

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES
Y FLAVONOIDES EN EL PSEUDOFRUTO DE MARAÑÓN
(*Anacardium occidentale* L.), ROJO Y AMARILLO EN
TRES ESTADOS DE MADUREZ (FISIOLÓGICA,
COMERCIAL Y SOBREMADUREZ) EN PUCALLPA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

GIOVANA ESTHER FLORES PALOMINO

PUCALLPA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentada por **GIOVANA ESTHER FLORES PALOMINO**, denominada: “**Determinación del contenido de polifenoles y flavonoides en el pseudofruto de marañón (*Anacardium occidentale* L.), rojo y amarillo en tres estados de madurez (fisiológica, comercial y sobremadurez) en Pucallpa**”, para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo (*) **BUENO: 18**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: (Grado Académico), (Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 25 de marzo del 2019.

Dr. Fernando Pérez Leal
Presidente

Ing. Javier Amacifuen Vigo, M.Sc.
Secretario

Dr. Fredy Helar Velásquez Ramírez
Miembro

Dr. Edgardo García Saavedra
Asesor

Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz, M.Sc.
Co-asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Fernando Pérez Leal



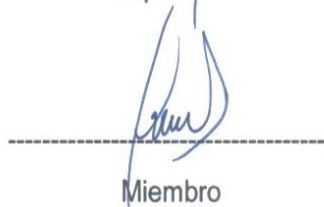
Presidente

Ing. Javier Amacifuen Vigo, M.Sc.



Secretario

Dr. Fredy Helar Velásquez Ramírez



Miembro

Dr. Edgardo García Saavedra



Asesor

Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz, M.Sc.



Co-asesor

Bach. Giovana Esther Flores Palomino



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Constancia

N° 149

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) titulado:

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y FLAVONOIDES EN EL PSEUDOFRUTO DE MARAÑÓN (*Anacardium occidentale* L.), ROJO Y AMARILLO EN TRES ESTADOS DE MADUREZ (FISIOLÓGICA, COMERCIAL Y SOBREMADUREZ) EN PUCALLPA”

Cuyo autor es: **FLORES PALOMINO, GIOVANA ESTHER**

Asesor: **Dr. GARCIA SAAVEDRA, EDGARDO**

Escuela profesional: **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Facultad: **CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 08%.

El tal que de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO (10%), en el artículo 9: “Criterios de porcentaje de similitud”. Se declara, que dicho trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 22/04/2019

Firma:


UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL
DRA. DINA PARÍ QUISPE
Direc. Gral Prod Intel



REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, Giovana Esther Flores Palomino

Autor de la TESIS titulada:

"Determinación del contenido de polifenoles y flavonoides en el pseudo fruto de marañón (*Anacardium occidentale* L.), rojo y amarillo en sus estados de madurez (fisiológica, comercial y sobremadurez) en Pucallpa"

Sustentada el año: 2019

Con la asesoría de: Dr. Edgardo García Saavedra

En la Facultad de: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de: Ingeniería Agroindustrial

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones. Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,



Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).



Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 22 / 05 / 2019

Email: giovanaestherflor28@gmail.com

Firma: 

Teléfono: 912 561 229

DNI: 75474632

DEDICATORIA.

A mis padres, que con su apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

A Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, para alcanzar mis metas propuestas sin desfallecer.

A mis hermanos, por siempre haberme brindado su apoyo y aliento para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO.

A Dios, por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres, mi mayor inspiración, por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A la Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias y docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación profesional, gracias a cada uno de ellos por su paciencia, dedicación y amistad.

ÍNDICE.

	Pág.
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
LISTA DE CUADROS	xv
LISTA DE FIGURAS	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Generalidades del marañón (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	4
2.2.1. Origen e historia.....	4
2.2.2. Descripción morfológica.....	4
2.2.3. Clasificación taxonómica.....	5
2.2.4. Composición nutricional	6
2.3. Maduración en los frutos	7
2.3.1. Cambios en la maduración.....	7
2.4. Radicales libres y estrés oxidativo....	9
2.4.1. Especies reactivas (ER).....	9
2.4.2. Daños producidos por los radicales libres	12
2.5. Antioxidantes.....	14
2.6. Polifenoles.....	14
2.6.1. Definición	14
2.6.2. Clasificación de los polifenoles	15
2.6.3. Actividad antioxidante	16
2.6.4. Fuentes principales	17
2.6.5. Beneficios para la salud	17
2.6.6. Identificación de los polifenoles.....	18
2.7. Flavonoides	19
2.7.1. Definición	19
2.7.2. Clasificación de flavonoides	21
2.7.3. Beneficios para la salud	21
2.8. Fundamentos de la espectroscopia UV/VIS	24
III. MÉTODOS Y MATERIALES	26
3.1. Lugar de ejecución	26

3.2. Materiales, equipos y reactivos	27
3.2.1. Material de estudio	27
3.2.2. Materiales de laboratorio	28
3.2.3. Equipos	28
3.2.4. Reactivos	28
3.3. Métodos	29
3.3.1. Análisis fisicoquímicos	29
3.3.1.1. Sólidos solubles (SS)	29
3.3.1.2. Acidez titulable (AT)	29
3.3.1.3. Índice de madurez (IM)	30
3.3.1.4. pH	30
3.3.1.5. Humedad (%)	30
3.3.2. Obtención de la pulpa de marañón	31
3.3.3. Preparación del extracto	33
3.3.4. Cuantificación de polifenoles totales	34
3.3.5. Cuantificación de flavonoides totales	35
3.4. Diseño estadístico de la investigación	36
3.4.1. Evaluación paramétrica	36
3.4.2. Tipo de investigación	38
3.4.3. Población y muestra	38
3.5. Medición de las variables dependientes e independientes	38
3.5.1. Variables dependientes	38
3.5.2. Variables independientes	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Análisis fisicoquímicos	39
4.1.1. Sólidos solubles (SS)	40
4.1.2. Acidez titulable (AT)	40
4.1.3. pH	41
4.1.4. Índice de madurez (IM)	42
4.1.5. Humedad (%)	42
4.2. Cuantificación de polifenoles totales	43
4.3. Cuantificación de flavonoides totales	47
V. CONCLUSIONES	51
VI. RECOMENDACIONES	52

VII. LITERATURA CITADA	53
VIII. ANEXO.....	67

RESUMEN.

El trabajo se realizó en el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía (CIDBAM) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María. El objetivo de la investigación fue determinar el contenido de polifenoles y flavonoides en el pseudofruto de marañón rojo y amarillo en tres estados de madurez (fisiológica, comercial y sobremadurez). Se realizó la caracterización fisicoquímica y la evaluación del efecto del grado de madurez en el contenido de los compuestos fenólicos. Los tratamientos evaluados fueron: T_1 = pseudofruto rojo-madurez fisiológica, T_2 = pseudofruto rojo - madurez comercial, T_3 = pseudofruto rojo - sobremadurez, T_4 = pseudofruto amarillo - madurez fisiológica, T_5 = pseudofruto amarillo - madurez comercial y T_6 = pseudofruto amarillo - sobremadurez. El contenido de polifenoles y flavonoides totales se determinó por espectrofotometría UV-Vis. Los análisis fisicoquímicos se ejecutaron de acuerdo a las metodologías de la AOAC. El método estadístico aplicado fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial A x B y un nivel de significancia (α) de 0.05. El análisis fisicoquímico, mostró un aumento de los sólidos solubles, pH e índice de madurez, y la reducción de la acidez titulable (expresado como % ácido cítrico), mientras, los valores de humedad (%) no mostraron cambios significativos durante la maduración. En el análisis de los antioxidantes se encontró diferencias significativas entre los tratamientos y se aplicó la prueba de Tukey al 0.05, la cual confirma las diferencias entre las medias de los tratamientos. Siendo el T_4 el que presentó mayor contenido de polifenoles totales (1337.67 mg EAG/100 g pulpa fresca) y flavonoides totales (1018 mg EQ/100 g pulpa fresca). Se midió el coeficiente de correlación (r^2) del contenido de polifenoles y flavonoide totales, según el estado de madurez y el tipo de pseudofruto, obteniéndose 87% y 93% de efectividad; respectivamente. Los resultados demuestran la influencia que tiene el estado de madurez de los pseudofrutos de marañón en las características fisicoquímicas, en el contenido de polifenoles y flavonoides totales, convirtiéndola en una fuente potencial de antioxidantes, para ser consumido y empleado en la elaboración de alimentos funcionales, suplementos dietéticos o nutraceuticos debido a sus propiedades beneficiosas para la salud humana.

Palabras claves: *Anacardium occidentale* L., polifenoles, flavonoides, madurez, antioxidantes

ABSTRACT.

The work was carried out in the Research Center for the Biotechnological Development of the Amazon (CIDBAM) of the National Agrarian University of La Selva (UNAS), located in the city of Tingo María. The objective of the research was to determine the content of polyphenols and flavonoids in the red and yellow cashew pseudofrute in three stages of maturity (physiological, commercial and overmaturity). The physicochemical characterization and the evaluation of the effect of the degree of maturity in the content of the phenolic compounds were carried out. The treatments evaluated were: T₁ = red pseudofrute-physiological maturity, T₂ = red pseudofrute - commercial maturity, T₃ = red pseudofrute - overmaturity, T₄ = yellow pseudofrute - physiological maturity, T₅ = yellow pseudofrute - commercial maturity and T₆ = yellow pseudofrute - overmaturity. The content of polyphenols and total flavonoids was determined by UV-Vis spectrophotometry. The physicochemical analyzes were carried out according to the AOAC methodologies. The statistical method applied was a Completely Randomized Design (DCA) with a factorial arrangement A x B and a significance level (α) of 0.05. The physicochemical analysis showed an increase in soluble solids, pH and maturity index, and the reduction of titratable acidity (expressed as % citric acid), while, moisture values (%) did not show significant changes during ripening. In the analysis of the antioxidants, significant differences were found between the treatments and the Tukey test was applied at 0.05, which confirms the differences between the means of the treatments. T₄ was the one with the highest content of total polyphenols (1337.67 mg EAG/100 g fresh pulp) and total flavonoids (1018 mg EQ/100 g fresh pulp). The correlation coefficient (r^2) of the total polyphenol and flavonoid content was measured, according to the state of maturity and the type of pseudofrute, obtaining 87% and 93% effectiveness; respectively. The results show the influence of the state of maturity of the cashew pseudofrutos in the physicochemical characteristics, in the content of polyphenols and total flavonoids, turning it into a potential source of antioxidants, to be consumed and used in the elaboration of functional foods, dietary or nutraceutical supplements due to their beneficial properties for human health.

Keywords: *Anacardium occidentale* L., polyphenols, flavonoids, maturity, antioxidants

LISTA DE CUADROS.

