



UNAP



**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

EXÁMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN EL *Myrciaria dubia*
(CAMU CAMU)**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR:
SENDY SANTILLAN SINACAY**

**ASESOR
ING. JORGE LUIS CARRANZA GONZALES, Mgr.**

**IQUITOS, PERÚ
2018**



UNAP

**Facultad de
Industrias Alimentarias**


ACTA DE EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL AÑO 2018


En la ciudad de Iquitos, siendo las 18:00 horas, del día martes 27 de noviembre del 2018, en el Auditorio de la Oficina General de Bienestar Universitario de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se reunió el Jurado Calificador del Examen de Suficiencia Profesional Año 2018, designado con Resolución Decanal N° 254-FIA-UNAP-2018, con la presencia del Secretario Académico de la Facultad de Industrias Alimentarias, para dar inicio a la defensa de la Memoria Descriptiva titulado: **“COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN EL *Myrciaria dubia* (CAMU CAMU)”**, por la Bachiller **SENDY SANTILLAN SINACAY**, con un tiempo de 15 minutos de exposición, 30 minutos de resolución de las preguntas y 15 minutos de deliberación del Jurado Calificador .


La Bachiller **SENDY SANTILLAN SINACAY**, en la primera fase del proceso de titulación por la modalidad de Examen de Suficiencia Profesional, en el examen escrito obtuvo la nota de **13**, la que será sumada y promediada con la nota de la presentación oral y defensa de la Memoria Descriptiva.


Luego de la deliberación del Jurado Calificador, la Bachiller **SENDY SANTILLAN SINACAY**, obtuvo la nota de 15 en la presentación oral y defensa de la Memoria Descriptiva titulada: **“COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN EL *Myrciaria dubia* (CAMU CAMU)”**,


Siendo las 18:55 horas del día martes 27 de noviembre del 2018, el Jurado Calificador, conformado por don Alenguer Gerónimo Alva Arévalo, Presidente, don Elmer Trevejo Chávez, don Elmer Alberto Barrera Meza, doña Miriam Ruth Alva Angulo y don Juan Alberto Flores Garazatúa, al consolidar las notas del examen escrito y la presentación oral, con un valor de 50% cada una, tal cual lo establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Industrias Alimentarias en su Artículo 44° incisos a, b, c, d, y e, la Bachiller **SENDY SANTILLAN SINACAY** obtuvo la nota de 14 y declaran que, ha aprobada el **EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** con el calificativo de bueno y esta apta para iniciar sus trámites administrativos para la obtención del Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, en fe de lo cual suscriben la presente ACTA en ocho (8) ejemplares. Para constancia firmamos el presente documento;



 Alenguer Gerónimo Alva Arévalo
 Presidente
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 45167


 Elmer Trevejo Chávez
 Miembro
 Ingeniero Pesquero
 CIP: 199492


 Elmer Alberto Barrera Meza
 Miembro
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 116648


 Miriam Ruth Alva Angulo
 Miembro
 Licenciada en Nutrición
 CNP: 0130


 Juan Alberto Flores Garazatúa
 Miembro
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 31646


 Jorge Luis Carrasco González
 Asesor
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 1113



MIEMBROS DEL JURADO

Examen de suficiencia profesional aprobada en sustentación pública en la ciudad de Iquitos en las instalaciones del Auditorio de la Oficina General de Bienestar Universitario de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, llevado a cabo el día 27 de noviembre del 2018, siendo 18:00 horas del día Miércoles, siendo los Miembros del Jurado Calificador los abajo firmantes.



.....
ALENGUER GERONIMO ALVA AREVALO
Presidente



.....
ELMER TREVEJO CHAVEZ
Miembro



.....
JUAN ALBERTO FLORES GARAZATUA
Miembro



.....
MIRIAM RUTH ALVA ANGULO
Miembro



.....
ELMER ALBERTO BARRERA MEZA
Miembro

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para mi querida mamá Lila Yolanda Sinacay Benavides quien me apoyan incondicionalmente dándome ganas de salir adelante profesionalmente en todo momento.

Sendy Santillan

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme la vida, acompañarme en todo momento y permitir concluir satisfactoriamente mis estudios obteniendo un logro más en la vida.

A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, a la Facultad de Industrias Alimentarias por abrir sus puertas para mi formación profesional.

A mis docentes quienes me brindaron los conocimientos para ser el profesional que soy en día y sus consejos de vida que brindaron en cada clase durante mi época de estudiante.

Sendy Santillan

ÍNDICE GENERAL	
PORTADA	i
ACTA DE EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
MIEMBROS DEL JURADO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	2
1.1.1 <i>Myrciaria dubia</i>	2
1.1.1.1 Descripción taxonómica	2
1.1.1.2 Nombres comunes de la especie	2
1.1.1.3 Morfología	3
1.1.1.4 Características microbiológicas	4
1.1.1.5 Composición fisicoquímica	4
1.1.1.6 Análisis Fisicoquímico	4
1.1.2 Aspectos químicos	
1.1.3 Acido ascórbico	5
1.1.4 Radicales libres	7
1.1.5 Antioxidantes	8
1.1.5.1 Antioxidantes enzimáticos	8
1.1.5.2 Antioxidantes no enzimáticos	8
1.1.6 Capacidad antioxidante	9
1.1.7 Sustancias bioactivas en alimentos	9
1.1.7.1 Vitamina C	10
1.1.7.2 Antocianinas	12

1.1.7.3 Carotenoides	13
1.1.7.4 Polifenoles	14
1.1.7.5 Ácidos fenólicos	15
1.1.7.6 Flavonoides	18
1.1.7.6.1 Estructura química del flavonoide	18
1.1.7.6.2 Clasificación de los flavonoides	18
1.1.7.6.3 Efecto de la Salud de Antioxidantes Fenólicos	20
1.1.7.7 Taninos	20
1.1.7.7.1 Características de los taninos	20
1.1.7.7.2 Funciones de los taninos	21
1.1.7.7.3 Taninos hidrolizables o hidrosolubles	21
1.1.7.7.4 Taninos no hidrolizables o condensados	22
1.1.8 Alimentos Nutraceuticos	22
1.1.9 Actividad antimicrobiana del camu camu	25
1.1.10 Métodos de evaluación analíticos	27
1.1.10.1 Método cromatográficas	27
1.1.10.2 Método espectrofotométrico	27
1.1.10.3 Método DPPH	27
1.1.10.4 Método de titulación volumétrico	29
CAPÍTULO II: CONCLUSIONES	30
CAPÍTULO III: RECOMENDACIONES	31
CAPÍTULO IV: FUENTES DE INFORMACIÓN	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Clasificación taxonómica de <i>Myrciaria ubia</i>	02
Tabla 02. Características microbiológicas	04
Tabla 03. Análisis Fisicoquímico	04
Tabla 04. Cuantificación de compuestos bioactivos del camu camu	10
Tabla 05. Concentraciones de ácido ascórbico en camu camu	11
Tabla 06. Contenido de antocianinas	12
Tabla 07. Solventes orgánicos usados para la extracción de polifenoles	15
Tabla 08. Concentraciones de compuestos fenólicos	17
Tabla 09. Actividad antiinflamatoria	23
Tabla 10. Efecto Hipolipemico	23
Tabla 11. Propiedad antiplasmática	24
Tabla 12. Actividad antianémica	24
Tabla 13. Actividad en quemaduras	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Camu camu <i>Myrciaria Dubia</i>	02
Figura 02. Hojas, semillas y fruto del <i>Myrciaria Dubia</i>	03
Figura 03. Fruto verde, pintón y maduro del <i>Myrciaria Dubia</i>	03
Figura 04: Estructura química del ácido ascórbico	05
Figura 05: Inicio de la oxidación del ácido ascórbico	06
Figura 06: Conversión del ácido ascórbico a ácido dehidroascorbato	07
Figura 07: Factores externos de oxidación	07
Figura 08: Cambios de color de la antocianina del camu camu	12
Figura 09: Estructura química de compuestos polifenólicos en el camu camu	14
Figura 10: Estructura química del ácido Cafeico, Ferúlico y Clorogénico	16
Figura 11: Estructura del fenol	17
Figura 12: Núcleo básico del flavonoide	18
Figura 13: Estructura del flavonoide	19
Figura 14: Estructura del Isoflavonoide	19
Figura 15: Estructura del Neoflavonoide	19
Figura 16: Estructura química del tanino en el camu camu	20
Figura 17: Estructura del ácido gálico que es un tanino hidrolizable	21
Figura 18: Estructura del tanino no hidrolizable	22
Figura 19: Reacción entre DPPH y antioxidante (AH)	28

ABREVIATURAS

ATCC	: American Type Culture Collection
DPPH	: 1,1-difenil-2-picrilhidrazil
ABTS	: 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico.
ORAC	: Capacidad de absorción de radicales de oxígeno.
DAA	: Days after anthesis
HIV	: Virus de la inmunodeficiencia Humana.
HSV	: Virus simplex humano
DF	: Factor de dilución.
VCEAC	: Capacidad antioxidante equivalente a vitamina C.
TEAC	: Capacidad antioxidante equivalente a Trolox
PPO	: Polifenoloxidasas
HPLC	: La cromatografía líquida de alta resolución.
DFI	: 2,6 diclorofenol-indofenol.
EAG	: Equivalentes de ácido gálico.
LDL	: Lipoproteína de baja densidad

RESUMEN

Entre las frutas del mundo, el camu camu (*Myrciaria dubia*) tiene mayor concentración de vitamina C que el limón, esta fruta nativa tiene varios compuestos bioactivos como, antioxidantes, compuestos fenólicos, carotenoides y vitaminas, además de tener característica antioxidante, bactericida, bacteriostático y desinflamante; razón por el cual en el presente trabajo de estudio bibliográfico se revisó investigaciones que demuestren el beneficio en la salud, la contribución y efectividad de curación en enfermedades cardiovasculares para aquellas personas que sufren de obesidad, etapas iniciales de diabetes, entre otros.

Palabra clave: *Myrciaria dubia*, Vitamina C, Alimento funcional, Compuestos bioactivos.

