

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
E.A.P. DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



Una Institución Adventista

**Evaluación de la Actividad Antioxidante y Compuestos Fenólicos de carambola (*Averrhoa*
carambola L) en temperatura ambiente y refrigeración**

Autor

Bach. Zamir Martin Macavilca Yacsavilca

Asesor

Dr. Julio Florencio Paredes Guzmán

Lima, septiembre de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

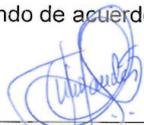
Dr. Julio Florencio Paredes Guzmán, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Evaluación de la Actividad Antioxidante y Compuestos Fenólicos de carambola (Averrhoa carambola L) en temperatura ambiente y refrigeración”*** constituye la memoria que presenta el Bachiller Zamir Martin Macavilca Yacsavilca, para aspirar al título de Profesional de Ingeniero de alimentos ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, 6 de septiembre del 2019.



Julio Florencio Paredes Guzman

Evaluación de la actividad antioxidante y compuestos fenólicos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) en temperatura ambiente y refrigeración

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos

JURADO CALIFICADOR



Dr. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro
Presidente



Ing. Guido Fulgencio Anglas Hurtado
Secretario



MSc. Silvia Pilco Quesada
Vocal



MSc. Daniel Sumire Quenta
Vocal



Dr. Julio Florencio Paredes Guzmán
Asesor

Lima, 06 de setiembre de 2019

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Jehová que es la fuente de todo conocimiento y dador de vida

A mis padres Nelly Yacsavilca y Walter Macavilca por su apoyo incondicional, paciencia, amor y sus consejos en el momento indicado y por ayudarme en todo lo que fuera necesario con el fin de realizar esta investigación.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Alimentos y a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, especialmente a la Ing. Arellano Lino Ketty Magaly; por la disposición de los laboratorios que fueron el lugar de ejecución de esta investigación, por el apoyo y por sus consejos brindados durante la ejecución de la investigación. La atención prestada en los trámites correspondientes al proceso de tesis.

A mi asesor, el Dr. Paredes Guzmán Julio Florencio y Dr. Pampa Quispe Noé Benjamín por su paciencia, sus direcciones, su interés en este trabajo de investigación y el enorme apoyo brindado durante todo el proceso de tesis.

A aquellos amigos que me apoyaron y brindaron parte de su tiempo, gracias por la ayuda desinteresada y a la vez tan valiosa en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

1.INTRODUCCIÓN	2
1.2 OBJETIVO.....	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivo Especifico.....	5
REVISION LITERARIA	5
2.1 Carambola	5
2.1.1 Origen.....	6
2.1.2 Denominación y Clasificación taxonómica	6
2.1.3 Variedades.....	7
2.1.4 Composición Química.....	7
2.1.5 Producción de carambola	8
2.2 Antioxidante.....	8
2.3 Capacidad Antioxidante	9
2.4 Metodologías de Extracción de compuestos	11
2.4.1 Extracción sólido – líquido	11
2.4.2 Extracciones líquido – líquido	11
2.5 Método de determinación de la actividad antioxidante	11
2.5.1 Método ABTS	11
2.6 Radicales libres	12
2.7 Estrés Oxidativo.....	13
2.8 Daño oxidante	14

2.9 Producción fisiológica de radicales libres	14
2.10 Compuestos Fenólicos	15
2.11 Estructura química y clasificación	15
2.11.1 Fenoles, ácidos fenólicos y ácidos fenil acéticos	16
2.11.2 Acidos cinámicos, cumarinas, isocumarinas y cromonales	16
2.11.3 Lignanos y neolignanos	16
2.11.4 Flavonoides	17
2.12 Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante	21
2.13 Alimentos funcionales.....	21
2.14 Vitamina C	22
3 MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 Lugar de Ejecución	23
3.2 Materiales e Insumos.....	23
3.2.1 Materia Prima.....	23
3.2.2 Reactivos.....	23
3.2.3Materiales y Equipos.....	23
3.2.3 Equipos.....	24
3.3Análisis Fisicoquímico.....	24
3.3.1Análisis de ceniza.....	24
3.3.2Análisis de pH.....	24
3.3.3 Análisis de acidez.....	25

3.3.4 Análisis de sólidos solubles	25
3.3.5 Análisis de Humedad	25
3.4 Determinación de Fenoles totales	25
3.5 Vitamina C	26
3.6 Determinación de actividad antioxidante total.....	26
3.6.1 Método DPPH.....	26
3.6.2 Método ABTS.....	26
3.7 Metodología Experimental.....	27
3.7.1 Acondicionamiento de Materia Prima	27
3.10 Índice de madurez	32
3.11 Análisis Estadístico	32
4 RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
4.1 Análisis Proximal.....	33
4.2 Proceso de maduración de la carambola	36
4.2.1 Índice de madurez	38
4.3 Cuantificación de vitamina C en el extracto de carambola.....	43
4.4 Compuestos fenólicos	48
4.5 Capacidad Antioxidante.....	52
4.6 Análisis estadísticos	57
5. CONCLUSIONES	62
6. RECOMENDACIONES.....	64

REFERENCIA.....65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Denominación de la carambola (Averrhoa Carambola).....	6
Tabla 2 Clasificación Taxonómica.....	7
Tabla 3 Composición Química de carambola	7
Tabla 4 Producción anual de la carambola.....	8
Tabla 5 Metodología Experimental Propuesta	31
Tabla 6 Variables dependientes.....	32
Tabla 7 Contenido humedad y ceniza de la carambola fresca	33
Tabla 8 Proceso de maduración con respecto al tiempo a temperatura ambiente.....	¡Error!

Marcador no definido.

Tabla 9 Proceso de maduración con respecto al tiempo a temperatura de refrigeración	¡Error!
---	----------------

Marcador no definido.

Tabla 10 Propiedades fisicoquímicas de carambola.....	40
Tabla 11 Valores de la vitamina C en diferentes temperaturas	46
Tabla 12 Valores de los Compuestos fenólicos	49
Tabla 13 Valores de la capacidad antioxidante	54
Tabla 14 Análisis de Varianza de acidez	57
Tabla 15 Análisis de varianza de pH.....	58
Tabla 16 Análisis de varianza de °Brix	58
Tabla 17 Análisis de varianza de la vitamina C	59
Tabla 18 Análisis de varianza de los compuestos fenólicos	60
Tabla 19 Análisis de varianza por el método ABTS	61
Tabla 20 Análisis de varianza por el método DPPH	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fruto de carambola	6
Figura 2 Reacción de antioxidante frente a radicales libres.....	9
Figura 3 Capacidad Antioxidante.....	10
Figura 4 Cuando las especies reactivas sobrepasan a los sistemas antioxidantes.....	13
Figura 5 Etapas de evolución del estrés oxidante.....	14
Figura 6 Estructura química de fenol	16
Figura 7 Estructura química del flavonoide	17
Figura 8 Estructura química principal de flavonoide	18
Figura 9 Estructura química del isoflavonoides	18
Figura 10 Estructura química del neoflavonoide	18
Figura 11 Estructura química de la flavona	19
Figura 12 Estructura química de la miricetina	19
Figura 13 Estructura química del kaempferol	20
Figura 14 Estructura química de la fisetina	20
Figura 15 Flujo grama Experimental	29
Figura 16 Análisis fisicoquímicos de carambola entera en temperatura ambiente.....	41
Figura 17 Análisis fisicoquímicos de carambola centro en temperatura ambiente.....	42
Figura 18 Análisis fisicoquímicos de carambola entera en temperatura refrigeración.....	43
Figura 19 Análisis fisicoquímicos de carambola centro en temperatura refrigeración.....	43
Figura 20 Determinación de la vitamina C en diferentes tipos de almacenamientos.....	47
Figura 21 Determinación de los compuestos fenólicos en diferentes ambientes.....	50
Figura 22 Determinación de los compuestos fenólicos con respecto al tiempo.....	51
Figura 23 Determinación de la capacidad antioxidante en almacenamiento en ambiente.....	56
Figura 24 Determinación de la capacidad antioxidante en almacenamiento en refrigeración	56

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Determinación de Humedad	75
Anexo 2. Determinación de Ceniza	76
Anexo 3. Determinación de pH.....	77
Anexo 4. Determinación de Sólidos solubles	78
Anexo 5 Determinación de Acidez	79
Anexo 6 Recepción de la Materia Prima	80
Anexo 7 Medición de la acidez titulable.....	81
Anexo 8 Medición en el espectrofotómetro	81
Anexo 9 Termoagitador magnético.....	82
Anexo 10 Determinación del °Brix.....	82
Anexo 11 Homogenizador	83

Resumen

Existe una gran preocupación en los países de América Latina para enfrentar el problema de las pérdidas y desperdicios de alimentos de diferentes maneras, la Organización Mundial para la Alimentación (FAO) indica que en la región se desperdicia anualmente 127 millones de toneladas de alimentos, representando 223 kilos de alimentos por habitante de la región al año. Por esa razón, se tuvo como objetivo evaluar los cambios en los compuestos bioactivos del extracto de carambola (*Averrhoa carambola* L) durante su almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración. Las frutas fueron recolectadas y seleccionadas desde su estado verde de maduración por un periodo de 6 semanas. Se realizó la caracterización fisicoquímica ($^{\circ}$ Brix, pH y acidez titulable) y el valor de la Vitamina C; también, se obtuvo los extractos considerando los parámetros de tiempo (60 minutos), temperatura (60°C) y solvente (Etanol al 80%), evaluando sus compuestos fenólicos totales y su capacidad antioxidante por medio de ABTS y DPPH. El estudio reportó que los $^{\circ}$ Brix como el pH obtienen un incremento semana a semana, mientras que la acidez titulable un descenso; además se verifican una pérdida lenta de la Vitamina C con el tiempo. Con relación a los compuestos fenólicos totales se encontró que se alcanza un valor de 723,34 mg de ácido gálico/100 mg de muestra en la semana 3 a temperatura ambiente, mientras que 759,51 mg de ácido gálico/100 mg de muestra en la semana 4 a temperatura de refrigeración. La capacidad antioxidante por el método DPPH a la semana 3 alcanzó su máximo valor de 53.15 μ Mol Trolox equivalente/g de muestra, y para el ABTS, 42.42 μ Mol Trolox equivalente/g de muestra. Podemos concluir en el estudio realizado que, debe de ser almacenado hasta 3 semanas donde alcanzando su mayor capacidad antioxidante nos permite obtener la mayor cantidad de compuestos fenólicos.

Palabras clave: compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, vitamina C, DPPH, ABTS

Abstract

There is a great concern in the countries of Latin America to face the problem of food losses and waste in different ways, the World Food Organization (FAO) indicates that in the region 127 million tons of food are wasted annually, representing 223 kilos of food per inhabitant of the region per year. For that reason, the objective was to evaluate the changes in the bioactive compounds of carambola extract (*Averrhoa carambola* L) during storage at room temperature and refrigeration. The fruits were collected and selected from their ripening state for a period of 6 weeks. . The physicochemical characterization (oBrix, pH and titrable acidity) and the value of Vitamin C were carried out; Also, extracts were obtained considering the parameters of time (60 minutes), temperature (60°C) and solvent (80% Ethanol), evaluating their total phenolic compounds and their antioxidant capacity by means of ABTS and DPPH. The study reported that oBrix as the pH obtained an increase week by week, while the acidity titulable a decrease; In addition, there is a slow loss of Vitamin C over time. In relation to the total phenol compounds, it was found that a value of 723.34 mg of gallic acid / 100 mg of sample was reached in week 3 at room temperature, while 759.51 mg of gallic acid / 100 mg of sample in week 4 at refrigeration temperature. The antioxidant capacity by the DPPH method at week 3 reached its maximum value of 53.15 μMol Trolox equivalent / g sample, and for the ABTS, 42.42 μMol Trolox equivalent / g sample. We can conclude in the study that, should be stored up to 3 weeks where reaching its highest antioxidant capacity allows us to obtain the highest amount of phenolic compounds.

Keywords: phenolic compounds, antioxidant capacity, vitamin C, DPPH, ABTS

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años una nueva era en el área de la ciencia de los alimentos y nutrición se ha hecho presente. Cada vez como mayor magnitud. El área de investigación de alimentos aprueba como componente alimenticio importante, los alimentos funcionales para un mejor estado de salud y mejor calidad de vida ya que contribuyen a prevenir o retardar enfermedades crónicas (Lock, 1988). El cáncer y principalmente las enfermedades cardiovasculares son los principales causantes de muertes en el mundo, numerosas investigaciones epidemiológicas y estudios experimentales demuestran que el consumo de legumbres y frutas ayudan a prevenir enfermedades crónicas. Los beneficios que se obtiene al consumir alimentos vegetativos se atribuyen principalmente a sustancias como la actividad antioxidante, vitamina C, compuestos fenólicos entre otros. Estas sustancias ayudan a aumentar la defensa antioxidante del organismo en contra el estrés oxidativo, responsable del daño celular en el organismo. Los antioxidantes y los compuestos fenólicos se encuentran en los vegetales pero se encuentran en mayor porcentaje en frutas, es por esa razón que se ha estudiado la carambola en sus diferentes estados de madurez con la finalidad de conocer el potencial beneficioso para la salud (García, 2000)

El consumo de frutas ha sido asociado con una menor incidencia de mortalidad por diferentes enfermedades crónicas. La protección que brindan en contra de enfermedades degenerativas ha sido gracias a su alto contenido de compuestos bioactivos durante el desarrollo de su maduración y adecuado almacenamiento que sufren cambios en sus Fitonutrientes (Rodríguez & Amaya, 2010).

Es muy importante saber la capacidad antioxidante de los alimentos como primer lugar evaluar los efectos biológicos. Para ello se ha desarrollado diferentes metodologías para valorar la capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. El consumo de fruto y vegetales está asociado con la mínima incidencia de enfermedades crónicas. La protección de la capacidad antioxidante

brinda una variedad de beneficios contra las enfermedades degenerativas esto se debe a los beneficios que podemos encontrar al consumirlos (Prior, 1998).

La carambola es un fruto que no contiene una merecida atención de acuerdo con las nuevas tendencias de alimentación, debido a que compone una fuente de compuestos atractivos desde diferentes aspectos como lo organoléptico, funcional y nutricional (Pinto, 2009). Los compuestos nutricionales más representativos comprenden los metabolitos que están relacionados con azúcares, vitaminas, minerales y almidón. Con respecto a las propiedades funcionales están generalizadas con los metabolitos secundarios como los compuestos fenólicos, tocoferoles y carotenoides los cuales se reflejan por su capacidad antioxidante (Hounsome, Hounsome, Tomos, Edward-Jones, 2008). Es decir, la habilidad de eliminar los efectos causados por los radicales libres y prevenir los daños en la salud causados por las enfermedades degenerativas y diferentes tipos de cáncer. Los compuestos fenólicos son los componentes más estudiados en el reino vegetal cuyo fin es estudiar el antioxidante. Consiste en la transferencia de un hidrógeno a una molécula de radical libre. Los tocoferoles intervienen de una manera similar, aunque en entornos lipofílicos y los carotenoides presentan un incremento de actividad contra los pro- oxidantes tales como el oxígeno y sus derivados (Rodríguez & Amaya, 2010).

Nuestro país se encuentra posicionado como uno de los países productores de carambola. La carambola es un fruto muy versátil que puede ser integrado en jugos y ensaladas. Sin embargo, el crecimiento de la demanda está relacionada con la información relativa de los compuestos bioactivos de interés por el consumidor, la estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento (Dini, 2011). En la naturaleza, los componentes de la carambola no están totalmente establecidos. Los estudios más recientes hasta el momento no se han enfocado en los compuestos fenólicos, ni en los metabolitos primarios ni secundarios (Erazo, Escobar, Olaeta, Undurraga, 1999). Por esta razón es necesario caracterizar de una manera cualitativa y

cuantitativa sus componentes. Así mismo, se requiere comprender el mecanismo de la degradación del fruto para así poder conocer en manejo de la post cosecha.

Durante el tiempo de maduración, crecimiento y almacenamiento los frutos sufren cambios físicos y biológicos principalmente en los Fitonutrientes. También se puede ver estos cambios en el momento del procesamiento del fruto, esto se debe principalmente a un mal manejo del parámetro en el proceso de elaboración, esto a su vez presenta problema de degradación en los compuestos fenólicos, vitaminas, carotenoides, antocianinas, polifenoles, flavonoides (isoflavonas, catequinas, flavonas) y en la actividad antioxidante; ya que destruyen y limitan los beneficios (Vasconcellos, 2001).

Los beneficios que tiene la fruta carambola con respecto a nivel medicinal están subvalorado en el mercado nacional esto se debe a la falta de conocimiento que tiene los consumidores de tal forma que investigando más a fondo acerca del fruto ayudaría mucho en la comercialización del fruto y también se podría producir productos derivados. Por lo cual esta investigación busca exponer beneficios al consumidor y brindar una nueva alternativa en el mercado nacional.

Por su relevancia social y económica, beneficiará a la población limeña pues incrementará sus conocimientos y fortalecerá el consumo de frutas y hortalizas. Ya que se mostrará sus beneficios antioxidantes y nutricionales. Además, promoverá la industrialización de la carambola con el fin de aprovechar la materia prima y aún más sus beneficios nutricionales y antioxidantes, este es gracias a los compuestos fenólicos, vitamina C y capacidad antioxidantes

1.2 OBJETIVO

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de carambola (*Averrhoa carambola*). a temperatura ambiente y refrigeración

1.2.2. Objetivo Especifico

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la carambola (*Averrhoa carambola*).
- Determinar la vitamina C, compuestos fenólicos de carambola en temperatura ambiente y refrigeración en un intervalo de 7 días por 6 semanas
- Evaluar la capacidad antioxidante utilizando el método DPPH Y ABTS en temperatura ambiente y refrigeración en un intervalo de 7 días por 6 semanas

2. REVISION LITERARIA

2.1 Carambola

El fruto de carambola (Figura 1), tiene de forma de ovoide elíptica, tiene un tamaño variable en los 40 – 240 mm de longitud y 30 – 110 mm de diámetro del fruto. El fruto de



carambola suele pesar entre los 100 a 250g. La pulpa del fruto es jugosa y de textura blanda y crujiente. El sabor de la carambola es semiácido y dulce, es muy cotizado en el mercado principalmente en países del continente asiático, su nombre más famoso es “fruta de estrella” esto se debe a la forma de fruto (Galan & Menini, 1991).

Figura 1 Fruto de carambola (Helk, 1985)

2.1.1 Origen

El origen del fruto es oriundo del continente asiático, en los países de Malasia e Indonesia. Su cultivo se ha ampliado en el continente de Asia y americano principalmente, esto se debe a sus climas trópicos donde se cultiva el fruto. En la actualidad los principales productores en el mundo del fruto son Brasil, Bolivia y Colombia (Galan & Menini, 1991).