	Pág.
En el texto:	
Cuadro 1. Composición química en 100 g de pseudofruto de marañón	6
Cuadro 2. Especies reactivas de oxígeno (ROS) y nitrógeno (RNS)	10
Cuadro 3. Clasificación de los polifenoles naturales.....	15
Cuadro 4. Contenido de polifenoles totales (CPT) de algunas frutas	17
Cuadro 5. Diferentes clases de flavonoides y fuentes dietéticas	21
Cuadro 6. Tratamientos en estudio	37
Cuadro 7. Análisis de varianza (ANOVA) para el diseño factorial.....	37
Cuadro 8. Análisis fisicoquímico del pseudofruto de marañón según el estado de madurez.....	39
Cuadro 9. Contenido de polifenoles totales (CPT) respecto al factor tipo de pseudofruto de marañón	43
Cuadro 10. Contenido de polifenoles totales (CPT) respecto al factor estado de madurez	43
Cuadro 11. Contenido de polifenoles totales (CPT) en la pulpa de marañón en tres estados de madurez	44
Cuadro 12. Contenido de flavonoides totales (CFT) respecto al factor tipo de pseudofruto de marañón	47
Cuadro 13. Contenido de flavonoides totales (CFT) respecto al factor estado de madurez	47
Cuadro 14. Contenido de flavonoides totales (CFT) en la pulpa de marañón en tres estados de madurez	48
En el anexo:	
Cuadro 15A. Análisis de varianza (ANOVA) de sólidos solubles (SS).....	68
Cuadro 16A. Análisis de varianza (ANOVA) de acidez titulable (AT)	68
Cuadro 17A. Análisis de varianza (ANOVA) de pH	68

Cuadro 18A.	Análisis de varianza (ANOVA) de índice de madurez (IM)	68
Cuadro 19A.	Análisis de varianza (ANOVA) de humedad (%)	69
Cuadro 20A.	Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de polifenoles totales (CPT)	69
Cuadro 21A.	Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de flavonoides totales (CFT)	69
Cuadro 22A.	Correlaciones de las variables	70
Cuadro 23A.	Análisis de regresión para estimar el grado de asociación entre las variables tipo de pseudofruto, estados de maduración y polifenoles totales.	70
Cuadro 24A.	Análisis de la varianza de la regresión de la variable polifenoles totales.....	70
Cuadro 25A.	Correlaciones de las variables	71
Cuadro 26A.	Análisis de regresión para estimar el grado de asociación entre las variables tipo de pseudofruto, estados de maduración y flavonoides totales.	71
Cuadro 27A.	Análisis de la varianza de la regresión de la variable flavonoides totales.....	71
Cuadro 28A.	Preparación de la curva patrón de ácido gálico	76
Cuadro 29A.	Concentración vs absorbancia (ácido gálico)	76
Cuadro 30A.	Preparación de la curva patrón de quercetina	77
Cuadro 31A.	Concentración vs absorbancia (quercetina)	77
Cuadro 32A.	Contenido de polifenoles totales (CPT) en el pseudofruto de marañón rojo en tres estados de madurez	78
Cuadro 33A.	Contenido de polifenoles totales (CPT) en el pseudofruto de marañón amarillo en tres estados de madurez	78
Cuadro 34A.	Contenido de flavonoides totales (CFT) en el pseudofruto de marañón rojo en tres estados de madurez	79
Cuadro 35A.	Contenido de flavonoides totales (CFT) en el pseudofruto de marañón amarillo en tres estados de madurez	79

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
En el texto:	
Figura 1. Árboles de anacardo (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	5
Figura 2. Fruta roja madura del anacardo	5
Figura 3. Etapas entre la formación del fruto y la senescencia.....	7
Figura 4. Generación de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno.....	11
Figura 5. Daños producidos por los radicales libres (RL)	13
Figura 6. Reacción del ácido gálico con molibdeno	19
Figura 7. Formación del radical flavínico por la captura de radicales libres por los polifenoles	23
Figura 8. Reacción de Fenton	23
Figura 9. Mapa de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)	26
Figura 10. Escala de maduración del marañón rojo y amarillo	27
Figura 11. Diagrama de flujo para la obtención de la pulpa de marañón	33
Figura 12. Diagrama de flujo para la extracción de compuestos fenólicos del pseudofruto de marañón.....	34
Figura 13. Comportamiento del contenido de polifenoles totales en la maduración del pseudofruto de marañón rojo y amarillo	45
Figura 14. Comportamiento del contenido de flavonoides totales en la maduración del pseudofruto de marañón rojo y amarillo	49
En el anexo:	
Figura 15A. Diagrama de dispersión de polifenoles totales.....	72
Figura 16A. Diagrama de dispersión de flavonoides totales	72
Figura 17A. Comportamiento de los sólidos solubles (SS).....	73
Figura 18A. Comportamiento de la acidez titulable (AT)	73
Figura 19A. Comportamiento del índice de madurez (IM)	74
Figura 20A. Comportamiento del pH.....	74
Figura 21A. Comportamiento de la humedad (%)	75

Figura 22A. Curva de calibración para la determinación de polifenoles totales	76
Figura 23A. Curva de calibración para la determinación de flavonoides totales	77
Figura 24A. Espectrofotómetro GENESYS 10S UV-VIS	80
Figura 25A. Refractómetro digital ATAGO PAL-1 (0.0 a 53.0 % Brix)	80
Figura 26A. Centrífuga Hettich Mikro 22R.....	80
Figura 27A. Medidor de pH Mettler Toledo SevenEasy S20	80
Figura 28A. Balanza de precisión Sartorius BP3100S	81
Figura 29A. Estufa de secado Memmert	81
Figura 30A. Recolección de los frutos de marañón	82
Figura 31A. Determinación de humedad (%)	83
Figura 32A. Medición de los grados Brix.....	83
Figura 33A. Medición de pH.....	83
Figura 34A. Determinación de la acidez titulable (AT).....	83
Figura 35A. Pulpa del pseudofruto de marañón rojo y amarillo	84
Figura 36A. Homogeneizado de las muestras con el solvente	84
Figura 37A. Extracción (lixiviación) de los compuestos fenólicos	84
Figura 38A. Centrifugación de los extractos hidroalcohólicos	84
Figura 39A. Extractos hidroalcohólicos de polifenoles y flavonoides totales .	85
Figura 40A. Adición de los reactivos	85
Figura 41A. Reacción para determinar el contenido de polifenoles totales (CPT).....	85
Figura 42A. Reacción para determinar el contenido de flavonoides totales (CFT)	85
Figura 43A. Ubicación de las cubetas en el espectrofotómetro.....	86
Figura 44A. Lectura espectrofotométricas de los polifenoles (740 nm) y flavonoides totales (510 nm).....	86

I. INTRODUCCIÓN.

En la región de Ucayali existe un escaso consumo de marañón a causa de la baja difusión e información de sus propiedades funcionales en la prevención de enfermedades degenerativas. Sin embargo, trabajos referidos a los cambios en la composición de sus compuestos bioactivos en el curso de la maduración es limitado. En este estudio se investigó el contenido de polifenoles y flavonoides en el pseudofruto de marañón (*Anacardium occidentale* L.), rojo y amarillo en tres estados de madurez (fisiológica, comercial y sobremadurez). También, se realizó la caracterización fisicoquímica del pseudofruto de marañón y se evaluó el efecto del grado de madurez en el contenido de polifenoles y flavonoides totales.

Según la OMS/FAO (2005), alrededor de un 60% de todas las muertes en el mundo y en las Américas se deben a enfermedades crónicas, no-transmisibles, incluyendo las enfermedades cardiovasculares, cánceres, la diabetes y la obesidad. Los factores de riesgo comunes a todas ellas son el tabaquismo, poca actividad física y una alimentación poco saludable. Este último factor se debe a la escasa ingesta de frutas y verduras, pese a evidencias científicas que demuestran sus efectos benéficos para la salud, incluyendo la prevención de deficiencias en micronutrientes.

Los alimentos de origen vegetal constituyen una excelente fuente de polifenoles. Esto ha originado que se intensifique el interés en la búsqueda de antioxidantes de origen natural. Estas sustancias fenólicas son indispensables para la salud y se caracterizan por tener el potencial de neutralizar radicales libres de oxígeno, nitrógeno y otras especies reactivas. Sus propiedades beneficiosas para la salud hacen que sean interesantes para el desarrollo de alimentos funcionales y reducción de riesgos de enfermedades (El Gharras 2009).

El pseudofruto de marañón es un producto que ha logrado importancia comercial en los últimos años, atrayendo investigaciones sobre su composición química. Según Lopes *et al.* (2012a), el pseudofruto de marañón posee compuestos bioactivos con gran potencial antioxidante que promueven la salud, su actividad antioxidante se atribuye principalmente a la presencia de polifenoles. También, contiene ácido ascórbico (228 mg/100 g) (Silva *et al.* 2007), carotenoides (0.40 mg/100 g), flavonoides de color amarillo (63.80 mg/100 g), polifenoles (118 mg/100 g), ácidos fenólicos y taninos oligoméricos (29 mg/100 g) (Rufino *et al.* 2010; Michodjehoun-Mestre *et al.* 2009). Además, posee propiedades antiescorbúticas y diuréticas, es utilizado como expectorante para la tos y los resfriados, también; para tratar problemas del cólera y riñones, y para el tratamiento de la sífilis (Orwa *et al.* 2009a).

Los resultados de esta investigación proporcionan información valiosa, para promover la producción a gran escala de los diferentes tipos de marañón e incentivar su industrialización mediante la elaboración de productos novedosos con características naturales en nuestra región de Ucayali, mediante el aprovechamiento de sus propiedades nutricionales y funcionales en beneficio de la salud.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Antecedentes.

Según Gordon *et al.* (2011a), en su estudio denominado: “Cambios en la composición fenólica, ácido ascórbico y capacidad antioxidante en la manzana de anacardo (*Anacardium occidentale* L.) durante la maduración”, evaluaron manzanas de anacardo de la variedad comercial CCP 76 en tres etapas de madurez. Concluyeron que la manzana de anacardo es una excelente fuente de ácido ascórbico, que contribuye más a la capacidad antioxidante del pseudofruto. Además, mencionaron que los pseudofrutos maduros son excelentes para el aprovechamiento del ácido ascórbico y los pseudofrutos inmaduros son una buena fuente para la extracción de polifenoles con fines tecnológicos, para la elaboración de alimentos o complementos alimenticios.

Según Adou *et al.* (2012a), en su trabajo de investigación denominado: “Perfil fenólico del jugo de anacardo (*Anacardium occidentale* L.) de Yamoussoukro y Korhogo (Costa de Marfil)”, concluyeron que el jugo rojo y amarillo de las manzanas del anacardo de las dos zonas agroecológicas de Costa de Marfil, tienen altas cantidades de fenoles totales y flavonoides totales.

Según Lopes *et al.* (2012b), en su trabajo de investigación denominado: “Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante total de manzanas de anacardo (*Anacardium occidentale* L.) durante la maduración de los primeros clones de anacardo enano”, evaluaron cuatro clones de manzanas de anacardo rojos (BRS265 y BRS189) y naranjas (CCP76 y CCP09) en siete etapas de maduración. Concluyeron que la actividad antioxidante de las manzanas de anacardo se atribuye principalmente al contenido de polifenoles con mayor presencia en las primeras etapas de maduración. Evidenciando una relevante fuente de compuestos antioxidantes beneficiosos para la salud y para el desarrollo de productos con propiedades funcionales.

2.2. Generalidades del marañón (*Anacardium occidentale* L.).

2.2.1. Origen e historia.

Según McLaughlin *et al.* (2015), el árbol de marañón, *Anacardium occidentale* L., es originario de la región nordeste de Brasil y cultivada en varias regiones tropicales del mundo. Se llama marañón en la mayoría de los países de habla hispana, pero merey en Venezuela; y caju o cajueiro en portugués, cashew apple en inglés y acaju en francés. Durante el siglo XVI, los exploradores portugueses introdujeron el marañón a Goa, un estado en el oeste de la India y más tarde a Mozambique. A partir de estas áreas de cultivo, el marañón se extendió a otras regiones de África Oriental, Angola, Sudeste Asiático y norte de Australia. Es probable que los colonizadores españoles fueran responsables de la distribución de esta planta hacia América Central y el Caribe. En la actualidad, posee mundialmente un interés comercial con inmensas plantaciones en África, el Sudeste Asiático, la India y Australia, con una producción comercial significativa, siendo los principales proveedores mundiales la India y Brasil.

2.2.2. Descripción morfológica.

Según Orwa *et al.* (2009b) y Morton (1987), el *Anacardium occidentale* L. es un árbol ramificado y extendido que crece hasta una altura de 12 m. Sus hojas, coriáceas, oblongas u ovaladas, miden 10 - 20 cm de largo y 5 - 10 cm de ancho. Tiene una inflorescencia racimosa con predominancia de flores masculinas y hermafroditas. El verdadero fruto es la nuez, cubierta por una cáscara venenosa que rodea una semilla que es comestible en forma de riñón y mide aproximadamente 2.5 cm de largo. A medida que crece se desarrolla un receptáculo comestible, conocida como la manzana de anacardo; mide 5 - 11 cm de largo, tiene la piel delgada y cerosa de color amarillo o rojo, y una pulpa carnosa de sabor ácido y astringente.



Fuente: Gaba 2005.

Figura 1. Árboles de anacardo
(*Anacardium occidentale* L.).



Fuente: Rhalah 2010.

Figura 2. Fruta roja madura del
anacardo.

