5 kJ/m<sup>2</sup> y la muestra control tienen el mismo comportamiento a los 21 días de almacenamiento por lo consiguiente se eligió al tratamiento de 3 kJ/m<sup>2</sup> como mejor tratamiento por presentar el mayor valor.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para luminosidad en aguaymantos irradiados con UV-C

Días	Dosis	SUBGRUPOS			
		1	2	3	4
0	3	66.647			
0	0	65.477			
0	5	64.600			
7	5		51.513		
14	3		51.233	51.233	
21	3		51.1	51.1	
7	0		50.61	50.61	
7	3		50.55	50.55	
14	5		50.543	50.543	
21	5		50.437	50.437	
28	3		49.103	49.103	
14	0		49.007	49.007	
21	0		48.553	48.553	
28	5			48.17	
28	0				47.08

En la Figura 8, se muestra los valores de  $a^*$  en función al tiempo de almacenamiento por cada tratamiento donde se puede observar que esta variable fue disminuyendo con el transcurrir de los días de almacenamiento.

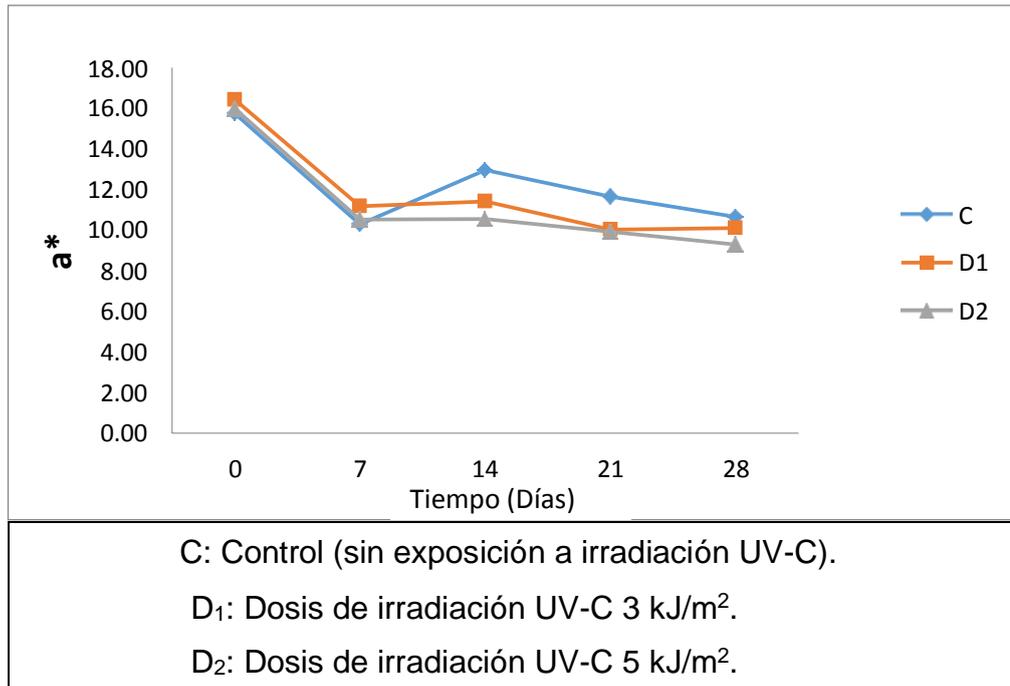


Figura 8. Cromaticidad  $a^*$  en aguaymantos irradiados en función a los días de almacenamiento

Los aguaymantos que presentaron mayores valores de cromaticidad  $a^*$  (rojo-verde) a los 21 días de almacenamiento fueron la muestra control (C) con 11.66 lo que indicaría un mayor oscurecimiento (se presenta un mayor cambio hacia la tonalidad rojiza), la muestra expuesta a irradiación con 5 kJ/m<sup>2</sup> (D<sub>2</sub>) presentó 10.25 para la cromaticidad, mientras que la muestra con exposición a irradiación de 3 kJ/m<sup>2</sup> (D<sub>1</sub>) presentó el menor valor de  $a^*$  con 10.09 (menor cambio hacia tonalidad rojiza). Los resultados completos de la cromaticidad  $a^*$  durante el almacenamiento se observan en el Anexo C.

En el Cuadro 12, presenta la Prueba de Levene modificada para la cromaticidad  $a^*$  en aguaymantos irradiados, donde se pudo determinar que existe homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ), y consecuentemente se procedió a realizar el Análisis de Varianza y posteriormente se realizó la prueba de Duncan para así de esta forma determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 12. Prueba de Levene Modificada para la cromaticidad  $a^*$  en aguaymantos expuestos a irradiación.

<b>Variable Respuesta</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
<b>Cromaticidad <math>a^*</math></b>	0.630	0.815

En el Cuadro 13, se muestra el análisis de varianza de la cromaticidad  $a^*$  para aguaymantos expuestos a irradiación.

Cuadro 13. Análisis de varianza de la cromaticidad  $a^*$  en aguaymantos expuestos a irradiación

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Dosis de irradiación: D	6.695	2	3.347	9.343	0.000
Tiempo de almacenamiento: T	214.140	4	53.720	149.951	0.000
D*T	11.793	8	1.474	4.115	0.002
Error	10.746	30	0.358		
Total	244.117	44			

En análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento y la interacción presentaron un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la cromaticidad.

León (2016) encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la exposición a irradiación (4 y 7 kJ/m<sup>2</sup>), tiempo de almacenamiento e interacción sobre la cromaticidad  $a^*$  en uvas variedad Red Globe almacenadas por 28 días a 1 °C.

En el Cuadro 14, se presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. En el subgrupo 3, se observa que tanto los tratamientos de 3, 5 kJ/m<sup>2</sup> y la muestra control tienen el mismo comportamiento a los 21 días de almacenamiento.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para la cromaticidad  $a^*$  en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

Días	Dosis	SUBGRUPOS			
		1	2	3	4
0	3	16.42			
0	5	15.97			
0	0	15.74			
14	0	12.963			
21	0		11.657	11.657	
14	3		11.41	11.41	
7	3		11.173	11.173	
28	0			10.653	10.653
14	5			10.547	10.547
7	5			10.547	10.547
7	0			10.29	10.29
21	5			10.25	10.25
28	3			10.09	10.09
21	3			10.017	10.017
28	5				9.297

En la Figura 9, se muestra los valores de  $b^*$  en función al tiempo de almacenamiento por cada tratamiento donde se puede observar esta variable fue disminuyendo con el transcurrir de los días de almacenamiento.

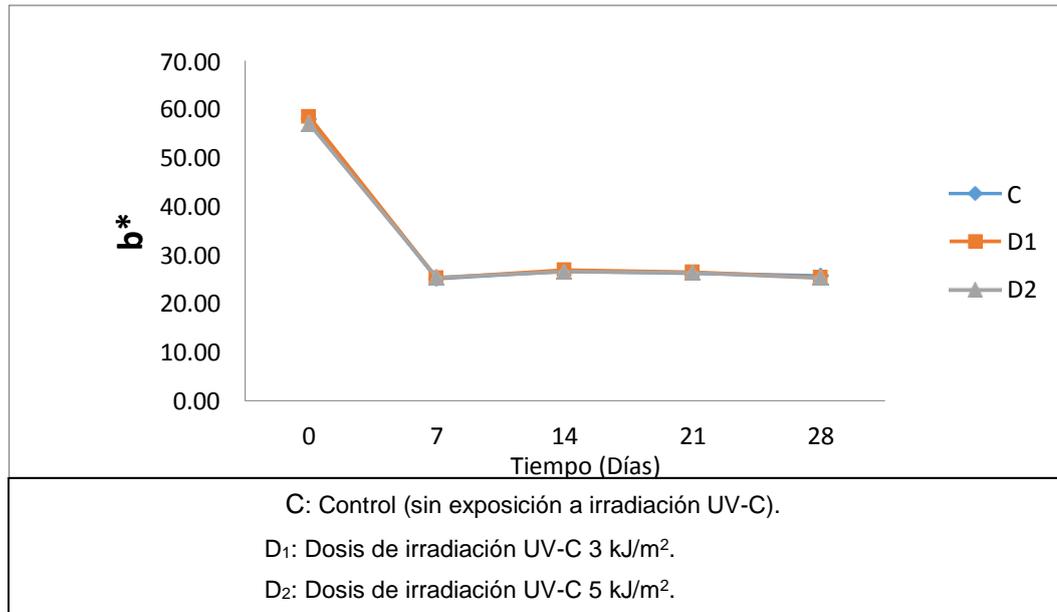


Figura 9. Valores de  $b^*$  en aguaymantos irradiados en función a los días de almacenamiento