2.1.2 Denominación y Clasificación taxonómica

Según Helk (1985) menciona la denominación de la carambola según la tabla 1 indica que el nombre común del fruto de carambola depende en función de la procedencia de cada región.

Tabla 1 Denominación de la carambola (Averrhoa Carambola)

País	Nombre común
República dominicana	Cinco dedos
Costa Rica	Tiriguro o guava
Perú	Carambola
Brasil	Carambolero
China	Melocotón extranjero

Fuente (Helk, 1985).

Helk (1985), menciona la clasificación taxonómica de carambola.

Tabla 2 Clasificación Taxonómica

Clasificación taxonómica de la carambola (<i>Averrhoa carambola</i>)	
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledonea
Género y especie	Averrhoa Carambola L.
Orden	Cruinales
Familia	Oxalidaceae
Nombre común	Carambola

Fuente (Helk, 1985).

2.1.3 Variedades

El fruto de carambola presenta dos diferentes cultivos: el Golden star y el Arkin para este proyecto se utilizará el Golden Star (Lewis, 1987).

2.1.4 Composición Química

Collazos (1996) y Calzada (1980) presenta la Composición Química de la Carambola. (Tabla 3)

Tabla 3 Composición Química de carambola (contenido en 100g de porción comestible)

Composición	Calzada (1980)	Collazos (1996)
Energía (cal)	36.0	35.0
Agua (g)	90.0	90.6
Proteína (g)	0.5	1.0
Grasa (g)	0.3	0.6
Carbohidratos (g)	9.0	7.4

Fibras (g)	0.6	0.6
Ceniza (g)	0.4	0.4
Calcio (g)	5.0	5.0

2.1.5 Producción de carambola

La situación agrícola de la producción de carambola en el Perú es deprimente; las hectáreas de cultivos en las zonas de la selva alta (Ucayali, Chanchamayo) Están en total descuido y esto es reflejado en la cosecha y pos cosecha donde se pierden grandes cantidades de frutos por el deterioro de los árboles. En la tabla 4 se observar la producción anual que son mínimos durante los últimos años. Esto se debe a que los agricultores prefieren dedicarse a otros tipos de cultivos por su mayor demanda en el mercado (Minag, 2016).

Tabla 4 Producción anual de la carambola

Año	Producción (TN)
2011	3.245
2012	3.121
2013	3.488
2014	3,906
2015	3,413
2016	3,696

Fuente: Ministerio de agricultura (2016)

2.2 Antioxidante

Los antioxidantes son sustancia que impiden el desarrollo oxidativo de los daños causado por los radicales libre. Los radicales libres son los que destruyen la defensa y causa un daño celular donde dan la posibilidad de ocasionar enfermedades degenerativas en la salud. La reacción (Figura 2), que ocurre entre un radical libre y un antioxidante es al momento de chocar,

el antioxidante cede un electrón para transformarse en un radical libre no tóxico. (Dasgupta & Klein, 2014)

Las sustancias con antioxidante es un componente capaz de prevenir y retener la oxidación de un sustrato. Su principal función de las sustancias oxidativas es prevenir en la formación de los radicales libre en proporciones perjudiciales para el organismo y a la misma vez estimula el mecanismo de reparación del endógeno en daño (Escobar – Blanco. 2010).

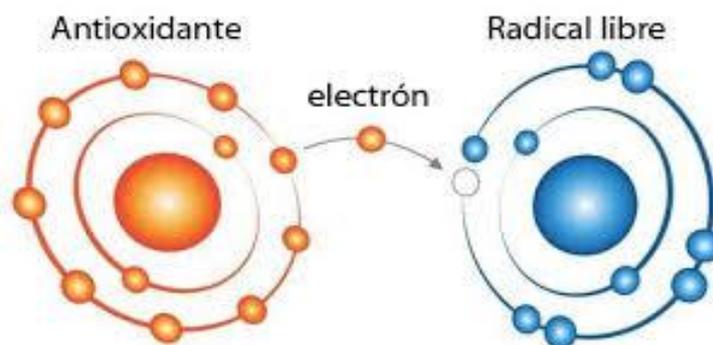


Figura 2 Reacción de antioxidante frente a radicales libres (Domínguez, 2011)

2.3 Capacidad Antioxidante

Los compuestos antioxidantes tienen el poder de catalizar el recorrido de electrones e inhibir los radicales libres. Estas propiedades se ponen en manifiesto en ensayos experimentales “in vitro” sobre la inhibición de efectos antiinflamatorios, acciones antibacterianas, actividad vascular, anticancerígeno, envejecimiento. El sustrato con actividad antioxidante al reaccionar con el DPPH, reduce el reactivo (Figura 3), es segundo determinando así la disminución de la absorbancia de antioxidante (Prior, 1998).

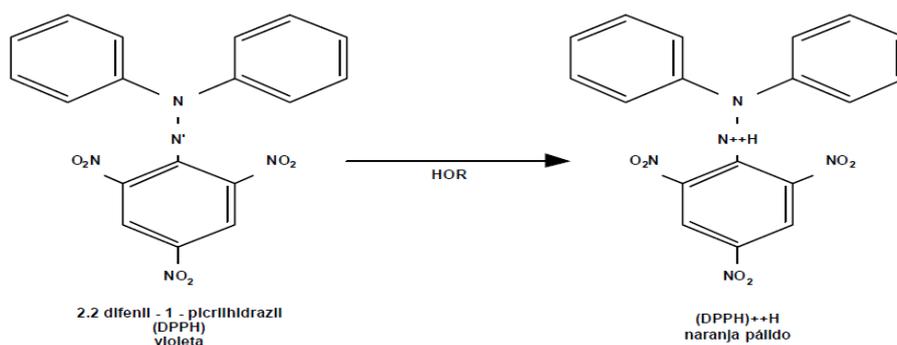


Figura 3 Capacidad Antioxidante (Murrillo, 2002)

La oxidación es una reacción química donde se realiza la reducción de electrones, de la ganancia de oxígeno en una molécula. Es la disminución de un compuesto exactamente lo contrario; es decir, el aumento de electrones, de hidrógenos o la pérdida de oxígeno (Tito & Eusebia, 2015). Se estima que la capacidad antioxidante en los alimentos, depende de la naturaleza y concentración de los alimentos naturales, ya que en la mayoría de los compuestos antioxidantes de las verduras y frutas se deben a ciertos compuestos como, vitamina E, β caroteno, vitamina C además de los recientes investigaciones y determinaciones de los compuestos fenólicos (flavonas, isoflavonas, catequinas, flavonoides, antocianinas, e), estos últimos son consumidos mayormente en la dieta humana y han probado tener una alta capacidad antioxidante (Pérez & Jiménez, 2011).

El potencial antioxidante de los alimentos, es muy importante determinar la capacidad antioxidante, tanto sobre el organismo humano, como frente a las reacciones de alteración que disminuyen el valor nutricional y la calidad del alimento ya que este depende de un compuesto de sus propiedades redox, y como donador de hidrógeno y como captador de radicales, de su capacidad como quelante de metales prooxidantes, como donador de hidrógeno (Barea, 2015).

2.4 Metodologías de Extracción de compuestos

2.4.1 Extracción sólido – líquido

La extracción sólido – líquido es una operación de separación de los componentes solubles presentes en una matriz sólida. Por ello se utiliza un agente separador un solvente líquido específico, que actúa bajo ciertos parámetros en los equipos de lixiviación. Es una operación unitaria que tiene como finalidad la separación de uno o más componentes contenidos en la fase sólida, mediante el uso de una fase líquida o disolvente. El componente que transfiere en la fase sólida a la líquida recibe como nombre de soluto, mientras que el sólido insoluble es llamado inerte. Mientras mayor superficie de contacto entre la parte líquida y sólido mayor eficiencia de la extracción (Gudiño, 2012).

2.4.2 Extracciones líquido – líquido

La extracción líquido – líquido es una metodología muy útil para separar componentes en una mezcla. El éxito de esta metodología depende de la diferencia de solubilidad del compuesto a extraer en dos disolventes diferentes cuando se agitan un compuesto de dos disolventes inmiscibles. El compuesto se distribuye entre dos disolventes a temperatura determinada, la relación de concentración del compuesto en cada disolvente es siempre constante, y esta constante se denomina coeficiente de distribución o de reparto (Gorriti, 2010).

2.5 Método de determinación de la actividad antioxidante

2.5.1 Método ABTS (azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)

El método de ácido 2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) está basado en la captura de los antioxidantes del radical catión generando así una reacción. Como curva patrón se utiliza el ácido 6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox) un sintético hidrosoluble de la vitamina E. el radical catión del reactivo ABTS posee una colorante entre

verde a azul con una absorbancia de 415 nm. Dependiendo de la variable a estudiar se empleará diferentes longitudes de onda siendo las más usadas entre 415 a 734 nm (Kuskoski, 2004)

2.5.2 Método DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo)

La metodología del radical DPPH es el más estable en el tiempo esto se debe a la deslocalización del electrón libre de modo que las moléculas no dimerizan. La deslocalización da como resultado el color violeta oscuro. Cuando la solución de DPPH se mezcla con la sustancia que dona un electrón se da lugar a la reducción y pérdida del color violeta. Este método consiste en medir la captura del radical a través de la disminución de la absorbancia en una medida de 515 nm que se produce en la reducción del antioxidante. (Brand – Williams, 1985).

2.6 Radicales libres

Los radicales libres son sustancias inestables que pueden desestabilizar las células del organismo. Se producen principalmente por la respiración celular y su operación suele ser perjudicial que originan cambios relacionados con enfermedades cardiovasculares degenerativas, cáncer, envejecimiento. Los radicales libres más comunes es el átomo de hidrogeno con un protón y un electrón. Los radicales libre presenta en su estructura química un electrón no apareado, los radicales provenientes de átomos de oxígenos son los más peligrosos y tóxicos. Puede reaccionar con diferentes moléculas orgánicas y provoca daño celular y tisular (Prior, 1998).

Radical superóxido. Es producido por células fagocitas y son beneficiosas para la inactivación de virus y bacteria

Óxido nítrico. Su beneficio es como agente vasodilatador y puede reaccionar con el superóxido para formar un anión peroxinitrito

Radical peróxido. Es el radical más común en el sistema biológico

Radical hidroxilo. Este radical es totalmente dañino

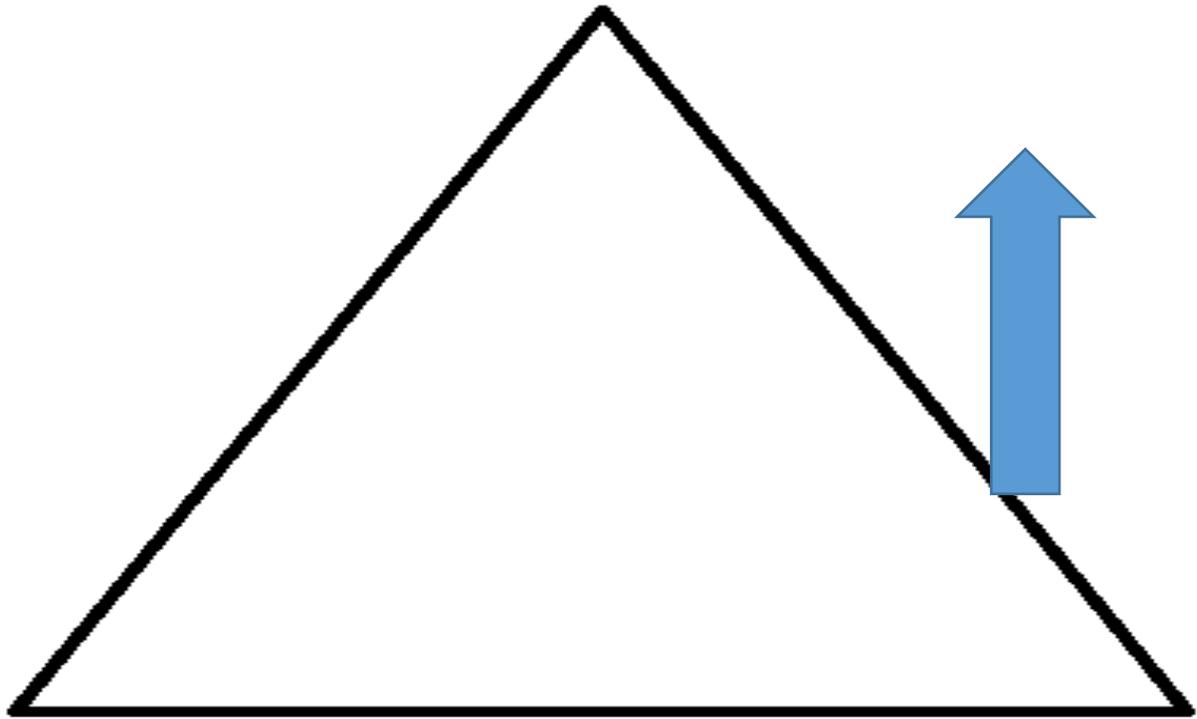


Figura 5 Etapas de evolución del estrés oxidante

2.8 Daño oxidante

El daño que causa el estrés oxidativo puede expresarse por dos mecanismos, uno de ellos es oxidando directamente a las biomoléculas y la otra es afectando de una manera indirecta, en la cual se desequilibra el proceso no oxidante. El estado del estrés oxidante induce en la célula efectos deletéreos por oxidación de lípidos, carbohidratos, proteínas, el cual produce acumulación de agregados intracelulares, excitotoxicidad y apoptosis. Este daño oxidante es muy común en enfermedades degenerativas (Hicks, Torres & Sierra, 2006).

2.9 Producción fisiológica de radicales libres

La suplementación de la dieta con antioxidantes tiene sólidos estudios científicos. El ser humano funciona como una máquina química operando a presión y temperatura constantes que utiliza la oxidación de los alimentos con el oxígeno del aire para obtener la energía necesaria para su movimiento y funcionamiento. El oxígeno respirado, tomado en los pulmones y transportado a los tejidos por la hemoglobina de los eritrocitos, es utilizado en las mitocondrias

intracelulares que acoplan la oxidación de sustratos a la producción de ATP (Pineda & Malanim, 1999).

2.10 Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos constan de uno a más anillos aromáticos cada uno o más grupo hidroxilos precisamente están categorizados en flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y cumarina (Dasgupta & Klein, 2014). Los ácidos de los compuestos fenólicos se dividen en dos grupos: derivados de ácidos hidroxibenzoicos y hidroxicinámicos. Los flavonoides es parte de los compuestos fenólicos más grandes que se encuentran en alimentos vegetales. Los compuestos fenólicos tienen una estructura genérica de dos anillos aromáticos que están unidas con que átomos de carbono que están unido con un anillo heterocíclico, esto compuestos se clasifican en flavones, antocianidinas, flavonoles, isoflavonoides. Los polifenoles son bioactivos que se puede encontrar en planta, entre los más resaltantes el polifenoles (flavonoides), tañimos y acido fenólicos (Repo-Carrasco, 2010)

2.11 Estructura química y clasificación

Los compuestos fenólicos poseen un anillo aromático, un anillo benceno con uno a más grupos hidroxilos que incluyen derivados funcionales. En la naturaleza de los compuestos fenólicos varía desde las moléculas simples como los ácidos fenólicos hasta los compuestos polimerizados, tales como taninos. Se encuentran en las plantas de forma conjugada con uno a más residuos de azúcares unidos a un grupo de hidroxilos aunque en unos casos se encuentran produciendo uniones directas entre una molécula de azúcar con una de carbón aromático. Es por ello que la forma más común de encontrarlo en la naturaleza es en forma de glicósidos solubles en agua y en solventes orgánicos, los tres tipos de compuestos fenólicos más importante son los ácidos fenólicos, polifenoles y flavonoides, entre las más estudiadas es los flavonoides y compuestos fenólicos, donde se pueden agrupar de diferentes clases dependiendo de su

estructura química básica y describiéndose a continuación aquellos de mayor interés nutricional (Valverde, Ros & Periago, 2000)

2.11.1 Fenoles, ácidos fenólicos y ácidos fenil acéticos

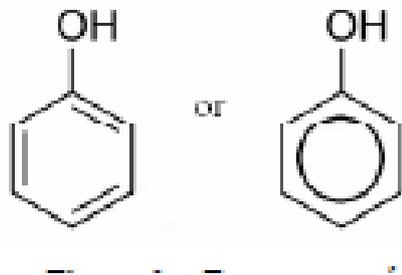


Figura 6 Estructura química de fenol (Lock, 1988)

Dentro del grupo de fenoles simples se halla timol, el fenol, resol y resorcinol están grandemente distribuidos entre todas las especies vegetales. Asimismo, los ácidos fenólicos tales como ácido vanílico, p-hidroxibenzoico, ácido gálico y los aldehídos, también son abundantes helechos y en plantas superiores (Valverde, Ros & Periago, 2000).

2.11.2 Ácidos cinámicos, cumarinas, isocumarinas y cromonales

Los ácidos cinámicos se encuentran raramente libres, ya que por lo general se muestran en forma de derivados tales como el ácido cafeico que se encuentra esterificado con el ácido químico como ácido neoclorogénico, ácido clorogénicos, ácido isoclorogénico y ácido criptoclorogénico. Las cumarinas se encuentran generalmente en forma de glicosido mientras los cromonoles son menos conocidos y se forman a partir de las antocianidinas ante incrementos del pH del medio (Valverde, Ros & Periago, 2000).

2.11.3 Lignanós y neolignanós

Son metabolitos que se encuentran en las plantas de bajo peso molecular formados por el acoplamiento oxidativos de unidades de p-hidroxifenilpropano, las cuales están unidos mediante puentes de hidrógeno. El término lignano se adhiere cuando el compuesto está formado a partir de uniones entre el alcohol y el ácido, mientras que cuando se unen más de dos moléculas de

propenilbenceno alibenceno la molécula resultante se denomina neolignano (Valverde, Ros & Periago, 2000).

2.11.4 Flavonoides

Las flavonoides establecen el grupo más significativo dentro de esta clasificación, dividiéndose en varias sub clases con más de 5000 compuestos siendo los polifenoles más distribuidos en las plantas. Tienen bajo peso molecular que reparten el esqueleto común de difenilpiranos: dos anillo de benceno unidos a través de un anillo pirona o pirán heterocíclico (Valverde, Ros & Periago, 2000).