2.2.3. Clasificación taxonómica.

Según el ITIS (s.f.), el marañón o anacardo (*Anacardium occidentale* L.) es una planta de la familia Anacardiaceae. La clasificación taxonómica del marañón se muestra a continuación:

Reino: Plantae.

Subkingdom : Viridiplantae.

Infrakingdom : Streptophyta.

Superdivisión: Embryophyta.

División: Tracheophyta.

Subdivisión: Spermatophytina.

Clase: Magnoliopsida.

Superorden: Rosanae.

Orden: Sapindales.

Familia: Anacardiaceae.

Género: *Anacardium* L.

Especie: ***Anacardium occidentale* L.**

2.2.4. Composición nutricional.

El pseudofruto de marañón tiene excelentes propiedades medicinales y nutricionales, para la salud. Posee un alto contenido de proteínas, vitaminas, especialmente la vitamina C; carbohidratos, minerales, fibras y entre otros (Cuadro1).

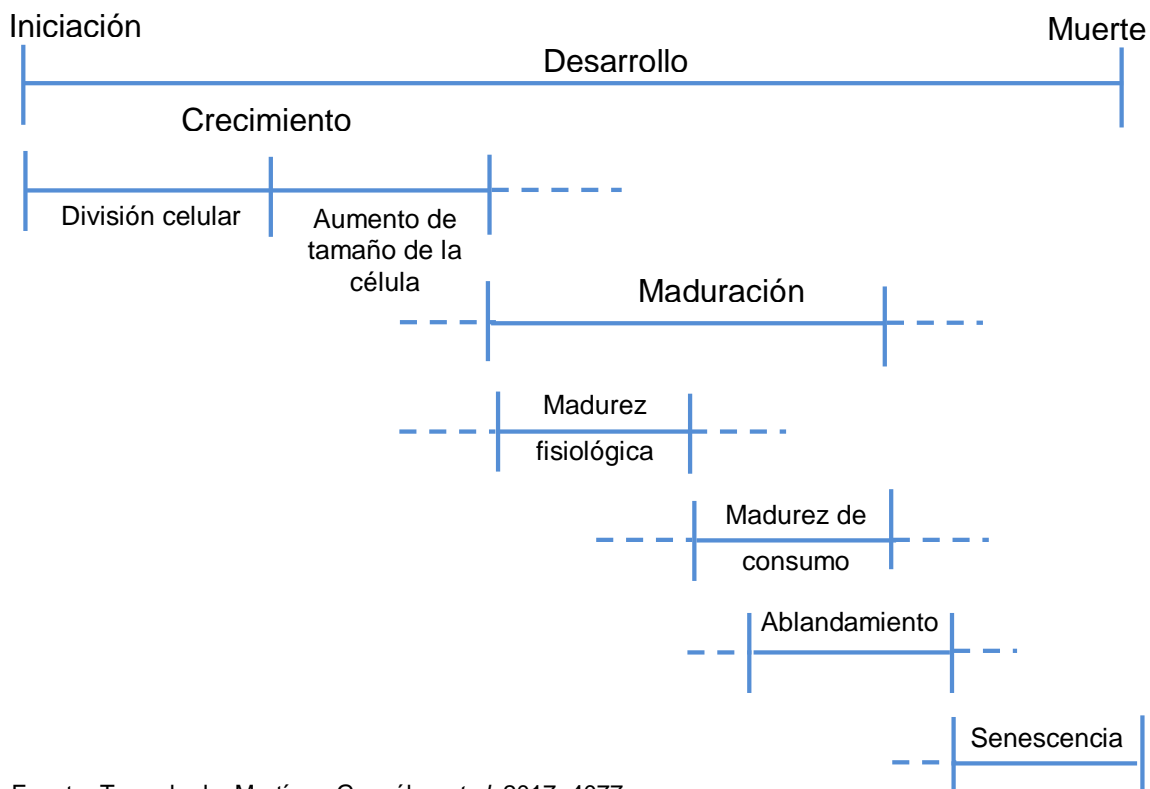
Cuadro 1. Composición química en 100 g de pseudofruto de marañón.

Composición	Unidad	Valor
Energía	kcal	45
Energía	kJ	188
Agua	g	87.9
Proteínas	g	0.8
Grasa total	g	0.5
Carbohidratos totales	g	10.5
Carbohidratos disponibles	g	7.8
Fibra cruda	g	1.3
Fibra dietaria	g	2.7
Cenizas	g	0.3
Calcio	mg	8
Fósforo	mg	30
Hierro	mg	3
Retinol	µg	26
Vitamina A equivalentes totales	µg	15
Tiamina	mg	0.05
Rivoflavina	mg	0.05
Niacina	mg	0.96
Vitamina C	mg	108

Fuente: Adaptado de Reyes *et al.* 2009.

2.3. Maduración en los frutos.

Según Alba *et al.* (2005), la formación del fruto ocurre en tres etapas: crecimiento, desarrollo y maduración, seguidas por el ablandamiento y la senescencia. Dentro de las etapas mencionadas, ocurren varios pasos que se llevan a cabo entre el inicio del desarrollo del fruto y su senescencia (Figura 3).



Fuente: Tomado de Martínez-González *et al.* 2017: 4077.

Figura 3. Etapas entre la formación del fruto y la senescencia.

2.3.1. Cambios en la maduración.

Giovannoni (2004), menciona que en las etapas finales de crecimiento y desarrollo, ocurre el proceso de maduración en dos pasos: el primero es la madurez fisiológica, que es cuando el fruto alcanza su máximo tamaño y el mayor vigor de las semillas; y segundo, la madurez de consumo, aquí los cambios del fruto incluyen 1) la modificación del color a través de la alteración en el contenido de clorofilas, carotenoides y la acumulación de los

flavonoides; 2) la modificación de la textura vía alteración del turgor celular y de la estructura de la pared celular y por el metabolismo; 3) la modificación de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles que afectan la calidad nutricional, el sabor y el aroma del fruto; y 4) aumento en la susceptibilidad al ataque de patógenos oportunistas que están asociados a la pérdida de integridad de la pared celular.

Según Brady (1987), el contenido de ácidos orgánicos, con pocas excepciones, tiende a disminuir con la maduración de los frutos, como consecuencia del proceso respiratorio o de su conversión en azúcares. Siendo la maduración el período de mayor actividad metabólica, se puede decir que los ácidos orgánicos constituyen una excelente reserva energética de los frutos, para posterior oxidación en el ciclo de Krebs.

Según Brummell *et al.* (1999), el ablandamiento de los frutos es causado por el efecto acumulativo de una serie de modificaciones que ocurren en las redes de polímeros que constituyen la pared celular primaria. El ablandamiento del fruto es un proceso complejo que involucra tres pasos subsecuentes: 1) relajación de la pared celular mediada por expansinas; 2) despolimerización de hemicelulosas; y 3) despolimerización de poliuronidos por la poligalacturonasa u otras enzimas hidrolíticas. Este comportamiento, de acuerdo con Brummell y Harpster (2001), contribuye a una pérdida de firmeza y cambios en la calidad de la textura.

Según Bouzayen *et al.* (2010), al final de la etapa de madurez de consumo, ocurren algunos cambios fisiológicos relacionados con la senescencia que llevan al deterioro de la membrana y a la muerte celular. En este aspecto, la madurez de consumo puede ser considerada como el primer paso de un proceso de muerte celular programada. Además, Gapper *et al.* (2013), menciona que durante la senescencia la síntesis de carbohidratos cesa y tiene lugar la degradación de las proteínas, clorofilas, lípidos y ácidos nucleicos, que requiere la síntesis de enzimas hidrolíticas, así como la síntesis de carotenoides y de compuestos antioxidantes.

2.4. Radicales libres y estrés oxidativo.

Según Webb (2007), los radicales libres o las especies reactivas de oxígeno son entidades químicas altamente reactivas que se producen como subproductos de los procesos oxidativos normales en las células. Son especies inestables y altamente reactivas porque tienen un electrón no apareado, mientras que en especies químicas estables, los electrones están dispuestos en pares que orbitan alrededor de los núcleos atómicos en direcciones opuestas. Turpaev (2002), afirma que los radicales libres se pueden generar como productos de reacción homolítica, heterolítica o redox, y generalmente consisten en especies reactivas de oxígeno o especies reactivas de nitrógeno. Las especies reactivas de oxígeno incluyen los radicales libres que transportan oxígeno, así como otras especies reactivas de oxígeno, como el peróxido de hidrógeno, que no es un radical libre. De manera similar, las especies de nitrógeno reactivo incluyen tanto radicales libres que contienen nitrógeno como otras moléculas reactivas en las que el centro de reactividad es nitrógeno. Una vez formado los radicales libres se inicia una serie de reacciones en cadena o estrés oxidativo, Sies y Jones (2007), definen este proceso bioquímico como “un desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes a favor de los oxidantes, que conduce a una interrupción de la señalización y control redox y/o daño molecular”.

2.4.1. Especies reactivas (ER).

Las principales especies reactivas de oxígeno (ROS) y las especies reactivas de nitrógeno (RNS), se mencionan en el Cuadro 2. La presencia de un punto (·) en una especie reactiva indica que ésta posee un electrón desapareado o impar. Dentro de las especies reactivas de oxígeno (ROS) de mayor interés biológico se destacan: oxígeno singlete, radical anión superóxido, hidroxilo, peroxilo y peróxido de hidrógeno. Las especies reactivas de nitrógeno (RNS) agrupan radicales libres y moléculas derivadas del nitrógeno, tales como óxido nítrico, dióxido de nitrógeno y peroxinitrico.

Cuadro 2. Especies reactivas de oxígeno (ROS) y nitrógeno (RNS).

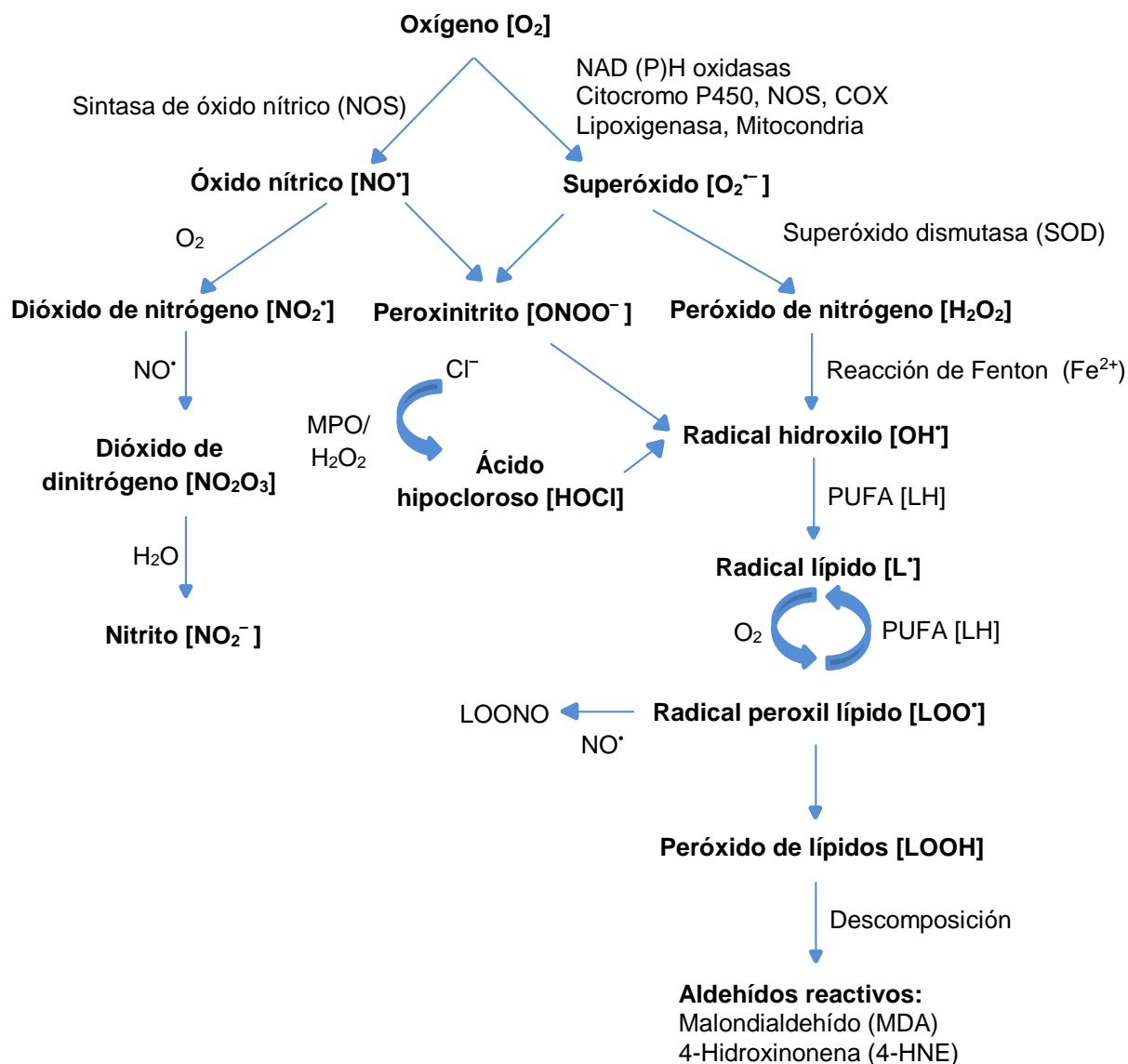
ROS	Símbolo	RNS	Símbolo
Anión superóxido	$O_2^{\cdot -}$	Óxido nítrico	NO^{\cdot}
Perhidroxilo	HO_2^{\cdot}	Dióxido de nitrógeno	NO_2^{\cdot}
Peróxido de hidrógeno	H_2O_2	Peroxinitrito	$ONOO^{\cdot}$
Hidroxilo	OH^{\cdot}		
Alcoxilo	RO^{\cdot}		
Peroxilo	ROO^{\cdot}		
Hidroperoxido	[ROOH]		
Oxígeno singlete	1O_2		
Oxígeno molecular	O_2		
Epóxido	[-R-R]-O		