La muestra control (C), presentó valores de  $b^*$  (amarillo-azul) a los 21 días de almacenamiento, con 26.73, seguidos de las muestras expuestas a irradiación 3 kJ/m<sup>2</sup> (D<sub>1</sub>) y 5 kJ/m<sup>2</sup> (D<sub>2</sub>) que presentaron valores de 25.78 y 25.78, respectivamente a los 21 días de almacenamiento, lo que indicaría que los tres tratamientos muestran una tendencia a los tonos azules. Los resultados completos de la cromaticidad  $b^*$  durante el almacenamiento se observa en el Anexo C.

León (2016) reportó que las uvas variedad Red Globe expuestas a irradiación UV-C a una dosis de 7 kJ/m<sup>2</sup> los menores valores para la cromaticidad de  $b^*$  a los 28 días de almacenamiento a 1 °C, con 3.37, seguido de las muestras expuestas a 4 kJ/m<sup>2</sup>, con 2.67. Mientras que las muestras control presentaron los mayores valores de  $b^*$  con 4.42.

En el Cuadro 15, se presenta la muestra de Levene modificada para la cromaticidad  $b^*$  en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C, donde se puede determinar que existió homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y consecuentemente la prueba de Duncan para así de esta forma poder determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 15. Prueba de Levene modificada para la cromaticidad  $b^*$  en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C.

<b>Variable Respuesta</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
<b><math>b^*</math></b>	44 1.440	0.197

En el Cuadro 16, se presenta el análisis de varianza de la cromaticidad  $b^*$  para aguaymantos expuestos a irradiación UV-C.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la cromaticidad de  $b^*$  en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Dosis de irradiación:D</b>	4.728	2	2.364	4.715	0.016
<b>Tiempo de almacenamiento:T</b>	7260.512	4	1815.128	3620.248	0.000
<b>D*T</b>	5.197	8	0.650	1.296	0.283
<b>Error</b>	15.041	30	0.501		
<b>Total</b>	7285.479	44			

El análisis de varianza indica que la dosis de exposición de irradiación y tiempo de almacenamiento presento un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la cromaticidad  $b^*$  en los aguaymantos.

León (2016) presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la exposición de irradiación (UV-C /4 y 7 kJ/m<sup>2</sup>), tiempo de almacenamiento e interacción sobre la cromaticidad b\* en uva variedad Red Globe en un tiempo de almacenamiento de 28 días a 1 °C.

En el Cuadro 17, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. En el subgrupo 2, se observa que tanto los tratamientos de 3, 5 kJ/m<sup>2</sup> y la muestra control tienen el mismo comportamiento a los 21 días de almacenamiento.

Cuadro 17. Prueba de Duncan para la para la cromaticidad b\* en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C.

DIAS	Dosis	SUBGRUPO			
		1	2	3	4
0	3	58.46			
0	0	57.957			
0	5	56.94			
14	0		26.987		
21	0		26.727		
14	3		26.663		
7	3		26.497		
28	0		26.19		
14	5		26.16		
7	5		25.81		
21	5		25.78		
21	3		25.783		
7	0		25.67		
28	3		25.21		
28	5		25.03		

#### 4.3. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el contenido ácido ascórbico.

En la Figura 11, se presenta el contenido de ácido ascórbico en las muestras de aguaymantos el cual disminuyó en función al tiempo de almacenamiento para todos los tratamientos.

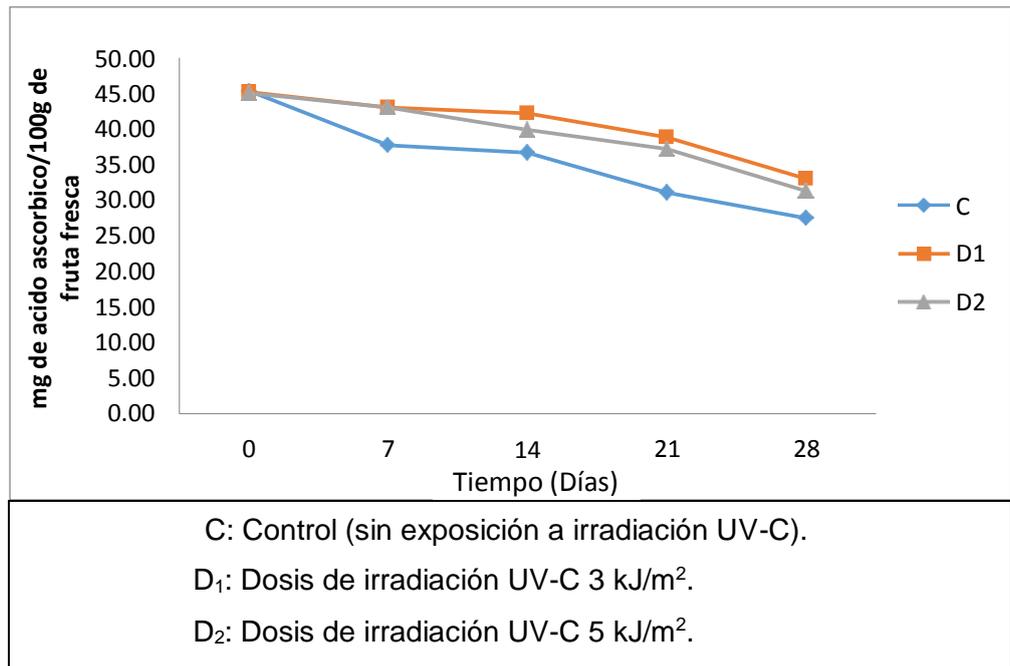


Figura 10. Contenido de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C en función a los días de almacenamiento.

Se observó que los aguaymantos expuestos a irradiación UV-C con dosis de 3 (D<sub>1</sub>) y 5 kJm<sup>2</sup> (D<sub>2</sub>) presentaron un mayor contenido de ácido ascórbico, con 38.82 y 37.18 mg de ácido ascórbico/100g de fruta fresca, respectivamente, el tratamiento control (C) presento el menor contenido de ácido ascórbico con 31.04 mg de ácido ascórbico/100g de fruta fresca. Los resultados completos del contenido de ácido ascórbico durante los días de almacenamiento se muestran en el Anexo E.

La irradiación UV-C además de poseer un efecto germicida, también puede alterar algunas propiedades nutricionales del producto, como lo es

en el contenido de ácido ascórbico, la actividad y los compuestos antioxidantes y el contenido de terpenos en algunos alimentos ya que acelera la degradación de estas propiedades (Haro y Guerrero, 2013).

Beltran y otros (2010) evaluaron el estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria Vesca*) mediante el tratamiento UV-C, reportaron que las fresas expuestas a irradiación UV-C por 10 minutos con una distancia (40 cm) de la fruta hacia lámpara presento un contenido de 47.64 mg de ácido ascórbico/100g de fruta fresca y la combinación de 50 cm de la fruta hacia la lámpara con diez minutos de irradiación presentaron un contenido de 47.28 mg de ácido ascórbico/100g de fruta fresca, mientras que las fresas no tratadas tienen un promedio de 48.89 mg de ácido ascórbico/100g de fruta fresca, sin embargo esto no fue estadísticamente significativo. La pérdida del contenido de ácido ascórbico durante la exposición a irradiación se debe a que durante la radiación la fruta incrementa su temperatura lo que puede activar reacciones metabólicas y enzimáticas que intervienen en la fruta.