ABSTRACT

Among the fruits of the world, camu camu (*Myrciaria dubia*) has a higher concentration of vitamin C than lemon, this native fruit has several bioactive compounds such as antioxidants, phenolic compounds, carotenoids and vitamins, in addition to having antioxidant, bactericidal, bacteriostatic characteristics. and anti-inflammatory; For this reason, in the present work of bibliographic study, investigations that demonstrate the health benefit, contribution and effectiveness of cure in cardiovascular diseases for those who suffer from obesity, initial stages of diabetes, among others, were reviewed.

Keyword: *Myrciaria dubia*, Vitamin C, Functional food, Bioactive compounds.

INTRODUCCIÓN

El camu camu (*Myrciaria dubia*) fruta nativa de la selva amazónica contiene alta concentración de ácido ascórbico (vitamina C), el cual se puede encontrar no solo en el Perú, también en los bosques tropicales de Brasil, Colombia, Ecuador, Bolivia y Venezuela. Actualmente la mayor producción de este fruto en el Perú se encuentra en las zonas de Pucallpa y Pevas de las cuales se obtiene subproductos de pulpa, cáscaras y semillas como masa deshidratada, masa fresca, zumo, pulverizados, etc con alto contenido de ácido ascórbico y antioxidantes nutricionales las cuales se exportan a Europa, Japón y Norte América.

Cuando las áreas de sembrío del camu camu tienen mejor calidad de compuestos químicos como fosforo y magnesio, mayor será las concentraciones de vitamina C, en cuanto al uso de abonos orgánicos como heces de aves y abono de lombriz favorecen un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas de camu camu.

El propósito de este trabajo fue realizar un estudio bibliográfico de las características del camu camu como alimento funcional, que contiene elementos bioactivos necesarios para una vida saludable y de calidad, como indican diversas investigaciones en el ámbito científico. Esto se llevó a cabo al no existir un documento con un consolidado de propiedades benéficas de *Myrciaria dubia*.

CAPÍTULO I:

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 *Myrciaria dubia*

Llamado comúnmente camu camu, crece de forma natural en áreas inundables cercanas a los ríos, cochas, quebradas, riachuelos y remansos de la amazonia peruana (Torres 2010 y Klinar 2009).

El crecimiento de camu camu en terrenos bajos tiene un pH de 4 a 4.5, y en terrenos altos es necesario agregar nutrientes artificiales (Hortofrutícola 2013).



Figura 01: Camu Camu *Myrciaria Dubia*

Fuente: hortofrutícola (2013)

1.1.1.1 Descripción taxonómica

Tabla 01: Clasificación taxonómica de *Myrciaria dubia*

Reino:	Plantae
Orden	<i>Myrtales</i>
Familia	<i>Myrtaceae</i>
Género	<i>Myrciaria</i>
Especie	<i>Myrciaria dubia</i>

Fuente: Rengifo (2009)

1.1.1.2 Nombres comunes de la especie

Myrciaria dubia tiene diferentes nombres comunes de acuerdo a cada país: Camu camu (Perú y Japón), Camo camo (Brasil), Arazá de agua (Colombia), Guayabo Guayabito (Venezuela), Camu Plus (USA) (Imán 2011).

1.1.1.3 Morfología

Según Pinedo 2011 y Chang 2013 la morfología es la siguiente:

- **Habitad:** Orillas de cuerpos de agua negra (cochas y ríos), o dentro del bosque inundable (tahuampas).
- **Tronco:** Liso y delgado con altura de 3m – 8m, y con diámetros de 10 – 15 cm.
- **Hojas:** Son enteras con pecíolo y sin estipulas, puntas delgadas y base redonda. La parte anterior de la hoja presenta un verde intenso y la parte posterior es verde sin brillo y opaco
- **Frutos:** De forma esférica con radio de 0.5 – 1.5 cm, y su pulpa es carnosa suave de sabor muy ácido, con 1 a 3 semillas reniformes de 8 a 5 mm de largo y 5.5 a 11mm de ancho. Varía de color rojo purpura o marrón al madurar.



Figura 02: Hojas, semillas y fruto del *Myrciaria Dubia*

Fuente: Chang (2013)



Figura 03: Fruto verde, pintón y maduro del *Myrciaria Dubia*

Fuente: Chang (2013)

1.1.1.4 Características microbiológicas

Tabla N°02. Características microbiológicas

Parámetros	Límite por g
Aerobios mesófilos viables	10 ⁻² ufc
Mohos y levaduras	10 ufc
Coliformes totales	Ausentes

Fuente: NTP (2007)

1.1.1.5 Composición fisicoquímica

Según la Norma Técnica Peruana (2007) tiene bajo contenido de sólidos totales de 5.0 – 6.5°Brix, un pH ácido de 2.3 – 3.0 y alto contenido de acidez total de 2.3 – 4.3%. Para que una bebida nutracéutica de camu- camu fortalezca el sistema inmunológico, los frutos deben tener los siguientes valores: sólidos solubles 6.20 y 6.70°Brix, pH 3.0 y 3.2, acidez cítrica 2.50 y 1.80%, para el estado pintón y maduro, respectivamente (Salas et al 2002).

1.1.1.6 Análisis Físicoquímico

Tabla N°03. Análisis Físicoquímico (base 100g de pulpa)

Componentes	Cantidad
Agua (g)	94,40
Calorías (Cal)	17,00
Proteínas (g)	0,50
Carbohidratos (g)	4,70
Fibra (g)	0,60
Ceniza (g)	0,20
Calcio (mg)	27,00
Fosfato (mg)	17,00
Tiamina (mg)	0.01
Riboflavina (mg)	0,04
Niacina (mg)	0,062
Vitamina C (ácido ascórbico total) (mg)	1410,00
Compuestos fenólicos (mg)	861,73
Antocianinas totales (mg)	9,98
Flavonoides (mg)	6,53

Fuente: Justi (2000)

En diversos estudios, el contenido de humedad se encuentra de 91 – 94% la cual se incrementa a medida que madura el fruto y los carbohidratos totales disminuyen (Fujita et al 2015).

Con respecto al contenido graso y fibra total, suele incrementarse de 0.16% a 0.21% y 0.51% a 0.71% que va desde el estado verde a maduro respectivamente (Rodríguez et al 2020).

1.1.2 Aspectos químicos

El contenido del camu camu tiene concentraciones mayores a 2000mg/100 g de ácido ascórbico (vitamina C); asimismo se identificaron 14

minerales primordiales a través de la absorción atómica como sodio, cloro, calcio, potasio, magnesio, hierro, manganeso, aluminio, zinc, boro, cobre, cobalto y cadmio. Adicionalmente se encuentran compuestos fenólicos totales e individuales, carotenoides, antocianinas totales, ácidos grasos y aminoácidos (García et al 2007).

1.1.3 Ácido ascórbico

Es una vitamina esencial también conocido como vitamina C, con formula química $C_6H_8O_6$. Es considerado uno de los más potentes agentes antioxidantes, además de ser hidrosoluble (Serra 2004).

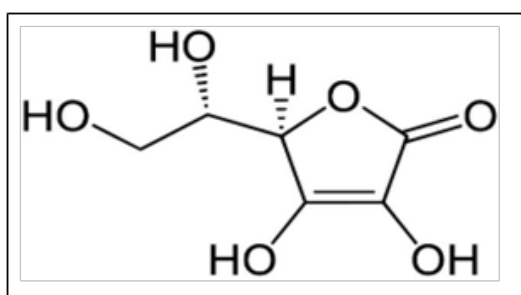


Figura 04: Estructura química del ácido ascórbico

Fuente: Gallie (2013)

Es necesario conocer la cinética y los procesos necesarios para minimizar los efectos de la destrucción de nutrientes y vitaminas durante el tratamiento térmico, debido a que reduce el valor nutricional (Bineesh et al 2005).

La evaluación del contenido de ácido ascórbico en cáscara de camu camu en los tres estados de madurez fueron: estado maduro 21.95 mg ácido ascórbico/g muestra, estado pintón 20.50 mg ácido ascórbico/g muestra y el estado verde 13.78mg ácido ascórbico/g muestra (Villanueva et al 2010).

El camu camu es un buen antioxidante natural por lo cual está mejor protegido contra los radicales libres ante la reacción con el oxígeno singlete (Hughes 2008) y prevención de daños en la peroxidación en los sistemas biológicos (Khomdram y Devi 2010), lo cual contribuye a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, arteriosclerosis y algunos tipos de cáncer (Rekha et al 2012). Además de funcionar en la formación de colágeno, reducción del nivel de colesterol en plasma, absorción de hierro inorgánico, inhibición de la formación de nitrosamina y la mejora del sistema inmune; ayuda en la prevención

del escorbuto, mantenimiento de la piel sana, encías y vasos sanguíneos (Rekha et al 2012).

Entre los diferentes factores del pardeamiento no enzimático además de la naturaleza de azúcares reductores, se encuentran la temperatura, actividad de agua y pH bajos siendo el valor óptimo entre 6 a 8 (Cheftel 1997).

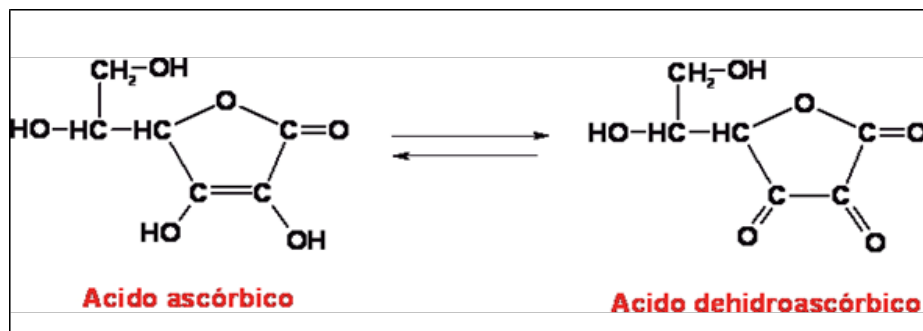


Figura 05: Inicio de la oxidación del ácido ascórbico

Fuente: Chang (2013)

La primera formación se da del ácido monodehidroascórbico y luego el ácido dehidroascórbico, donde el ácido dehidroascórbico (DHA) en forma oxidada es biológicamente activo como el ácido L-ascórbico (forma reducida). En la fruta intacta, los cambios de reducción a la forma oxidada y viceversa continúan teniendo lugar en función de equilibrio de iones de hidrógeno. El nivel de DHA aumenta durante el almacenamiento de los cítricos y la presencia de DHA es menor (1.0 a 4.6 mg/100 g) inicialmente luego contribuye menos del 10% de la vitamina C total durante el almacenamiento, el DHA aumentó aproximadamente de 3.0 a 6.0 mg/100 g (Ladinaya 2008).