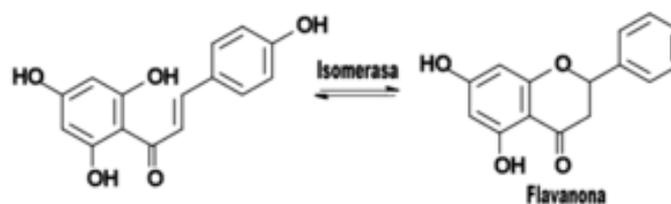


Figura 7 Estructura química del flavonoide (Felipe y Pozuelo, 2004)

La estructura base de los flavonoides tiene como esqueleto a la chalcona y la acción de la enzima isomerasa la convierte en una flavanona. El primer flavonoide condensado por la vía biosintética de los flavonoides es la chalcona, cuyo esqueleto base es un anillo bencénico que está unido a una cadena propánica que está unida a su vez con otro anillo bencénico. La gran cantidad de los flavonoides, la cadena de reacciones continúa, por lo que la cadena carbonada que une los anillos aromáticos se cicla por acción de una enzima isomerasa, creando una flavanona. De acuerdo con la nomenclatura de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada pueden clasificarse (Lock, 1988)

- Flavonoides, derivados de la estructura 2-fenilcromen-4-ona (2-fenil-1,4-benzopirona).

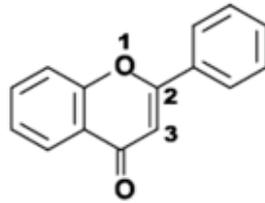


Figura 8 estructura química principal de flavonoide (Butler, 1989)

- Isoflavonoides, derivados de la estructura 3-fenilcromen-4-ona (3- fenil-1,4benzopirona).

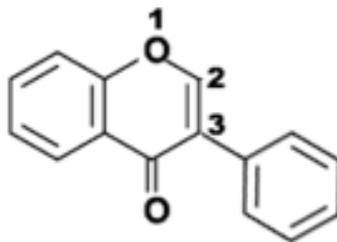


Figura 9 Estructura química del isoflavonoides (Butler, 1989)

- Neoflavonoides, derivados de la estructura 4-fenilcumarina (4-fenil- 1,2-benzopirona).

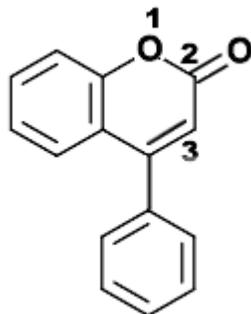


Figura 10 Estructura química del neoflavonoide (Butler, 1989)

Dentro de los flavonoides se encuentran 7 clases principales, según los grupos funcionales que poseen las chalconas, las flavonas, los flavonoides, las antiocianinas, los taninos condensados, las auroras, chalconas (Felipe & Pozuelo, 2005)

Las chalconas están comprometidos en la incitación de la polinización gracias a que inducen el desarrollo de colores en el espectro de lo visible y en el UV que atraen a insectos (mariposas y abejas)

Las flavonas son de color amarillo y pueden estar en algunas flores en la naturaleza, como en la primula, dándoles un color amarillo a sus pétalos, o en frutos, como en la piel de las uvas, son los encargados del color amarillento de los vinos blancos. Hay tres flavonas muy importantes: la primera es la tricetina, presente en el polen de algunas mirtáceas, y también en las podocarpáceas (*Podocarpus*.) la segunda es apigenina, presente en muchas plantas como la camomila, (*Matricaria recutita*) o el espino blanco da un color marrón marfileño a las flores si se presenta sola y luteolina, de color amarillo, que incluso sirve para teñir lana y otros tejidos, para lo cual se ha empleado la Retama de los tintoreros (Felipe & Pozuelo, 2005).

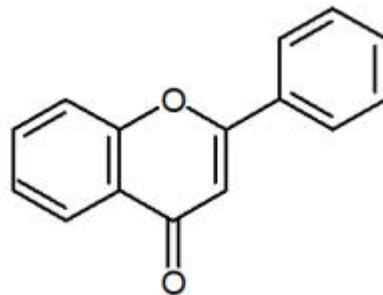


Figura 11 Estructura química de la flavona (Lock, 1988)

Los flavonoles suelen ser incoloros o amarillos y se pueden encontrar en las hojas y en muchas flores en la naturaleza. Los más resaltantes son tres: miricetina, presente en la uva, quercetina, es el flavonol amarillo del polen de muchas fagáceas y kaempferol, está presente en las inflorescencias y las protege de la luz ultravioleta. La fisetina es un flavonol que se extrae de la planta del género *Amphipterygium* (Lock, 1988).

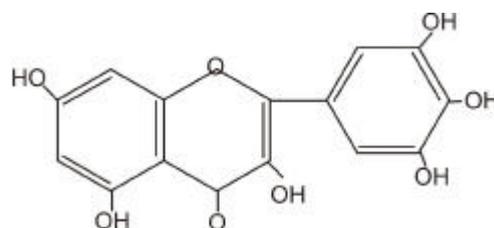


Figura 12 Estructura química de la miricetina (Lock, 1988)

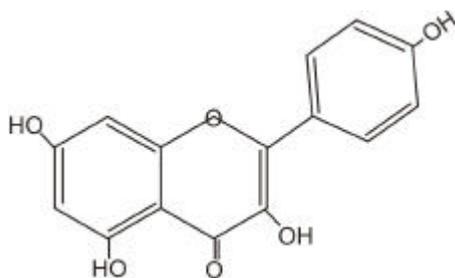


Figura 13 Estructura química del kaempferol (Lock, 1988)

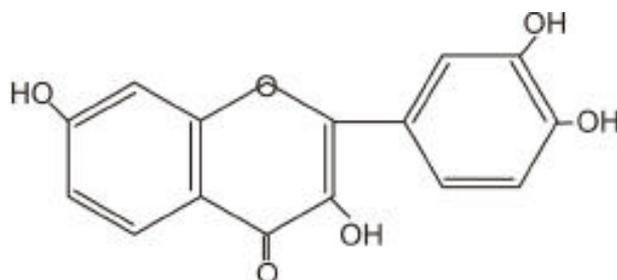


Figura 14 Estructura química de la fisetina (Lock, 1988)

Las antocianinas, son los pigmentos naturales hidrosolubles presentes en el líquido vacuolar de las células responsables de la mayoría de las coloraciones rojas, azules y violetas que se encuentran en las flores y hojas

Los taninos condensados son macromoléculas que componen unidades de flavonoides llamados antocianidina. Los taninos están ampliamente repartidos en las plantas como en el té, donde contribuyen al sabor astringente

Las auronas son las encargadas de la coloración de algunas plantas. A pesar de que se ha propenido que estos compuestos están vinculados estrechamente con las chalconas, hay pocos indicios acerca de sus vías biosintéticas

Flavanonas, precursores de otros flavonoides más complejos, pero se encuentran como tales en altas concentraciones en los cítricos. Las más importantes son naringenina, presente en el zumo de naranja, limón o pomelo, dándole un sabor amargo; liquiritigenina, presente en el

regaliz; y eriodictiol, se presenta en el guisante actuando como quimioatrayente para interactuar con agrobacterias

2.12 Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

Los compuestos fenólicos participan como antioxidantes naturales de los alimentos. El comportamiento del antioxidante en los compuestos fenólicos está relacionado con su capacidad antioxidante para que inhibe la lipoxigenasa y captar radicales libres, pero en ocasiones pueden también promover reacciones de oxidación. Para que los compuesto fenólico sea clasificado como antioxidante debe cumplir con las siguientes condiciones, la primera de ella, es que cuando se encuentra en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidada pueda retrasar o prevenir la auto oxidación a la oxidación medida por un radical libre y la segunda de ella, es que el radical formado tras el secuestro sea estable y no pueda actuar en oxidaciones posteriores. Entre los compuestos fenólicos con una reconocida actividad antioxidante destacan los ácidos fenólicos, las flavonoides, taninos, calconas (alliginatos) y cumarinas, los cuales constituyen la fracción polifenólica de una gran diversidad de alimentos (Felipe & Pozuelo, 2005).

2.13 Alimentos funcionales

En el mundo no existe un acuerdo para definir en forma precisa lo que son los Alimentos funcionales. Muchos los consideran que se trata de un concepto aún en periodo de investigación y que bien podría considerarse como alimentos intermedios entre los medicinal y lo tradicional. Los alimentos funcionales podrían definirse como cualquier alimento que se encuentran en forma natural o está mínimamente procesada, que además de sus componentes nutritivos contienen componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. El Japón es el único país en el mundo que ha formulado un proceso regulatorio específico para la aprobación de alimentos funcionales y son conocidos común mente como alimentos para uso específico de salud. Estos alimentos funcionales son los elegibles para

llevar un sello de aprobación del Ministerio de Salud y Bienestar. Según los japoneses los alimentos funcionales pueden clasificarse en tres categorías: la primera, Alimentos que deben consumirse como parte de la dieta diaria, la segunda, Alimentos que al consumirse cumplen un papel específicos en las funciones del cuerpo humano, la tercera, Alimentos en base a ingredientes naturales. (Vasconcellos, 2001).

2.14 Vitamina C

Gutiérrez, Hoyos & Páez (2007) reportan, que la determinación del contenido de ácido ascórbico en vegetales y frutas puede realizarse por diversos métodos como el uso de un Espectrofotómetro y se basa en la reducción del colorante 2,6- DiclorofenolIndofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico.

Alcazar (2002) acota que es una vitamina hidrosoluble y tiene un carácter reductor muy fuerte oxidándose fácilmente, la vitamina C es muy importante para la protección y formación de la sustancia intercelular. El ácido ascórbico, participa como coenzima en muchos tratamientos metabólicos. Puede descubrirse en forma de oxidada o reducida, aun cuando en las plantas se presenta preferentemente en la última forma. El contenido de dicha solución es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de la muestra para reducir una solución estándar de colorante. Su isómero D se usa en la industria alimentaria como antioxidante. Los alimentos enlatados y embotellados contienen gran cantidad de oxígeno que podría reaccionar con varias moléculas del alimento, esto puede provocar rancidez, pérdida de color, entre otras características, la vitamina C es uno de los aditivos más utilizados en la industria como fijador de oxígeno y radicales libres, además controla el pardeamiento.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de Ejecución

El proyecto de investigación se desarrolló en el Centro de Investigación en tecnología de alimentos (CITAL) y en el laboratorio de Ciencia de alimentos (CICAL) pertenecientes a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión. Ubicada en el km 19.5 de la carretera central.

3.2 Materiales e Insumos

3.2.1 Materia Prima

El fruto de carambola (*Averrhoa Carambola* L.) de variedad Golden star será proveniente de Tingo María, departamento de Huánuco

3.2.2 Reactivos

- Hidróxido de sodio 1N.
- 2,2-difenil-1-picrilhidrazil.
- Acido gálico.
- Reactivo de fenol de Folin–Ciocalteu 2M.
- Solución de Carbonato de sodio.
- Fenolftaleína al 1%.
- 2,6 diclorofenolindofenol.
- Etanol (99%).
- Persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$).

3.2.3 Materiales y Equipos

- Tubo de centrifugación de plástico.
- Cucharilla.
- Probeta (100, 250, 500ml).
- Tubo de ensayo.

- Varillas de vidrio.
- Vaso precipitado.
- Pipetas (1, 5, 10 ml).
- Micro pipetas (500 ul, 1000ul).
- Beakers (50, 250, 500ml).

3.2.3 Equipos

- Espectrofotómetro (Marca: MOD-UV 721).
- Centrifugadora (Greetmed, GT119-200).
- Balanza analítica, (Marca: Pionnerse, Modelo: Item PA21, Capacidad: 210 g).
- Balanza electrónica (Henkel/2000 g).
- Termómetro digital.
- Homogeneizador (marca: Silverson).
- Refrigeradora (marca: Samsung).
- Potenciómetro (marca: HANNA).
- pH-metro digital (Lovibond/SD50/0916110640).
- Refractómetro digital (Haanna Instruments/HI 96801/60080831).
- Mufla (Wisd/X-OS/1007891576001).
- Agitador vortex Múltiple (VWR/9453 VWHDEUS/170620001).

3.3 Análisis Físicoquímico

3.3.1 Análisis de ceniza

Se desarrolló el análisis de ceniza por el método de calcinación de muestra, con la ayuda de una mufla. Según el método recomendado por el AOAC, 2000 - Método 08 – 01.

3.3.2 Análisis de pH

Se midió el pH por el método del potenciométrico; según descrito por el AOAC, 2000 - 981.12.

3.3.3 Análisis de acidez

Se realizó el análisis de acidez por el método de titulación y el resultado se expresó en porcentaje de ácido cítricos, según AOAC, 2000 – 942.15.

3.3.4 Análisis de sólidos solubles

Se utilizó un refractómetro, se determinó por el método refractométrico, recomendado por el método oficial AOAC, 1995 -932.14.

3.3.5 Análisis de Humedad

Se realizó el análisis de humedad mediante la metodología de la AOAC, 2000 – 44.19.

3.4 Determinación de Fenoles totales

La determinación de los polifenoles totales fue realizada por la metodología propuesta por Singleton & Rossi (1956) con algunas modificaciones. Mediante la extracción con etanol y luego separado en dos fases por una centrifugadora a 5000 rpm por 15 min. Donde el sobrenadante se disolvió con agua destilada (1:50). Se determinó los compuestos fenólicos usando 100 µl del extracto, se le añadió 100 µl de H₂O destilada y 400 µl del reactivo Folin (1:5 H₂O destilada) se agitó por 5 min manualmente luego se añadió 2000 µl de carbonato de sodio a 7.5 % y se dejó reposar por 30 min en total oscuridad. Se midió la absorbancia a 755 nm (los valores de absorbancia deben de estar entre 0.2 a 0.9) con un espectrofotómetro. Finalmente se determinó la concentración de fenoles totales utilizando una curva de calibración de ácido gálico (20 - 100 µl AG). Los resultados fueron expresados en mg equivalente de ácido gálico (AG) por cada 100 g de extracto.

$$C. fenolicos \left(mg \frac{E. A. G}{100g} \right) = \frac{(Absorbancia - valor_{intercepto}) \times volumen_{muestra} \times Factor Dilucion}{valor_{pendiente} \times Peso muestra} \times 100$$

3.5 Vitamina C

La determinación de la vitamina C se realizó por el método espectrofotométrico recomendado por A.O.A.C (2000), donde se utilizó como colorante 2,6 diclorofenolindofenol

3.6 Determinación de actividad antioxidante total

Se determinó la actividad antioxidante por dos diferentes métodos: ABTS y DPPH. Se realizó una curva patrón para cada uno de los análisis con reactivos y sus respectivos protocolos.

3.6.1 Método DPPH

La metodología utilizada para la determinación de DPPH por Brand-Williams, Cuvelier & Berset, (1995). En este método se utilizó, la solución madre DPPH. Se preparó usando una fiola de 50 ml donde se adicionó 0.012 g de reactivo DPPH y se aforó adicionando etanol absoluto al 80%. Luego en una fiola de 100 ml se agregó 10 ml de solución madre y se aforó adicionando etanol absoluto hasta obtener una absorbancia de 1 ± 0.15 en una longitud de onda de 515nm. Para la determinación de DPPH se utilizó 150 μ l de extracto que fue mezclado con 2850 μ l de solución DPPH y se dejó reposar por 30 min en total oscuridad a temperatura ambiente. La medición de la absorbancia es de 515nm medida en un espectrofotómetro utilizando etanol absoluto como blanco. La capacidad antioxidante fue expresada por μ mol equivalentes a trolox por 100 g de extracto de carambola en base a la curva patrón de trolox de (100 -1000 μ m)

$$\text{inhibicion (\%)} = \left(\frac{\text{Absorbancia}_{\text{blanco}} - \text{Absorbancia}_{\text{muestra}}}{\text{Absorbancia}_{\text{blanco}}} \right) \times 100$$

$$CA \left(mg \frac{E. trolox}{100g} \right) = \frac{(\text{inhibicion (\%)} - \text{valor}_{\text{intercepto}}) \times \text{volumen}_{\text{solucion}}}{\text{valor}_{\text{pendiente}} \times \text{Peso muestra}} \times 100$$

3.6.2 Método ABTS

La metodología utilizada para la determinación de ABTS fue propuesta por Zapata, (2014). Se preparó una solución madre A y B. esta debe ser preparada entre 12 a 16 horas antes de su empleo. Para la solución madre A se debe pesar 0.078 g de ABTS y enrazar en un fiola de

10 ml y para la solución madre B se pesó 0.013 g de persulfato de potasio y enrazar en una fiola de 10 ml. Luego se mezclaron la solución madre A y B en proporciones de (1:1). Para la determinación de ABTS se usó una fiola de 100 ml y se agregó 5 ml de la mezcla de la solución madre A y B y se aforó hasta llegar a una absorbancia de 1.1 ± 0.24 en una longitud de onda de 515 nm. A continuación, en un tubo de ensayo se agregó 150 μ l de extracto de carambola con 2850 μ l de solución ABTS y se procedió a la lectura. Los resultados fueron expresados en capacidad antioxidante equivalente de trolox (μ mol equivalente de trolox por cada 100 g de extracto de carambola) utilizando la curva patrón de trolox de (60 a 300 μ M)

$$inhibicion (\%) = \left(\frac{Absorbancia_{blanco} - Absorbancia_{muestra}}{Absorbancia_{blanco}} \right) \times 100$$

$$CA \left(mg \frac{E.trolox}{100g} \right) = \frac{(inhibicion (\%) - valor_{intercepto}) \times Volumen_{solucion}}{valor_{pendiente} \times Peso muestra} \times 100$$

3.7 Metodología Experimental

3.7.1 Acondicionamiento de Materia Prima

Se inició con la etapa de acondicionamiento del fruto, donde se recolectó la fruta de carambola de forma manual. A continuación, se seleccionó las mejores frutas sin ningún tipo de daños físicos separando las frutas golpeadas, picadas y malogrados. Seguidamente, se lavó mediante la inmersión en agua con cloro y se enjuagó con abundante agua potable para la eliminación de partículas y pedúnculos. Para luego almacenar en dos diferentes temperaturas, refrigeración (4 ± 2 °C) y ambiente (25 ± 2 °C). Una vez acondicionada la materia prima se realizó la caracterización fisicoquímica (acidez, pH, °Brix, humedad, ceniza), para la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante se analizó el fruto entero y la parte central del fruto (60% de pulpa). A continuación se dividió el jugo del bagazo con una extractora marca Oster Premium donde el jugo se usó para la determinación de la vitamina C. Posteriormente se mezcló el bagazo con el jugo en proporciones iguales (1:1) para llevarlo al homogeneizador a

5000 rpm por 20 min. Para la extracción se usó los siguientes parámetros: T: 60°C, θ : 60 min y solvente 80% de etanol absoluto. Se llevó a la centrifugadora a 5000 rpm por 20 min. La muestra obtenida se colocó en un franco de ámbar. Los análisis de compuestos fenólicos y actividad antioxidante se realizó por triplicado.