En el Cuadro 18, se presenta la prueba de Levene modificada para el contenido de ácido ascórbico, donde se puede observar que existe homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 18. Prueba de Levene modificada para el contenido de ácido ascórbico de aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Variable Respuesta</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
<b>Ácido ascórbico</b>	1.43	0.199

En el Cuadro 19, se muestra el análisis de varianza para el contenido de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

Cuadro 19. Análisis de varianza para el contenido de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medios</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Dosis de irradiación:D</b>	135.831	2	67.9152	18.830	0.000
<b>Tiempo de almacenamiento:T</b>	971.517	4	242.880	67.340	0.000
<b>D*T</b>	76.016	8	9.502	2.635	0.025
<b>Error</b>	108.203	30	3.607		
<b>Total</b>	1291.566231	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento e interacción presentaron un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre el contenido de ácido ascórbico en aguaymantos.

En el Cuadro 20, se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan que permitió determinar el mejor tratamiento en cuanto al contenido de ácido ascórbico. En el subgrupo 3, se observa que no existió diferencia significativa entre los tratamientos de 3 y 5 kJ/m<sup>2</sup> a los 21 días de almacenamiento, siendo escogidos como los mejores tratamientos.

Cuadro 20. Prueba de Duncan para el contenido de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

Días	Dosis	SUBGRUPO					
		1	2	3	4	5	6
0	0	45.367					
0	3	45.207					
0	5	45.047					
7	5	43.03	43.03				
7	3	43.003	43.003				
14	3	42.207	42.207	42.207			
14	5	39.853	39.853	39.853			
21	3		38.817	38.817			
7	0		37.7	37.7	37.7		
21	5			37.18	37.18		
14	0			36.66	36.66	36.66	
28	3				32.987	32.987	32.987
28	5					31.26	31.26
21	0					31.04	31.04
28	0						27.47

#### 44. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la acidez titulable.

En la Figura 12, se presenta el contenido de acidez titulable en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C, el cual disminuyó en función al tiempo de almacenamiento, siendo la muestra control la más marcada, en comparación, con las muestras irradiadas.

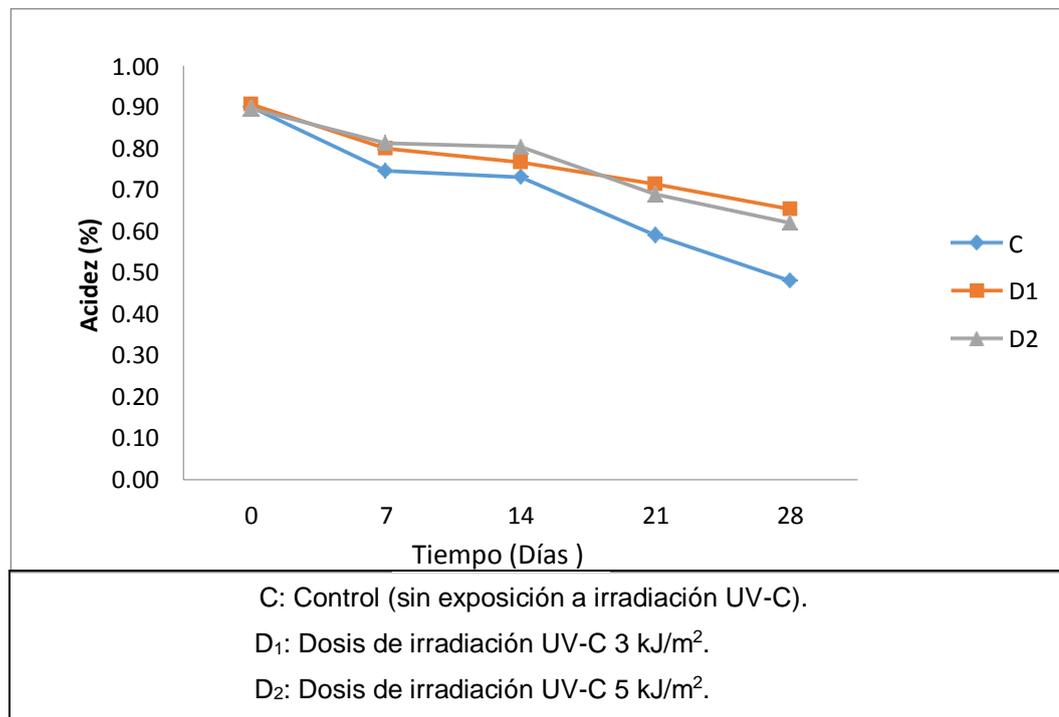


Figura 11. Contenido de acidez titulable en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C en función a los días de almacenamiento.

Las muestras de aguaymanto expuestas a irradiación UV-C con 3 kJ/m<sup>2</sup> (D<sub>1</sub>) presentaron la mayor acidez titulable durante el almacenamiento con 0.71%, seguido por la muestra de 5 kJ/m<sup>2</sup> (D<sub>2</sub>) con 0.69%. Mientras que la muestra control (C) presentó el menor valor con 0.59%. Los resultados completos del contenido de acidez se muestran en el Anexo F.

Mendoza (2014) reportó que las bayas de arándano expuestas a irradiación UV-C con 4 y 2 kJ/m<sup>2</sup> a 1 °C durante 28 días de almacenamiento, presentaron los valores de 1.60% y 1.57% de acidez titulable, respectivamente. Así mismo reporta que la muestra control presentó el menor valor de acidez titulable con 1.49%.

Herrera (2013) reportó que las bayas de sauco expuestas a irradiación UV-C con 2 kJ/m<sup>2</sup> presentaron la mayor acidez titulable con

2.47%, seguido de la muestra expuesta a 4 kJ/m<sup>2</sup> con 2.40 %. Mientras que la muestra control presento el menor valor con 2.36% a los 30 días de almacenamiento a 1 °C.

Perkins y otros (2008) evaluaron la exposición de irradiación UV-C (0, 1, 2, 3 y 4 kJ/m<sup>2</sup>) sobre arándanos de arbusto alto, donde reporto que los tratamientos de 3 y 4 kJ/m<sup>2</sup> presentaron una mayor valor de acidez titulable, con 0.54% y 0.44%, respectivamente, a 5°C por 7 días de almacenamiento. Mientras que la muestra control presentó el menor contenido de acidez titulable con un valor de 0.36%.

La disminución del contenido de los ácidos orgánicos es uno de los cambios fisiológicos de la maduración en frutas luego del almacenamiento de la post-cosecha. El descenso de la acidez titulable puede explicarse por la utilización de los ácidos orgánicos (como el ácido succínico y málico) en el proceso de respiración y otras reacciones biodegradables (Olivas y Barbosa, 2005).

En el Cuadro 21, se muestra la Prueba de Levene modificada para la acidez titulable (%) en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C, donde se pudo determinar que existió homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para así de esta forma determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 21. Prueba de Levene modificada para la acidez titulable en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Variable Respuesta</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
<b>Acidez titulable (%)</b>	0.77	0.688

En el cuadro 22, se presenta el análisis de varianza de la acidez titulable (%) sobre los aguaymantos expuestos a irradiación UV-C.

Cuadro 22. Análisis de varianza de la acidez titulable (%) en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Dosis de irradiación: D</b>	0.0594	2	0.0297	15.426	0.000
<b>Tiempo de almacenamiento:T</b>	0.529	4	0.1327	68.688	0.000
<b>D*T</b>	0.033	8	0.004	2.132	0.063
<b>Error</b>	0.0577	30	0.002		
<b>Total</b>	0.67868	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación UV-C y el tiempo de almacenamiento presentan un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la acidez titulable en las muestras de aguaymantos.