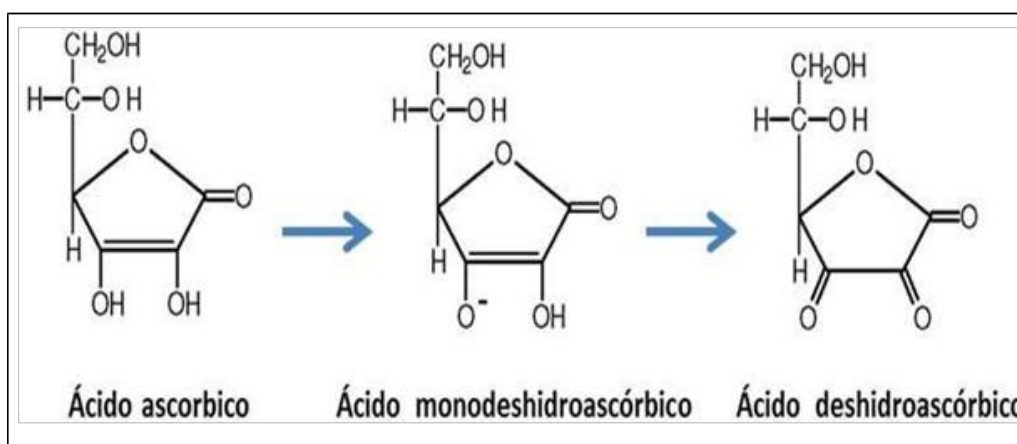


Figura 06: Conversión del ácido ascórbico a ácido dehidroascorbato

Fuente: Ladinaya (2008)

El ácido ascórbico se oxida fácilmente en presencia de oxígeno y la rapidez de oxidación aumenta cuando se eleva la temperatura (Ramos 2002).



Figura 07: Factores externos de oxidación
Fuente: Chang (2013)

1.1.4 Radicales libres

Es un conjunto de átomos donde sus niveles energéticos presentan uno o más electrones desapareados lo que le hace extremadamente inestable y con gran poder reactivo para producir otros radicales libres en una reacción en cadena (Núñez 2011).

Las Especies Reactivas de Oxígeno (ERO) son capaces de producir radicales libres en el organismo humano debido a que incluyen radicales libres y moléculas derivadas del oxígeno de interés biológico con una elevada reactividad (Scandalios 1992). Entre las más comunes y de mayor importancia biológica se encuentran: oxígeno singlete ($1O_2$), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), radical hidroxilo (HO), radical alcoxilo (RO), óxido nítrico (NO), radical-anión superóxido (O_2^-), ácido hipocloroso (HOCl) y peroxinitrito ($ONOO^-$). También existen otra clase de radicales libres cuyos centros son átomo de carbono, azufre o nitrógeno (Scandalios 1992).

1.1.5 Antioxidantes

Entre los principales antioxidantes naturales se encuentran los compuestos fenólicos, ácido ascórbico, tocoferol y los carotenoides, siendo

encontrados con mayor frecuencia en fuentes vegetales, destacando los frutos, semillas y aceites vegetales (Sotero et al 2009).

1.1.5.1 Antioxidantes enzimáticos

Las enzimas antioxidantes catalizan la desactivación selectiva de las especies reactivas generadas como también eliminan aquellos componentes que las especies reactivas hayan alterado. El recambio celular por el cual las estructuras y los materiales alterados se eliminan y se resintetizan de nuevo es capital para evitar la acumulación de material inservible, que puede generar graves disfunciones (Tur 2004).

Existen tres sistemas principales de enzimas antioxidantes que actúan a nivel celular (González et al 2001):

- a) Superóxido dismutasa (SOD)
- b) Catalasa (CTL)
- c) Glutación peroxidasa (GPX)

1.1.5.2 Antioxidantes no enzimáticos

Estos antioxidantes también son conocidos como antioxidantes exógenos, donde los cofactores esenciales de las enzimas antioxidantes que actúan contra el daño oxidante son el glutati6n en su forma reducida (GSH), algunos minerales como selenio, zinc o vitaminas como riboflavina, 6cido asc6rbico (vitamina C) y α -tocoferol (vitamina E) (Hicks et al 2006). Los niveles de efectividad, que no se sintetizan en el organismo, dependen del equilibrio del propio consumo end6geno y los aportes de la dieta (Zuñiga 2005).

Estos antioxidantes actúan recibiendo o donando electrones en las reacciones de 6xido-reducci6n, los minerales controlan la actividad de las enzimas antioxidantes funcionando como cofactores (Criado y Moya 2009).

Son consumidos a trav6s de alimentos y 6nicos que pueden ser penetrados al organismo de forma premeditado por voluntad e inter6s que tenga de consumir una dieta adecuada de cada individuo (Lima 2002).

1.1.6 Capacidad antioxidante

Los antioxidantes poseen un importante papel durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos, debido a que la oxidaci6n en los alimentos

causa cambios en las características sensoriales como a la disminución del valor nutricional (Castel 2010).

Los componentes de las frutas, verduras y bebidas como fenoles, flavonoides y conjugados de ácido hidroxicinámico muestran actividades antioxidantes in vitro en un amplio rango (Rice-Evans et al 1999).

Los efectos fitoquímicos de los aditivos y sinérgicos de las frutas y verduras pueden ser responsables de actividades contra el cáncer de manera más eficiente que los suplementos dietéticos (Liu 2018).

En el efecto sinérgico se puede dar diferencias entre antioxidantes como el caso donde el efecto del antioxidante total es más grande que la suma del antioxidante individual, y no se verá reflejado toda su acción cuando se realice el aislamiento de un componente (Kim 2002).

Se demostró que el ácido eláxico en sinergismo con otros polifenoles reduce los niveles de LDL (lipoproteína de baja densidad) la cual previene colesterolemias (Anderson et al 2001).

1.1.7 Sustancias bioactivas en alimentos

Son sustancias no nutritivas ni esenciales para la salud humana, pero tienen un impacto significativo en el curso de algunas enfermedades, el cual tienen una intervención en el metabolismo secundario de los alimentos como sustancias aromáticas, colorantes (pigmentos), protectores naturales frente a parásitos, reguladores de crecimiento entre otros (Palencia 2002).

Partiendo de evidencia científica, fisiológicamente los alimentos funcionales en la prevención de enfermedades y promoción de la salud, enfatiza lo siguiente (Pérez 2005):

1. Existe una fuerte relación entre los alimentos que se consumen y la salud humana.
2. Se crearon nuevos productos en gran volumen con nuevas tecnologías en biotecnología e ingeniería genética.
3. El desarrollo logrado ha resultado en un aumento en el número potencial de productos con beneficios médicos para la salud.

Principalmente los compuestos bioactivos son vitamina C, antioxidantes, carotenoides y compuestos fenólicos como antocianinas y taninos (Valencia y Guevara 2013; Cantillano et al 2012).

En la siguiente tabla se muestra la cuantificación de los compuestos bioactivos del camu camu.

Tabla N°04. Cuantificación de compuestos bioactivos del camu camu

Parte	Polifenoles mg/100g	Antocianina mg/100g	Flavonoides mg/100g	Ácido Ascórbico mg/100g
Pulpa	23168.0 \pm 932.7	74.04 \pm 4.7	994.97 \pm 194.0	14337.94 \pm 2506.1
Cascara	17905.5 \pm 1302.5	109.50 \pm 33.8	2012.32 \pm 102.1	10506.37 \pm 5039.2
Semilla	2969.2 \pm 113.1	35.33 \pm 19.3	218.78 \pm 0.1	87.8 \pm 20.5

Fuente: Sotoro (2009)

1.1.7.1 Vitamina C

La *Myrciaria dubia* (camu camu), fruta nativa de la región amazónica es considerada 30 veces más de contenido de ácido ascórbico a diferencia de otros cítricos como naranja, limón o mandarina (Imán et al 2011).

El ácido ascórbico es necesario para la prevención del escorbuto, mantenimiento de piel sana, encías y vasos sanguíneos, también funciona en la formación de colágeno, mejora del sistema inmune, reducción del nivel de colesterol en plasma, absorción de hierro inorgánico, inhibición de la formación de nitrosamina, reacción con oxígeno singlete y otros radicales libres.

En polvo de pulpa de camu camu su contenido de vitamina C fue 3.51 \pm 0.97g/100g, siendo menor en la harina de camu camu con 9.04 \pm 0.95g/100g) (Fracassetti et al 2013).

El camu camu es considerado un buen antioxidante natural por aportar importantes cantidades de vitamina C y con ello el organismo estará mejor protegido contra los radicales libres (Hughes 2008).

Tabla N°05 Concentraciones de ácido ascórbico en camu camu

Muestra	Concentración de Vitamina C en 100 g	Parte utilizada	Método utilizado	Fuente
Fruto entero Pulpa Cáscara semillas	1420 mg 1770 mg 2450 mg 610 mg	Fruto entero, pulpa, cáscara, semillas	Titulación	Klimar, <i>et al.</i> , (2009)
Pulpa Cáscara semilla	4337.9 mg 10506.3 mg 87.08 mg	Pulpa, cáscara y Semillas	HPLC	Sotero <i>et al.</i> , (2009)
Inmaduro verde pintón pintón-maduro maduro	1.78 % 2.05 % 2.34 % 2.86 %	Frutos	Titulación	Klimar, <i>et al.</i> , (2009)
Cáscara	1868±283 mg/100g	Frutos	Espectrofotometría UV	García, <i>et al.</i> , (2007)
Cáscara mesocarpo	3092.62 mg 1640,57 mg	Cáscara y pulpa	Titulación	Maeda, <i>et al.</i> , (2006)

Fuente: Couturier (1998)

Se encontraron compuestos volátiles como: etil acetato, α - pineno, α - fencheno, etil butirato, canfeno, β - pineno, β - mirceno, α - felandreno, α - terpineno, d-limoneno, β -felandreno, γ -terpineno, p -cimeno, terpinoleno, fenchol, β -cariofileno (Franco et al 2000); y en la cáscara del camu camu, el α pineno y limoneno (Guijano et al 2007).