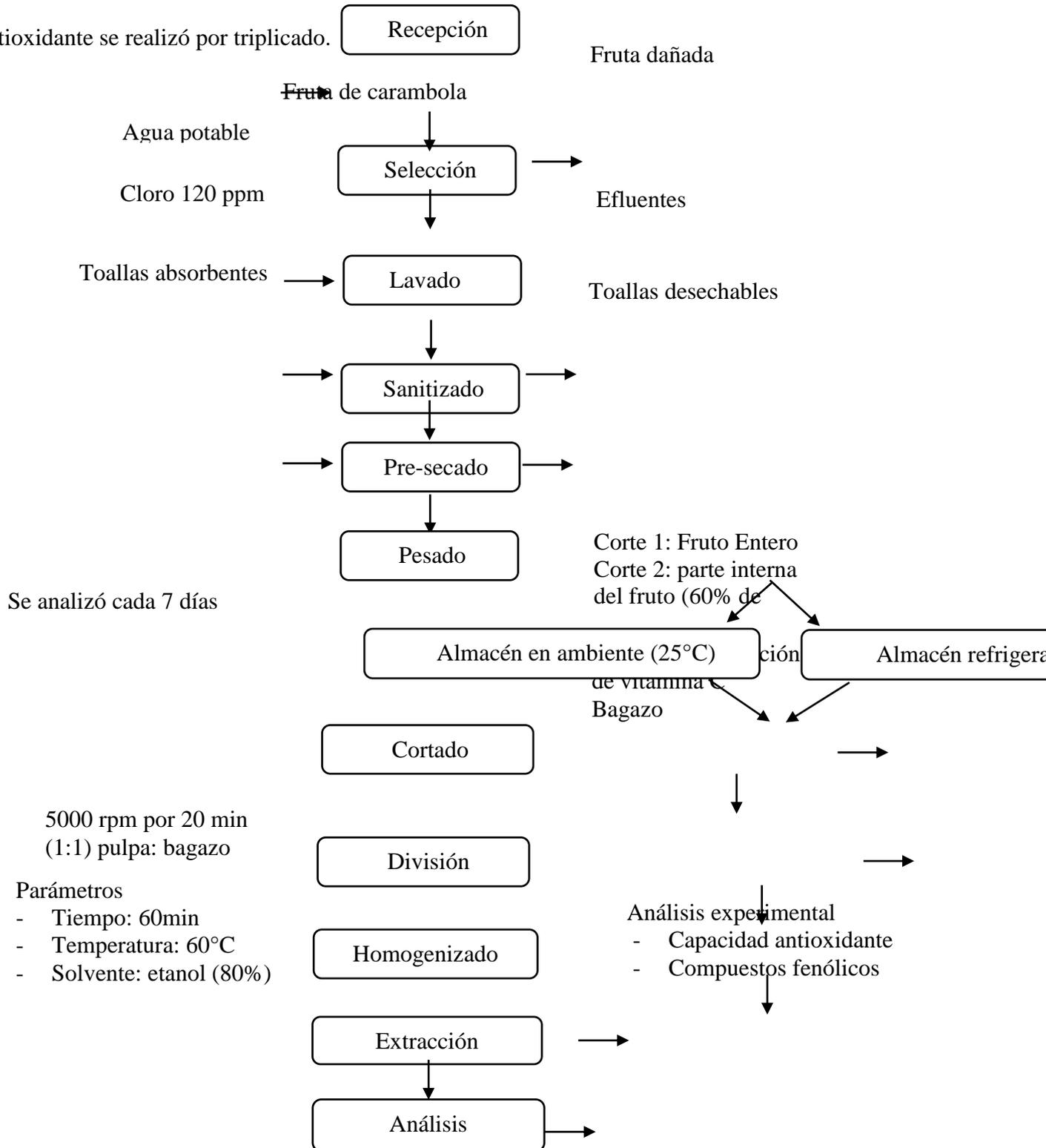


Figura 15 Flujograma Experimental

Operaciones	Recepción	Selección	Lavado y desinfección	Almacenamiento	Cortado	homogenizado	Extracción	Análisis
Y/O Condiciones parámetros	Fruto de carambola (<i>Averrhoa carambola</i> L.) variedad Golden Star	→	→	Se analizó cada 7 días	→	5000 rpm por 20 min	Parámetros Tiempo :60 min Temperatura:60 °C Solvente : 80% de etanol absoluto	→
Análisis Y/O observaciones	Frutas con ningún tipo de daños físicos	Eliminación de partículas y pedúnculos	Eliminación de suciedad	Temperaturas Ambiente:25°C Refrigeración:2°C	Corte 1: Fruto Entero Corte 2: parte interna del fruto (60% de pulpa)	(1:1) pulpa: bagazo	→	Análisis experimental - Actividad antioxidante - Compuestos fenólicos

Tabla

5

Metodología

Experimental

Propuesta

3.10 Índice de madurez

La determinación del índice de madurez de la carambola se realizó utilizando el método de Sulbarán (2013).

$$\text{Índice de madurez} = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\text{Acidez}}$$

3.11 Análisis Estadístico

Se aplicó el diseño completamente aleatorio (DCA). Se analizó el ANOVA donde se observó la diferencia significativa de las variables independiente y la intercepción, mediante el software STATISTICA versión 10

Los análisis se realizarán por triplicado, que consistirá de tres sub Variables independientes durante dos diferentes tipos de almacenamiento: almacenamiento en ambiente y refrigeración tal como se muestra en la Tabla 6, para permitir una adecuada evaluación estadística. Los datos están presentados como la media de tres repeticiones con su respectiva desviación estándar. Los resultados obtenidos se evaluaron mediante un Análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las determinaciones realizadas. Se consideró un valor $\rho < 0.05$. Las variables independientes serán constante para todo el análisis.

Tabla 6 Variables

Variable		
Temperatura de Almacen	Independiente	Dependiente
Ambiente (25°C)	Presentacion	Vitamina C
	Tiempo	Metodo DPPH
	Almacen	Metodo ABTS
Refrigeración (2°C)	Presentacion	Compuestos fenólicos
	Tiempo	
	Almacen	

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis Proximal

Los resultados de contenido de humedad y ceniza se encuentra en la tabla 7, donde podemos observar que contenido de humedad de la carambola fue de $88.19 \% \pm 0.35$, mientras Arizpe, (1989) reporta un contenido de humedad 90.53% ; asimismo, Dávila, (2003) presentan un valor 89.25% . Los cuales son muy similares a los reportados en el presente trabajo. Con relación al contenido de ceniza de carambola se presenta un valor de 0.15 ± 0.29 %, este valor es muy similar a lo que reporta Lewis (1987) cuyo valor es de 0.18 % en el estudio realizado; Daza, Carmona & Ortega (1998). Reporta valores de humedad de 92.0% y ceniza 0.35% para la carambola de origen de Chanchamayo que son muy cercanos a nuestro estudio

Tabla 7 Contenido humedad y ceniza de la carambola fresca

Muestra de la materia	Humedad	Ceniza
prima	(g/100g)	(g/100g)
Carambola	88.19 ± 0.35	0.15 ± 0.29

En la Figura 16 y 17 se observa proceso de maduración de la carambola a temperatura ambiente como en refrigeración, A temperatura ambiente en la semana 1 se observó el color del fruto de la carambola es verde total, en la semana 2 el color verde empieza a desaparecer, en la semana 3 el color del fruto obtiene pigmento amarillo excepto en las partes extremas del fruto, en la semana 4 el color del fruto toma un color anaranjado excepto en las partes extremas del fruto, en la semana 5 el fruto de carambola obtiene un color amarillo total, en la semana 6 el fruto obtiene manchas color marrón, en la semana 7 el color de la carambola es marron no contiene presencia de pigmentación. A temperatura en

refrigeración en la semana 1 el color del fruto de carambola es de color verde total, en la semana 2 el color verde aun predomina, en la semana 3 el color verde empieza a desaparecer y empieza aparecer el color amarillo, en la semana 4 y 5 el color del fruto es amarillo excepto en las partes extremas del fruto, en la semana 6 empieza a obtener un color amarillo en todo el fruto y empieza a aparecer manchas pequeñas de color marrón en algunas zonas del fruto, en la semana 7 y 8 cambia de color amarillo a tener una tonalidad anaranjada con mayor proporción de manchas marrones.

En comparación en el almacenamiento de temperatura ambiente y refrigeración, se observó a temperatura de refrigeración que el proceso de maduración fue más lento en relación a la temperatura ambiente, también el contenido de clorofila se va disminuyendo con el tiempo y va incrementando el pigmento amarillo y anaranjado relacionado con el carotenoide. La presencia de manchas marrones en el fruto se debe a la hidrólisis de los almidones y pectina, por la reducción de su contenido de fibra y por el proceso degradativos de las paredes celulares, por lo tanto, se vuelven más blandas y más susceptibles a ser dañadas durante del manejo de postcosecha (Matile & Thomas, 1999)

Los cambios de coloración de frutos se deben a la degradación de la clorofila por la actividad de enzimas de tipo clorofila oxidasa y clorofilasa (Valpuesta, Quesada & Reid, 1996), que hacen desenmascarar el color amarillo representado por el carotenoide a medida que fruto madura. El pigmento amarillo en algunos casos se presenta con el fin de evitar la fotoinhibición, la degradación de la clorofila empieza con la disociación del residuo de fitol y del anillo de porfirina de las características de la clorofila, reacción que se cataliza con la enzima clorofilasa. En la pulpa del fruto también presentan cambio de color durante la maduración que pasa de color verde a color amarillo o anaranjado, lo que indica la presencia de carotenoide o xantofilas (Matile & Thomas, 1999)

Kays (1977) reporta que el cambio en el color externo de la mayoría de los frutos, presentan un cambio de coloración en las cascara o piel representando que se está

realizando la maduración interna. La maduración conlleva a la degradación de las clorofilas representadas con el color verde, revelando la presencia de otros pigmentos como β -caroteno

Representado con el color amarillo, Xantofilas representado con el color anaranjado y las antocianinas representado con el color rojo a azul

4.2 Proceso de maduración de la carambola



Figura 16 Proceso de maduración con respecto al tiempo a temperatura ambiente

Semana 1

Verde



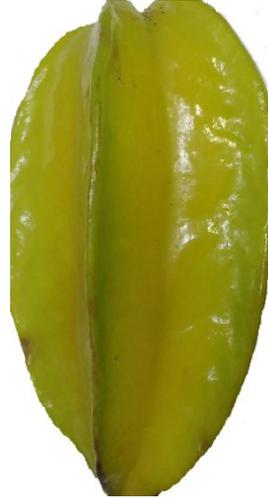
Semana 2

Verde – pintón



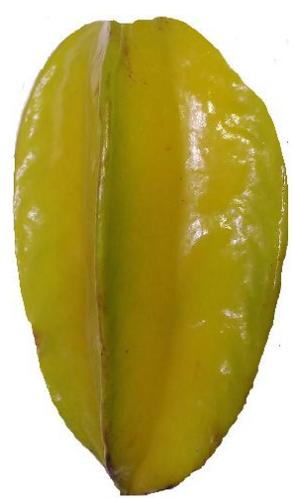
Semana 3

Pintón - verde



Semana 4

Pintón



Semana 5

Pintón - Maduro



Semana 6

Semi - Maduro



Semana 7

Maduro



Semana 8

Sobre – maduro



Figura 17 proceso de maduración con respecto al tiempo a temperatura en refrigeración

4.2.1 Índice de madurez

En la figura 18 se observa la determinación del índice de madurez en temperatura de refrigeración y ambiente. A través del proceso de maduración se observa un incremento del índice de madurez de 1,08 a 34,38 a temperatura en refrigeración y en temperatura ambiente de 1.15 a 16.82, este comportamiento creciente se compara con lo reportado por Gallo (1993) para el maracuyá. En los frutos climatéricos el incremento del Índice de madurez posiblemente ocurre cuando alcanzan la tasa respiratoria máxima y desdoblan rápidamente sus reservas como respuesta al incremento de su metabolismo y en consecuencia, Índice Madurez se aumenta (Hernández, 2001).

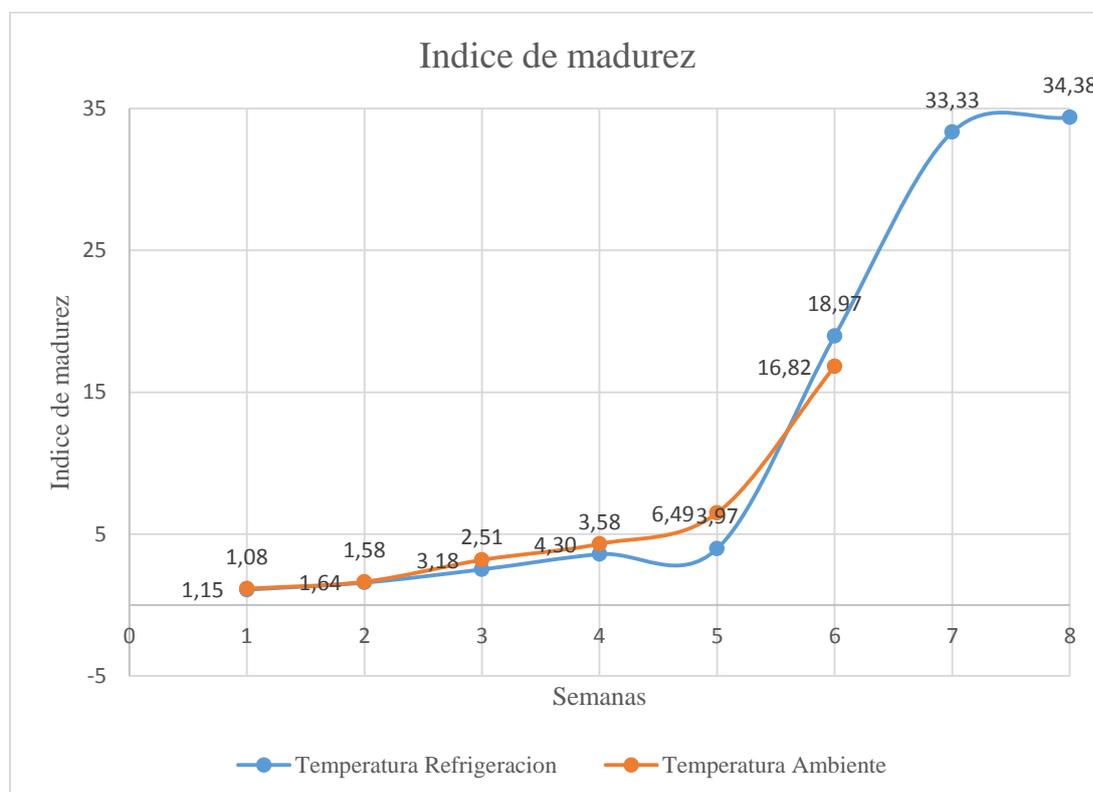


Figura 18 Determinación de índice de madurez

Las determinaciones de las características fisicoquímicas de la carambola a temperatura ambiente (25°C), se hicieron por triplicado, cuyos resultados se muestra en la tabla 10 se presentan los resultados de ph, sólidos solubles (°Brix) y acidez titulable de la carambola en las 6 semanas de estado de maduración, como se puede observar a medida que

la fruta madura aumenta sus valores de sólidos solubles y pH. Al respecto de estos resultados coinciden con lo reportado por Davila, (2013) cuyos valores de sólidos solubles en carambola pintona es 6.45 ± 0.09 y en estado maduro es de 7.15 ± 1.00 en relación con la acidez titulable expresado en mg ácido cítrico/100 ml de muestra, disminuyó con relación a la maduración, de la fruta esto se debe a que los sólidos solubles que se incrementa durante el proceso de maduración, los valores obtenidos por García, (2008) en carambola pintona es 3.67 ± 0.05 y en carambola madura es 3.16 ± 0.02 mg ácido cítrico/100 ml de muestra, estos resultados se acercan a los valores obtenidos. La acidez titulable disminuye durante la maduración esto es debido a la respiración del fruto o a su conversión en azúcar. Los ácidos son importantes para suministrar un adecuado balance de ácido y azúcar deseable para dar como resultado un sabor agradable a la fruta madura, por ese motivo la medición de °Brix está relacionado directamente con los azúcares totales que posee el fruto. También la disminución de acidez titulable es debido a la actividad de los deshidrogenasas y a que los ácidos orgánicos que son utilizados como sustratos de la respiración para la síntesis de nuevos compuestos durante la maduración (Kays, 1997)

Los valores obtenidos de pH a temperatura de 20°C por García, (2018) en carambola pintona es 1.96 ± 0.02 y en carambola madura es 2.00 ± 0.01 estos valores tienen relación con los valores obtenidos. El aumento del pH se debe a actividad acumulada del simporite en donde los iones de hidrógenos desempeñan un papel importante, estos hacen parte de la formación de sustratos como la sacarosa y la glucosa, hacen que su concentración a nivel vacular disminuya durante las fases de maduración por lo que el pH se ve ligeramente aumentado (Marschner, 2002).