Mendoza (2014) reportó que existió diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) de la exposición de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre la acidez titulable en bayas de arándano almacenadas a 1 °C por 28 días.

Herrera (2013) indicó que existió diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) de la exposición de irradiación, tiempo de almacenamiento e interacción sobre la acidez titulable en bayas de sauco almacenadas a 1 °C durante 30 días.

Cueva (2010) reportó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la exposición de irradiación UV-V de 13 y 23 kJ/m<sup>2</sup> y tiempo de almacenamiento por 7 días sobre el contenido de acidez titulable en frutos de mora.

En el Cuadro 23, se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Así mismo, en el subgrupo 3 se

observa a los tratamientos 3 kJ/m<sup>2</sup> - 21 días de almacenamiento y 5 kJ/m<sup>2</sup> - 21 días presentaron una mayor acidez con 0.71 y 0.69 %, respectivamente. Siendo estos dos tratamientos los mejores ya que estadísticamente no hay diferencia entre ellos

Cuadro 23. Prueba de Duncan para la acidez titulable en aguaymanto expuestos a irradiación UV-C

Días	Dosis	SUBGRUPOS						
		1	2	3	4	5	6	7
0	3	0.907						
0	0	0.9						
0	5	0.897	0.699					
7	5	0.813	0.813	0.813				
14	5	0.803	0.803	0.803				
7	3	0.8	0.8	0.8				
14	3		0.767	0.767	0.7667			
7	0			0.747	0.747	0.747		
14	0			0.73	0.73	0.73		
21	3			0.713	0.713	0.713	0.713	
21	5			0.69	0.69	0.69	0.69	
28	3				0.653	0.653	0.653	
28	5					0.62	0.62	
21	0						0.59	0.59
28	0							0.48

#### 4.5. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo sobre el número de bacterias aerobias mesófilas viables.

En la Figura 12, se presenta el número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C, en el

cual se puede observar un crecimiento conforme a los días de almacenamiento para cada tratamiento.

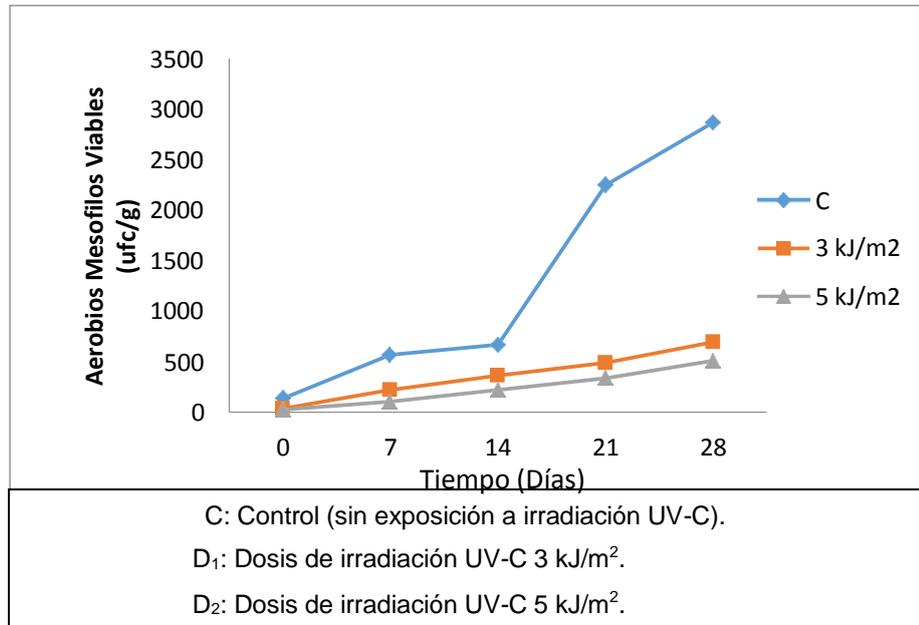


Figura 12. Número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C en función a los días de almacenamiento

Se puede observar que los aguaymantos expuestos a irradiación UV-C a dosis de 3 (D<sub>1</sub>) y 5 kJ/m<sup>2</sup> (D<sub>2</sub>) presentaron el menor número de bacterias aerobias mesófilas a los 21 días de almacenamiento, con 489 y 338 ufc/g, respectivamente. Mientras que el control (C) presentó el mayor número de bacterias aerobias mesófilas con 2247 ufc/g. Los resultados completos del número de bacterias durante el almacenamiento se encuentran en el Anexo G.

Los valores encontrados en todas las muestras analizadas, se encuentran por debajo del límite permisible de  $1 \times 10^6$  ufc/g, recomendado por la norma sanitaria de criterios microbiológicos para frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Minsa, 2008).

La irradiación UV-C es una tecnología alternativa a la esterilización química, utilizada para reducir el crecimiento de microorganismos en alimentos. Se conoce que el mecanismo directo de acción de la irradiación UV-C en la inactivación microbiana reside en el daño del ADN de los microorganismos generando así mutaciones que bloquean la replicación celular (Millán y otros, 2015).

La irradiación UV-C afecta el ADN de los microorganismos, causando mutaciones mediante la separación de la doble hélice, evitando de esta manera su reproducción. Es así, como esta tecnología no térmica puede ser aplicada para inactivar diversos tipos de microorganismos incluyendo virus. La irradiación UV-C también actúa de manera indirecta al incluir mecanismos de resistencia al deterioro microbiano (Haro y Guerrero, 2013).

En el Cuadro 24, se muestra la prueba de Levene modificada para el número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C, donde se puede determinar que existe homogeneidad de varianza ( $p > 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para de esta manera poder determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 24. Prueba de Levene modificada para el número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Variable Respuesta</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
<b>N° de bacterias aerobias mesófilas viables</b>	1.42	0.204

En el cuadro 25, se presenta el análisis de varianza para el número de bacterias aerobias mesófilas viables sobre aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

Cuadro 25. Análisis de varianza para el número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados Medio</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Dosis de irradiación:D</b>	10028224.8	2	5014112.42	1099.200	0.000
<b>Tiempo de almacenamiento:T</b>	10445218.3	4	2611304.58	572.454	0.000
<b>D*T</b>	7688984.49	8	961123.061	210.699	0.000
<b>Dentro del grupo</b>	136848	30	4561.6		
<b>Total</b>	28299275.6	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación UV-C y el tiempo de almacenamiento presentan un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre el número de bacterias aerobias mesófilas viables en las muestras de aguaymantos.

En el Cuadro 26. Se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Así mismo, en el subgrupo 5 se observa a los tratamientos  $3 \text{ kJ/m}^2$  - 21 días de almacenamiento y  $5 \text{ kJ/m}^2$  - 21 días presentaron un menor número de bacterias aerobias mesófilas viables con 338 y 489 ufc, respectivamente. Siendo estos dos tratamientos los mejores ya que estadísticamente no hay diferencia entre ellos.

Cuadro 26. Prueba de Duncan para el número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymanto expuestos a irradiación UV-C

Días	Dosis	SUBGRUPOS						
		1	2	3	4	5	6	7
28	0	2865.7						
21	0		2247					
28	3			695.3				
14	0			667.3	667.3			
7	0			567	567			
28	5			512	512	512		
21	3				489.3	489.3		
14	3					360.7	360.7	
21	5					338.7	338.7	
14	5						221.7	221.7
7	3						220	220
0	0							135
7	5							104
0	3							35.33
0	5							26

#### 4.6. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo sobre la aceptabilidad general.

En la Figura 13, se puede observar la evaluación de la aceptabilidad general mediante la aplicación de una escala hedónica de 9 puntos en

aguaymantos expuestos a irradiación UV-C en función al almacenamiento.