1.1.7.2 Antocianinas

La cianidina-3- glucósido es responsable del color rojo del camu camu y de otros frutos (Zanatta et al 2005).

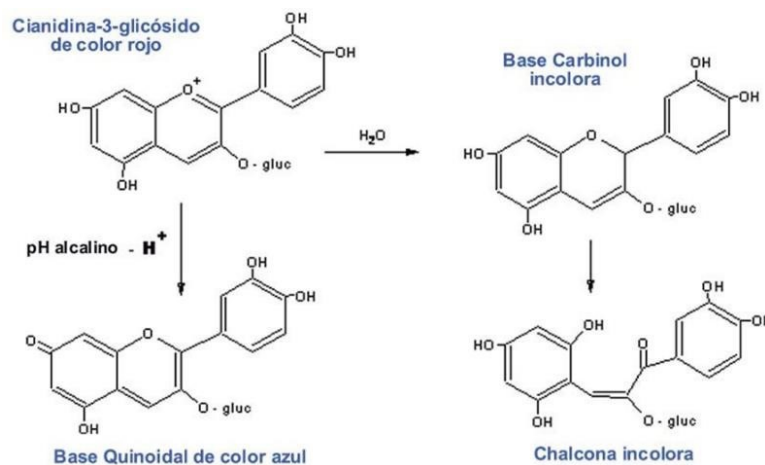


Figura 08: Cambios de color de la antocianina del camu camu

Fuente: Chang (2013)

En la tabla se muestra que el contenido de antocianinas en estado fresco de cáscara madura de camu camu, presenta mayor contenido (Heldman 1998).

Tabla N°06. Contenido de antocianinas

Cáscara		Cianidina-3-glucósido (mg.L ⁻¹) ¹
Fresco	Maduro	46,42 ± 0,52 ^a
	Pintón	3,83 ± 0,11 ^b
Seco	Maduro	ND
	Pintón	ND

Fuente: Heldman (1998)

Para el proceso de extracción de antocianinas se puede llevar a través de temperatura, polaridad del solvente, velocidad de agitación, y tamaño de la partícula, los que permiten lograr un buen contacto del sólido con el solvente, incrementando el proceso de difusión, mejorando la transferencia de los diversos componentes sólidos y con ello disminuir el tiempo de extracción (Heldman 1998).

Luego del secado, las antocianinas no son detectadas, debido a la degradación que sufrieron (Ozkan et al 2012). A partir de la reacción del ácido ascórbico con el agua y enzimas presentes en la cáscara del camu camu se forma el peróxido de hidrógeno (Fernández 1995).

Para la cuantificación de antocianinas fue necesario pesar 0.5 g de muestra y agitar por 15 minutos con agua (como solvente), del filtrado se tomaron dos alícuotas (cada alícuota de 2 mL) previamente diluido con buffer de pH 1.0 y pH 4.5; luego de ello se llevó a lectura de absorbancia a 510 nm, y su concentración fue calculada mediante la siguiente Ecuación (Sandoval et al 2002; Buratti et al 2001).

$$C(\text{mg/ml}) = (A_{\text{pH}1.0} - A_{\text{pH}4.5}) \times 482,82 \times \frac{1000}{24825} DF$$

Donde: 484.82 es la masa molecular de la cianidina-3-glucósido, el valor de 24825 es la absortividad molar a 510 nm, a pH = 1.0 y pH = 4.5 es la corrección de la formación de productos de degradación y DF es el factor de dilución.

1.1.7.3 Carotenoides

Son compuestos naturales presentes en plantas, variedad de animales, hongos, algas y bacterias (Heredia 2007) y presentan una fuente de provitamina A, con actividad antioxidante (Carranco et al 2011).

el contenido de altas concentraciones de carotenoides en el proceso de maduración del camu camu fue en los frutos cosechados a los 53 días después de la antesis (DAA = days after anthesis) con 0.6 mg carotenoides totales/100g de pulpa de camu camu y 0.08 mg carotenoides totales/100g de piel de camu camu. Estas concentraciones disminuyeron con la madurez de la fruta a los 102 DAA cuyos resultados fueron de 1mg/100g y 0.005mg/100g en pulpa y piel de camu camu respectivamente (Neves et al 2015).

El camu camu tiene β - caroteno en concentraciones de 72.8 a 142.3 μ g / 100g y luteína en concentraciones de 75.6 a 93.1 μ /100g (Zanatta et al 2007).

Existen dos tipos de carotenoides (Zenatta et al 2007):

- Los carotenos: Que no contienen oxígeno en sus anillos terminales como el β caroteno y licopeno.
- Las xantofilas: Que contienen oxígeno en sus anillos terminales como la luteína.

1.1.7.4 Polifenoles

Son sustancias químicamente heterogéneas de aproximadamente 10000 compuestos individuales; algunos solamente son solubles en solventes orgánicos (Barrios 2007). Los polifenoles constituyen los metabolitos secundarios de los vegetales, donde tienen diversas funciones fisiológicas, además intervienen en el crecimiento y reproducción de las plantas, procesos defensivos contra patógenos, depredadores e incluso radiación ultravioleta (Almajano 2009).

Estos compuestos presentan un anillo benzo hidroxilado, como un elemento común en todas sus estructuras moleculares, las cuales pueden incluir grupos funcionales como glicósidos, esters, metil-esters, etc. En los alimentos, los compuestos fenólicos se presentan conjugados con azúcares, como la glucosa, galactosa, arabinosa, ramosa, xilosa o los ácidos glucorónicos y galacturónicos. También pueden unirse con ácidos orgánicos, aminoácidos, ácidos carboxílicos y lípidos (Almajano 2009).

Los polifenoles desempeñan un papel importante en las características sensoriales (color, aroma, sabor) y nutricionales (González et al 2001).

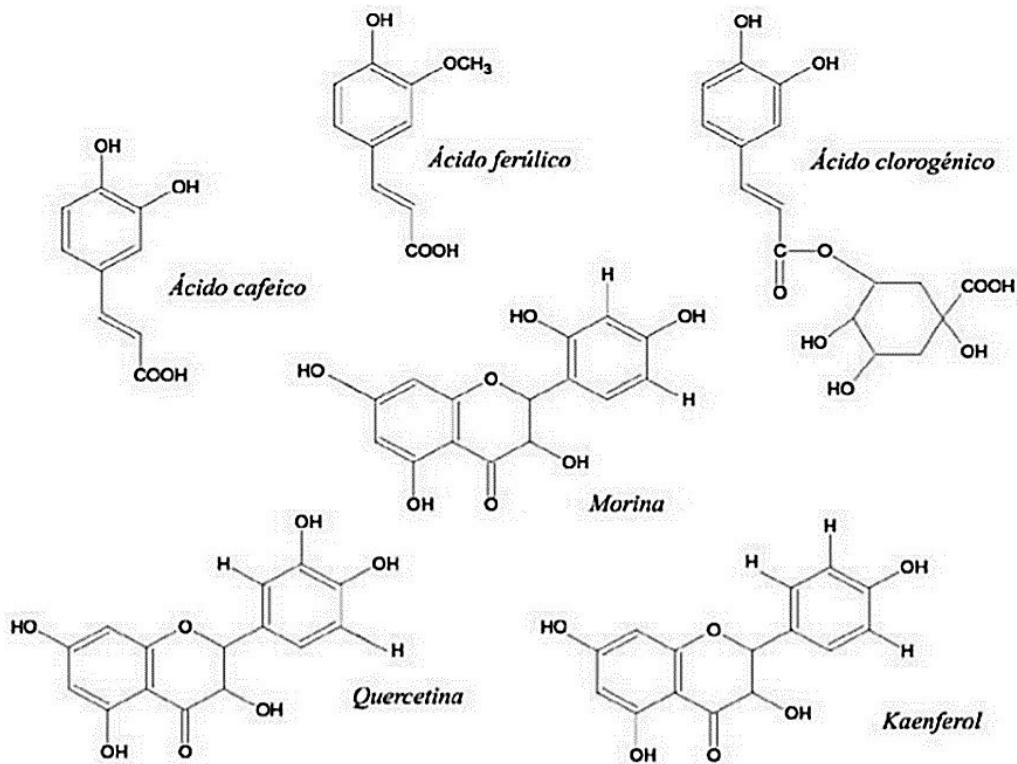


Figura 09: Estructura química de compuestos polifenólico en el camu camu

Fuente: Muños et al (2007)

Tabla N°07. Solventes orgánicos usados para la extracción de polifenoles

Compuestos Polifenolicos	Solventes	Referencias
Phenolic acids, flavonols, antocyanins	Ethyl acetate	Pinelo <i>et al.</i> (2005); Russel <i>et al.</i> (2008)
Anthocyanins, Phenolic acids, catechins, flavanones, flavones, flavonols, procyanidins, ellagic acids, Rutin, chlorogenic acids	Methanol and different aqueous forms (50-90%, v/v)	Bleve <i>et al.</i> (2008); Caridi <i>et al.</i> (2007); Ross <i>et al.</i> (2009); Mattila and Kumpulainen (2002)
Anthocyanins, flavonols, free phenolic acids	Ethanol and different aqueous forms (10-90%, v/v)	Altiok <i>et al.</i> (in press); Balas and Popa (2007); Wang <i>et al.</i> (2009); Bleve <i>et al.</i> (2008). Bucic-Kojic <i>et al.</i> (2006); Corrales <i>et al.</i> (2009); Ross <i>et al.</i> (2009).
Flavonols, free phenolic acids	Chloroform	Sharififar, Dehghn-Nudeh, and Mirtajaldini (2009)
Flavonols, phenolic acids	Dietyl ether	Ross <i>et al.</i> (2009)
Proantocyanidins, phenolic acids	Hot water 80-100°	Diouf, Stevanovic, and Cloutier (2009)
Tannins, bound phenolic acids	NaOH (2N-10N)	Nardine <i>et al.</i> (2002); Popa <i>et al.</i> (2008); Ross <i>et al.</i> (2009)
Phenolic compounds, phenolic acids	Petroleum ether	Zhang <i>et al.</i> (2009)
Flavonols, phenolic acids, hydroxycinnamic acids, coumarins, Flavonols xanthones	Acetone/water 10-90% (v/v)	Altiok <i>et al.</i> (in press); Nacz & Shahidi (2006); Sharififar <i>et al.</i> (2008); Schieber <i>et al.</i> (2003)
Flavonols, phenolic acids, simple phenolics, anthocyanins	n-Hexane, isooctane, ethyl acetate	Alonso Garcia <i>et al.</i> (2004)
Polyphenols from olive leaves, oleuropein and rutin	Acetone, ethanol and their aqueous forms (10-90%, v/v)	Altiok <i>et al.</i> (in press)
Flavonols, quercetin 3,4'-diglucoside and quercetin 4'-monoglucoside	Methanol/water 70% v/v	Caridi <i>et al.</i> (2007)