Fuente: Adaptado de Hardisson 2010.

La Figura 4, resume algunas especies reactivas de oxígeno y de nitrógeno producidas *in vivo*. Las principales especies reactivas formadas en el organismo son el radical anión superóxido ($O_2^{\cdot -}$) y el óxido nítrico (NO^{\cdot}). El anión superóxido ($O_2^{\cdot -}$) es una forma reducida de oxígeno. Se origina a partir de una molécula de oxígeno en presencia de energía suficiente que le permita adquirir un electrón suplementario. Es producido por un gran número de enzimas, por reacciones de autooxidación y por transferencia no enzimática de electrones, provenientes de la reducción molecular univalente del oxígeno. Se dismuta para generar peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y es precursor para la formación de radical hidroxilo (OH^{\cdot}) catalizado por metales.

El radical hidroxilo (OH^{\cdot}) se genera esencialmente a partir de superóxido y peróxido de hidrógeno a través de las reacciones de Haber-Weiss y Fenton, las que requieren trazas de metales de transición como catalizadores (hierro, cobre, cromo, vanadio y cobalto) (Martínez 2005). Mientras, el óxido nítrico es un gas incoloro que posee un electrón no apareado deslocalizado entre el átomo de nitrógeno y el O_2 . Se sintetiza a partir de L-arginina por acción de la enzima óxido nítrico sintasa. Este proceso ocurre en las células del endotelio vascular, las neuronas y en los fagocitos

activados. Cuando reacciona con moléculas de oxígeno, se produce dióxido de nitrógeno (NO_2^\bullet), que puede iniciar peroxidación lipídica. También es tóxico si reacciona con superóxido por generar peroxinitrito (OONO^\bullet), reacción que ha sido implicada en la vasoconstricción de las células del músculo liso vascular, así como también, en el proceso aterosclerótico (Hausladen y Stamler 1999).



Fuente: Tomado de Kalyanaraman 2013:243.

Figura 4. Generación de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno.

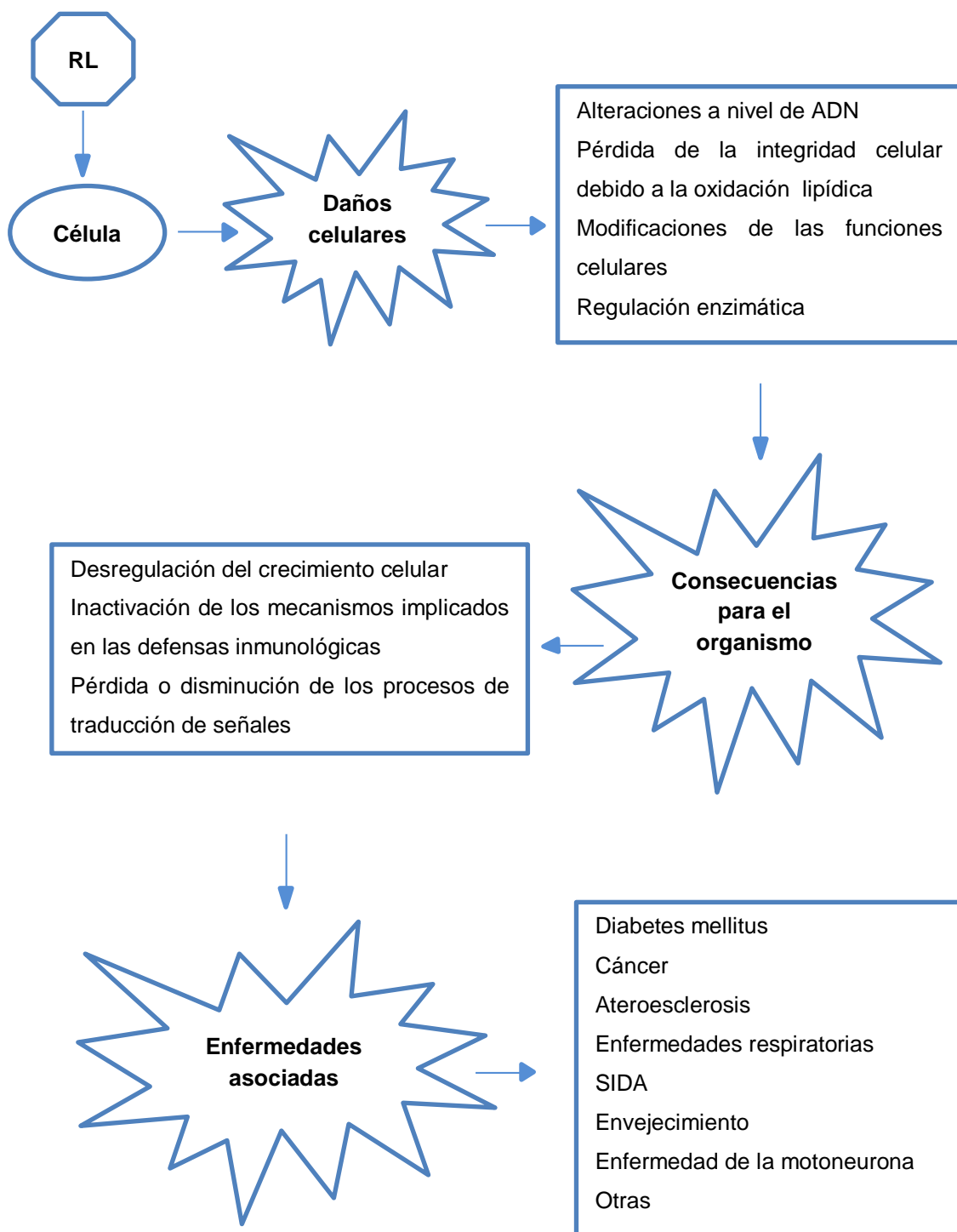
2.4.2. Daños producidos por los radicales libres.

Según Díaz (2009), el oxígeno es esencial para los organismos vivos. Sin embargo, la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y radicales libres (RL) es inevitable en el metabolismo aeróbico. Estas especies oxidantes provocan daños acumulativos en moléculas fundamentales para el funcionamiento del organismo, tales como proteínas, lípidos y ADN (ácido desoxirribonucleico). No obstante, el organismo tiene sus propios mecanismos de defensa para hacer frente a la acción de las especies oxidantes. En determinadas situaciones las defensas antioxidantes pueden verse desbordadas por la excesiva generación de ROS.

MacNee y Rahmanis (2001), afirman que este desequilibrio entre la sustancias oxidantes y el sistema de defensa antioxidante, produce el incremento del estrés oxidativo, responsable de los efectos dañinos e inflamatorios en enfermedades de las vías respiratorias como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y en otras enfermedades crónicas como la diabetes (Mehta *et al.* 2006).

Los radicales libres son principalmente generados por el oxígeno en nuestro cuerpo durante la respiración, al existir un exceso de los radicales libres se produce daño a nivel celular. También, los radicales libres se generan por efectos externos, como el consumo de tabaco, la contaminación, el sedentarismo, una alimentación inadecuada, los rayos solares y entre otros factores.

Las diferentes especies reactivas generadas por el oxígeno son responsables de los daños ocasionados a las estructuras biológicas generando efectos negativos a nivel celular y organismo, lo cual se desencadena en una serie de enfermedades (Figura 5).



Fuente: Adaptado de Ugartondo Casadevall 2009.

Figura 5. Daños producidos por los radicales libres (RL).

2.5. Antioxidantes.

Según Petkova (2007), los antioxidantes son agentes reductores, es decir, ceden electrones a un agente oxidante, esta capacidad se debe a la presencia del grupo hidroxilo y a su estructura química, estabilizando al átomo que tiene uno o más electrones desapareados. Ejercen sus propiedades protectoras previniendo la toxicidad del oxígeno y sus especies reactivas en el cuerpo.

Halliwell (2007), define a un antioxidante como “cualquier sustancia que retrase, prevenga o elimine el daño oxidativo a una molécula objetivo”. Es decir, una sustancia que elimine o neutralice las especies reactivas (ER) precursoras del daño celular a diferentes estructuras biológicas o sustratos (ADN, ARN, proteínas, lípidos, carbohidratos).

2.6. Polifenoles.

2.6.1. Definición.

Según Quiñones *et al.* (2012), en la naturaleza existe una amplia variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos. Estos compuestos podemos denominarlos polifenoles. Se originan principalmente en las plantas, que los sintetizan en gran cantidad, como producto de su metabolismo secundario. Algunos son indispensables para las funciones fisiológicas vegetales. Otros participan en funciones de defensa ante situaciones de estrés y estímulos diversos (hídrico, luminoso, etc.). Asimismo, Festy (2007), menciona que los polifenoles son metabolitos secundarios presentes en alimentos de origen vegetal. Se encuentran principalmente en las frutas y verduras, en determinadas bebidas (vino, té, café y zumo de fruta), los cereales, granos y legumbres.

2.6.2. Clasificación de los polifenoles.

Cuadro 3. Clasificación de los polifenoles naturales.

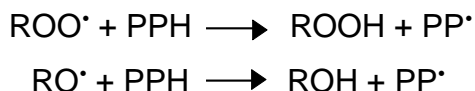
Clasificación		Ejemplos
Flavonoides	Antocianinas	Aurantidinina, cianidina, delphinidina, europinidina, luteolinidina, etc.
	Flavonoles	Quercetina, miricetina, kaempferol, etc.
	Flavonas	Apigenina, luteolina, tangeritina, etc.
	Flavanonas	Hesperetina, hesperidina, etc.
	Isoflavonoides	Isoflavonas Genisteína, daidzeína, etc.
No flavonoides		Isoflavanas Equol, etc.
		Monómeros Catequina, epicatequina, epigallocatequina, etc.
	Flavanoles	Oligoméricos y poliméricos Taninos condensados, proantocianidinas, etc.
	Ácidos fenólicos	Derivados de ácido cinámico Ácido cafeico, ácido clorogénico, ácido sinápico, etc.
		Derivados de ácido benzoico Acido gálico, ácido protocatéquico, ácido vanílico, etc.
	Ligninas Pinoresinol, esteganacina, etc.	
	Estilbenos Análogos de resveratrol, etc.	

Fuente: Tomado de Ebrahimi y Schluesener 2012:330.