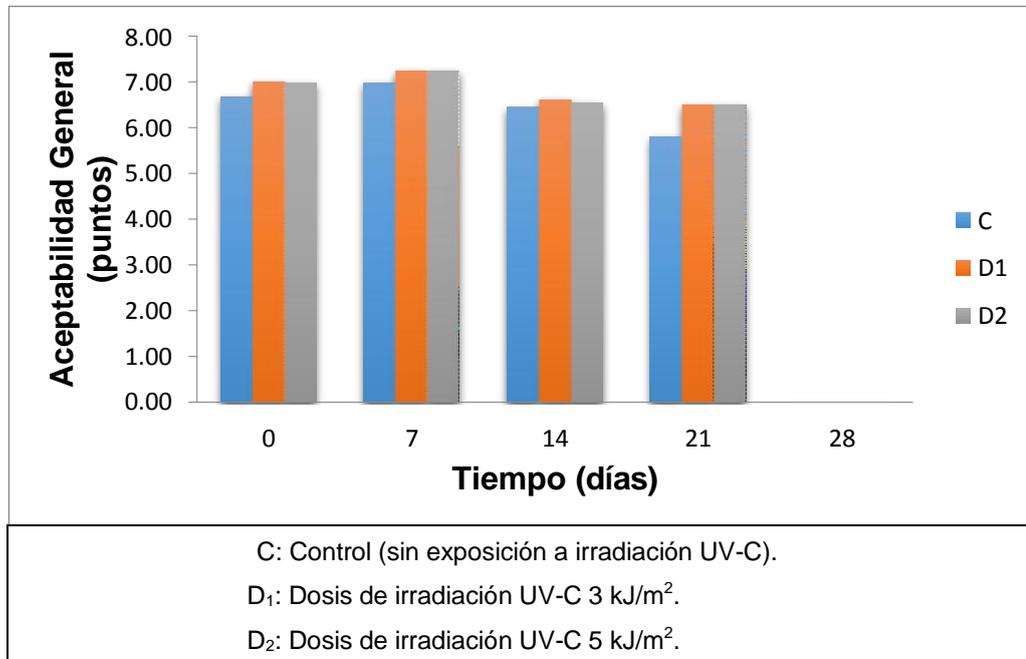


Figura 13. Aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C en función a los días de almacenamiento.

Según la percepción general de indicada por los panelistas en la cartilla de evaluación, en los días 0, 7 y 14 de almacenamiento, los panelistas percibieron un sabor poco ácido característico de la fruta, a su vez una firmeza táctil rígida, mostrando percepciones de me agrada mucho y me agrada poco. Para el día 21 se observa que la muestra expuesta a irradiación UV-C con 5 kJ/m<sup>2</sup> (D<sub>1</sub>) donde se percibió un sabor un poco dulce y un olor agradable propio de la fruta, con una percepción de me agrada poco. No se muestran resultados para el día 28 ya que se presenció crecimiento de hongos tanto en las muestras expuestas a irradiación como en la muestra control (C) y por lo tanto no se realizó la prueba sensorial tomándose como día final el día 21. Los resultados completos de la evaluación sensorial se encuentran en los Anexos H, I J y K.

Mendoza (2014) evaluó la aceptabilidad general en bayas de arándano expuestas a irradiación UV-C con dosis de 2 y 4 kJ/m<sup>2</sup> a 1 °C durante 30 días de almacenamiento, donde reportó que al día catorce los panelistas tuvieron percepciones de me gusta ligeramente y me gusta mucho, al días 21 y 30 observó una disminución de la aceptabilidad general siendo la muestra de 4 kJ/m<sup>2</sup> en la cual se observó una percepción de me gusta ligeramente. Mientras que para la muestra control denoto la menor aceptación presentando percepciones de ni me gusta ni me disgusta.

León (2016) evaluó la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe expuestas a irradiación UV-C con dosis de 4 y 7 kJ/m<sup>2</sup> a 1 °C por 28 días de almacenamiento, donde reportó que al día 21 los panelistas percibieron en todas la muestras un sabor dulce característico de la fruta, como también un firmeza táctil rígida, al día 28 las muestras con mayor aceptación fueron las muestras expuestas a irradiación donde se percibió un sabor más dulce y una mayor firmeza con una percepción de me gusta mucho. Mientras que la muestra control presento percepciones de me gusta ligeramente debido a que presentaba una firmeza semiblanda.

Herrera (2013) evaluó la aceptabilidad general en bayas de sauco expuestas a irradiación UV-C con dosis de 2 y 4 kJ/m<sup>2</sup> a 1 °C por 30 días de almacenamiento, donde reporto que al día 14 los panelistas presentaron una percepción de me gusta ligeramente debido al sabor y firmeza de la fruta, para el día 21 indica que la muestra con una mayor percepción de me gusta mucho fue la de 2 kJ/m<sup>2</sup>. Para el día 30 reporta que los valores de aceptabilidad disminuyeron en todas la muestras siendo la muestra de 2 kJ/m<sup>2</sup> la que presentó una percepción de me gusta ligeramente.

Los factores de calidad en relación a la aceptabilidad general incluyen la forma, color, brillo, tamaño, forma y la ausencia de defectos o

podredumbres. Los consumidores consideran como fruta de buena calidad las que presentan un buen aspecto, un buen sabor, una buena firmeza y valor nutritivo (Rodoni, 2014).

Los tratamientos con UV-C tienen un efecto leve sobre el desarrollo del contenido de azúcares y ácidos que ocurren durante la maduración o almacenamiento postcosecha, lo cual indica que el tratamiento provocaría un retraso de la maduración y senescencia de la fruta, por tal motivo los frutos expuestos a irradiación UV-C podrían tener una mayor aceptabilidad (Cote, 2011).

En el Cuadro 27, se presentan los resultados de la Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a la irradiación UV-C en función a la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento denotándose que existió un efecto no significativo ( $p > 0.05$ ) entre todos los tratamientos, por lo tanto no realizó la prueba de Wilcoxon.

Cuadro 27. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C

Tiempo de almacenamiento (Días)	Dosis de irradiación UV-C	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi-cuadrado	p
0	Control	1.8	6.67	7		
0	3	2.17	7	7	2.385	0.304
0	5	2.03	6.97	8		
7	Control	1.97	6.97	8		
7	3	1.98	7.23	9	0.24	0.932
7	5	2.05	7.23	8		
14	Control	1.92	6.43	6		
14	3	2.05	6.6	8	0.396	0.82
14	5	2.03	6.53	6		
21	Control	1.72	5.8	6		
21	3	2.15	6.5	5	4.474	0.10
21	5	2.13	6.6	6		

## V. CONCLUSIONES

Se determinó un efecto significativo de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza, color, ácido ascórbico, acidez titulable, número de bacterias aerobias mesófilas viables y aceptabilidad general.

El mejor tratamiento fue la dosis de 5 kJ/m<sup>2</sup> en el día 21 de almacenamiento, con el que se obtuvo una mayor aceptabilidad general con 6.6 puntos que corresponde a una percepción de “Me agrada poco”, la mayor firmeza (1.34N), el mayor contenido de ácido ascórbico (37.18 mg de ácido ascórbico/100g), mejor color (51.1), la mayor acidez (0.69%) y el menor número de bacterias aerobias mesófilas (338 ufc/g) a los 21 días de almacenamiento.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Combinar el uso de la exposición de irradiación UV-C con otros tratamientos de conservación postcosecha como por ejemplo tratamientos de ozonificación, tratamientos térmicos, atmósferas modificadas, pulsos eléctricos, bajas temperaturas sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

Evaluar el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre firmeza, ácido ascórbico, acidez, crecimiento de bacterias aerobias mesófilas viables y aceptabilidad general en diferentes estados de madurez en aguaymanto.

Realizar el análisis de pérdida de peso en aguaymantos con irradiación UV-C y evaluarlo en el tiempo.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

AMPEX. 2008. Perfil de mercado aguaymanto. Lambayeque, Perú.

Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/96772605/perfil-aguaymanto>

Andrade, M. Moreno, C. Concellon, A y Chicaiza, B. 2013. Efecto de irradiación UV-C sobre el desarrollo de Rizhopus y Phytophthora en Naranjilla (*Solanum quitoense*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 14(1): 64-70. México.