Fuente: Ignat et al (2011)

1.1.7.5 Ácidos fenólicos

Forman un grupo derivados del ácido hidroxibenzoico y ácido hidroxicinámico (ácidos p-cumárico, ferúlico y cafeico). Generalmente están presentes en diversas formas conjugadas, siendo más frecuentes como ésteres en lugar de glucósidos. En los alimentos el miembro más importante es el ácidoclorogénico, un éster del ácido cafeico con el ácido ferúlico y se encuentran tres grupos importantes de fenólicos dietéticos son: ácidos fenólicos, flavonoides y polímeros fenólicos (Palencia 2002).

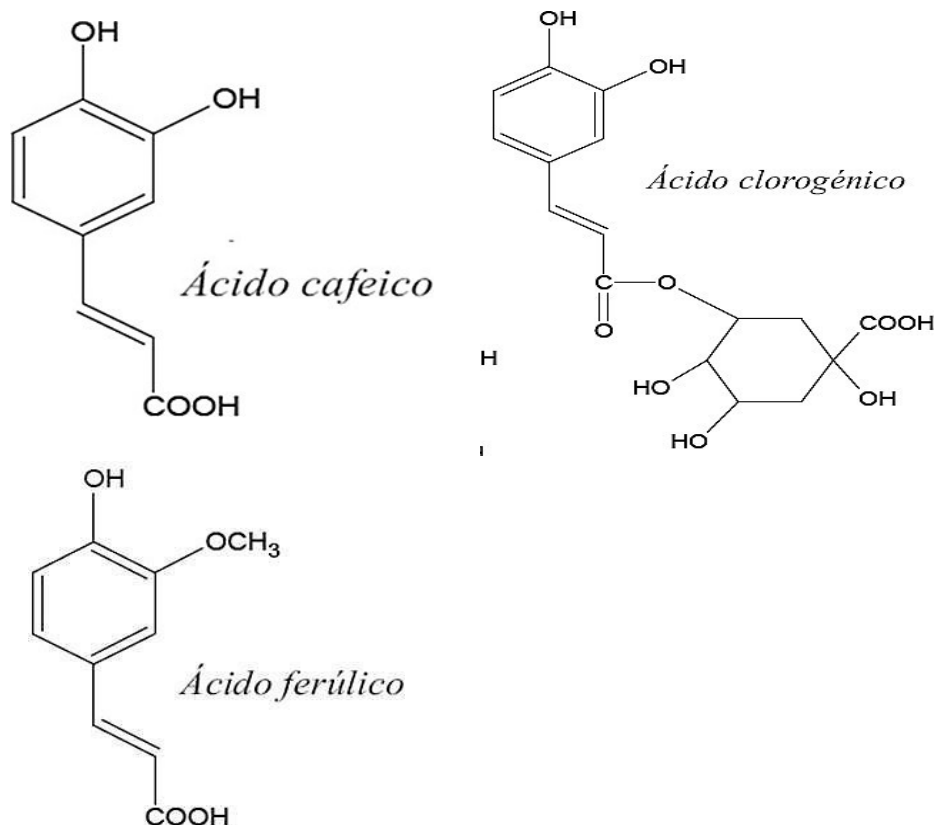


Figura 10: Estructura química del ácido Cafeico, ácido Ferúlico y ácido Clorogénico
Fuente: Palencia 2002

Los tres grupos más importantes de fenólicos dietéticos son los ácidos fenólicos, flavonoides y los polímeros fenólicos (Palencia, 2002).

A diferencia de otras frutas amazónicas tropicales, este fruto, tiene diversos compuestos fenólicos como antocianinas, flavonoides, elagitaninos, proantocianinas, ácido elágico y gálico (Myoda et al 2010), en la pulpa su contenido fenólico fue 8.66 mg/100 g, pulpa en polvo 48.5 mg/100g, semillas 336.03 mg/100g, cáscara 10.50 mg/100g, mientras que el mayor valor se presentó en harina de camu camu con 672.49 mg/100g (Fracassetti et al 2013).

Los fenoles comprenden alrededor de 8000 compuestos que aparecen en el medio ambiente. Su estructura común posee: anillo fenol, un anillo aromático que lleva por lo menos un sustituyente hidroxilo (Shahidi y Naczk 1995).

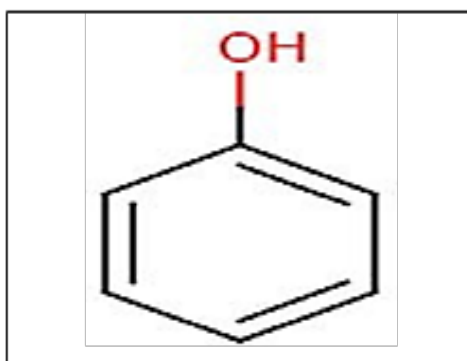


Figura 11: Estructura del fenol
Fuente: Shahidi y Naczk (1995)

Se ha comprobado que impidieron la replicación del virus de la inmunodeficiencia Humana (HIV) y del virus simplex humano (HSV), impiden la glucosa transferasas del *Streptococcus mutans* (caries dental), inhiben la autooxidación del escorbuto, de tal modo impiden efectos citotóxicos. La actividad antioxidante de los fenoles es el origen de funciones biológicas, así como la antimutagénica, anticancerígena y antienvjecimiento (Proestos et al 2005).

Se conoce que el abundante consumo de frutas y verduras en la dieta tiene grandes beneficios para el mantenimiento de la salud y la prevención de enfermedades de acuerdo con las evidencias epidemiológicas (Robbins 2003).

Existe la relación donde el alto contenido de antioxidantes impide enfermedades provocadas por el daño oxidativo, como la hemiplejias, enfermedades cardíacas y cáncer (Robbins 2003).

Tabla N°08. Concentraciones de compuestos fenólicos

Camu- Camu	Ácido clorogénico, mg/100g	Catequina, mg/100g	Epicatequina, mg/100g	Rutina, mg/100g
Pulpa	32,85±12	28,03±01	30,52±01	9,015±01
Cascara	12,29±2,6	47,29±2,1	29,96±0,1	4,85±0,1

Fuente: Sotero et al (2009)

1.1.7.6 Flavonoides

Los flavonoides impiden abundantes efectos biológicos, uniendo la capacidad antioxidante, antialérgica, antiviral, antibacteriana, antiinflamatoria, vasodilatadora y antitrombótica (Siddhuraju y Becker 2003).

Hasta el momento se han descubierto alrededor de 600 flavonoides las cuales presentan propiedades medicinales como anticancerosas, cardiotónicas, disminución de colesterol, protección del hígado y estómago, antiinflamatorias y analgésica antimicrobianas (Botanical 1999).

1.1.7.6.1 Estructura química del flavonoide

Se conoce aproximadamente de diez tipos de flavonoides, las cuales comprenden quince átomos de carbono en su núcleo básico conformado dentro un sistema $C_6 - C_3 - C_6$, de los cuales dos anillos aromáticos denominados A y B están conjugados por tres carbonos realizan un tercer anillo, como también puede darse el caso que no se encuentre el tercer anillo, pero en caso de encontrarse es denominado anillo C (Lock 1997).

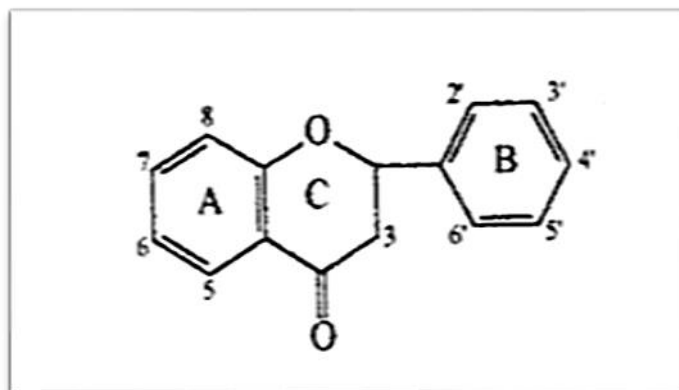


Figura 12: Núcleo básico del flavonoide
Fuente: Lock (1997)

1.1.7.6.2 Clasificación de los flavonoides

Se determinan, según su esqueleto y vía metabólica en: Flavonoides, derivados de la estructura 2-fenilcromen-4-ona (2-fenil-1,4-benzopirona).