Tabla 8 Propiedades fisicoquímicas de carambola

Análisis	Temperatura Ambiente				Temperatura Refrigeración		
	Semana	Maduración	Entera	Centro	Maduración	Entera	Centro
Acidez	1	Verde	2.75 ± 0.00	2.62 ± 0.06	Verde	2.88 ± 0.00	2.73 ± 0.20
	2	Verde - pintón	2.4 ± 0.06	2.33 ± 0.20	Verde-pintón	2.4 ± 0.05	2.26 ± 0.15
	3	Pintón	1.28 ± 0.10	1.28 ± 0.10	Pintón- verde	1.64 ± 0.05	1.6 ± 0.05
	4	Pintón- maduro	1.13 ± 0.12	1.07 ± 0.10	Pintón	1.27 ± 0.49	1.15 ± 0.10
	5	Maduro	0.84 ± 0.10	0.48 ± 0.06	Pintón- maduro	1.13 ± 0.05	0.96 ± 0.01
	6	Sobre maduro	0.33 ± 0.12	0.26 ± 0.06	Maduro	0.3 ± 0.02	0.45 ± 0.01
pH	1	Verde	1.75 ± 0.05	1.69 ± 0.05	Verde	1.73 ± 0.01	1.73 ± 0.02
	2	Verde - pintón	1.89 ± 0.03	1.92 ± 0.06	Verde-pintón	1.85 ± 0.05	1.88 ± 0.01
	3	Pintón	1.98 ± 0.06	2.1 ± 0.05	Pintón- verde	1.97 ± 0.02	2 ± 0.01
	4	Pintón- maduro	2.07 ± 0.03	2.2 ± 0.10	Pintón	2.05 ± 0.08	2.05 ± 0.05
	5	Maduro	2.41 ± 0.03	2.58 ± 0.10	Pintón- maduro	1.78 ± 0.03	2.12 ± 0.01
	6	Sobre maduro	3.05 ± 0.03	2.82 ± 0.08	Maduro	3.74 ± 0.04	2.92 ± 0.05
°Brix	1	Verde	3.17 ± 0.06	2.93 ± 0.06	Verde	3.1 ± 0.02	3 ± 0.01
	2	Verde - pintón	3.95 ± 0.05	3.63 ± 0.15	Verde-pintón	3.83 ± 0.02	3.63 ± 0.02
	3	Pintón	4.3 ± 0.06	4.47 ± 0.64	Pintón- verde	4.07 ± 0.05	4 ± 0.02
	4	Pintón- maduro	4.87 ± 0.06	4.77 ± 0.06	Pintón	4.17 ± 0.05	4.23 ± 0.01
	5	Maduro	5.4 ± 0.12	5.33 ± 0.06	Pintón- maduro	4.4 ± 0.02	4.33 ± 0.03
	6	Sobre maduro	6.1 ± 0.10	6.4 ± 0.05	Maduro	5.87 ± 0.02	5.73 ± 0.01

En la Figura 19, se observa el análisis fisicoquímico de la carambola a temperatura ambiente en presentación entera se mira una disminución en la acidez titulable a diferencia del pH y los °Brix hubo un aumento durante el tiempo de maduración, en comparación con la Figura 20 de carambola a temperatura ambiente en presentación centro se obtiene una semejanza con respecto al pH, solidos solubles y acides titulable pero en la presentación entera los valores obtenidos son ligeramente mayores en relación a la presentación centro de carambola a temperatura ambiente

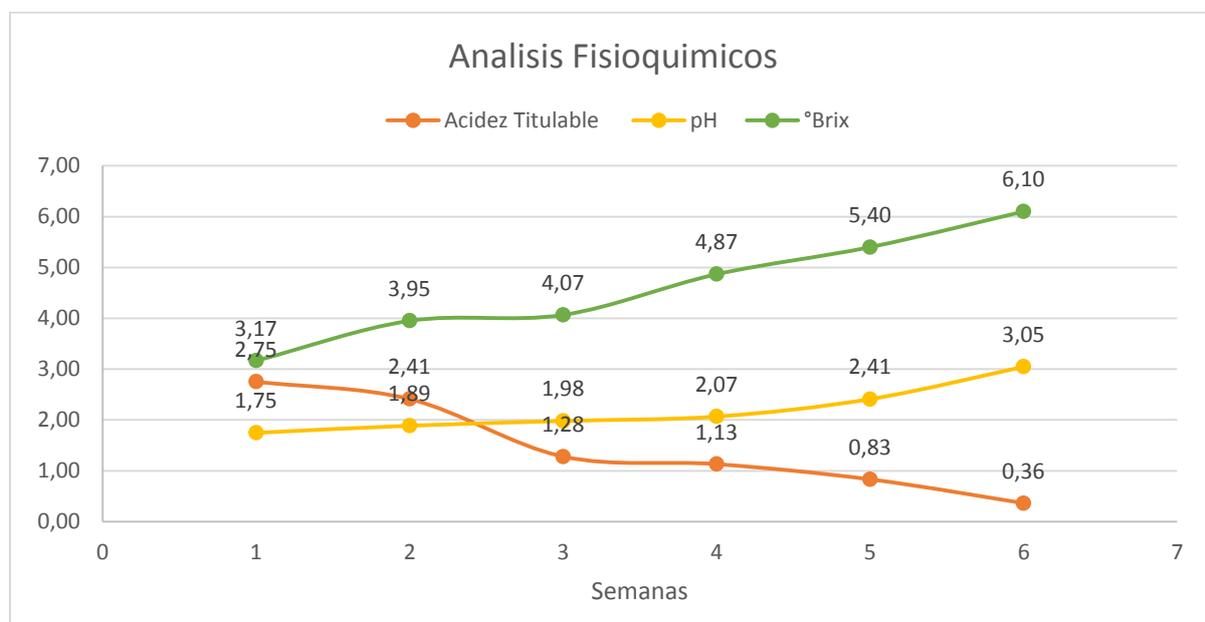


Figura 19 Análisis fisicoquímicos de temperatura ambiente de carambola entera

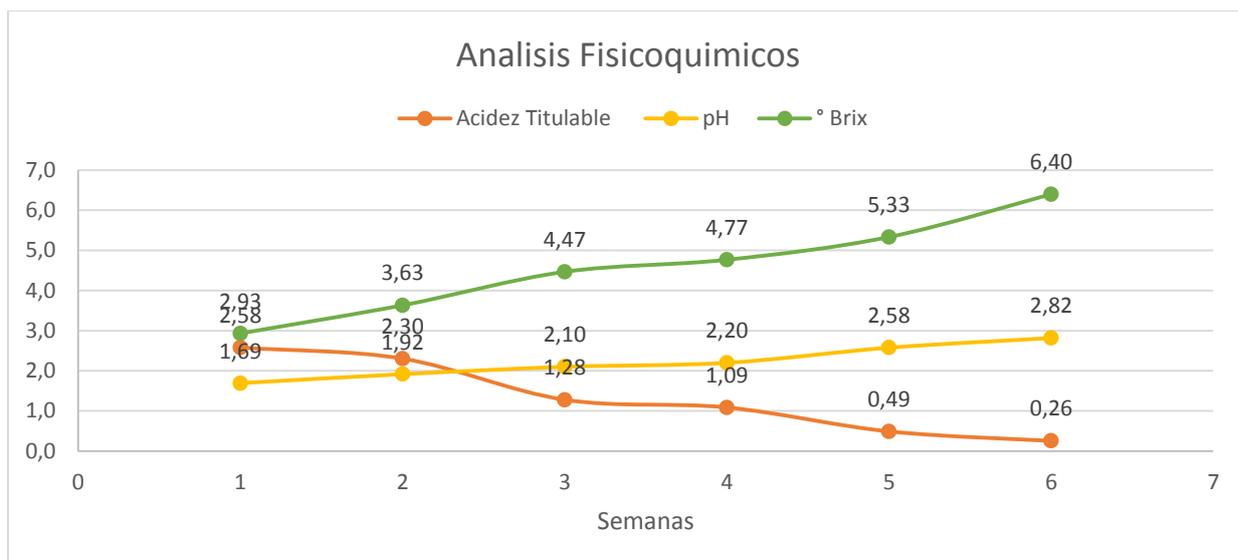


Figura 20 Análisis fisicoquímicos de temperatura ambiente en carambola centro

Las determinaciones de las características fisicoquímicas de la carambola a temperatura refrigeración (2°C) se hicieron por triplicado, cuyos resultados es mostrada en la Figuras 21 y 22. En relación con los análisis fisicoquímicos de la carambola a temperatura ambiente (25°C) que se muestra en la Figuras 19 y 20. Se observa que ambos estudios hay una diferencia significativa. Igualmente hay una diferencia en la maduración donde el análisis fisicoquímico de la carambola en temperatura ambiente su tiempo de maduración fue de 6 semanas a diferencia de los análisis de carambola a temperatura en refrigeración fue de 8 semanas mayor que a temperatura ambiente esto se debe a la producción de etileno, este gas se difunde fácilmente por las células de la fruta transmitiendo una señal de activación de genes. Estos genes dirigen la destrucción progresiva de moléculas complejas como el almidón y la celulosa que se convertirán en azúcares simples. Por otro lado, convierte la clorofila en otros pigmentos que producen un cambio de tonalidad en las frutas. (Barrera & Hernández, 2001)

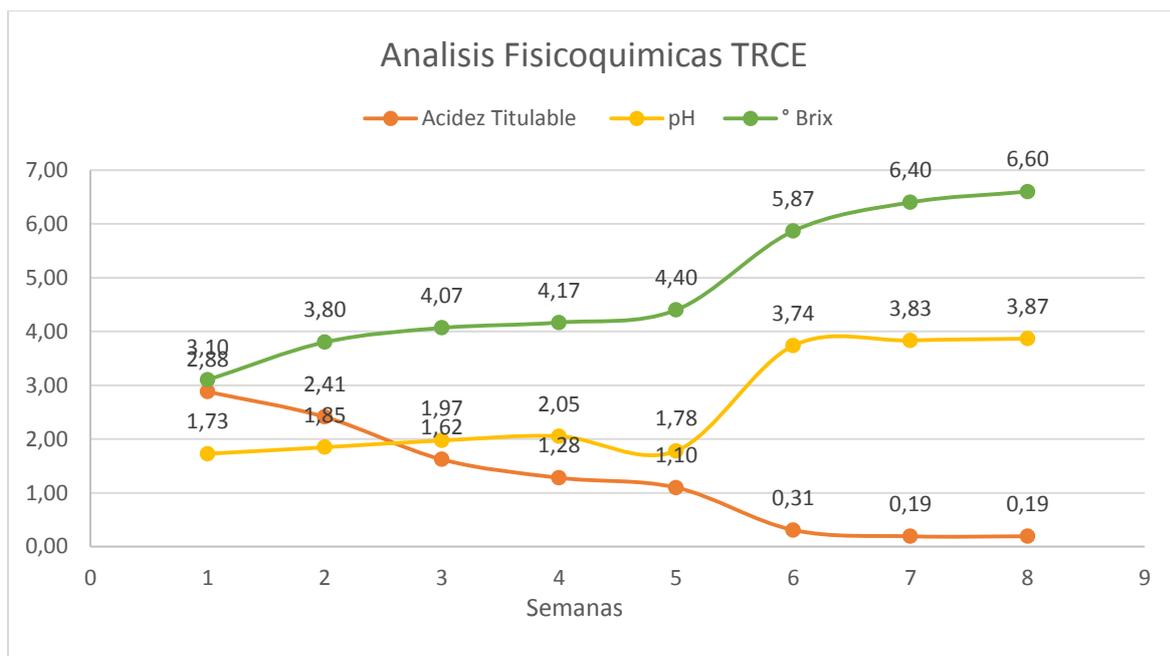


Figura 21 Análisis físicoquímicos de temperatura refrigeración de carambola entera

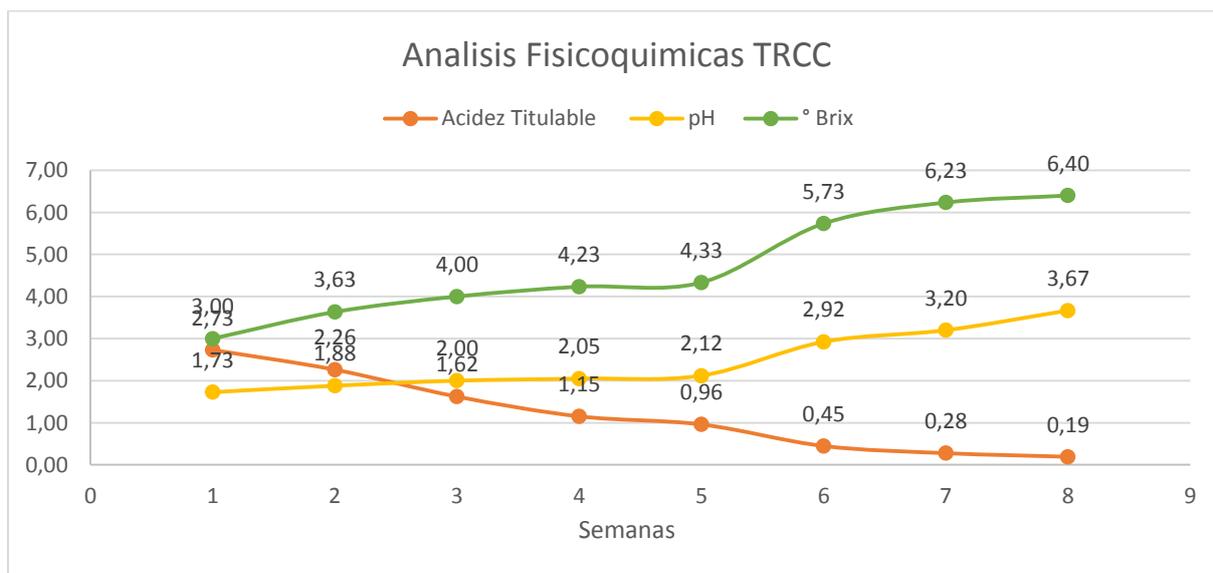


Figura 22 Análisis físicoquímicos de temperatura refrigeración carambola centro

4.3 Cuantificación de vitamina C en el extracto de carambola

Los resultados de la vitamina C fueron expresados en mg ácido ascórbico/100g de extracto de carambola para los diferentes estados de maduración, tal como se muestra en tabla 11. El mayor contenido de vitamina C se encuentran en estado verde y verde pintón.

La cantidad de vitamina C que se han obtenido muestran ser inferiores a lo señalado por Barrera & Hernández, (2001) en frutos de carambola en estado pintón 37.54 ± 1.03 mg ácido ascórbico/100g y en estado maduro 35.89 ± 1.02 mg ácido ascórbico/100g. Y Klinar, Chang & Chanllo, (2009) reportan que el contenido de vitamina C en fruto es 62.22 ± 7.49 mg ácido ascórbico/100g en carambola en estado verde- pintón comparación con los valores obtenidos es inferior a lo estudiado.

De acuerdo con Klinar et al. (2009), el contenido de vitamina C en el fruto de carambola es muy variable esto es debido a diversos factores que no solamente están relacionados con las zonas de cultivo, cosecha, sino con factores genéticos y otros que aún no son estudiados.

Según Jesse (2000), hay tres rutas de degradación del ácido ascórbico: la vía oxidativa catalizada, la vía oxidativa no catalizada y la vía bajo condiciones anaeróbicas. La primera se lleva a cabo mediante procesos oxidativos que implican la transferencia de dos electrones: inicialmente se forma el monoanión ascorbato, el cual, con la pérdida adicional de un segundo electrón, forma ácido dehidroascórbico, altamente inestable y susceptible a la hidrólisis del anillo de lactona. Este último se hidroliza fácilmente para producir ácido 2,3-dicetogulónico, que, a continuación, se degrada por decarboxilación, con la consiguiente pérdida del valor nutricional del ácido ascórbico.

La vitamina C es una de las más termosensibles y su degradación térmica está asociada con la isomerización (apertura o cierre del anillo de lactona) de L-isómeros a D-isómeros y/o la formación de compuestos aquirales (Dabbagh y Azami 2014). Estudios llevados a cabo sobre la cinética de degradación de la vitamina C en diversos alimentos coinciden en que esta corresponde a una cinética de primer orden (Pulido y Beristain 2010). Nisha, singhal & Pandit, (2004) estudiaron la cinética de degradación del ácido ascórbico en amla durante su cocción y demostraron que correspondía a reacciones de primer orden.

Tabla 9 Valores de la Vitamina C en diferentes temperaturas de almacenamiento

		Ambiente (mg ácido ascórbico/100g)			Refrigeración (mg ácido ascórbico/100g)		
	Semanas	Maduracion	Entero	Centro	maduracion	Entero	Centro
Vitamina C	1	Verde	35.63 ± 1.50	32.70 ± 1.78	Verde	35.88 ± 1.98	34.67 ± 1.56
	2	Verde-pintón	36.03 ± 1.48	30.57 ± 2.45	Verde-pintón	36.03 ± 1.85	33.60 ± 1.45
	3	Pintón	32.09 ± 3.58	31.28 ± 1.74	Pintón- verde	34.97 ± 2.05	32.72 ± 1.23
	4	Pintón-maduro	27.14 ± 2.45	24.16 ± 1.86	Pintón	33.12 ± 1.85	30.97 ± 1.05
	5	Maduro	14.43 ± 0.98	14.41 ± 1.58	Pintón-maduro	32.77 ± 1.98	22.97 ± 1.87
	6	Sobre maduro	13.76 ± 2.58	10.97 ± 2.12	Maduro	23.96 ± 2.16	22.51 ± 1.85

En la Figura 23, comparando la vitamina C en temperatura ambiente y refrigeración de la carambola, se observa que en ambos almacenamientos en estado verde y verde-pintón presentan mayor contenido de ácido ascórbico, lo cual coincide con García (2008) al reportar que la pulpa de carambola disminuye su contenido de ácido ascórbico con relación a progreso de madurez presentando el estado verde – pintón el mayor contenido. Oliveira, (2014) afirma que el contenido de ácido ascórbico disminuye con la maduración del fruto de carambola, concluyendo que el contenido de esta vitamina no es directamente proporcional al grado de maduración.

Estos resultados muestran un comportamiento similar a lo encontrado por Zapata (2007), pues los valores más altos de ácido ascórbico se obtuvieron en la etapa verde pintón del fruto, por lo que si se consume con el propósito de ingerir mayor cantidad de vitamina C, es conveniente hacerlo en este estado verde - pintón de madurez.

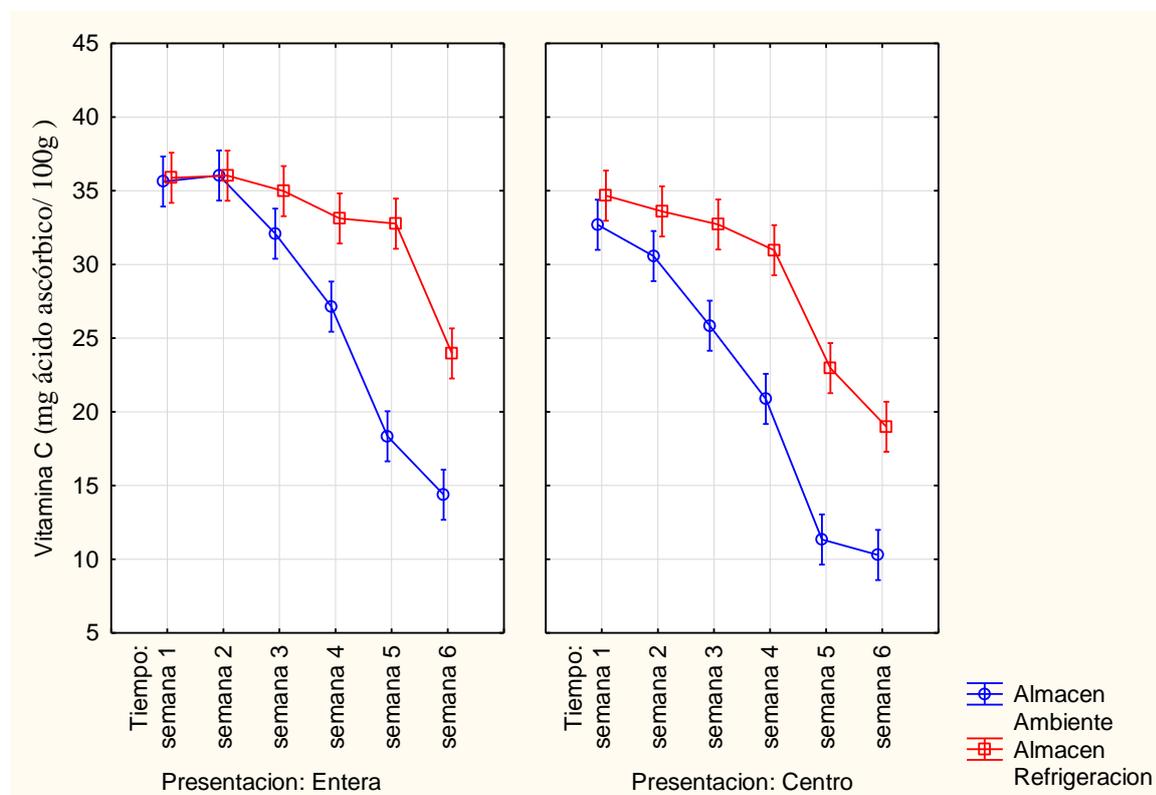


Figura 23 Determinación de la vitamina C en diferentes tipos de almacenamientos

4.4 Compuestos fenólicos

Los resultados del contenido de compuestos fenólicos se muestran en la tabla 12, expresados en mg ácido gálico/100 g de extracto. Se observan un mayor contenido de compuestos fenólicos en carambola en presentación de entera y centro en temperatura ambiente en estado pintón y en temperatura en refrigeración el mayor contenido de compuestos fenólicos se encuentra estado pintón en presentación entera y en presentación centro en estado pintón verde, tal como se muestra en la tabla.