AOAC. 2005. Official Method 942.15. Analysis for acidity (titrable) in fruits. Association of Official Analytical Chemistry. 18<sup>th</sup> edition, Virginia USA.

AOAC. 2012. Official Method 967.21. Determination of total vitamin C in fruits. Association of Official Analytical Chemistry. 17<sup>th</sup> edition. Virginia USA.

Arias, C y Toledo, J. 2007. Manual de postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano y cítricos). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Beltrán, A., Ramos, M. y Álvarez, M. 2010. Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamiento con irradiación ultravioleta de onda-corta (UV-C). Revista tecnológica ESPOL, 23(2) 17-24. Ecuador.

Bermúdez, D. y Barbosa, G. 2013. Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. *Food Control*, 29(1): 82–90.

Cote, S. 2011. Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos. Tesis para obtener el grado académico de Magíster en Tecnología e Higiene de los Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. Buenos aires, Argentina.

Cueva, M 2010. Efecto de la radiación UV–C sobre el tiempo de vida útil de mora (*Rubus Glaucus Benth*). Tesis para la obtención del título de Ingeniera de Alimentos. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 2013. Natural Resources Conservation Service.

Dirección General de Normas Mexicanas. 2010. Norma Nmx. F-102-5. Determinación de acidez titulable de frutas y hortalizas recuperado de: [https://edoc.tips/download/determinacion-de-acidez-tituable-de-frutas-y-hortalizas-de\\_pdf](https://edoc.tips/download/determinacion-de-acidez-tituable-de-frutas-y-hortalizas-de_pdf)

FDA. 2013. Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. Food and Drug Administration. Electronic Code of Federal Regulations (CFR), USA. Recuperado de:

[http://www.ecfr.gov/cgi-bin/textidx?SID=13e5fb3cd24c76566b0615ec4109fc2c&node=se21.3.179\\_139&rgn=div8](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/textidx?SID=13e5fb3cd24c76566b0615ec4109fc2c&node=se21.3.179_139&rgn=div8)

González-Aguilar, G., Celis, J., Sotelo-Mundo, R., de la Rosa, L., Rodrigo-García, J. y Álvarez-Parrilla, E. 2008. Physiologic and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5 °C. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 9 –101.

Haro, J y Guerrero, J. 2013. Efecto de la radiación UV-C en frutas y verduras. Recuperado de: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-71-Haro-Maza-et-al-2013.pdf>

Herrera, V. 2013. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de bayas de sauco (*Sambucus peruvianus* L.). Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

INDECOPI. 2014. Norma Técnica Peruana 203.121. Frutas andinas tipo berries (bayas). Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) fresco. Especificaciones.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1999. Norma Técnica Colombiana 4580. Requisitos generales del fruto de la uchuva.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). 2001

León, M. 2016. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en uva (*Vitis vinifera L.*) variedad Red Globe. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Márquez L. y Pretell C. 2010. Coberturas biodegradables gelatina-almidón-tara y las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de uva (*Vitis vinifera L.*) Red goble, durante el almacenamiento. Pueblo Continente: Revista oficial de la Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú, 21 (1): 199–214.

Marquez; L y Pretell, C. 2013. Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas. Scientia Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 4(3): 147-161.

Melendez-Martinez, A., Vicario, I. y Heredia F. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Recuperado de: <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/26409/Estabilidad%20de%20los%20pigmentos%20carotenoides%20en%20alimentos.psf?sequence=1>

Mendoza, C. 2014. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi. Tesis para obtener el título de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Mendoza, J., Rodríguez, A y Millán, P. 2012. Caracterización físico química de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. Revista de Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 10:188-196. Colombia.

Millán, V., D., Romero, G., L., Brito M. y Ramos-Villaruel, A. 2015. Luz ultravioleta: Inactivación microbiana en frutas. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, 27:454-469. Venezuela.

Minagri. 2014. Ficha técnica del aguaymanto. Ministerio de Agricultura. Perú.

Minsa. 2003. Resolución Ministerial N. ° 615. SA/DM. Norma Sanitaria que establece los criterios de microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Ministerio de Salud. Perú.

Muñoz, G., L. 2015. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en fresas (*Fragaria Vesca* L.)

envasadas. Tesis para obtención de Título de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Morata, A. 2010. Nuevas tecnologías de conservación de alimentos. Segunda edición. Editorial Madrid Vicente. Madrid, España.

Olivas, G. y Barbosa, G. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45: 657-670.

Oviedo, D., Rojas, J., Borda, R, y Durango, M. 2013. Efecto de la exposición a la luz ultravioleta uv-c en la viabilidad de especies de *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 2(1). Medellín, Colombia.

Pérez, L. 2003. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla) mínimamente procesada. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia.

Perkins-Veazie, P.; Collins, J. y Howard, L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology* 47: 280-285

Ramadán, M. Morsel, J.. 2003. Oil Golden Berry (*Physalis peruviana* L). Journal of Agricultural and Food Chem, 51: 969-974.

Rivero, M., L.; Quiroga, M., I.; Gonzalez, E., O. y Moroga, L. 2013. Postcosecha de uva de mesa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina

Rodoni, L. 2014. Evaluación de metodología no contaminantes para mantener la calidad y extender la vida poscosecha de pimientos (*Capsicum annuum* L.) frescos cortados. Universidad Nacional de la Plata. Ecuador.

Sandoval G, 2013. Uso de luz UV-C en la calidad del arándano azul (*Vaccinium ashei* Reade). Zacatlán, Puebla, México.

Sandoval, S. 2010. Cuantificación de ácido ascórbico (Vitamina C) en néctares de melocotón y manzana comercializados en supermercados de la ciudad capital. Tesis para obtener el título de Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Toapanta, C. 2012. Cambios en la capacidad antioxidante durante el almacenamiento refrigerado de uvilla (*Physalis peruviana* L.) orgánica sin capuchón tratada con radiación UV-C. Tesis para obtención de Título de Ingeniera de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Valdiviezo, S., B. 2016. Efecto de la dosis de ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en racimos de uva (*Vitis vinífera L.*) variedad Red Globe. Tesis para obtener título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Vandeperre, D. 2011. Efecto de la aplicación de tidiazurón sobre la calidad y el tamaño de bayas en uva de mesa variedad Red globe. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Chile.

Velásquez, E. y Velásquez, K. 2017. Evaluación de las características fisicoquímicas del aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) de la zona andina y selva en diferentes estados de madurez. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.

Vite, D. 2015. Efecto del tiempo de exposición al ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en fresas (*Fragaria vesca L.*). Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Zapata, L., Malleret, A., Lesa, C y Rivadeneira, M. 2010. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándano durante su maduración. Ciencia, Docencia y Tecnología, 21(41):159-171.