2.6.3. Actividad antioxidante.

Según Rice-Evans *et al.* (1997a), las actividades químicas de los polifenoles en términos de sus propiedades reductoras como agentes donadores de electrones hidrogenados predicen su potencial de acción como eliminadores de radicales libres. La actividad de un antioxidante está determinada por:

- Su reactividad como agente donador de electrones de hidrógeno (que se relaciona con su potencial de reducción). Bravo (1998), señala que los antioxidantes fenólicos interfieren con la oxidación de los lípidos y otras moléculas mediante la donación rápida de un átomo de hidrógeno a los radicales, como se ilustra en las siguientes reacciones:



- El destino del radical derivado de antioxidantes resultante, que se rige por su capacidad para estabilizar y deslocalizar el electrón no apareado.
- Su reactividad con otros antioxidantes.
- El potencial de transición del metal quelante, particularmente el hierro y el cobre, apoya el papel de los polifenoles como antioxidante preventiva; oxidantes en términos de inhibiendo la formación de radicales libres catalizados por metales de transición.

2.6.4. Fuentes principales.

El siguiente cuadro (Cuadro 4) proporciona información sobre el contenido de polifenoles totales (CPT) de algunas frutas.

Cuadro 4. Contenido de polifenoles totales (CPT) de algunas frutas.

Frutas	CPT*	Referencias
Arándano	507	Sun <i>et al.</i> 2002
Manzana	272.1	Sun <i>et al.</i> 2002
Uva roja	182	Sun <i>et al.</i> 2002
Fresa	147.8	Sun <i>et al.</i> 2002
Naranja	56.8	Sun <i>et al.</i> 2002
Papaya var. exótica	57.6	Luximon-Ramma <i>et al.</i> 2003
Guayaba blanca	247.3	Luximon-Ramma <i>et al.</i> 2003
Guayaba rosada	126.4	Luximon-Ramma <i>et al.</i> 2003
Camu camu	1320	Chirinos <i>et al.</i> 2010
Aguaje (amarillo)	185.75	Vásquez-Ocmín <i>et al.</i> 2009
Aguaje (shambo)	162.52	Vásquez-Ocmín <i>et al.</i> 2009

*mg equivalentes de ácido gálico/100 g de pulpa fresca.

2.6.5. Beneficios para la salud.

Los polifenoles son beneficios para la salud debido a sus diferentes propiedades antioxidantes, las cuales son nombradas por distintos autores.

Rice-Evans (2001), menciona que las frutas, los vegetales y las bebidas son las principales fuentes de polifenoles en la dieta humana. Los efectos beneficiosos que poseen los polifenoles para la salud, se atribuye a sus propiedades captadoras de radicales libres, lo que les confiere actividad antioxidante, ya que pueden actuar como eliminadores de radicales, el poder antioxidante de cada sustancia está en función de sus estructuras químicas.

Según Khalifa *et al.* (2018), los mecanismos antioxidantes en las frutas dependen principalmente de los polifenoles, sus efectos beneficiosos para la salud humana incluyen acciones anti-oxidativo, anti-cáncer, anti-diabetes, anti-obesidad y entre otras.

Según Girard y Awika (2018), el aumento en la ingesta de polifenoles y otros compuestos fenólicos pueden mejorar el metabolismo de la glucosa y la sensibilidad a la insulina, también; mejorar el metabolismo de los lípidos, reducir la inflamación crónica de bajo grado y promover la saciedad a través del vaciamiento gástrico lento. Estas propiedades contribuirían a la prevención de enfermedades, dado su valor biológico se utilizaría en la elaboración de alimentos funcionales y su uso terapéutico. Además, Fraga *et al.* (2010), señala que su consumo se asocia con acciones biológicas potencialmente beneficiosas para la salud cardiovascular.

2.6.6. Identificación de los polifenoles.

La identificación y cuantificación de polifenoles se realiza por medio de una variedad de métodos. Sin embargo, el procedimiento convencional espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (RFC) es el más empleado para el análisis en frutas, vegetales y bebidas. Singleton *et al.* (1999a), indican que el RFC consiste en la mezcla de los ácidos fosfomolibdico y fosfotungstico, en la cual el molibdeno se encuentra en el estado de oxidación (color amarillo en el complejo $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); sin embargo, en presencia de algunos agentes reductores, como los compuestos fenólicos, se forman los llamados complejos molibdeno-tungsteno azules $[(\text{PMoW}_{11}\text{O}_4)^4]$, cuya coloración permite la determinación de la concentración de las sustancias reductoras que, no necesariamente, necesitan tener naturaleza fenólica.

La Figura 6, muestra la desprotonación de los compuestos fenólicos (en el ejemplo, el patrón ácido gálico) en medio básico, generando los aniones fenolato. A partir de ahí, ocurre una reacción de oxidorreducción entre

el anión fenolato y el reactivo de Folin, en la cual, el molibdeno, componente del reactivo de Folin, sufre reducción y el medio reacción al cambia de coloración amarillo para azul (Singleton *et al.* 1999b).

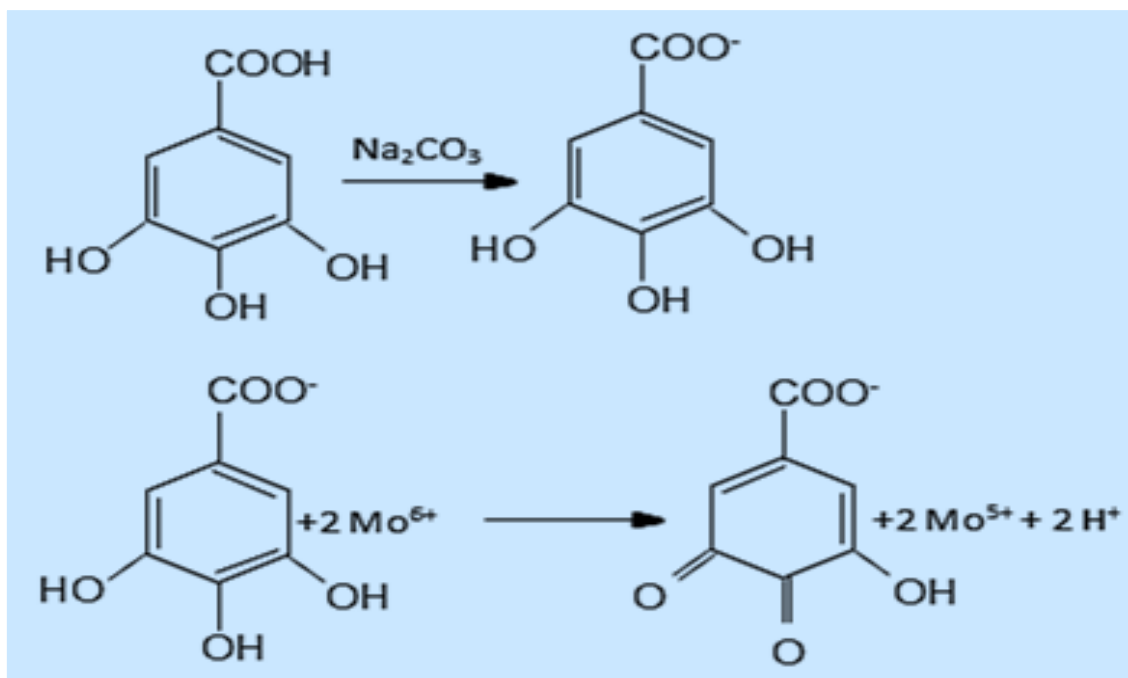


Figura 6. Reacción del ácido gálico con molibdeno.

2.7. Flavonoides.

2.7.1. Definición.

Los flavonoides, nombre que deriva del latín “flavus”, cuyo significado es “amarillo”; son pigmentos naturales, pertenecen al grupo de los polifenoles y están ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras y otros de origen vegetal. El científico Albert Szent-Györgyi en 1930, cuando realizaba estudios en la cáscara de limón, encontró y aisló, la citrina, capaz de regular la permeabilidad de los capilares. En un inicio a estos fitoquímicos se los llamó vitamina P (por permeabilidad) y también vitamina C (por las propiedades de anti-oxidación) (Singleton 1981). En ese entonces, no se confirmó que los flavonoides sean vitaminas, y alrededor de 1950 hasta la actualidad se conoce como compuestos fenólicos (Martínez-Flórez *et al.* 2002).

Cook y Samman (1996), mencionan que los flavonoides son los fitoquímicos más comúnmente encontrados, que típicamente estos químicos ayudan a proteger la planta contra la luz UV, parásitos de hongos, herbívoros, patógenos y lesiones de células oxidativas. Tsao y Yang (2003), afirman que son antioxidantes especialmente importantes debido a su alto potencial redox, que les permite actuar como agentes reductores, donantes de hidrógeno e inhibidores de oxígeno singlete. Además, tienen un potencial de quelación de metales.

Según Rice-Evans *et al.* (1997b), existen químicamente tres características principales que confieren a los flavonoides sus propiedades antioxidantes remarcadas:

- Los sustituyentes donantes de hidrógeno (grupos hidroxilo), unidos a las estructuras de anillos aromáticos de los flavonoides, que permiten que los flavonoides experimenten una reacción redox que les ayuda a eliminar los radicales libres con mayor facilidad.
- Un sistema de deslocalización estable, que consta de anillos aromáticos y heterocíclicos, así como múltiples enlaces insaturados, que ayuda a deslocalizar los radicales libres resultantes.
- La presencia de ciertos grupos estructurales que son capaces de formar complejos quelantes de metales de transición que pueden regular la producción de especies reactivas de oxígeno como hidróxilo y superóxido.

2.7.2. Clasificación de flavonoides.

Los flavonoides constituyen el grupo más grande, con más de 4000 compuestos identificados, clasificados en flavonas (apigenina, luteolina), flavonoles (quercetina, miricetina) catequinas o flavanoles (epicatequina, galocatequina), flavanonas (naringenina, hesperitina), antocianinas (cianidina y pelargonidina), isoflavonas (genisteína, daidzeína) y chalconas. Los flavonoides son conocidos como los principales responsables de la capacidad antioxidante en frutas, debido al elevado potencial de oxidación y reducción de su estructura química, que les permite actuar como agentes reductores y como quelante de metales (Ignat *et al.* 2011).

En el Cuadro 5, se proporcionan ejemplos de algunos flavonoides naturales en los alimentos componentes.

Cuadro 5. Diferentes clases de flavonoides y fuentes dietéticas.

Clase	Nombre	Fuente dietética
Flavona	Crisina	Pieles de fruta
	Apigenina	Perejil, apio
Flavonona	Naringina	Cítricos, Toronja
	Naringenin	Cítricos
	Taxifolina	Cítricos
	Eriodictyol	Limonas
	Hesperidina	Naranjas
	Isosakuranetin	Cítricos
Flavonol	Kaempferol	Puerro, brócoli, endivias, toronja, té negro
	Quercetina	Cebolla, lechuga, brócoli tomate, te, bayas, manzanas, aceite de oliva, arándano

Continúa...

Continúa...

Clase	Nombre	Fuente dietética
		Alforfón, cítrico, rojo
	Rutina	pimiento, vino tinto, piel de tomate
Flavanono	Engeletina	Uva blanca
	Astilbina	Uva blanca
	Genistina	Haba de soja
	Taxifolina	Frutas
Isoflavona	Genisteína	Haba de soja
	Daidzeína	Haba de soja
	Daidzeína	Haba de soja
Flavanol	(+)-Catequina	Té
	(-)-Galocatequina	Té
	(-)-Epicatequina	Té
	(-)-Epigalocatequina	Té
	(-)-Galato de epicatequina	Té
	(-)-Epigalocatequina	Té
	galato	
	Epigenidina	Frutas almacenadas
Antocianidina	Cianidina	Cereza, frambuesa, fresa, uvas
	Delfinidina	Frutas oscuras
	Pelargonidina	Frutas oscuras

Fuente: Tomado de Shahidi y Ambigaipalan 2015:834.