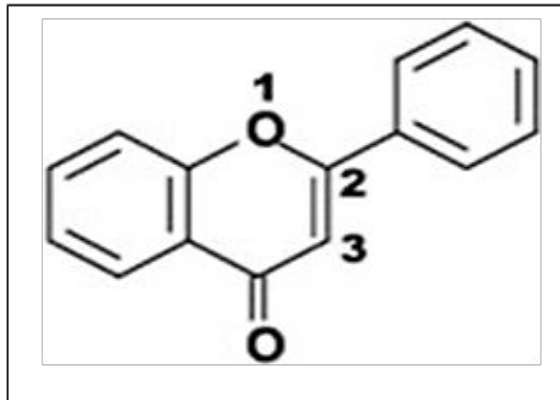


Figura 13: Estructura del flavonoide
Fuente: IUPAC (1997)

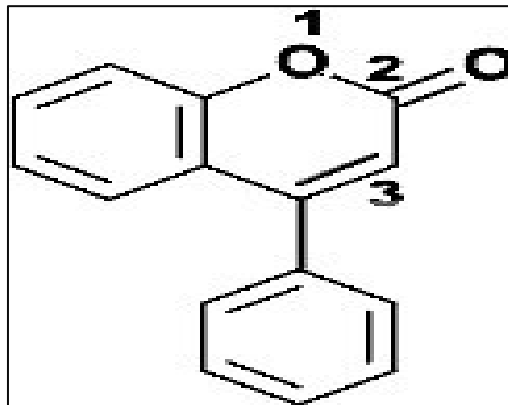


Figura 14: Estructura del flavonoide
Fuente: IUPAC 1997

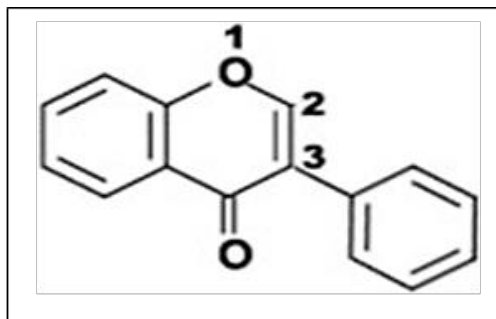


Figura 15: Estructura del Neoflavonoide
Fuente: IUPAC (1997)

Neoflavonoides, derivados de la estructura 4-fenilcumarina (4-fenil1,2benzopirona). Se conocen de 6 o 7 grupos principales de flavonoides, según las clases funcionales que poseen: las flavonas, antocianinas, flavonoles, flavandioles, taninos condensados, y otros autores consideran también a las auronas, y chalconas (Williams 2004).

1.1.7.6.3 Efecto de la Salud de Antioxidantes Fenólicos

La ingesta diaria promedio en la dieta es aproximadamente 1g por persona; las principales fuentes son bebidas, frutas y en menor medida, verduras y legumbres (Scalbert y Williamson 2000).

1.1.7.7 Taninos

Contienen muchos grupos hidroxilo fenólicos en sus estructuras (Kaneshima et al 2016) y son considerados sustancias astringentes, encontrados en algunos tejidos vegetales para curtir pieles (Fenema 1993).

Se extrajeron taninos del polvo de semilla, pulpa y piel del camu camu con una solución agua – metanol al 50% (Fracassetti et al 2013).

El tanino es un compuesto fenólico que se oxida al contacto del aire, es inodoro y de sabor agrio, soluble en agua, alcohol y acetona; reacciona con el cloruro férrico y otras sales. Se pueden utilizar también técnicas cromatográficas dentro de ellas cromatografías para la identificación (Fenema 1993).

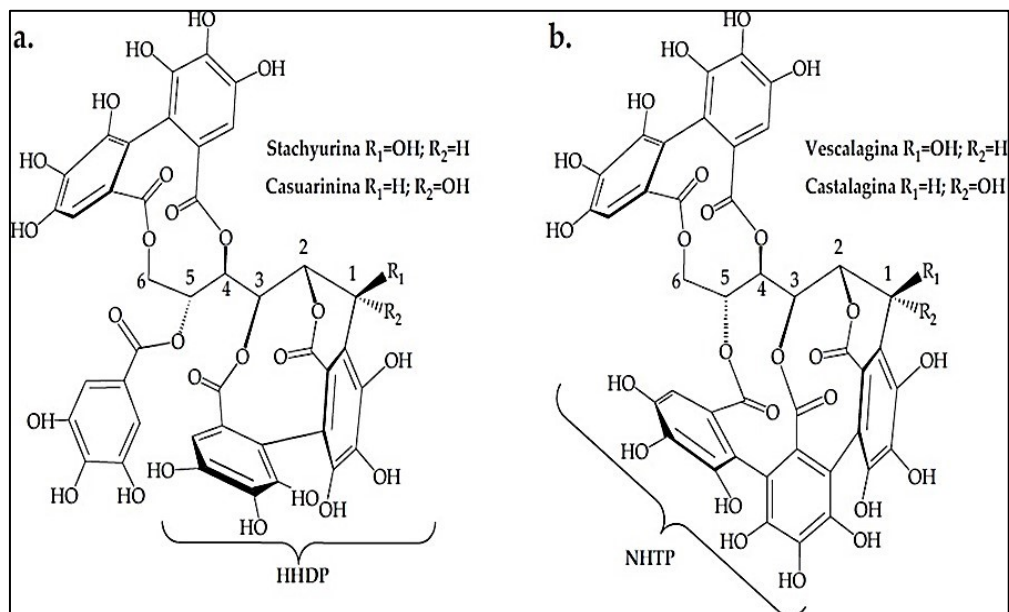


Figura 16: Estructura química de taninos en el camu camu

Fuente: Jourdes et al (2009)

Actividades antioxidantes medidas por los ensayos DPPH y ABTS, revelaron que el tanino stachyurin mostró la actividad antioxidante más fuerte entre los taninos (Kaneshima et al 2016).

1.1.7.7.1 Características de los taninos

Son metabolitos secundarios químicamente no cristalizables, con soluciones acuosas coloidales, de reacción ácida y sabor astringente, precipitados con gelatina, albúmina y alcaloides en solución. Dan coloraciones negro azuladas o verdosas con sales férricas produciendo un color rojo intenso con ferrocianuro de potasio y amoníaco (Badui 1993).

1.1.7.7.2 Funciones de los taninos

Los taninos pueden inactivar las enzimas digestivas de los herbívoros y originar complejos agregados de taninos y proteínas de plantas que son difíciles de absorber. El elevado número de restos de prolina les concede a estas proteínas una organización flexible y abierta, y un alto grado de hidrofobia que ayuda su unión con los taninos (Corder 2001).

Los polifenoles de las plantas funcionan como defensas contra los microorganismos. Por ejemplo, el corazón de madera muerta de muchos árboles

contiene altas concentraciones de taninos que ayudan a prevenir el desmoronamiento por ataques de hongos y bacterias patógenos (Corder 2001).

1.1.7.7.3 Taninos hidrolizables o hidrosolubles

Son polímeros heterogéneos por ácidos fenólicos, en particular ácido gálico y azúcares simples. Cuando son condensados son más pequeños y más solubles en agua, suficiente el ácido diluido para lograrlo. Los núcleos bencénicos están unidos por medio de átomos de oxígeno y el cual da una coloración azul con FeCl_3 , no precipitan con soluciones de bromo (Badui 1993).

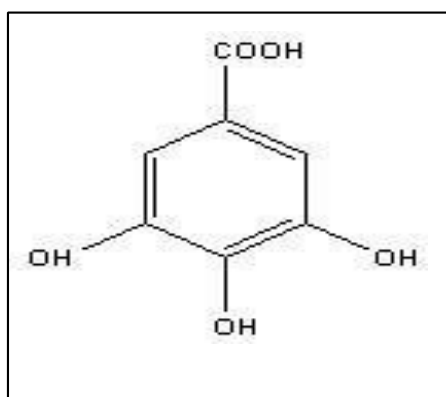


Figura 17: Estructura del ácido gálico que es un tanino hidrolizable
Fuente: Badui (1993)

1.1.7.7.4 Taninos no hidrolizables o condensados

Son polímeros de un flavonoide que se puede encontrar en madera de las plantas leñosas, las cuales dan coloración verde con FeCl_3 y se precipitan con soluciones de bromo (Badui 1993).

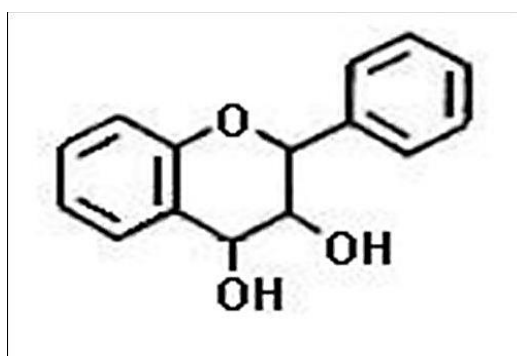


Figura 18: Estructura del tanino no hidrolizable
Fuente: Badui (1993)

1.1.8 Alimentos Nutraceuticos

También considerados alimentos naturales, son aquellos alimentos que contienen compuestos positivos que aporta beneficios en la salud humana incrementando la calidad de vida formando también parte de la prevención y tratamiento de enfermedad (Delgado y Paredes 2003).


Es evidente que nuevos productos de alimentación deberán ser apuntados a la prevención / tratamiento de enfermedades más importantes por todo el mundo, como es la enfermedad cardiovascular, cáncer, diabetes, obesidad, y osteoporosis (Delgado y Paredes 2003).

La industria farmacéutica también se vio interesada en estos productos por lo que llevaron un proceso de liofilización al camu camu para elaborar tabletas y cápsulas como fuente de vitamina C natural; también para otros productos multivitamínicos, combinándose con otras frutas tropicales (Klinar et al 2009).

El polvo liofilizado (CIM = 0.08 mg/ml) y polvo secado por pulverización (CMI=0.16 – 0.63 mg/ml) de camu camu muestran propiedades antimicrobianas, siendo eficaces contra *Staphylococcus aureus* y mostrando una inhibición más alta que la ampicilina, antibiótico bactericida, la cual presenta un valor de CMI de 0.26mg/ml. Quiere decir que concentraciones más bajas de camu camu son capaces de inhibir el crecimiento de microorganismos en lugar de concentraciones altas de ampicilina (Fujita et al 2015).