## VIII. ANEXOS

### Anexo A. Método para obtener los tiempos de exposición de cada dosis de irradiación UV-C

Si

$$D=I*t$$

$$I=A/B$$

Entonces

$$D=A/B*t$$

$$t=B/A*D$$

Dónde:

D: Dosis de irradiación ( $\text{kJ/m}^2$ )

I: Intensidad de irradiación bajo el área de la luz UV-C ( $\text{Kw/m}^2$ )

t= Tiempo de exposición (s)

A: Área de emisión de luz UV-C ( $\text{m}^2$ )

B: Intensidad ( $\text{kJ/m}^2$ )

Cálculos:

Área de exposición (A)

$$28 \text{ cm} * 93 \text{ cm} = 2604 \text{ cm}^2$$

$$\text{cm} \frac{\text{m}}{\text{cm}} \text{ m}$$

Intensidad (B)

\_\_\_\_\_

Para la dosis de irradiación de 3 y 5 kJ/m<sup>2</sup>, el tiempo de almacenamiento sería:

Para 3 kJ/m<sup>2</sup>:

$$\frac{\text{_____}}{\text{m m}}$$

Para 5 kJ/m<sup>2</sup>:

$$\frac{\text{_____}}{\text{m m}}$$

**ANEXO B. Valores de la firmeza (N) en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento.**

Repeticiones	Día 0 – Firmeza		
	Control	D1	D2
Repetición 1	1.6137	1.6672	1.63775
Repetición 2	1.6455	1.69339	1.6912
Repetición 3	1.64362	1.64094	1.64477
Promedio	1.634273333	1.667177	1.657907

Repeticiones	Día 7 – Firmeza		
	Control	D1	D2
Repetición 1	1.43069	1.53513	1.50754
Repetición 2	1.42778	1.53412	1.51425
Repetición 3	1.42487	1.52937	1.52462
Promedio	1.42778	1.532873	1.51547

Repeticiones	Día 14 – Firmeza		
	Control	D1	D2
Repetición 1	1.35744	1.47894	1.42036
Repetición 2	1.38638	1.45248	1.43799
Repetición 3	1.35138	1.45789	1.45162
Promedio	1.365066667	1.463103	1.436657

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 21 – Firmeza</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	1.24543	1.34358	1.32406
<b>Repetición 2</b>	1.202425	1.32107	1.3497
<b>Repetición 3</b>	1.26003	1.36526	1.32531
<b>Promedio</b>	1.235961667	1.343303	1.333023

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 28 – Firmeza</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	1.06675	1.26248	1.24674
<b>Repetición 2</b>	1.04736	1.2339	1.2165
<b>Repetición 3</b>	1.04523	1.28209	1.25944
<b>Promedio</b>	1.053113333	1.25949	1.240893

**ANEXO C. Valores de Luminosidad (L\*) en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento.**

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 0 – Luminosidad</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	66.91	67.20	64.46
<b>Repetición 2</b>	64.05	66.14	64.80
<b>Repetición 3</b>	65.57	66.60	65.54
<b>Promedio</b>	65.51	66.65	64.93

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 7 – Luminosidad</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	49.06	51.05	51.41
<b>Repetición 2</b>	51.27	52.65	51.04
<b>Repetición 3</b>	51.50	47.96	52.08
<b>Promedio</b>	50. 61	50.55	51.51

<b>Repeticiones</b>	<b>14 – Luminosidad</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	48.63	51.11	50.35
<b>Repetición 2</b>	50.87	51.11	50.35
<b>Repetición 3</b>	47.52	51.48	50.93
<b>Promedio</b>	49.01	50.34	50.83

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 21 – Luminosidad</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	49.26	50.87	50.41
<b>Repetición 2</b>	48.77	51.70	51.91
<b>Repetición 3</b>	47.63	50.73	48.99
<b>Promedio</b>	48.55	51.10	50.44

Repeticiones	Día 28 – Luminosidad		
	Control	D1	D2
Repetición 1	47.18	48.91	49.29
Repetición 2	47.41	49.58	48.30
Repetición 3	46.65	48.82	46.92
Promedio	47.08	49.10	48.17

**Valores de cromaticidad a\* en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento.**

Repeticiones	Día 0 – a*		
	Control	D1	D2
Repetición 1	16.05	17.64	15.73
Repetición 2	15.77	16.10	15.91
Repetición 3	15.40	15.52	16.28
Promedio	15.74	16.42	15.97

Repeticiones	Día 7 – a*		
	Control	D1	D2
Repetición 1	15.74	16.42	15.97
Repetición 2	9.90	11.43	10.80
Repetición 3	10.63	10.36	10.63
Promedio	10.29	11.17	10.52

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 14 – a*</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	12.72	10.44	10.95
<b>Repetición 2</b>	13.01	12.79	9.87
<b>Repetición 3</b>	13.16	11.00	10.82
<b>Promedio</b>	12.97	11.41	10.55

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 21 – a*</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	12.49	9.99	10.41
<b>Repetición 2</b>	11.49	9.66	10.64
<b>Repetición 3</b>	10.99	10.40	9.70
<b>Promedio</b>	11.65	10.02	9.92

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 28 – a*</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	10.44	10.35	8.73
<b>Repetición 2</b>	10.69	9.92	9.69
<b>Repetición 3</b>	10.83	10.00	9.47
<b>Promedio</b>	10.65	10.09	9.30

**Valores de cromaticidad b\* en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento.**

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 0 – b*</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	58.11	60.56	56.59
<b>Repetición 2</b>	58.52	56.59	58.22
<b>Repetición 3</b>	57.24	58.23	56.01
<b>Promedio</b>	57.96	58.46	56.94

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 7 – b*</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	24.18	26.74	25.55
<b>Repetición 2</b>	25.42	26.25	26.07
<b>Repetición 3</b>	25.92	22.57	24.39
<b>Promedio</b>	25.17	25.19	25.34

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 14 – b*</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	25.99	27.26	25.75
<b>Repetición 2</b>	27.41	26.29	26.57
<b>Repetición 3</b>	26.56	27.04	27.41
<b>Promedio</b>	26.65	26.86	26.58

Repeticiones	Día 21 – b*		
	Control	D1	D2
Repetición 1	27.15	26.05	26.32
Repetición 2	26.30	26.87	27.51
Repetición 3	25.11	26.52	25.25
Promedio	26.19	26.48	26.36

Repeticiones	Día 28 – b*		
	Control	D1	D2
Repetición 1	26.53	25.50	25.65
Repetición 2	25.85	25.61	25.86
Repetición 3	24.54	24.92	24.11
Promedio	25.64	25.34	25.21

**ANEXO D. Valores de ácido ascórbico en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento.**

Repeticiones	Día 0 – Ácido Ascórbico		
	Control	D1	D2
Repetición 1	45.70	45.31	45.07
Repetición 2	45.75	45.10	44.94
Repetición 3	44.65	45.21	45.13
Promedio	45.37	45.21	45.05

<b>Repeticiones</b>		<b>Día 7 – Ácido Ascórbico</b>		
		<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>		38.64	43.03	42.94
<b>Repetición 2</b>	84	35.04	42.90	42.85
<b>Repetición 3</b>		39.43	43.08	43.30
<b>Promedio</b>		37.70	43.00	43.03

<b>Repeticiones</b>		<b>Día 14 – Ácido Ascórbico</b>		
		<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>		37.07	42.94	38.59
<b>Repetición 2</b>		34.90	40.70	40.70
<b>Repetición 3</b>		38.01	42.98	40.27
<b>Promedio</b>		36.66	42.21	39.85

<b>Repeticiones</b>		<b>Día 21 – Ácido Ascórbico</b>		
		<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>		32.05	40.26	36.44
<b>Repetición 2</b>		26.52	38.29	38.07
<b>Repetición 3</b>		34.56	37.90	37.03
<b>Promedio</b>		31.04	38.82	37.18

Repeticiones	Día 28 – Ácido Ascórbico		
	Control	D1	D2
Repetición 1	26.69	32.75	31.26
Repetición 2	30.30	32.58	33.23
Repetición 3	25.42	33.63	29.28
Promedio	27.47	32.99	31.26

**ANEXO E. Valores de acidez titulable en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento.**

Repeticiones	Día 0 – Acidez titulable (%)		
	Control	D1	D2
Repetición 1	0.92	0.94	0.89
Repetición 2	0.89	0.88	0.94
Repetición 3	0.89	0.90	0.86
Promedio	0.90	0.91	0.90

Repeticiones	Día 7 – Acidez titulable (%)		
	Control	D1	D2
Repetición 1	0.77	0.81	0.71
Repetición 2	0.72	0.80	0.89
Repetición 3	0.75	0.79	0.84
Promedio	0.75	0.80	0.81

Repeticiones	Día 14 – Acidez titulable (%)		
	Control	D1	D2
Repetición 1	0.75	0.77	0.75
Repetición 2	0.71	0.77	0.82
Repetición 3	0.73	0.76	0.84
Promedio	0.73	0.77	0.80