2.7.3. Beneficios para la salud.

Los flavonoides actúan fundamentalmente como tampones, y capturan radicales libres para generar el radical flavínico (Figura 7), mucho menos reactivo, ya que en él los electrones desapareados están más deslocalizados. Además, flavonoles como la quercetina pueden quelar iones metálicos de transición como el hierro o el cobre, evitando así la formación de las ROS producidas por la reacción de Fenton (Figura 8) (Krinsky 1992).

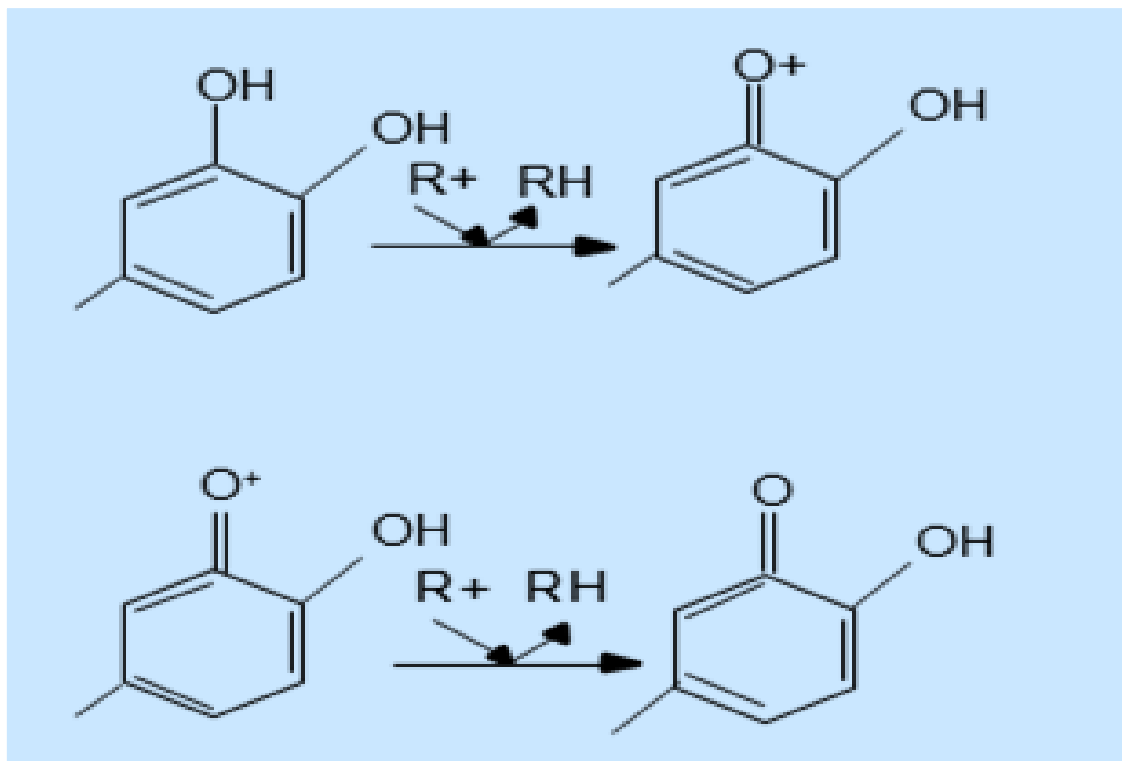


Figura 7. Formación del radical flavínico por la captura de radicales libres por los polifenoles.

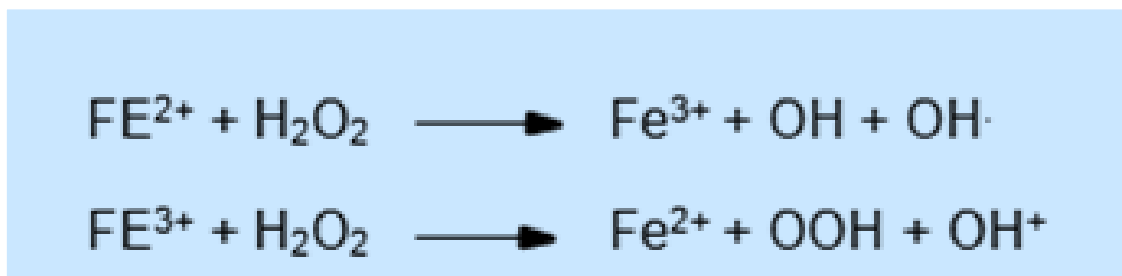


Figura 8: Reacción de Fenton.

Según Korkina y Afanas'Ev (1997), la quercetina y la miricetina, seguidas por el kenferol, son los flavonoides que poseen mayor actividad neutralizadora de radicales libres. El grupo fenólico que poseen puede actuar directamente capturando electrones desapareados de las ROS, y genera así especies menos reactivas.

Kale *et al.* (2008), mencionan que los flavonoides poseen efectos relevantes para reducir el riesgo de cáncer por su acción antioxidante, bloqueando el acceso de los carcinógenos a las células, suprimiendo los

cambios malignos en las células e induciendo a las enzimas a modificar su carcinogenicidad. El papel de los flavonoides también incluye la inhibición de la activación de pro-carcinógenos, la inhibición de la proliferación de células cancerosas, la muerte selectiva de células cancerosas por apoptosis, la inhibición de metástasis y angiogénesis, la activación de la respuesta inmune contra las células cancerosas, la modulación de la cascada inflamatoria y la modulación de la resistencia a los medicamentos.

2.8. Fundamentos de la espectroscopia UV/VIS.

La luz visible y ultravioleta produce en las moléculas transiciones electrónicas desde niveles de baja energía a otros de energía superior. Estas transiciones son registradas por un espectrofotómetro, en forma de picos que representan la frecuencia de la radiación responsable de cada transición electrónica. También se registra la intensidad de dicha absorción en forma de absorbancia (Fernández 2015a). La radiación ultravioleta y visible se caracteriza por ser absorbida por electrones de valencia de moléculas y átomos, los cuales son excitados a niveles de energía superiores. La absorción de la radiación electromagnética por los electrones de valencia se encuentra, generalmente, dentro de la región ultravioleta del espectro; esto significa que, comúnmente, la materia es opaca a la radiación en alguna parte de esta región (González 2008).

Existen tres zonas del espectro electromagnético con especial interés en la determinación de compuestos químicos (Fernández 2015b):

- La radiación visible-ultravioleta posee una energía adecuada para producir transiciones de electrones moleculares a niveles de energía superior. Es la denominada espectroscopía UV, cuya utilidad se limita principalmente a la determinación de moléculas con insaturaciones.

- La radiación infrarroja produce transiciones entre niveles vibracionales de una molécula. Los enlaces entre los átomos de una molécula no son rígidos, sino que vibran en torno a una posición de equilibrio y la radiación infrarroja es capaz de llevar estos enlaces a niveles de energía vibracional superiores. Es la denominada espectroscopia infrarroja (IR).
- Las ondas de radio poseen la energía adecuada para para hacer que los núcleos atómicos, sometidos a un campo magnético, entren en resonancia. Esta técnica se denomina espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Lugar de ejecución.

El presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas:

Primera etapa: Los frutos de marañón fueron recolectados de dos lotes ubicados en el AA. HH. Carlos Acho Mego del distrito de Yarinacocha de la provincia de Coronel Portillo en Ucayali a una altitud de 153 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 26 °C.

Segunda etapa: Los análisis fisicoquímicos y la evaluación del contenido de polifenoles y flavonoides totales se realizó en el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía (CIDBAM) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María, capital del distrito de Rupa Rupa de la provincia de Leoncio Prado en Huánuco, cuyas coordenadas geográficas son: 9°19'03" de latitud Sur y 75°59'48" de longitud Oeste, a 660 m.s.n.m. y una temperatura promedio anual de 24 °C.



Fuente: Tomado de Google s.f.

Figura 9. Mapa de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.2. Materiales, equipos y reactivos.

3.2.1. Material de estudio.

Frutos de marañón de color rojo y amarillo en diferentes estados de madurez, de acuerdo a la siguiente escala: M1= madurez fisiológica, M2= madurez comercial, M3= sobremadurez.

■ Marañón amarillo.

■ Marañón rojo.



■ M1



■ M2



■ M3



■ M1



■ M2



■ M3

Figura 10. Escala de maduración del marañón rojo y amarillo.

3.2.2. Materiales de laboratorio.

Se usaron los siguientes materiales: Vasos de precipitado (25, 40, 100 y 250 mL), tubos de ensayo con tapa rosca (45 mL), tubos centrífugo con tapa a presión (1.5 mL), probetas (10, 50 y 100 mL), fiolas (100 y 150 mL), puntera tips (10, 200, 1000 μ L y 5 mL), cubetas de polietileno (1x1x4.5 cm), policubetas, placas Petri, espátula, papel filtrante Grado 42 (2.5 μ m), Whatman®; papel tissue, frascos de vidrio ámbar (120 mL) y caja isotérmica

3.2.3. Equipos.

Se usaron los siguientes equipos: Espectrofotómetro Thermo Scientific - GENESYS 10S UV-Vis, estufa de secado Memmert, refractómetro digital ATAGO PAL-1 (0.0 a 53.0% Brix), pH-metro Mettler Toledo S20 SevenEasy, balanza de precisión Sartorius BP3100S (capacidad 3.100 g), centrífuga Hettich Mikro 22R, agitador Vortex Maxi Mix II Type 37600, equipo de titulación, micropipetas Lasany® (10 - 100, 100 - 1000 μ L), refrigerador y licuadora Universal.

3.2.4. Reactivos.

Se usaron los siguientes reactivos: Ácido gálico ($C_7H_6O_5$), reactivo de Folin-Ciocalteu 2 N, carbonato de sodio (Na_2CO_3) 7.5%, quercetina ($C_{15}H_{10}O_7$), nitrato de sodio ($NaNO_3$) 5% , cloruro de aluminio ($AlCl_3$) 10% , hidróxido de sodio (NaOH) 1 M y 0.1 N, fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$) 1% y etanol 96° G.L.

3.3. Métodos.

3.3.1. Análisis fisicoquímicos.

3.3.1.1. Sólidos solubles (SS).

Se determinó mediante refractometría de acuerdo con el método 932.12 (AOAC 1990). Se tomó una porción representativa de cada una de las seis muestras bien homogeneizadas y se colocó sobre el prisma del refractómetro digital ATAGO PAL-1, procediéndose a leer directamente sobre la escala del porcentaje de azúcares

3.3.1.2. Acidez titulable (AT).

Se determinó por titulación de acuerdo con el método 942.15 (AOAC 1990). Cada una de las seis muestras fue sometida a mediciones por triplicado. La acidez se determinó mediante la aplicación de volumetría ácido-base con una solución de NaOH 0.1 N en presencia del indicador fenolftaleína al 1%, hasta el cambio de viraje.

La acidez fue expresada como porcentaje de ácido cítrico mediante la ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(V_{\text{NaOH}}) (N_{\text{NaOH}}) (\text{meq}_{\text{ác.cítrico}}) (100)}{M_{\text{muestra}}}$$

Donde:

$\text{meq}_{\text{ác. Cítrico}}$: miliequivalente del ácido cítrico (0.064).

N_{NaOH} : normalidad de la solución de NaOH (0.1 N).

V_{NaOH} : gasto de NaOH.

3.3.1.3. Índice de madurez (IM).

Se realizó mediante la relación que se establece entre sólidos solubles (descrito en 3.5.1.1) y acidez titulable (descrito en 3.5.1.2). El cálculo del índice de madurez se determinó mediante la ecuación:

$$IM = \frac{SS}{AT}$$

Donde:

IM: índice de madurez.

SS: sólidos solubles.

AT: acidez titulable.

M = masa de la muestra.

3.3.1.4. pH.

Se determinó por potenciometría de acuerdo con el método 10.041 (AOAC 1984). Se tomó una cantidad representativa de las seis muestras de pulpa y se leyó directamente con un pH-metro Mettler Toledo S20. Para estandarizar el potenciómetro se utilizó una solución reguladora de pH 4.

3.3.1.5. Humedad (%).

Se determinó por el método de desecación en estufa a 105°C de acuerdo con el método 930.15 (AOAC 1990). Se pesó 2 gramos de cada muestra en placas Petri, previamente taradas. Se colocó las muestras en una estufa de secado Memmert a una temperatura de 105 °C, durante 5 horas, al cabo de este tiempo se retiró las placas de la estufa. Se enfrió en un desecador y se pesó de nuevo. Los resultados se expresaron como porcentaje de humedad utilizando la ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{M2-M3}{M1} \times 100$$

Donde:

M1: masa de la muestra húmeda (g).