Los valores obtenidos son superiores a lo reportado por García, (2008) donde los valores obtenidos en carambola pintón son de 336.89 ± 4 y en maduro es de 318.73 ± 3 mg ácido gálico/100 g de extracto y según Oliveira, (2014) el contenido de polifenoles de carambola fue de 117.8 en carambola en estado pintón comparando con los valores obtenidos hay una superioridad de los compuestos fenólicos.

En relación a la determinación de compuestos fenólicos mediante el Método Folin-Ciocalteu, el contenido de polifenoles totales en el fruto de carambola, fue 120.2 mg equivalentes de ácido gálico/100 gramos de fruto fresco, mientras que para la hoja se obtuvo un valor de 239.5 mg equivalentes de ácido gálico/100 gramos de hoja fresca (Pastene, 2009) comparando hay una clara diferencia significativa, ya que los valores obtenidos fueron mayores a lo reportado.

Según Murillo (2002) indica en sus estudios de jugo de fruta de carambola que la capacidad antioxidante de la bebida se relaciona directamente con los compuestos fenólicos. Los fenoles se pueden encontrar adheridos unidos a azúcares, ácidos carboxílicos, aminas, lípidos, galacturónico y glucorónico. En las frutas y vegetales se muestran un rango de 23 a 87 % de compuestos fenólicos de forma conjugada.

Tabla 10 Valores de los Compuestos fenólicos

Compuesto fenolicos	Ambiente (mg Ac. gálico/100 g extracto)			Refrigeración(mg Ac. gálico/100 g extracto)		
	Semana	Maduración	Entero	Centro	Maduración	Entero
1	Verde	446.53 ± 25.45	386.15 ± 25.12	Verde	453.09 ± 28.98	397.07 ± 21.15
2	Verde- pintón	580.41 ± 22.45	534.23 ± 28.49	Verde-pinton	592.16 ± 27.63	527.13 ± 25.45
3	Pintón	723.34 ± 31.25	707.18 ± 27.55	Pintón- verde	733.14 ± 24.25	695.16 ± 26.42
4	Pintón- maduro	645.95 ± 27.45	695.44 ± 30.45	Pintón	759.51 ± 30.54	687.89 ± 29.01
5	Maduro	559.92 ± 32.48	492.16 ± 28.59	Pintón maduro	733.14 ± 19.86	586.15 ± 25.26
6	Sobre maduro	437.79 ± 36.02	389.70 ± 27.52	Maduro	612.96 ± 32.48	465.65 ± 28.56

Según Repo y Encina (2008) afirman que la madurez influye directamente en los compuestos fenólicos, esto se debe a que surgen el proceso biosíntesis que genera mayor contenido de compuestos fenólicos. Este comportamiento está relacionado con el proceso de maduración. Sullon, Ordóñez, Flores, Sandoval (2009). Menciona que la presencia de etileno conocida mayor mente como la hormona de maduración provoca cambios en la composición de los frutos en fase de madurez que favorece directamente el aumento de contenido de compuestos fenólicos

La Figuras 24 y 25 se muestra los resultados de los compuestos fenólicos con respecto al tiempo donde se observa que en las semanas 1, 2, 3 hubo un incremento de compuestos fenólicos para las dos presentaciones entera y centro para ambas temperaturas. En la semana 4 hasta la semana 6 hubo una disminución con respecto a la cantidad de compuestos fenólicos donde en almacenamiento en ambiente es donde se observa mayor descenso de compuestos fenólicos a diferencia de almacenamiento en refrigeración que se obtuvo retención de compuestos fenólicos también se puede ver que la presentación centro fue la que más descendió tuvo en ambos almacenamientos.

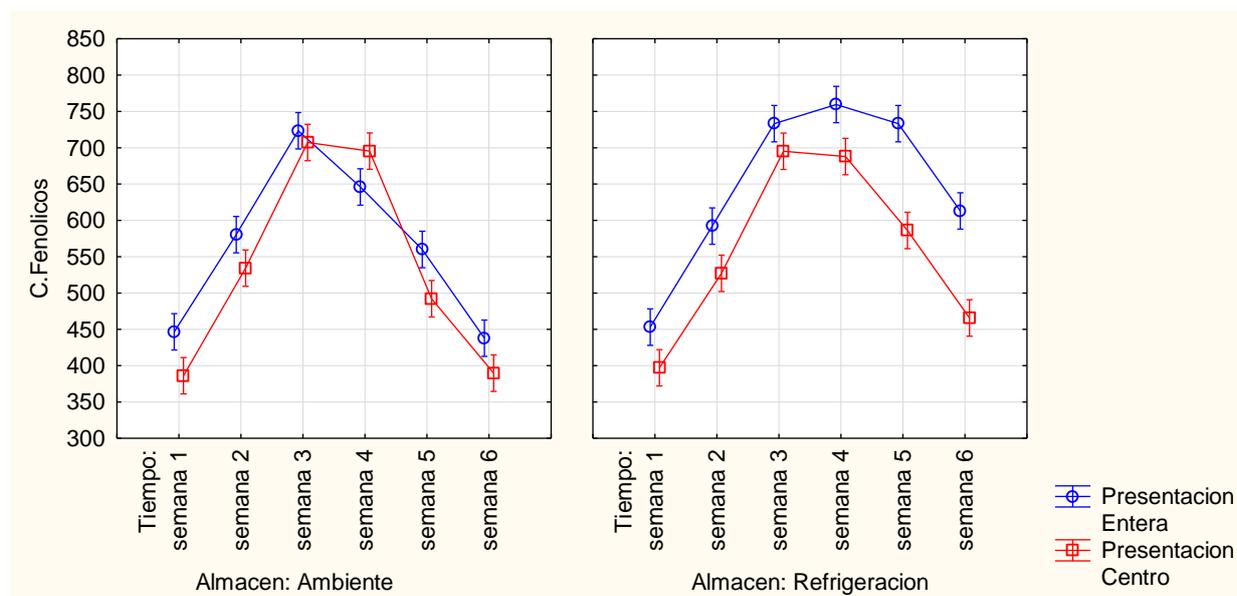


Figura 24 Determinación de los compuestos fenólicos en diferentes ambientes

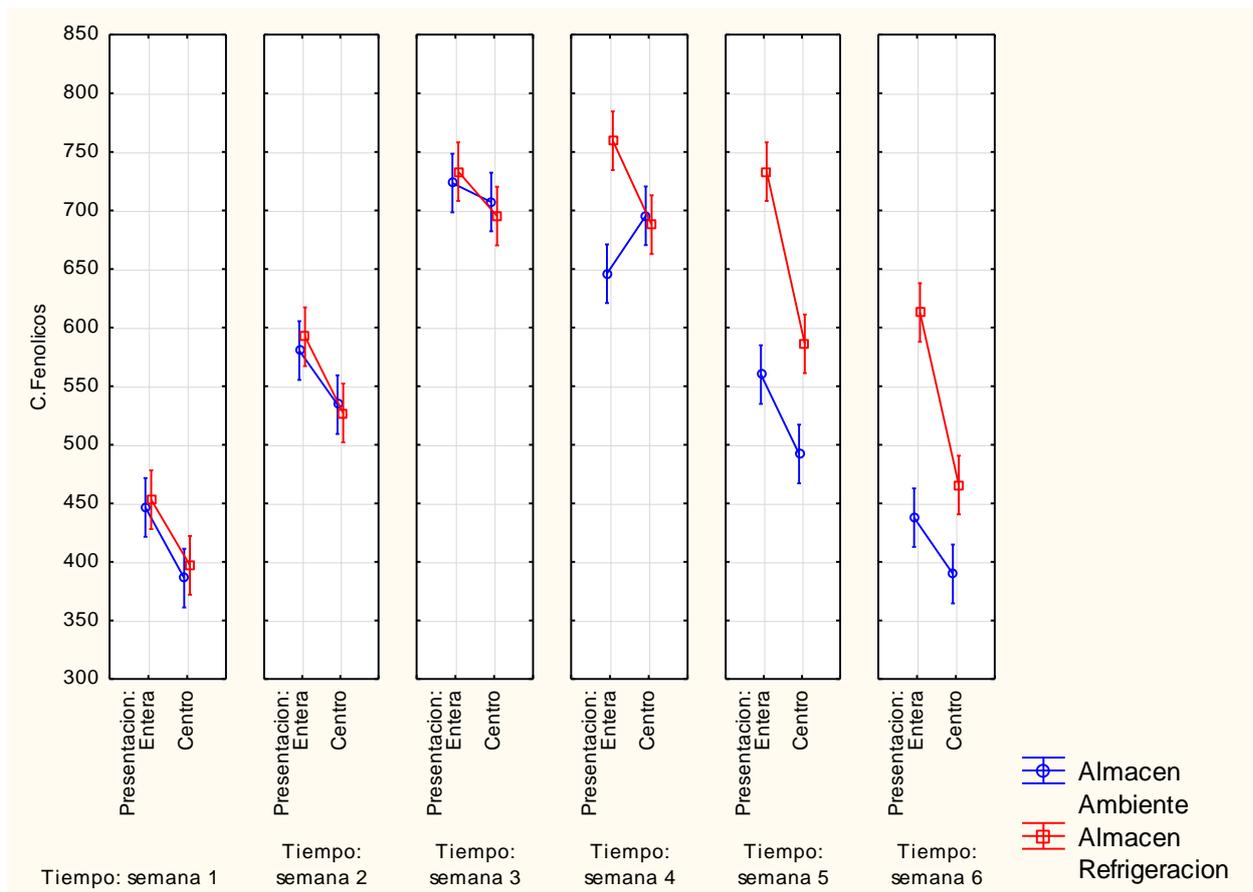


Figura 25 Determinación de los compuestos fenólicos con respecto al tiempo

Medrazi, (2006) señalan que la composición de los frutos depende de algunos factores como las condiciones climáticas (lluvias, disponibilidad de nutrientes del suelo y variación de la temperatura), tratamiento del cultivo, localización geográfica, aplicación de pesticidas y almacenamiento. Según Castañeda, (2008), dichos factores podrían intervenir en la presencia o ausencia de diversos metabolitos y/o sustancias activas.

Lo anterior guarda relación con Medrazi, (2006), ya que la cantidad de polifenoles totales varía según el grado de madurez de la fruta. Sin embargo, aparte del grado de madurez, Kalt (2005) aduce que las cantidades de dichos compuestos pueden variar debido a factores genéticos, ambientales, y condiciones de manejo post cosecha de cada cultivo.

4.5 Capacidad Antioxidante

El resultado del método DPPH y ABTS fueron expresados por porcentaje de inhibición de radicales libres para los diferentes estados de madurez tal como se reportan en la Tabla 13.

Los valores de capacidad antioxidante que se han determinado tienen cercanía a los valores obtenidos por García, (2008) cuyos estudios en carambola pintona contienen valores de $12.15 \pm 0.2 \mu\text{Mol Trolox equivalente/g}$ de muestra y en carambola madura $11.60 \pm 0.3 \mu\text{Mol Trolox equivalente/g}$ de muestra comparando con los resultados estudiados la carambola en estudio tiene mayor contenido de antioxidantes.

Los resultados de Zapata *et al.* (2007) indican que el estado de maduración afecta en forma significativa la concentración de los antioxidantes como ácido ascórbico y polifenoles, influyendo en la capacidad antioxidante. Repo y Encina (2008) mencionan que la madurez incide directamente en los componentes bioactivos, dado que durante la maduración se generan procesos de biosíntesis que originan mayor contenido de compuestos fenólicos, ácido ascórbico, entre otros, que al encontrarse en mayor cantidad en el fruto conllevan a dar una mayor capacidad antioxidante.

Según Zapata *et al.* (2007) la capacidad antioxidante señala una evolución positiva con el estado de madurez. Además, factores climáticos y otros previos a la cosecha, afectan el contenido de antioxidantes.

Leyva (2009) expresa que la actividad antioxidante de frutas y verduras se puede ver afectada por factores como el momento de cosecha. En experimentos citados por Barrios (2007) se han encontrado que cultivares de arándanos cosechados tardíamente demostraron una alta capacidad antioxidante comparada con los frutos cosechados tempranamente; ambos tratamientos fueron mantenidos bajo regímenes de luz solar. De acuerdo con Kalt (2005), la diferencia en la actividad antioxidante se registra principalmente en la madurez del fruto en la cosecha.

Tabla 11 Valores de la capacidad antioxidante

Antioxidante		Ambiente ($\mu\text{Mol Trolox /g muestra}$)			Refrigeración ($\mu\text{Mol Trolox equivalente/g de muestra}$)		
		Semana	Maduración	Entero	Centro	Entero	Centro
		1	Verde	22.71 ± 5.23	17.19 ± 5.23	Verde	22.70 ± 5.42
2	Verde-pintón	35.27 ± 6.12	33.57 ± 4.56	Verde-pinton	31.19 ± 5.67	33.57 ± 6.15	
3	Pintón	50.42 ± 5.89	42.42 ± 5.85	Pintón- verde	53.15 ± 5.21	45.24 ± 6.14	
4	Pintón-maduro	38.47 ± 5.34	34.80 ± 5.26	Pintón	48.05 ± 5.82	44.78 ± 5.26	
5	Maduro	24.63 ± 5.74	18.08 ± 5.36	Pintón maduro	34.98 ± 4.52	32.78 ± 5.28	
6	Sobre maduro	20.23 ± 4.98	14.06 ± 5.42	Maduro	25.78 ± 7.56	24.75 ± 5.89	
ABTS	1	Verde	17.41 ± 5.13	12.79 ± 5.16	Verde	22.72 ± 5.48	19.03 ± 6.18
	2	Verde-pinton	29.54 ± 5.74	25.18 ± 6.45	Verde-pinton	33.86 ± 5.85	31.11 ± 6.85
	3	Pintón	40.05 ± 5.64	45.66 ± 5.23	Pintón- verde	44.67 ± 6.23	40.49 ± 6.12
	4	Pintón-maduro	30.95 ± 6.52	24.93 ± 6.12	Pintón	36.85 ± 4.82	31.14 ± 7.12
	5	Maduro	21.26 ± 5.18	17.67 ± 6.41	Pintón maduro	24.32 ± 5.87	18.61 ± 5.48
	6	Sobre maduro	15.94 ± 5.91	12.37 ± 5.42	Maduro	18.24 ± 6.23	14.53 ± 5.86

En la Figuras 26 y 27 se observa en la semana 3 se obtiene el pico más alto por el método DPPH y ABTS tanto en presentación entera como centro. En las primeras dos semanas se obtiene un incremento de la capacidad antioxidante y en la semana 4, 5, 6 se obtiene un descenso debido al estado de madurez.

Los valores de capacidad antioxidante que se han determinado tiene relación con lo obtenido por Oliveira, (2014), cuyos estudios de la carambola concluyeron que la más alta cantidad de antioxidante por el método DPPH corresponde al estado verde pintón. Los datos obtenidos por Zapata, (2007) indican que el estado de maduración se ve afectado en forma significativa por la concentración de antioxidantes como por ejemplo los polifenoles y ácido ascórbico que influyen en la capacidad antioxidante. Repo & Encima, (2008) menciona que la madurez incurre directamente en los compuestos bioactivos durante la maduración generando un proceso de biosíntesis que origina un alto contenido de compuestos fenólicos y ácido ascórbico.

Se observa la determinación de la capacidad antioxidante en almacenamiento en refrigeración donde el pico más alto encontrado se encuentra en la semana 3 tanto para el método DPPH y ABTS. Asimismo, en las primeras dos semanas hay un incremento de los antioxidantes y en la semana 4 al 6 hay un descenso. También se observa por el método ABTS la presentación entera contiene mayor cantidad de antioxidante que la presentación centro, a diferencia del método DPPH donde en la semanas 1 y 2 la capacidad antioxidante en presentación centro es mayor y en la semana 3 al 6 la presentación entera es mayor.