Repeticiones	Día 21 – Acidez titulable (%)		
	Control	D1	D2
Repetición 1	0.61	0.68	0.71
Repetición 2	0.59	0.74	0.76
Repetición 3	0.57	0.72	0.60
Promedio	0.59	0.71	0.69

Repeticiones	Día 28 – Acidez titulable (%)		
	Control	D1	D2
Repetición 1	0.47	0.62	0.58
Repetición 2	0.51	0.63	0.68
Repetición 3	0.46	0.71	0.60
Promedio	0.48	0.65	0.62

**ANEXO F. Valores del número de bacterias aerobias mesófilas viables en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento.**

Repeticiones	Día 0- N° de bacterias aerobias mesófilas viables		
	Control	D1	D2
Repetición 1	123	48	37
Repetición 2	83	28	23
Repetición 3	199	30	18
<b>Promedio</b>	135	35	26

Repeticiones	Día 7- N° de bacterias aerobias mesófilas viables		
	Control	D1	D2
Repetición 1	521	220	113
Repetición 2	600	190	91
Repetición 3	580	250	108
<b>Promedio</b>	567	220	104

Repeticiones	Día 14- N° de bacterias aerobias mesófilas viables		
	Control	D1	D2
Repetición 1	714	390	201
Repetición 2	698	372	239
Repetición 3	590	320	225
<b>Promedio</b>	667	360	221

---

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 21- N° de bacterias aerobias mesófilas viables</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	2428	510	310
<b>Repetición 2</b>	2311	459	357
<b>Repetición 3</b>	2001	499	349
<b>Promedio</b>	2246	489	338

---

---

<b>Repeticiones</b>	<b>Día 0- N° de bacterias aerobias mesófilas viables</b>		
	<b>Control</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>Repetición 1</b>	2917	728	501
<b>Repetición 2</b>	2881	701	544
<b>Repetición 3</b>	2799	657	491
<b>Promedio</b>	2865	695	512

---

**ANEXO G. Valores del número de panelistas para la prueba de aceptabilidad en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento en el día 0.**

<b>Panelista</b>	<b>Control</b> 460	<b>3 kJ/m2</b> 545	<b>5 kJ/m2</b> 633
<b>1</b>	8	6	9
<b>2</b>	7	4	8
<b>3</b>	7	8	7
<b>4</b>	6	9	8
<b>5</b>	8	7	6
<b>6</b>	8	9	9
<b>7</b>	6	7	9
<b>8</b>	6	7	6
<b>9</b>	7	4	3
<b>10</b>	7	8	6
<b>11</b>	7	8	9
<b>12</b>	7	8	7
<b>13</b>	6	7	7
<b>14</b>	7	6	7
<b>15</b>	4	8	8
<b>16</b>	7	4	8
<b>17</b>	7	6	8
<b>18</b>	7	8	6
<b>19</b>	7	8	9
<b>20</b>	6	9	5
<b>21</b>	9	7	5
<b>22</b>	7	6	6
<b>23</b>	6	8	8
<b>24</b>	7	7	7
<b>25</b>	6	7	7
<b>26</b>	8	7	9
<b>27</b>	6	5	5
<b>28</b>	5	7	4
<b>29</b>	5	8	8
<b>30</b>	6	7	5
<b>Promedio</b>	6.67	7.00	6.97

**ANEXO H. Valores del número de panelistas para la prueba de aceptabilidad en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento en el día 7.**

<b>Panelista</b>	<b>Control 460</b>	<b>3 kJ/m2 545</b>	<b>5 kJ/m2 633</b>
1	9	7	8
2	8	7	8
3	6	7	3
4	8	9	7
5	9	7	6
6	8	5	7
7	8	7	8
8	8	7	9
9	7	8	8
10	9	9	9
11	2	6	6
12	7	9	8
13	7	8	9
14	3	8	8
15	6	9	9
16	8	7	9
17	8	4	4
18	6	6	6
19	9	8	7
20	4	6	9
21	9	8	7
22	6	9	3
23	4	6	8
24	8	4	6
25	7	9	9
26	6	5	5
27	9	6	9
28	5	9	6
29	9	9	8
30	6	8	8
<b>Promedio</b>	<b>6.97</b>	<b>7.23</b>	<b>7.23</b>

**ANEXO I. Valores del número de panelistas para la prueba de aceptabilidad en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento en el día 14.**

	<b>Control</b>	<b>3 kJ/m<sup>2</sup></b>	<b>5 kJ/m<sup>2</sup></b>
<b>Panelista</b>	<b>460</b>	<b>545</b>	<b>633</b>
1	8	8	6
2	8	7	7
3	5	4	6
4	6	6	6
5	7	8	7
6	6	7	8
7	7	5	6
8	6	6	5
9	4	3	3
10	7	8	9
11	9	8	4
12	7	8	6
13	6	7	6
14	7	5	8
15	8	8	8
16	4	5	6
17	8	6	6
18	9	8	6
19	3	5	7
20	8	9	8
21	6	6	6
22	8	7	9
23	5	6	8
24	6	6	7
25	4	8	6
26	6	6	7
27	7	7	6
28	7	8	6
29	6	8	7
30	5	5	6
<b>Promedio</b>	<b>6.43</b>	<b>6.60</b>	<b>6.53</b>

**ANEXO J. Valores del número de panelistas para la prueba de aceptabilidad en aguaymantos expuestos a irradiación UV-C durante el almacenamiento en el día 21.**

<b>Panelista</b>	<b>Control 460</b>	<b>3 kJ/m2 545</b>	<b>5 kJ/m2 633</b>
<b>1</b>	8	8	8
<b>2</b>	9	7	5
<b>3</b>	4	8	6
<b>4</b>	5	6	6
<b>5</b>	8	8	9
<b>6</b>	7	8	7
<b>7</b>	6	5	5
<b>8</b>	6	7	5
<b>9</b>	5	5	7
<b>10</b>	8	6	6
<b>11</b>	6	9	6
<b>12</b>	3	5	6
<b>13</b>	6	7	5
<b>14</b>	8	7	9
<b>15</b>	8	5	9
<b>16</b>	3	7	7
<b>17</b>	8	9	9
<b>18</b>	6	4	4
<b>19</b>	6	5	9
<b>20</b>	6	6	6
<b>21</b>	7	8	6
<b>22</b>	2	5	4
<b>23</b>	4	5	4
<b>24</b>	8	7	7
<b>25</b>	5	6	7
<b>26</b>	2	5	6
<b>27</b>	7	7	9
<b>28</b>	3	6	8
<b>29</b>	6	8	6
<b>30</b>	4	6	6
<b>Promedio</b>	<b>5.8</b>	<b>6.5</b>	<b>6.6</b>

**ANEXO K. Diagrama de flujo para aguaymantos frescos tratados con irradiación UV-C**

Recepción



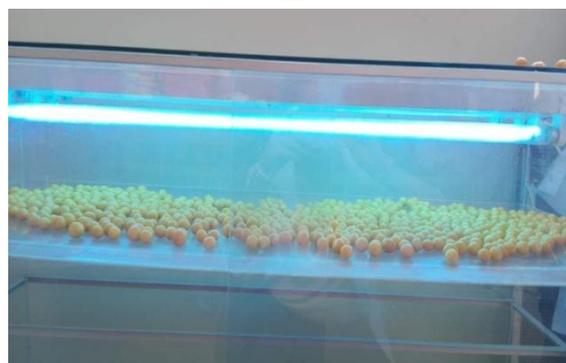
Clasificación y selección



Pesado



Almacenamiento a 1 °C



Exposición a UV-C

**ANEXO L. Comparación de los tratamientos del día 0 al día 30 de almacenamiento**

Día 0 de almacenamiento



Control (C)



3 kJ/m<sup>2</sup> (D1)



5 kJ/m<sup>2</sup> (D2)

Día 28 de almacenamiento



Control (C)



3 kJ/m<sup>2</sup> (D1)



5 kJ/m<sup>2</sup> (D2)