El camu camu también tiene propiedades antiinflamatorias, que se muestran en las siguientes tablas:

Tabla N° 09. Actividad antiinflamatoria

ETAPAS	Farmacología Experimental (Investigación Pre-Clínica)		Farmacología Clínica utiliza al humano como sujeto de experimentación		Eficacia y Seguridad
	"In Vitro"	"In Vivo"	Fase I	Fase II	
Planta de uso tradicional					
Estudio					
Interpretación	Resultado positivo Uso con reservas		Hypolipidemic effect of Camu- Camu juice in rats	Uso seguro	Uso seguro y eficaz

Fuente: Chang (2013)

Tabla N°10 Efecto Hipolipemico

ETAPAS (Investigación Pre-Clínica)	Farmacología Experimental		Farmacología Clínica		Eficacia y Seguridad
	"In Vitro"	"In Vivo"	Fa se I	Fase II	
Planta de uso tradicional					
Estudio Camu	Hypolipidemic effect of Camu juice in rats. Resultado positivo				
Interpretación	Uso con reservas		Uso seguro	Uso seguro y eficaz	

Fuente: Chang (2013)

Tabla N°11. Propiedad antiplasmatca

ETAPAS	Farmacología Experimental (Investigación Pre-Clínica)		Farmacología Clínica		Eficacia y Seguridad
	"In Vitro"	"In Vivo"	Fase I	Fase II	
Planta de uso tradicional					
Estudio	Two novel assays for the detection of heamin- binding propertiesb of antimalarials evaluated with compounds isolated from medicinal plants Resultado positivo como metodo				
Interpretacion	Uso con reservas		Uso seguro	Uso seguro y eficaz	

Fuente: Chang (2013)

Tabla N°12. Actividad antianémica

ETAPAS	Farmacología Experimental (Investigación Pre Clínica)		Farmacología Clínica Utiliza al humano como sujeto de experimentación	
	"In Vitro"	"In Vivo"	Fase I	Fase II
Planta de uso tradicional				Eficacia y Seguridad
Estudio			Açaí (Euterpe oleracea mart.) e Camu- Camu (Myrciaria dubia (H.B.K) Mc Vaugh) possuem ação antianémica? Resultado ligeramente positivo	
Interpretación	Uso con reservas		Uso seguro	Uso seguro y eficaz

Fuente: Chang (2013)

Tabla N°13. Actividad en quemaduras

ETAPAS	Farmacología Experimental (Investigación Pre-Clínica)		Farmacología Clínica Utiliza al humano como sujeto de experimentación	
	"In Vitro"	"In Vivo"	Fase I	Fase II
Planta de uso	Eficacia y tradicional			Seguridad
Estudio	Eficacia tópica de Myrciaria dubia en la curación de quemaduras de segundo grado en ratas Holtzman resultado positivo.			
Interpretación	Uso con reservas		Uso seguro	Uso seguro y eficaz

Fuente: Chang (2013)

1.1.9 Actividad antimicrobiana del camu camu

Extractos de la semilla mostraron efecto inhibitorio contra el *Staphylococcus aureus* a un rango de 2.7 mm (zona de inhibición), con una concentración de 5.0mg/ml; mientras que el extracto de cáscara, mostró un efecto mayor a la misma concentración con una zona de inhibición de 3.1 mm (Myoda et al 2010).

El efecto inhibitorio que presenta el camu camu contra *Staphylococcus aureus* y *Cándida albicans*, microorganismos patógenos responsables de diversos cuadros de infección, se preparó el extracto etanólico de la cáscara de *Myrciaria dubia* en cuatro concentraciones: 25% (250 mg/ml), 50% (500 mg/ml), 75% (750 mg/ml) y 100% (1000 mg/ml). La CMI (concentración mínima inhibitoria) para *S. aureus* fue del 75% (750 mg/ml) y para *C. albicans* fue la del 100% (1000 mg/ml) siendo que bajo estas concentraciones no se presentó el crecimiento de UFC (unidad formadora de colonia) para ningún microorganismo evaluado (Castillo 2013).

A través del método CMI se determinó la actividad antimicrobiana del camu camu contra *Staphylococcus aureus* con la finalidad de determinar la concentración más baja capaz de inhibir el crecimiento de microorganismos visibles. Luego de incubar las microplacas a 37°C por 24 horas. Los resultados reflejaron que la CMI contra *Staphylococcus aureus* osciló de 0.3125 a 0.625 mg/ml para residuos de camu camu secados por congelación y secado al aire caliente (Silva et al 2014).

El camu camu puede ser empleado en elaboración de pastas dentales debido a que se comprobó que el extracto de metanol de semillas y pulpa tuvieron efecto antibacteriano contra microorganismos como *S. mutans* y *S. sanguinis* en la cavidad oral. En cuanto al extracto metanol de semilla presento una zona de inhibición de 21.36 ± 6.35 mm y 19.21 ± 5.18 mm contra *S. mutans* y *S. sanguinis* respectivamente, y para el extracto de metanol de pulpa tuvo un efecto de 16.2 ± 2.08 mm y 19.34 ± 2.90 mm contra *S. mutans* y *S. sanguinis* respectivamente (Camere et al 2016).

La obesidad se genera por un aumento del tejido adiposo, donde la participa la alta producción de adipocitocinas y presencia de estrés oxidativo sistémico (Gutiérrez et al 2015).

Entre las propiedades del camu camu se tiene la prevención de diabetes tipo2 debido a la presencia de antocianinas (Villanueva 2010; Azevêdo et al 2014), también posee baja α -amilasa y alto inhibidor de α -glucosidasa ideal para el tratamiento de las primeras etapas de la diabetes tipo 2 (Muñoz 2007).

Al poder disminuir niveles de lípidos en la sangre se puede contrarrestar enfermedades cardiovasculares y su efecto hipolipemiante como las conocidas enfermedades de ictus e hipertensión y la dislipidemia, cardiopatía y arteroesclerosis, el cual en muchos casos se ve manifestada por cantidades extraordinarias de colesterol y triglicéridos en la sangre (Schwartz et al 2012).

A través de experimentos con ratas de laboratorio, quienes fueron aplicados en el plasma una reducción de triglicéridos, colesterol total y peroxidación lipídica; se les suministro extracto de camu- camu.

Últimas investigaciones de reducción de triglicéridos, colesterol total y la peroxidación lipídica en el plasma de ratas de laboratorio y tras el consumo de extracto de camu camu, han considerado a esta fruta considerada como un excelente antioxidante (Schmidt et al 2014).

1.1.10 Métodos de evaluación analíticos

1.1.10.1 Método cromatográficas

Los métodos más empleados para la cuantificación de ácido elágico son los cromatográficos dentro de los cuales podemos mencionar la cromatografía en capa fina y cromatografía líquida de alta resolución. La cromatografía en capa fina es una prueba que puede emplearse para comprobar la presencia de los compuestos de prueba cualitativa para determinar la presencia del ácido elágico empleando diferentes fases móviles (Lei et al 2001).

La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) es la técnica más empleada en la cuantificación de ácido elágico (Scalbert 1992).

1.1.10.2 Método espectrofotométrico

La determinación espectrofotométrica del contenido de ácido ascórbico en frutas y vegetales, se basa en la reducción del colorante 2,6 dicloro - fenolindofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico (Villareal 2008)

El contenido de ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de la muestra para reducir una solución del colorante y esta capacidad es determinada espectrofotométricamente (Briceño 2002).

1.1.10.3 Método DPPH

Este método nos permite evaluar la actividad antioxidante de sustancias frente al radical libre estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) en una solución metanólica que tiene un color violeta intenso, el cual se pierde progresivamente cuando se añade la muestra que contiene antioxidantes (Leyva 2009).

La reducción del DPPH es seguida por monitoreo de la disminución de la absorbancia en la longitud de onda durante la reacción donde el radical en forma de DPPH absorbe a 515nm y por reducción de un antioxidante (AH) disminuye la absorbancia (Brand- Williams et al 1995).

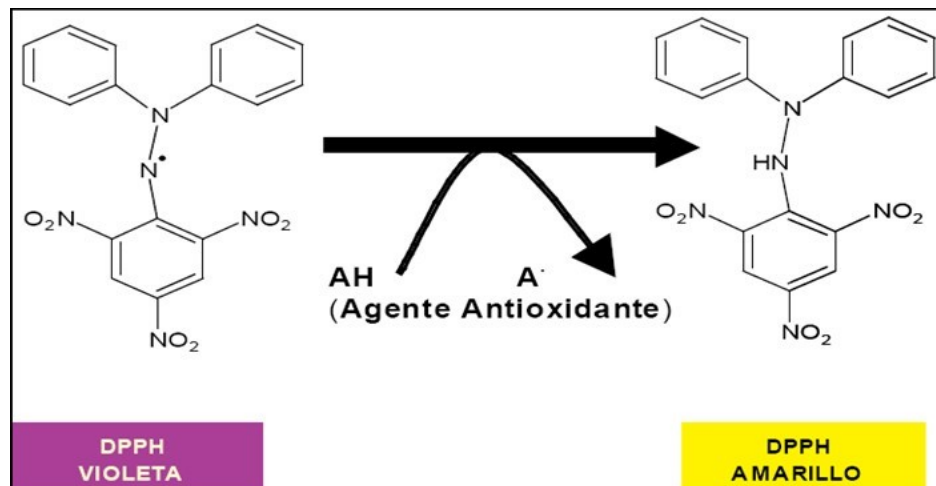


Figura 19: Reacción entre DPPH y antioxidante (AH)

Fuente: Leyva (2009)

El método DPPH determina la capacidad antioxidante de alimentos y extractos vegetales (Leyva 2009). La capacidad para secuestrar los radicales DPPH está en función al contenido del principio activo presente en cada una de las muestras en estudio y esta expresado en $\mu\text{g/mL}$ o mg/mL (Zavaleta 2005).

Capacidad antioxidante del camu- camu Su gran poder antioxidante se mide por su actividad inhibidora de radicales DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo), que podría sobrepasar a la vitamina C pura y al Trolox (Hughes 2008).

El valor IC50 (coeficiente de inhibición al 50%) representa la cantidad de extracto que reduce la absorbancia de la solución de DPPH en un 50%. Un menor valor de IC50 indica mayor actividad antioxidante lo que significa que requiere menos extracto para disminuir en un 50% la absorbancia de la solución DPPH. Los frutos que tienen el valor de IC50 menor tienen mayor actividad antioxidante (Murillo 2006).

En la parte comestible del camu camu a través de la evaluación de la capacidad antioxidante, se encontró un IC50 de 3.45mg/mL , como también valores de $805.63\text{ mg AAE/100g}$ y $110.52\ \mu\text{mol TE/g}$, para el VCEAC (capacidad antioxidante equivalente a vitamina C) y TEAC (capacidad antioxidante equivalente a Trolox) respectivamente; concluyendo que el camu camu posee elevada capacidad antioxidante (Muñoz et al 2007).