M2: masa de la placa Petri con la muestra húmeda (g).

M3: masa de la placa Petri con la muestra seca (g).

3.3.2. Obtención de la pulpa de marañón.

El diagrama de flujo para la obtención de pulpa del pseudofruto de marañón rojo y amarillo de tres estados de madurez, se muestra en la Figura 11, modificado de Chacon (2006). Las descripciones se indican a continuación:

3.3.2.1. Recolección.

Esta operación se realizó en horas de la mañana de forma manual de acuerdo a una escala de maduración, en función del color de la cáscara del pseudofruto de marañón. Los frutos fueron cosechados cuidadosamente, evitando el aplastamiento y magulladuras del pedúnculo. Posteriormente, fueron colocados en una caja isotérmica con hielo, para ser transportados hasta el sitio de acondicionamiento.

3.3.2.2. Selección y clasificación.

Los frutos recolectados fueron seleccionados separando aquellos que estaban golpeados o picados y según el tamaño homogéneo. Se clasificaron según el estado de madurez: fisiológica, comercial y sobremadurez.

3.3.2.3. Lavado y desinfección.

Se realizó por inmersión en agua, con la finalidad de retirar partículas extrañas adheridas a la superficie de los frutos. Una vez lavados, la desinfección se realizó para reducir la carga microbiana. Para lo cual se sumergió los frutos en una solución de cloro 20 ppm, por 15 minutos. Luego, se enjuagó adecuadamente.

3.3.2.4. Remoción de la nuez.

Se separó manualmente la nuez del pseudofruto. Esta operación se debe hacer con cuidado, se realizó girándola, para no dañar a ninguna de las partes.

3.3.2.5. Troceado.

Los pseudofrutos fueron cortados en rodajas (1 cm de grosor aproximadamente), para facilitar la extracción del mismo.

3.3.2.6. Licuado.

El proceso de extracción se inició introduciendo los pseudofrutos en trozos en una licuadora perfectamente higienizada, hasta obtener una mezcla homogénea.

3.3.2.7. Refinado.

Se refinó la mezcla licuada utilizando un colador de malla plástica. La pulpa obtenida se depositó en envases de vidrio color ámbar de 120 mL y fueron acondicionadas en una caja isotérmica conteniendo hielo, hasta su respectivo análisis en los laboratorios del CIDBAM.

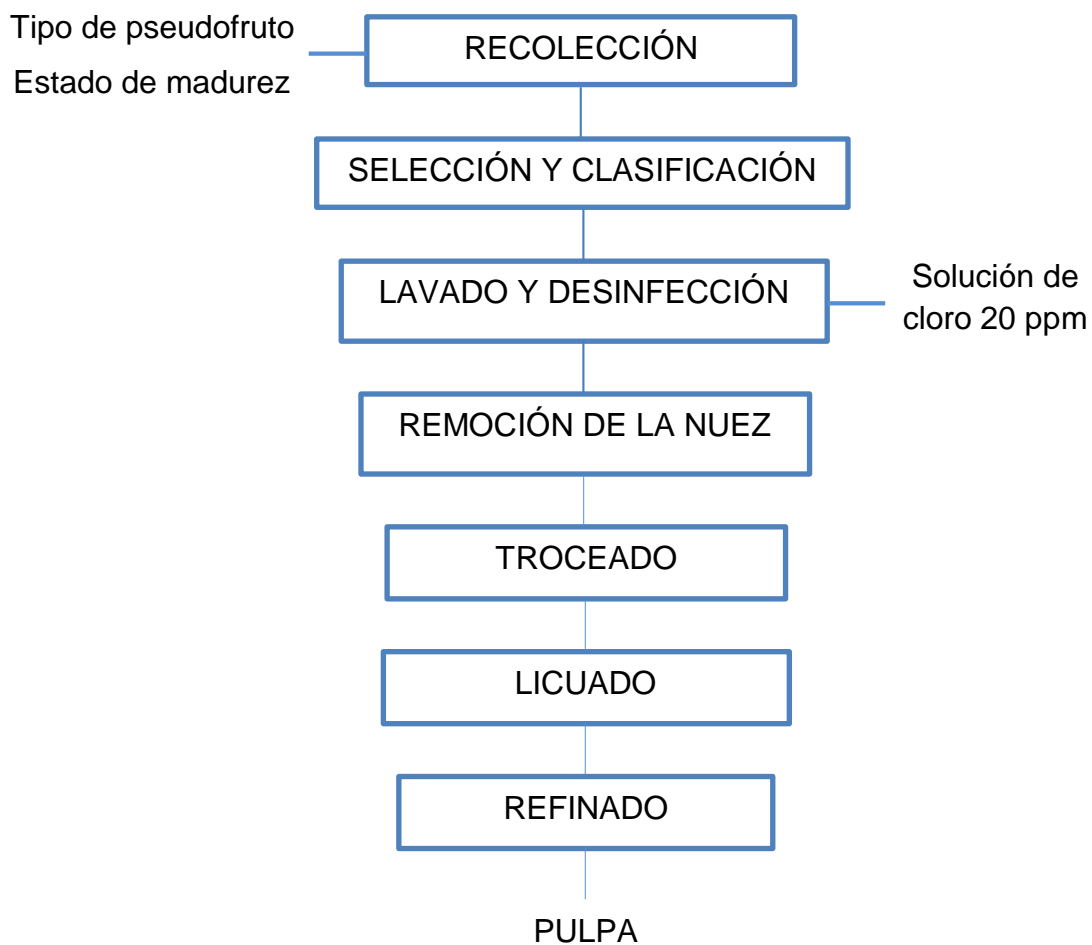


Figura 11. Diagrama de flujo para la obtención de la pulpa de marañón.

3.3.3. Preparación del extracto.

La extracción de los compuestos fenólicos se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por el Centro de Investigación y Desarrollo Biotecnología de la Amazonía (CIDBAM).

La Figura 12, muestra el diagrama de flujo de la obtención de los extractos hidroalcohólicos: 500 mg de pulpa se mezclaron con 20 mL de disolvente (70:30 etanol 96° - agua destilada), por cada tratamiento. Se realizó una homogeneización de la mezcla durante 5 minutos y una posterior maceración durante 24 horas a temperatura ambiente en oscuridad, para evitar la degradación de los compuestos fenólicos. Una vez finalizada la extracción, la mezcla fue centrifugada a 1000 rpm por 10 minutos a 4 °C. El pellet residual fue descartado y los sobrenadantes se utilizaron para el análisis de polifenoles y flavonoides totales. Todos los resultados se calcularon con base en el peso de la muestra y el volumen del disolvente inicial.

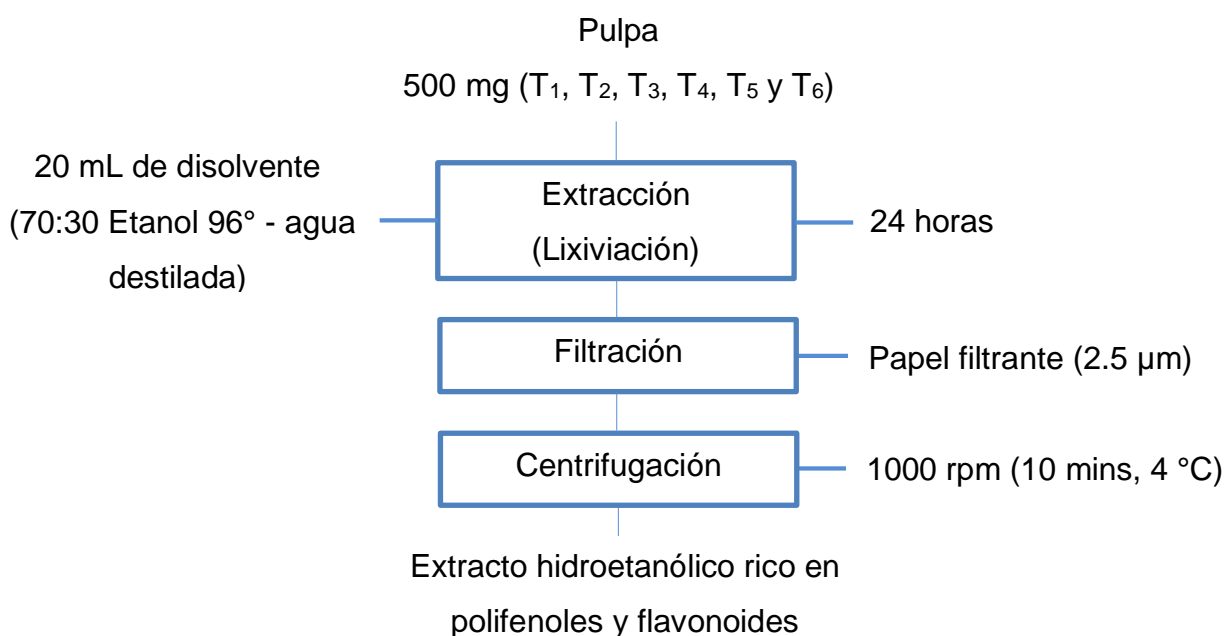


Figura 12. Diagrama de flujo para la extracción de compuestos fenólicos del pseudofruto de marañón.

3.3.4. Cuantificación de polifenoles totales.

La cuantificación se realizó de acuerdo el método descrito por Scherer *et al.* (2009). El estándar utilizado fue ácido gálico. Los resultados se expresaron en mg EAG/100 g de muestra.

Se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu, para lo cual se tomó 100 μL de muestra, se mezcló con 500 μL de solución Folin-Ciocalteu (1:10 Folin-Ciocalteu-Agua destilada), después de 5 minutos se añadió 400 μL de carbonato de sodio 7.5% y finalmente se almacenó por 2 horas a temperatura ambiente en oscuridad. La absorbancia se registró a 740 nm. La medida se comparó con una curva de calibración de ácido gálico (AG) en una concentración comprendida entre 10 a 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$. El contenido de polifenoles de las muestras se reportó como mg equivalente de ácido gálico (EAG)/100 g de pulpa. Este procedimiento se efectuó con cada uno de los tratamientos por triplicado.

3.3.5. Cuantificación de flavonoides totales.

La cuantificación se realizó por el método recomendado por Wang *et al.* (2012). El estándar utilizado fue quercetina. Los resultados se expresaron en mg EQ/100 g de muestra.

Se determinó utilizando un método colorimétrico, 100 μL de muestra se mezclaron con 30 μL de nitrito de sodio 5%, 30 μL cloruro de aluminio 10%, 200 μL de hidróxido de sodio 1 M y 640 μL de agua destilada, la mezcla se dejó reposar a temperatura ambiente durante 30 minutos con agitación intermitente. La absorbancia de la mezcla se midió a 510 nm. Los flavonoides totales se calcularon en base a una curva estándar elaborada con quercetina en una concentración comprendida entre 50 a 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ y los resultados se expresaron en mg equivalente de quercetina (EQ)/100 g de pulpa. Este procedimiento se efectuó con cada uno de los tratamientos por triplicado.

3.4. Diseño estadístico de la investigación.

3.4.1. Evaluación paramétrica.

3.4.1.1. Modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + a_i b_j + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable respuesta o dependiente.

μ = media general.

a_i = efecto del factor tipo de pseudofruto: rojo y amarillo.

b_j = efecto del factor estado de madurez: fisiológica, comercial y sobremadurez.

$a_i b_j$ = efecto de la interacción de los factores A y B.

e_{ijk} = efecto del error experimental.

3.4.1.2. Análisis de varianza.

Factores en estudio:

❖ Factor A: Tipo de pseudofruto.

- A_0 : Rojo.
- A_1 : Amarillo.

❖ Factor B: Estado de madurez.

- B_0 : Madurez fisiológica.
- B_1 : Madurez comercia.
- B_2 : Sobremadurez.

La designación del orden de los tratamientos se realizó de forma aleatoria.

Cuadro 6. Tratamientos en estudio.