Zheng, Zhang, & Shan Q (2009) reportan que el consumo de alimentos con altos niveles de compuestos antioxidantes es beneficioso para el organismo, esto es debido a que posee propiedades antitumorales, antiinflamatorias y reducen el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

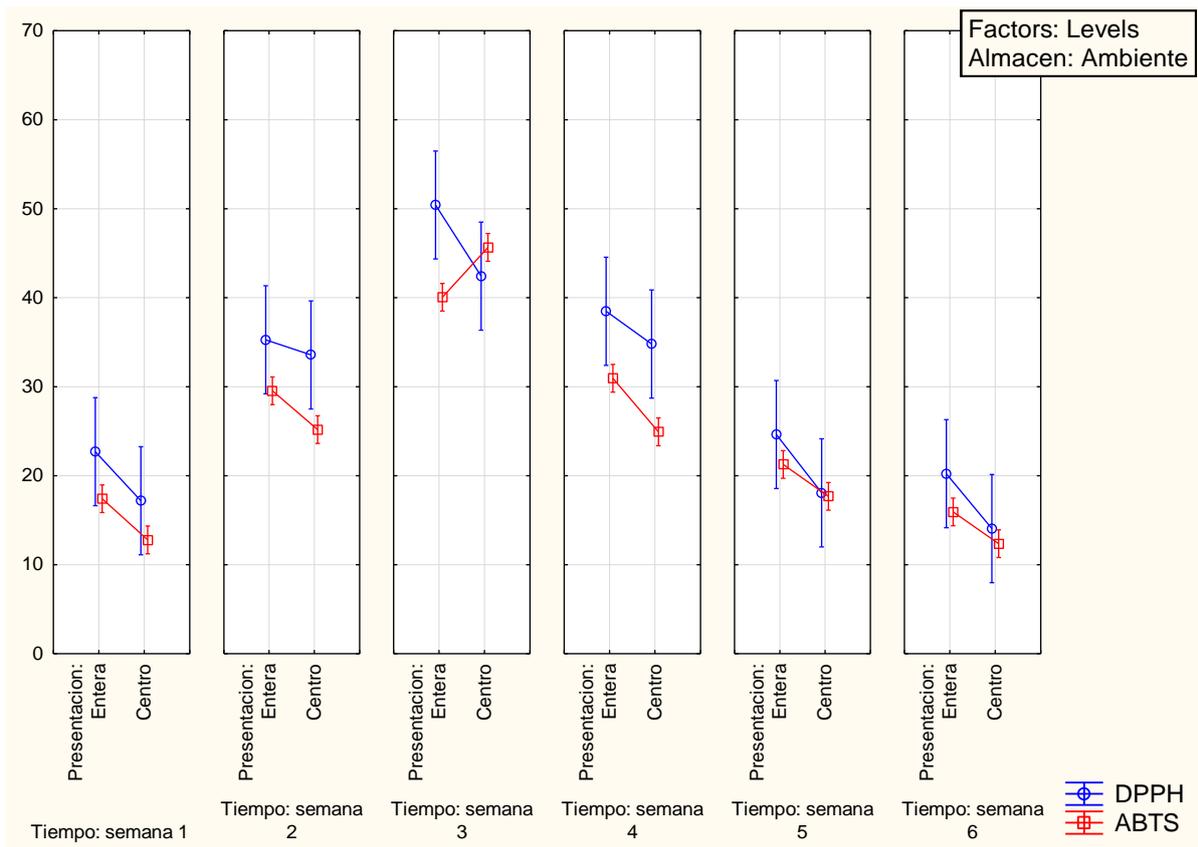


Figura 26 Determinación de la capacidad antioxidante en almacenamiento en ambiente

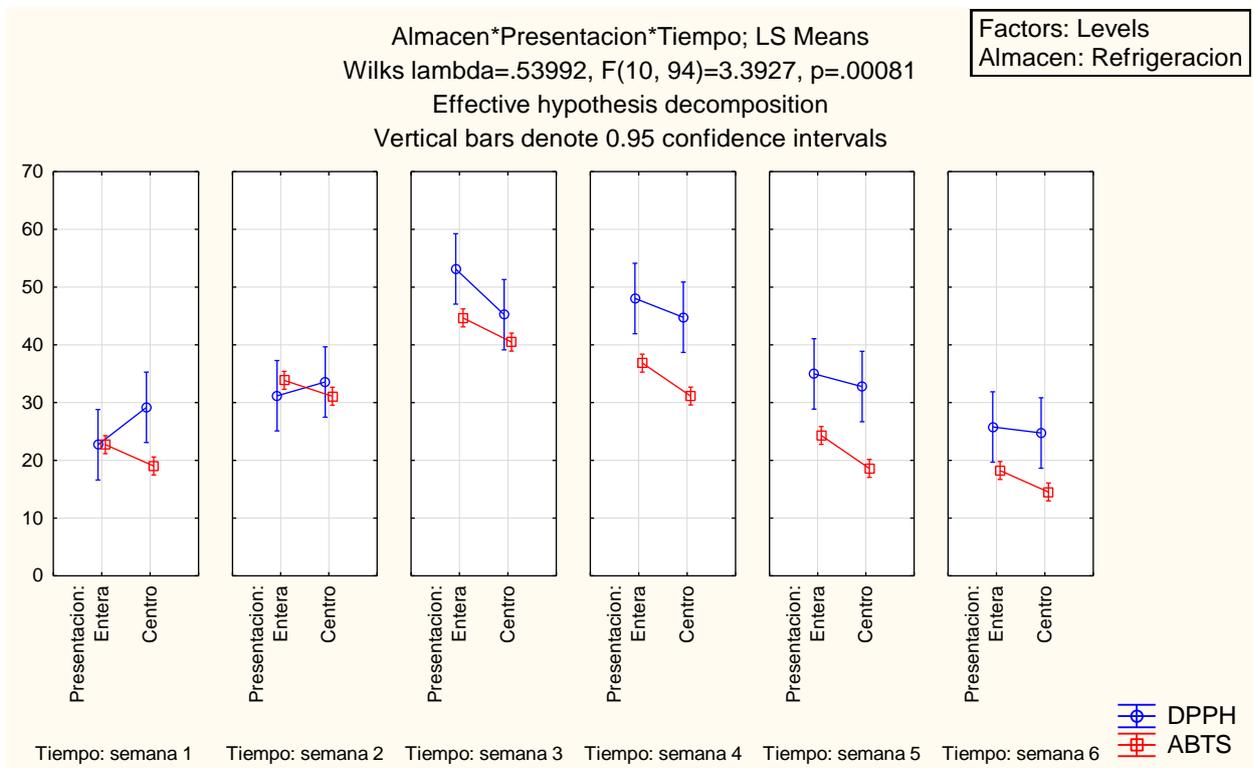


Figura 27 Determinación de la capacidad antioxidante en almacenamiento en refrigeración

Según Zapata et al. (2007). Indican que el estado de madurez afecta en forma significativa el contenido de antioxidantes como polifenoles, ácido ascórbico que influyen en la capacidad antioxidante. Además, menciona que la capacidad antioxidante señala un incremento en relación al estado de madurez. Leyva (2009) expresa que la capacidad antioxidante de las frutas y verduras pueden ser afectadas por factores en la cosecha.

4.6 Análisis estadísticos

En la Tabla 14, análisis de varianza de acidez en la carambola, se observa que existe diferencia significativa para el efecto de almacén, presentación, tiempo y entre las interacciones “Presentación y tiempo” “almacén y tiempo” “Almacén*Presentación*Tiempo”. Esto indica que hay una influencia entre índice de acidez de la carambola, el tiempo es valor F más alto es 2790.23 seguido por el almacén 140.93 y último la presentación 47.21

Tabla 12 Análisis de Varianza de acidez

	SS	GL	MS	F	P
Intercept	158.0346	1	158.0346	44102.67	0.000000
Almacén	0.5050	1	0.5050	140.93	0.000000
Presentación	0.1692	1	0.1692	47.21	0.000000
Tiempo	49.9916	5	9.9983	2790.23	0.000000
Almacén * Presentación	0.0055	1	0.0055	1.54	0.220889
Almacén * Tiempo	0.3965	5	0.0793	22.13	0.000000
Presentación*Tiempo	0.1606	5	0.0321	8.97	0.000005
Almacén*Presentación* Tiempo	0.0628	5	0.0126	3.51	0.008789
Error	0.1720	48	0.0036		

En la Tabla 15, análisis de varianza de pH de carambola, se observa que existe diferencia significativa para el efecto de almacén, presentación, tiempo y entre las interacciones “Presentación y tiempo” “almacén y tiempo” “Almacén*Presentación*Tiempo”. Esto indica que hay una influencia entre pH en la carambola.

Tabla 13 Análisis de varianza de pH

	SS	GL	MS	F	P
Intercept	341.3449	1	341.3449	148680.20	0.000000
Almacén	0.0486	1	0.0486	21.20	0.000031
Presentación	0.0078	1	0.0078	3.40	0.071257
Tiempo	14.8592	5	2.9718	1294.40	0.000000
Almacén * Presentación	0.0425	1	0.0425	18.50	0.000082
Almacén * Tiempo	1.3462	5	0.2692	117.30	0.000000
Presentación*Tiempo	1.0351	5	0.2070	90.20	0.000000
Almacén*Presentación* Tiempo	0.2579	5	0.0516	22.50	0.000000
Error	0.1102	48	0.0023		

En la Tabla 16, análisis de varianza de °Brix de carambola, se observa que existe diferencia significativa para el efecto de almacén, presentación, tiempo y entre las interacciones “Presentación y tiempo” “almacén y tiempo” “Almacén*Presentación*Tiempo”. Esto indica que hay una influencia entre °Brix en la carambola.

Tabla 14 Análisis de varianza de °Brix

	SS	GL	MS	F	p
Intercept	1396.1210	1	1396.1210	62923.76	0.000000
Almacén	3.0630	1	3.0630	138.04	0.000000
Presentación	0.0700	1	0.0700	3.17	0.081378
Tiempo	61.6290	5	12.3260	555.52	0.000000
Almacén * Presentación	0.0080	1	0.0080	0.35	0.555706
Almacén * Tiempo	2.0630	5	0.4130	18.60	0.000000
Presentación*Tiempo	0.2560	5	0.0510	2.31	0.058930
Almacén*Presentación*	0.2180	5	0.0440	1.97	0.100626

Tiempo

Error	1.0650	48	0.0220
-------	--------	----	--------

En el Tabla 17, el análisis de varianza de la vitamina C, se observa que existe diferencia estadística para el efecto de almacén, tiempo, presentación. Esto indica que existe muestra de influencia sobre la vitamina C.

Tabla 15 Análisis de varianza de la vitamina C

	SS	GL	MS	F	p
Intercept	57346.99	1	57346.99	16405.21	0.000000
Almacén	630.18	1	630.18	180.28	0.000000
Presentación	147.09	1	147.09	42.08	0.000000
Tiempo	3072.63	5	614.53	175.80	0.000000
Almacén * Presentación	2.32	1	2.32	0.66	0.419087
Almacén * Tiempo	414.72	5	82.94	23.73	0.000000
Presentación*Tiempo	25.21	5	5.04	1.44	0.226295
Almacén*Presentación* Tiempo	82.04	5	16.41	4.69	0.001436
Error	167.79	48	3.50		

En la Tabla 18, análisis de varianza de los compuestos fenólicos, se observa que existe diferencia significativa para el efecto de almacén, presentación, tiempo y entre las interacciones “almacén y tiempo” “Almacén*Presentación* Tiempo”. Esto indica que hay una influencia entre los compuestos fenólicos, el valor F más alto es 180.28 seguido por el tiempo 175.80 y ultimo la presentación 42.08

Tabla 16 Análisis de varianza de los compuestos fenólicos

	SS	GL	MS	F	P
I Intercept	23949728	1	23949728	51438	0.000000
Almacén	51880	1	51880	111	0.000000
Presentación	63732	1	63732	137	0.000000
Tiempo	822329	5	164466	353	0.000000
Almacén * Presentación	14097	1	14097	30	0.000001
Almacén * Tiempo	57647	5	11529	25	0.000000
Presentación*Tiempo	21493	5	4299	9	0.000003
Almacén*Presentación* Tiempo	9626	5	1925	4	0.003337
Error	22349	48	466		

En la Tabla 19, el análisis de varianza de la capacidad antioxidante utilizando el método ABTS, se observa que existe una diferencia estadística para el efecto de almacén, presentación, tiempo y entre las interacciones. Esto indica que hay una influencia entre la capacidad antioxidante. Obteniendo el valor F más alto 708.20 que corresponde al tiempo, seguido por 124.83 en presentación y 121.78 en almacén A comparación con el método DPPH (Tabla 20), el análisis de varianza nos da como resultados que hay diferencias significativas entre las variables almacén, presentación y tiempo, y solo hay significancia entre las interacciones “Almacén * Tiempo”. Siendo el valor F más alto 49.091 para el tiempo seguido 25.255 de almacén y como ultimo 6.314 en presentación

Tabla 17 Análisis de varianza por el método ABTS

	SS	GL	MS	F	p
Intercept	49512.28	1	49512.28	27603.80	0.000000
Almacén	218.44	1	218.44	121.78	0.000000
Presentación	223.91	1	223.91	124.83	0.000000
Tiempo	6351.44	5	1270.29	708.20	0.000000
Almacén * Presentación	10.62	1	10.62	5.92	0.018746
Almacén * Tiempo	97.25	5	19.45	10.84	0.000001
Presentación*Tiempo	75.29	5	15.06	8.40	0.000009
Almacén*Presentación* Tiempo	67.32	5	13.46	7.51	0.000029
Error	86	48	2		

Tabla 18 Análisis de varianza por el método DPPH

	SS	GL	MS	F	p
Intercept	75668.28	1	75668.28	2767.797	0.000000
Almacén	690.43	1	690.43	25.255	0.000007
Presentación	172.61	1	172.61	6.314	0.015394
Tiempo	6710.46	5	1342.09	49.091	0.000000
Almacén * Presentación	84.85	1	84.85	3.104	0.084491
Almacén * Tiempo	408.59	5	81.72	2.989	0.019874
Presentación*Tiempo	150.86	5	30.17	1.104	0.370920
Almacén*Presentación* Tiempo	69.78	5	13.96	0.510	0.766938
Error	2089	48	44		

5. CONCLUSIONES

Se identificó la composición fisicoquímica de la fruta de carambola (*Averrhoa carambola* L) en un periodo de 6 semanas almacenadas en ambiente y 8 semanas en refrigeración en 2 diferentes presentación entera y centro. En el análisis fisicoquímico TACE, la acidez titulable inicio con 2.75 ácido cítrico y tuvo un descenso hasta llegar a 0.36 ácido cítrico en la semana 6. Todo lo contrario, ocurriré con el pH en la primera semana que inicio con un pH de 1.75, teniendo un incremento hasta la semana 6 de 3.05 pH. Lo mismo se obtiene en los °Brix que inicio con 3.17 °Brix teniendo un incremento hasta 6.10 en la semana 6. También, se identificó la composición fisicoquímica TACC, donde el acidez titulable inicio con 2.58 ácido cítrico y tuvo un descenso hasta 0.26 ácido cítrico en la semana 6. El pH inicio con 1.69 e incremento hasta 2.82 en la semana 6, el ° brix inicio con 2.93 y subió hasta 6.40 en la semana 6. Asimismo, se analizó el análisis fisicoquímico TRCE tal como se muestra en la figura 7, donde la acidez titulable inicio con 2.88 ácido cítrico y descendió a 0.19 ácido cítrico en la semana 8. El pH inicio con 1.73 y tuvo un incremento hasta 3.87 en la semana 8. El °Brix inicio con 3.10 e incremento hasta llegar a 6.60 en la semana 8. También, se analizó el análisis fisicoquímico TRCC donde se observa los siguientes efectos de la acidez, pH y ° Brix tal como se muestra en la tabla 8, La acidez titulable inicio con 2.73 y descendió hasta 0.19 en la semana 8. El pH inicio con 1.73 e incremento en la semana 8 a 3.67, el °Brix inicio 3.0 incremento hasta 6.40 en la semana 8. La composición proximal de la carambola presentó los valores de humedad 88.19 ± 0.35 %, ceniza 0.15 ± 0.29 %.

La vitamina C en el fruto, se encontró una mayor concentración en la semana 1, 2 y 3 tanto a temperatura ambiente como temperatura en refrigeración. Después de la semana 3 se origina la degradación de la vitamina C

Con respecto a los compuestos fenólicos en el extracto de carambola la mayor concentración se encuentra en la semana 3 a 723.34 ± 1.25 mg Ac. Gálico/100 g extracto en presentación

entera y en presentación centro 707.18 ± 27.55 mg Ac. Gálico/100 g extracto a temperatura ambiente. A comparación a temperatura en refrigeración el mayor valor de compuestos fenólicos fue en la semana 4 a 759.51 ± 30.54 mg Ac. Gálico/100 g extracto en presentación entera y en presentación centro fue en la semana 3 a 695.16 ± 26.42 mg Ac. Gálico/100 g extracto.

En cuanto a la capacidad antioxidante por el método DPPH se observó mayor cantidad de antioxidante en la semana 3 en la presentación entera 53.15 ± 5.21 μ Mol Trolox /g muestra y en presentación centro 45.24 ± 6.14 μ Mol Trolox /g muestra a temperatura en refrigeración. Comparando por el método ABTS la mayor cantidad de antioxidante se encontró en la semana 3 a 44.67 ± 6.23 μ Mol Trolox /g muestra en presentación entera y en presentación centro 40.49 ± 6.12 μ Mol Trolox /g muestra. En el cual se refleja una diferencia significativa entre ambos métodos empleados. Asimismo, se analizó la capacidad antioxidante de la carambola a temperatura ambiente donde el valor más alto utilizado el método DPPH fue 50.42 ± 5.89 μ Mol Trolox /g muestra en presentación entera y 42.42 ± 5.85 μ Mol Trolox /g muestra en presentación centro. A diferencia del método ABTS el valor más alto fue 40.05 ± 5.64 μ Mol Trolox /g muestra en presentación entera y en presentación centro fue 45.66 ± 5.23 μ Mol Trolox /g muestra comparando ambas metodologías se demuestra que hay diferencia significativa.

6. RECOMENDACIONES

- Optimizar los parámetros de concentración de etanol y temperatura de extracción a diferentes tiempos para la determinación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de la carambola (*Averrhoa carambola* L)
- Difundir los valores de los compuestos bioactivos del fruto de carambola (*Averrhoa carambola* L) para la incentivar la producción de productos a base de carambola.
- Realizar otros estudios adicionales a la extracción de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de carambola asimismo estudiar no solo la pulpa sino también otras partes de la fruta.

REFERENCIA

- A.O.A.C, 2000 Official Methods of Analysis of A.O.A.C international; agricultural chemicals, contaminants, drugs. 17^a Edición. Maryland. E.E.U.U
- Alcazar, J. 2002. Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias, 1ra Edición, Cibercopy: Cuzco Perú, 702p
- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, Washington.
- Arispe, M. 1989. Retención de Vitamina C en la Elaboración y Almacenaje de Rodajas de Carambola (Averroha carambola L.) en Almíbar. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.3.
- Arrieta, A., & Barrera, J. (2006). Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano “Papocho” (Musa ABB Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 48-53.
- Azcón-Bieto, J. & Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. USA: Interamericana-McGraw-Hill
- Barea, M. (2015). Caracterización, capacidad antioxidante y perfil fenólico de frutas subtropicales producidas y comercializadas en la costa de Granada- Málaga (Tesis doctoral). Universidad de Granada, España.
- Barrera y Hernández 2001. Tecnologías para la concentración de pulpas en frutas nativas. En la región Amazónica Colombiana.
- Brand – Williams (1985), “Use of a free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity”. *Lebensm Wiss, Technol*. Vol 28, pp. 25-30.