La actividad antioxidante determinada en pulpa concentrada de camu camu en dos estados de madurez, concluyó que la más alta inhibición de radicales libres como el DPPH corresponde al estado maduro a los 60 días de almacenamiento, superando al estado pintón en todas las evaluaciones. En comparación con la cáscara de camu camu, las pulpas concentradas de estados de madurez diferentes poseen mayor valor de IC50, expresado en $\mu\text{g/mL}$: estado maduro $5.85 >$ estado pintón $19.12 >$ cascara pintón 46.20 (Calvay 2009).

Al analizar la capacidad antioxidante del camu camu fresco el resultado fue 1735.64mg/100g , valor alto a comparación con otras frutas como guayaba y cocona, esto fue debido principalmente al aporte de vitamina C en el camu camu (Torres 2010).

1.1.10.4 Método de titulación volumétrico

Este método se fundamenta en la reducción del 2,6 diclorofenolindofenol (DFI), que es coloreado, a su forma reducida que es incolora, por efecto del ascorbato, que pasa a su forma oxidada dehidroascorbato. El punto final está determinado por la aparición de una coloración rosada debida a la presencia de DFI sin reducir, en medio ácido. Se trata por lo tanto de una volumetría de oxidación-reducción (Horwitz 2005).

II: CONCLUSIONES

1. El presente trabajo no coincide con la hipótesis principal, por lo tanto, se está de acuerdo con la hipótesis nula, el cual significa que al estar consumiendo esta fruta en estado maduro estaría ingiriendo mayor capacidad antioxidante.
2. La *Myrciaria dubia* (camu camu) como alimento funcional, logra dar a conocer innumerables beneficios que aporta como fuente de diferentes compuestos bioactivos, además del alto contenido de ácido ascórbico (vitamina C), los cuales son los responsables de su actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana, además de ser una alternativa para el tratamiento de enfermedades crónicas como diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares.
3. El camu camu contribuye a mejorar la calidad de vida debido a su impacto positivo en la salud el cual está sustentado y evidenciado en diversas investigaciones científicas.

III: RECOMENDACIONES

1. Se necesita investigar más sobre los efectos nutricionales que presenta el camu camu como un potencial biológico para la salud.
2. Hacer estudios adicionales por medio de otros métodos y técnicas de aislamiento e identificación estructural de los principios activos presentes en el camu camu.

IV: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Almajano M. 2009. Determinación de la actividad antioxidante de las bayas de goji. Barcelona: Consorci Escola Industrial Barcelona (CEIB).
2. Badui, S. 1993. Química de los alimentos. 5ta ed. Ciudad de México, México, Pearson S. A. 744 p.
3. Bineesh, N.; Singhal, R. S. & Pandit A. 2005. A study on degradation kinetics of ascorbic acid in drumstick (*Moringa olifera*) leaves during cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1953-1958.
4. Brand, W.; Cuvelier, M.; Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, Canadá. 28: 25–30.
5. Briceño L. 2002. Guía de prácticas: Análisis de alimentos por instrumentación. Lima: Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina.
6. Chang Canales, Artemio. 2013. El Camu Camu: Aspectos químicos, farmacológicos y tecnológicos. Ica, Perú.
7. Carranco Jáuregui ME, Calvo Carrillo MC, Pérez-Gil Romo F (2011), Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*.
8. Cheftel, J., y Cheftel, H. (1977) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*. Vol I. editorial Acribia, Zaragoza – España.
9. Delgado, Vargas; Jiménez, A; Paredes; López. Natural pigments carotenoids anthocyanins and betalainz, characteristics biosyn tesis processing and stability 2003.
10. E., Rengifo. 2009. Monografía del cultivo camu camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) *Mc Vaugh*. Lima, Perú.
11. Fracassetti, D.; Costa, C.; Moulay, L.; Tomás-Barberán, F. 2013. Ellagic acid derivatives, ellagitannins, proanthocyanidins and other phenolics, vitamin C and -442- antioxidant capacity of two powder products from camu- camu fruit (*Myrciaria dubia*). *Food Chemistry* 139(1-4): 578–588.
12. Fujita, A.; Sarkar, D.; Wu, S.; Kennelly, E.; Shetty, K.; Genovese, M. 2015. Evaluation of phenolic-linked bioactives of camu- camu (*Myrciaria dubia* Mc.

- Vaugh* (*Myrtaceae*)) for antihyperglycemic, antihypertension, antimicrobial properties and cellular rejuvenation. *Food Research International* 77(2): 194203.
13. Gallie, Daniel R. (enero de 2013). «L-Ascorbic Acid: A Multifunctional Molecule Supporting Plant Growth and Development» [L-ácido ascórbico: una molécula multifuncional que soporta el crecimiento y desarrollo de las plantas]. *Scientifica* (Cairo) (en inglés) (Hindawi) 2013.
 14. González M., Muñoz P., Valls V. 2001. Actividad antioxidante de la cerveza: Estudios in vitro e in vivo. Burgos: Departamento de Biotecnología y Ciencias de los Alimentos, Universidad de Burgos.
 15. Hortofrutícola, Minagri (Ministerio de Agricultura). Producción. 2013. HerreraMartínez S.L., Mora-Herrera M.E., García-Velasco R., Gomora-Rasso J.
 16. Hicks, J., Torres, P., Sierra, M. 2006. Estrés oxidante. Concepto y clasificación. *Revista de Endocrinología y Nutrición*. 14(4): 223 – 226.
 17. Horwitz W. 2005. Official methods of analysis of AOAC international. Maryland: 18th edition.
 18. Hughes, K. (2008). Potencial del camu- camu y sacha inchi en el mercado estadounidense. PNPB-Prompex.
 19. Imán, S.; Pinedo, S.; Melchor, M. 2011. Caracterización morfológica y evaluación de la colección nacional de germoplasma de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh), 2(4): 189 – 201.
 20. Indecopi: NTP 011.031. (2007). Productos naturales. Pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh), 10.
 21. Justi, K.; Visentainer, I.; De Souza, N.; Matsushita, M. 2000. Composición nutricional y la estabilidad de la vitamina C en la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*) de pulpa. 50(4): 405-408.
 22. Klinar, S., Chang, A. y 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).
 23. Kim, D. O. et al. Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Phenolic Phytochemicals. 3713-3717, 2002.

24. Khomdram, S. y DEVI, S. 2010. Determination of antioxidant activity and vitamin c of some wild fruits of manipur. *The Bioscan*. 5(3): 501-504.
25. Ladinaya, M. 2008. citrus fruit: biology, technology and evaluation. San Diego, USA. Elsevier. 576 p.
26. Liu, Y., H., & Shang, Y. (2018a). Evaluating effects of ellagic acid on the quality of kumquat fruits during storage. *Scientia Horticulturae*, 227, 244-254.
27. Muños et al (2007) Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. 73, N°3 (142- 149).
28. Murillo F. 2006. Actividad antioxidante “in vitro” de las bebidas de frutas. Panamá: Alfa Editores Técnicos, Instituto de Alimentación y Nutrición (IANUT) - Universidad de Panamá.
29. Neves, A. Sprenger, M, Zhao; Leandro. Effect, of addition of commercial grape seed tannins on phenolic composition, chromatic characteristics, and antioxidant activity of red wine. 2015
30. Norma Técnica Peruana, 2007. Productos Naturales. Camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Me Vaugh). Definiciones, clasificación y requisitos. (ITINTEC 011 030) INDECOPI - Lima
31. Núñez D. 2011. Optimización del proceso de elaboración de pulpa de babaco (*Carica pentagona*), con incorporación de su corteza y maximizando la retención de ácido ascórbico.
32. Ozkan, F.; Gündüz, S.; Berköz, M.; Hunt, A.; Yalın, S. 2012. The protective role of ascorbic acid (vitamin C) against chlorpyrifos-induced oxidative stress in *Oreochromis niloticus*. *Fish. Physiol. Biochem.* 38(3): 635-64.
33. Palencia Y. 2002. Sustancias bioactivas en los alimentos. Barcelona: Editorial Integral.
34. Pinedo M.; Riva R., Rengifo E., Delgado C., Villacrés J., González A., Inga, H., López A., Farroña y R., Vega R., Linares C. 2011. Sistema de producción de camu- camu en restinga. Pucallpa: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP).
35. Ramos, F. Diseño y Evaluación de la Capacidad Antioxidativa in Vitro de una Bebida en base a Té verde (*Camellia sinensis*) y hierba Luisa (*Cymbogon citratus* Staph). 2002, Tingo, María.

36. Rice-Evans, C. Re, R., Pelligrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., y (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay., 26, 1231-1237.
 37. Salas N., Estrada E., Lengua R., Pino J., Alvis R., Bazán D., Becerra E., Sandívar J., Carhuancho M., Osorio A., Caja V. 2009. Proceso para obtener una bebida nutracéutica a partir de *Myrciaria Dubia* (camu camu), 12(2), 34-41.
 38. Serra, L. (2004). Alimentos funcionales, la enciclopedia libre.
 39. Singh, R.; Heldman, D. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998.
 40. Silva, T. L., Silva, E. P., Asquiere, E. R., Vieira, C. S., Silva, J. S., Silva, F. A., y Damiani, C. (2014). Physicochemical characterization and behavior of biocompounds of caja-manga fruit (*Spondias mombin* L.). 38(3): 399-406.
 41. Sotero Solis, Victor, y otros. 2009. Evaluación de la actividad antioxidante de la pulpa, cáscara y semilla del fruto del camu camu.
 42. Schmidt, A.; Lellis-Santos, C.; Curi, R.; Lajolo, F.; Genovese, M. 2014. Frozen Pulp extracts of camu camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) attenuate the hyperlipidemia and lipid peroxidation of Type 1 diabetic rats. 64: 1–8.
 43. Torres, V. 2010. Determinación del potencial nutritivo y funcional de guayaba (*Psidium guajaba* L.), cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) y camu camu (*Myrciaria dubia* Vaugh).
- Tur, J. 2004. Los antioxidantes en la dieta mediterránea. Rev. Esp. Nutr Comunitaria. Palma de Mallorca, España 10 (4): 198 – 207.