- Brand-Williams, Cuvelier, Berset (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, pp 25-30.
- Butler, L. G. (1989). Effects of condensed tannin on animal nutrition. EN: Rw Hemingway y JJ Carchesy. *Chemistry and significance of condensed tannins*. Nueva
- Cahuana J. 1991. Elaboración de una bebida alcohólica a partir de sauco (*Sambucus peruviana* H.B.K.). [Tesis de pregrado]. Lima: Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Calzada, J. (1980). “Frutales Nativos”, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chand, N., Chauhya, Kanti, P., Mukherjee, A. (2010). In vitro free radical scavenging activity of methanol extract of rhizome of *Cyperus tegetum* Roxb. (Cyperaceae). *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 2(3), 39-43.
- Chauhya & Mukherjee, A. (2010). In vitro free radical scavenging activity of methanol extract of rhizome of *Cyperus tegetum* Roxb. (Cyperaceae). *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 2(3), 39-43.
- Cheftel y Cheftel (1977). *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. España: editorial acribia
- Collazos, C; A. (1993). *La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú*. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición. Lima – Perú.
- Dabbagh HA, Azami F. 2014. Experimental and theoretical study of racemization, stability and tautomerism of vitamin C stereoisomers. *Food Chem.* [consultado 2015 julio 12];164:355-362. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614007596>. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.121>
- Dasgupta, A., Klein, K. (2014). *Fruits, Vegetables, and Nuts: Good Sources of Antioxidants*. *Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements*. Edited by Amitava Dasgupta

- and Kimberly Klein, Elsevier, San Diego. Pp. 209-235. ISBN 9780124058729.
Disponibilidad libre en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-405872-9.00012-4>.
- Dasgupta, A., Klein, K. (2014). *Fruits, Vegetables, and Nuts: Good Sources of Antioxidants*. Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements. Edited by Amitava Dasgupta and Kimberly Klein, Elsevier, San Diego. Pp. 209-235. ISBN 9780124058729.
Disponibilidad libre en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-405872-9.00012-4>.
- Delgado, L., & Martínez, G. (2009). El estrés oxidativo en la enfermedad cardiovascular: evidencias para un tratamiento más integral. *Revista Cubana de Farmacia*, 43(1).
- Desmarcheller, (1998). “Antioxidantes de origen vegetal”. *Ciencia Hoy*. 8(44).
- Dini, I. 2011. Flavonoid glycosides from *Pouteria obovata* (R. Br.) fruit flour. *Food Chemistry* 124: 884-888.
- Domínguez Pedros, A. (2011). *Estudio de la capacidad antioxidante de hojas de ginkgo biloba*. Universitat Politècnica de Catalunya. 107p. Editorial – Agraria. Lima – Peru
- Erazo, S; Escobar, A; Olaeta, J; Undurraga, P. (1999). Determinación proximal y carotenoides totales de frutos de seis selecciones de lúcuma (*Pouteria lúcuma*). *Alimentos* 24(1): 67-75.
- Escobar-Blanco, M. (2010). Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. *Tesis para obtener el título de maestría en Ciencias en Alimentos*. Formato pdf. Pp. 114. [Consultado el 27 de Agosto del 2012].
Disponibilidad libre en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/9612/1/34.pdf>
- Felipe & Pozuelo (2005). “Flavonoides, Isoflavonoides y Salud”. *Revista Científica – Murcia*.
- Galan, V. y Menini, Ud. (1991). “La carambola y su cultivo”. Estudio FAO Producción y protección vegetal. Roma – Italia.

- Gallo, F. 1993. Índice de madurez para piña cayena lisa, guanábana, pitaya amarilla y maracuyá. *Agro-Desarrollo* 4 (1-2), 194-200.
- García I. (2000). Cantidad y calidad de antioxidante de alimentos de origen vegetal consumidos en Cuba, *Revista Alimentaria*. (316): 103-110
- García, (2008). Cuantificación de la Actividad Antioxidante en dos estadios de Madurez de la Carambola (*Averrhoa carambola* L.). Nacional, Centro, Perú, Ingeniería, & Industrias.
- Gorriti Gutiérrez, Arilmí. 2010 Investigación desarrollada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica: Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. "maíz morado". Investigación del Proyecto No. 317-2007-Concytec. Lima.
- Green, J. G. 1987. Carambola production in Malasia and Taiwán. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 100: 275- 278.
- Gudiño, Jenny Fernanda. 2012 Investigación desarrollada en la Universidad Politécnica Nacional de Ecuador: "Extracción y Caracterización del colorante natural del maíz negro (*Zea mays* L.) y determinación de su actividad antioxidante". Quito - Ecuador.
- Gutierrez, T.; Hoyos, O., y Páez M. (2007). Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución (clar). Universidad del Valle.
- Helk, H. (1985). "La Carambola, cultivo y aprovechamiento". FAO-México.
- Hernández, M.S. 2001. Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata*) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis de doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Hounsome, N; Hounsome, B; Tomos, D; Edward-Jones, G. (2008). Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *Journal of Food Science* 73(4). 48-65.

- Jesse FC. 2000. Vitaminas. En: Fennema OR, director. Química de los alimentos. 2.^a ed. Zaragoza (España): Acribia.
- Juan J Hicks, Torres-Ramos, Martha Sierra-Vargas (2006) Estrés oxidante. Concepto y clasificación, Revista de Endocrinología y Nutrición Vol. 14, No. 4 Octubre-Diciembre 2006 pp 223-226
- Kalpna, R., Mital, K., & Sumitra, Ch. (2011) Vegetable and fruit peels as a novel source of antioxidants. Journal of Medicinal Plants Research, 5(1), 61-71).
- Kays, S. 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press. Athens, GA.
- Klinar S., Chang A., Chanllio J. 2009. Evaluación comparativa de contenido de Vitamina C en diferentes estados de maduración del fruto de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. & K.) McVaugh) según NTP 011.030:2007. Revista Científica Fitoica, 4(1), 23-32.
- Kuskoski, (2004). “Actividad antioxidante de pigmentos antocianinos”. Rev. Brus. C ienc. Tecn. Alim. V. 24, n.4, 691-693.
- Lázaro R., Ferro – Luzzi A. (1998). “Total antioxidant capacity of selected vegetables and protective effect on the peroxidation of linoleic acid”. J. Agree Food
- Lewis, J. (1987). “La fruta de carambola”. Variedades, Turrialba, Costa Rica.
- Lock, J. (1988). Investigación fisicoquímica”. Métodos en el Estudio de Productos Naturales. 1^o Edición Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Maldonado A. (2009), “Obtención de lúcuma (*Pouteria abovata*) en polvo por atomización” – Ingeniera química, de la Facultad de ingeniería química de la universidad nacional de Ingeniería. Lima- Perú.
- Mariñas M., Paucar C., Peláez P. 2009. Conservación de pulpa de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh), concentrado a vacío y tratado con ultrasonido; y estudio de sus componentes bioactivos. [Tesis de pregrado].Tingo María: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2a ed. Academic Press, London
- Martinez-valverde, Periago, Ros, (2000). “Significado Nutricional de los Compuestos Fenólicos en la Dieta”. En archivos latinoamericanos de nutrición. Vol 50. p.p. 5-18.
- Matile & Thomas. 1999. Chlorophyll degradation. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50, 67-95.
- Mendoza V. (1993). Optimización del tratamiento térmico en crema de olluco [tesis de para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias] lima: Universidad Nacional Agraria la Molina
- Menéndez (2006). Cambios en la actividad de α -amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpadegener*). Interciencia, 31(10), 728-733
- Minag. (2016). “Estadística Agraria Mensual”. Noviembre 2016 – anuario Estadístico. Editorial Cuánto S.A. Lima – Perú.
- Murillo, E. (2002). “Principales Antioxidantes de los alimentos”. Memoria del Naturales. 1º Edición Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Nisha P, Singhal RS, Pandit AB. 2004. A study on degradation kinetics of ascorbic acid in amla (*Phyllanthus emblica* L.) during cooking. Int J Food Sci Nutr. [consultado 2015 oct 02];55(5):415-422. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09637480412331321823>. doi: <http://doi.org/10.1080/09637480412331321823>.
- Oliveira, (2014). Universidad Nacional Mayor de San Marcos “Capacidad antioxidante de *Passiflora edulis* L. (carambola) frente a sistemas generadores de radicales libres” Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3943/Oliveira_bg.pdf?sequence=1

- Parzanese M. (2010) Tecnologías para la Industria Alimentaria Microencapsulación Alimentos argentinos; Min Agro, 445(9). 45-48.Perú”. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición. Lima – Perú.
- Pérez, C., Jimenez, F., (2011) “metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas” departamento de metabolismo y nutrición, instituto del frio. Madrid – España.
- Pineda & Malanim (1999). “Capacidad Antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos”. Rev. Cubana Aliment Nutr. 13[2]: 104-111.
- Pinto, M (2009). Evaluation of antihyperglycemia and antihypertension potential of native Peruvian fruits using in vitro models. Journal of Medicinal Food 12(2): 278-291
- Prior, R. (1998). “Antioxidant Capacity and Health Benefits of fruits and Vegetables”. NABC meeting, postland, Oregan. <http://www.blueberry.org/oft's.html>.
- Repo, Encina C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de la Sociedad Química del Perú, 74(2), 108-124.
- Repo-Carrasco, R. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*. 120: 128–133
- Rodriguez-Amaya, D. 2010. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. Journal of Food Composition and Analysis 23(7): 726-740.
- Rojas D. 2008. Evaluación del contenido de vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*Psidiumguajava* L.) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. Bogotá: Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

- Salinas-Hernández, r. a.; Reyes-Ascencio, D (2003). Frigoconservación y aplicación de atmósferas modificadas en la conservación en fresco de frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Memoria de Resúmenes del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultura Ornamental. Universidad Autónoma de Chapingo, 20-24 de Octubre. p. 259.
- Sañudo, A., Siller, J., Osuma, T., Muy, R., López, G. & Labavitch, J. (2008). Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico, *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(2), 141-147.
- Singleton, V. & Rossi, J. (1956). *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphotungstic acid reagents*. *American Journal of Enology and Viticulture*.
- Sulbarán, B. (2013). Actividad antioxidante de lámina flexible de mango (*Mangifera indica*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(2), 175-177.
- Sullón J., Ordóñez E., Flores C., Sandoval M. 2009. Evaluación de la actividad antioxidante del noni (*Morinda citrifolia* L.) en tres estados de madurez en Tingo María. *Revista del Encuentro Científico Internacional Enero-Junio*, 6(1), 19-22.
- Tito, M., & Eusebia, K. (2015). Capacidad antioxidante y contenido de flavonoides entre las semillas de Chia Negra (*salvia nativa*) y Chia Blanca (*salvia hispánica* l.) Puno, Octubre 2014–enero 2015.
- Torres, R., Montes, E., Pérez, O. & Andrade, R. (2013). Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Fisicoquímicas de Frutas Tropicales. *Información Tecnológica*, 24(3), 51-56.
- Valpuesta, Quesada & Reid. 1996. Senescencia y abscisión. pp. 479-492. En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal*. Interamericana McGraw-Hill, Bogotá.

- Vasconcellos, a. (2001). “Alimentos funcionales. Conceptos y beneficios para la salud”.
Departamento de Ciencias de alimentos y Nutrición. Universidad de Chapman,
Orange, California. VISA.
- Vasconcellos, A. (2001). “Alimentos funcionales. Conceptos y beneficios para la salud”.
Departamento de Ciencias de alimentos y Nutrición. Universidad de Chapman,
Orange, California. VISA.
- Venéreo, J. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31 (2), 126-133. York. Pp. 391-402.
- Zamora, D. (2007). Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. *Revista chilena de Nutrición*, 34(1), 17-26.
- Zapata L., Gerard L., Davies C., Schwab M. 2007. Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. *Revista Ciencia, Docencia y Tecnología*, 18(35), 175-193.
- Zapata, L. M. (2014). Obtencion de extracto de antocianinas a partir de arandanos para ser utilizado como Antioxidante y colorante en la industria alimentaria., 96–97.
Retrieved from <https://riunet.upv.es/handle/10251/39105>
- Zheng, Y. L., Lu, J., Zhang, Z. F., Fan, S. H., Wu, D. M., Shan, Q., & Hu, B. (2009). Purple sweet potato color attenuates oxidative stress and inflammatory response induced by d-galactose in mouse liver. *Food and chemical toxicology*, 47(2), 496- 501.

Anexo

Anexo 1. Determinación de Humedad (AOAC 2000 - Método 44.19)

Equipos

Recipiente de aluminio con tapa, diámetro de 35-36 mm, profundidad 30 mm y

Procedimiento

Se seleccionó entre 4 a 5 frutos, a continuación se cortó en un diámetro de 0.2 a 0.4 cm.

Se pesó la muestra (1-3 g) en cada plato con sus respectivas tapas. Se colocó en la estufa y se dejó secar por 2 horas a una temperatura de 135°C. Luego se trasladó la muestra a un desecador hasta que se enfrió. Se pesó y se calculó el peso de la humedad del fruto mediante la siguiente ecuación 2

Ecuación 2. Determinación de humedad

$$\% \text{ humedad de la muestra} = \frac{\text{Peso de agua evaporada}}{\text{peso de la muestra húmeda}} * 100$$

$$\% \text{ materia seca} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

$$100 * \frac{P_i - P_f}{P_i} = \% \text{ de humedad}$$

Dónde:

Pi: Peso inicial

Pf: Peso final

Anexo 2. Determinación de Ceniza (AOAC 2000 - Método 08 - 01)

Equipos

- Horno de muflas eléctrico
- Plato de incineración

Procedimiento

Se pesó entre 3 – 5 g de muestra en un crisol de porcelana y se colocó en el horno de mufla a 550 °C. Se incinero hasta que se obtenga la ceniza de color gris claro o hasta peso constante. Se enfrió en el desecador y peso después de alcanzar la temperatura ambiente, se calculó según la ecuación 3

Ecuación 3

$$\% \text{ ceniza en base seca} = \frac{\text{peso de ceniza}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ ceniza en base humeda} = \frac{\% \text{ ceniza base seca} * \% \text{ materia seca}}{100}$$

$$\% \text{ materia orginica} = 100 - \% \text{ ceniza base seca}$$

Anexo 3. Determinación de pH

Equipos

Se utilizó un potenciómetro, se determinó por el método del potenciométrico, recomendado por el método oficial AOAC 981.12 (AOAC, 1995)

Procedimiento

Primero se estandarizó los electrodos usando la solución buffer pH 7 del equipo a 25°C, luego se procedió con la solución tampón pH 4 (disolviendo 0.5 g de fosfato ácido de potasio (KH_2PO_4) en 50 ml de agua destilada en una fiole a 25°C, según método oficial AOAC 964.24 (AOAC, 1995)

Se pesó 40 g de la pulpa homogénea a temperatura de 25°C y se determinó el pH sumergido los electrodos en la muestra por dos minutos

Anexo 4. Determinación de Sólidos solubles

Equipos

Se utilizó un refractómetro, se determinó por el método de refractométrico, recomendado por el método oficial AOAC 932.12 (AOAC, 1995)

Procedimiento

Se tomó 1 gota muestra de pulpa y concentrada a temperatura ambiente aproximadamente a 25°C y se depositó en la luna del refractómetro, midiéndose el % de sólidos solubles.

Para la determinación de sólidos solubles se utilizó la siguiente ecuación 4 :

$$\text{Ecuación (4) \% sólidos solubles} = \% \text{ Sólidos}_R * \frac{(100-b)}{100}$$

Donde

% Sólidos_R : porcentaje de sólido determinado por el refractómetro según el método oficial AOAC 932.14C (AOAC, 1995)

b : % sólidos insolubles y agua

Anexo 5 Determinación de Acidez (AOAC 2000 – 942.15)

Procedimiento

Se midió el porcentaje de acidez del fruto utilizando el método del AOAC, 2000. La muestra se mezcló con agua destilada 1/10. Se llenó una bureta con 30 ml de solución estandarizada de NaOH al 0.1 permaneciendo en total agitación. Se anotara el gasto total de la titulación y se reemplazara en la ecuación 5

Ecuación 5

$$\% \text{ acidez } \left(\frac{\text{g Acido citrico}}{100 \text{ ml}} \right) = \frac{V * C * f * 100}{N * v}$$

Donde

V: volumen de gasto de NaOH

C: concentración de NaOH

f: factor e conversión de Ac Cítrico (0.006404)

N: concentración de la solución NaOH al 0.1N

v : volumen de muestra ,ml



Anexo 6 Recepción de la Materia Prima



Anexo 7 Medición de la acidez titulable



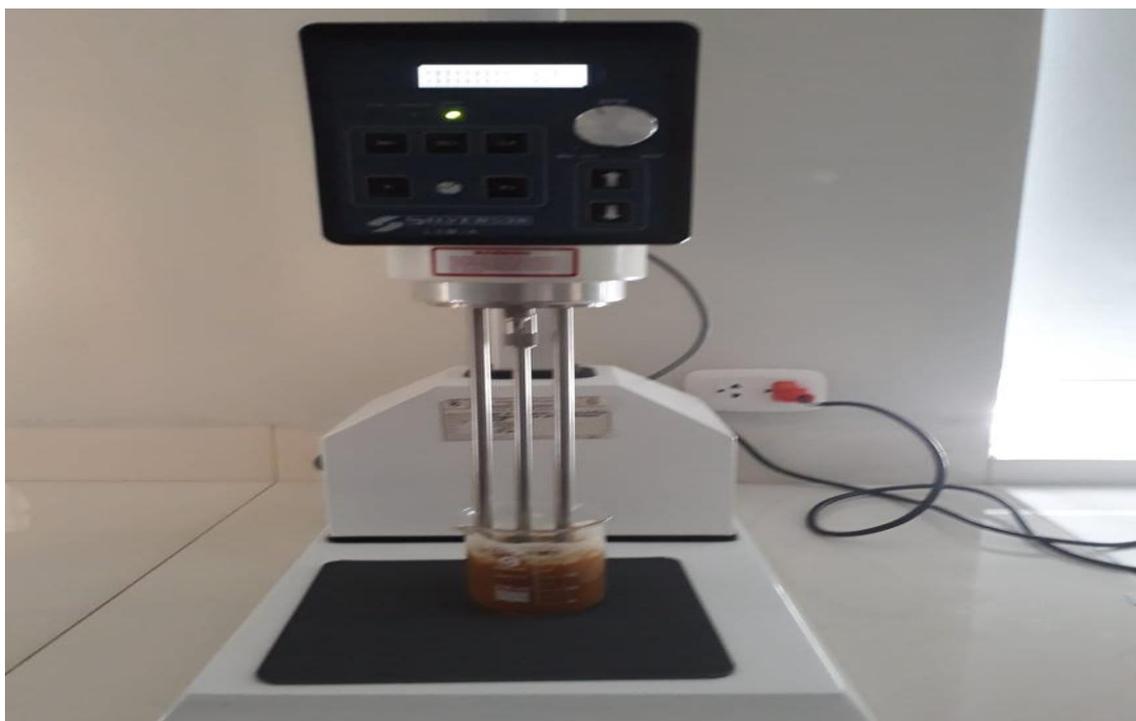
Anexo 8 Medición en el espectrofotómetro



Anexo 9 Termoagitador magnético



Anexo 10 Determinación del °Brix



Anexo 11 Homogeneizador