TRATAMIENTOS	FACTOR A	FACTOR B	COMBINACIONES
T ₁		B ₀	A ₀ B ₀
T ₂	A ₀	B ₁	A ₀ B ₁
T ₃		B ₂	A ₀ B ₂
T ₄		B ₀	A ₁ B ₀
T ₅	A ₁	B ₁	A ₁ B ₁
T ₆		B ₂	A ₁ B ₂

Cuadro 7. Análisis de varianza (ANOVA) para el diseño factorial.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL
TRATAMIENTOS	5
A: TIPO DE PSEUDOFRUTO	1
B: ESTADO DE MADUREZ	2
INTERACCIÓN (AB)	2
ERROR	12
TOTAL (CORREGIDO)	17

3.4.1.3. Análisis de datos.

Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial A x B, con 6 tratamientos y 3 repeticiones que hace un total de 18 unidades experimentales. Para la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey al 5% de nivel de significación. Para estimar el grado de asociación entre las variables se midió el coeficiente de correlación (r^2). Los datos obtenidos fueron analizados mediante los programas Statgraphics Centurion XVII y Microsoft Office Excel 2010. Los resultados fueron expresados como medias \pm desviación estándar (SD).

3.4.2. Tipo de investigación.

Investigación experimental cuantitativa.

3.4.3. Población y muestra.

Se recolectaron 8 frutos de marañón por cada tratamiento, de acuerdo a una escala de maduración basada en el color de la cáscara del pseudofruto de marañón, haciendo un total de 48 frutos.

3.5. Medición de las variables independientes y dependientes.

3.5.1. Variables independientes.

Tipo de pseudofruto.

- Pseudofruto rojo.
- Pseudofruto amarillo.

Estado de madurez.

- Madurez fisiológica.
- Madurez comercial.
- Sobremadurez.

3.5.2. Variables dependientes.

- Contenido de polifenoles totales (CPT).
- Contenido de flavonoides totales (CFT).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Análisis fisicoquímico.

En el Cuadro 8, se muestra las características fisicoquímicas de los pseudofrutos de marañón rojo y amarillo según el estado de madurez: fisiológica, comercial y sobremadurez. Todas estas características ayudan a nivel industrial a tomar decisiones, para su uso en fresco o su procesamiento. Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticas a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 8. Análisis fisicoquímico del pseudofruto de marañón según el estado de madurez.

Característica fisicoquímica	Tipo de pseudo fruto	Estado de madurez		
		Madurez fisiológica*	Madurez comercial*	Sobremadurez*
Sólidos solubles (°Brix)	Rojo	7.37±0.153 ^a	9.30±0.100 ^c	12.20±0.100 ^e
	Amarillo	7.97±0.306 ^b	10.20±0.200 ^d	11.80±0.100 ^e
Acidez titulable**	Rojo	0.190±0.002 ^c	0.161±0.004 ^b	0.128±0.001 ^a
	Amarillo	0.318±0.003 ^e	0.287±0.003 ^d	0.160±0.002 ^b
Índice de madurez***	Rojo	38.78±1.206 ^c	57.79±1.890 ^d	95.32±1.526 ^f
	Amarillo	25.08±1.162 ^a	35.51±1.071 ^b	73.60±1.316 ^e
pH	Rojo	4.88±0.020 ^b	4.96±0.020 ^b	5.14±0.020 ^c
	Amarillo	4.55±0.045 ^a	4.89±0.094 ^b	5.13±0.025 ^c
Humedad (%)	Rojo	89.95±0.767 ^d	89.90±0.790 ^d	87.03±0.925 ^{ab}
	Amarillo	88.31±0.622 ^{bc}	88.95±0.418 ^{cd}	85.94±1.007 ^a

* Datos expresados en media ± SD, valores de una misma fila con diferentes superíndices indican diferencias significativas (p<0.05).

** % Ácido cítrico.

*** °Brix/% Ácido cítrico.

4.1.1. Sólidos solubles (SS).

Como puede observarse en el Cuadro 8, los valores de sólidos solubles en el pseudofruto rojo, van desde 7.37 a 12.30 °Brix y en el pseudofruto amarillo, desde 7.97 a 11.50 °Brix, encontrándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). De acuerdo con Márquez-Cardozo *et al.* (2012), en la evaluación de la guanábana durante su maduración, encontraron un incremento de los sólidos solubles hasta la sobremaduración, observándose que una ligera disminución de los grados Brix, probablemente este producido por el inicio de los procesos de fermentación. También, Siriamornpun y Kaewseejan (2017a), reportaron un comportamiento creciente de los sólidos solubles en la evaluación de plátano, mango y papaya durante su maduración, desde verde a maduro.

Según lo reportado en el Cuadro 8, se afirma que el incremento progresivo de los sólidos solubles en el proceso de maduración de los dos tipos de pseudofruto de marañón se debe a la presencia de almidón, el mismo que se va degradando a medida que la fruta va llegando a su estado de madurez óptima, originándose la presencia de los azúcares solubles, tales como, la glucosa y fructuosa en el mesocarpio o pulpa de la fruta.

4.1.2. Acidez titulable (AT).

En el Cuadro 8, se muestra las concentraciones de ácido cítrico de los pseudofrutos de marañón rojo y amarillo durante su maduración. Obteniéndose valores para el pseudofruto rojo desde 0.190 a 0.128% de ácido cítrico y para los pseudofrutos amarillos, los valores varían desde 0.318 a 0.160% de ácido cítrico, encontrándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

De acuerdo con lo presentado en el Cuadro 8, se asegura que la síntesis de ácido cítrico está directamente relacionada con el grado de madurez de los pseudofrutos de marañón, observándose una disminución de la concentración de ácido cítrico desde la madurez fisiológica hasta la sobremadurez en ambos pseudofrutos. Según Africano *et al.* (2015), dicha disminución se debe a que los ácidos orgánicos son transformados en azúcares solubles, usados como sustratos respiratorios por el fruto o participaron en la síntesis de metabolitos secundarios propios de la maduración del fruto. De esta manera la concentración inicial de azúcares es siempre menor al inicio de la poscosecha.

4.1.3. Índice de madurez (IM).

Los valores de índice de madurez del pseudofruto de marañón rojo y amarillo se presentan en el Cuadro 8, el análisis estadístico demostró que existen diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). Destacando entre los pseudofrutos rojos los sobremaduros con un índice de madurez de 95.32, seguido por los de madurez comercial con 57.79 y 39.14 para los de madurez fisiológica. En los pseudofrutos amarillos los sobremaduros presentaron un índice de madurez de 73.60, seguido por los de madurez comercial con 25.08 y 35.51 para los de madurez fisiológica. Según la investigación de Torres *et al.* (2013), indican que un aumento del estado de madurez del mango, maracuyá amarillo, papaya Hawaiana y plátano, produce un incremento del índice de madurez.

De acuerdo a lo expuesto en el Cuadro 8, el índice de madurez incrementó durante la maduración resultado del aumento de la concentración de azúcares y disminución del ácido cítrico. Por otro lado, Alós *et al.* (2019), aseguran que la relación entre los azúcares y la acidez se usa como un indicador de madurez conjuntamente con otros factores como la firmeza, la comestibilidad de la fruta para determinar el momento óptimo de cosecha.

4.1.4. pH.

En el Cuadro 8, se muestra los datos de pH de la evaluación del pseudofruto de marañón rojo y amarillo en tres estados de madurez, encontrándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). En los pseudofrutos rojos el pH varía desde 4.88 a 5.14, mientras, en los pseudofrutos amarillos los valores reportados varían desde 4.55 a 5.13. De acuerdo con la investigación de Lee y Hwang (2017), sobre las propiedades fisicoquímicas de las frutas de morera (*Morus alba* L.) en siete estados de madurez, reportaron un incremento en el pH. También, Barragán-Iglesias *et al.* (2018), indican que el pH aumenta durante la maduración, cuando evaluaron la papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) en seis etapas de madurez.

Según lo informado en el Cuadro 8, se afirma que el incremento del pH durante la maduración es influenciado por la disminución de la acidez titulable.

4.1.5. Humedad (%).

Los valores de humedad obtenidos para los pseudofrutos rojos fueron 92.62% (madurez fisiológica), 90.57% (madurez comercial) y 87.03% (sobremadurez), y para los pseudofrutos amarillos fueron 88.30% (madurez fisiológica), 88.95% (madurez comercial) y 85.94% (sobremadurez). De acuerdo a lo reportado en el Cuadro 8, los valores de humedad no mostraron cambios significativos durante la maduración ($p > 0.05$).

Según Oliveira *et al.* (1999), el contenido de humedad en los frutos durante su maduración se debe a la degradación de las sustancias pépticas, por lo que el producto se reblandece, así a mayor dureza menor maduración.

4.2. Cuantificación de polifenoles totales.

En el Cuadro 9, se presenta la evaluación del factor A (tipo de pseudofruto) a un 95% de nivel de confianza. Encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$), las mismas que determinan un comportamiento diferente respecto al contenido de polifenoles totales en los pseudofrutos rojos y amarillos.

Cuadro 9. Contenido de polifenoles totales (CPT) respecto al tipo de pseudofruto de marañón.

Tipo de pseudofruto	Contenido de polifenoles totales (mg de EAG/ 100 g de pulpa)*
Rojo	867.22 ± 0.224 ^b
Amarillo	745.56 ± 0.480 ^a

* Datos expresados en media ± SD, valores de una misma fila con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el Cuadro 10, se muestra el análisis estadístico del factor B (estado de madurez), encontrándose diferencias significativas a un 95% de nivel de confianza. En el mismo cuadro, se observa que los pseudofrutos de marañón en el estado de madurez fisiológica poseen mayor contenido de polifenoles totales, cuyo valor promedio asciende a 1234 mg/100 g de pulpa fresca.

Cuadro 10. Contenido de polifenoles totales (CPT) respecto al factor estado de madurez.

Estado de madurez	Contenido de polifenoles totales (mg de EAG/ 100 g de pulpa)*
Madurez fisiológica	1234.00 ± 0.119 ^c
Madurez comercial	756.67 ± 0.112 ^b
Sobremadurez	428.50 ± 0.204 ^a

* Datos expresados en media ± SD, valores de una misma fila con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el Cuadro 11, se reporta los resultados del contenido de polifenoles totales de los 6 tratamientos evaluados. En el análisis de varianza se obtuvo un p-valor menor que 0.05. Esto demuestra que los diferentes tratamientos tienen un efecto estadísticamente significativo respecto al contenido de polifenoles totales con un 95% de nivel de confianza. Para determinar que medias son significativamente diferentes de otras, se utilizó la prueba de Tukey. Se identificó que entre los tratamientos T₃ (pseudofruto rojo - sobremadurez) y T₅ (pseudofruto amarillo - madurez comercial) no existe diferencia significativa referente a la concentración de polifenoles totales.

La evaluación de la correlación del contenido de polifenoles totales, según el estado de maduración y tipo de pseudofruto, determinó que existe una relación significativa y que el coeficiente de correlación (r^2) es muy alto, con 87% de efectividad (Anexo 2 - Cuadro 23). El coeficiente de variación es 3.7%

Cuadro 11. Contenido de polifenoles totales (CPT) en la pulpa de marañón en tres estados de madurez.

Tratamientos	Tipo de pseudofruto	Estado de madurez	Contenido de polifenoles totales (mg EAG/ 100 g pulpa)*
T ₁	Rojo	Madurez fisiológica	1130.33 ± 0.009 ^d
T ₂	Rojo	Madurez comercial	857.00 ± 0.029 ^c
T ₃	Rojo	Sobremadurez	614.33 ± 0.023 ^b
T ₄	Amarillo	Madurez fisiológica	1337.67 ± 0.056 ^e
T ₅	Amarillo	Madurez comercial	656.33 ± 0.028 ^b
T ₆	Amarillo	Sobremadurez	242.67 ± 0.006 ^a

* Datos expresados en media ± SD, valores de una misma fila con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En la Figura 13, se observa que el contenido de polifenoles totales disminuyó significativamente a lo largo de la maduración del pseudofruto de marañón rojo y amarillo, encontrándose el mayor contenido de polifenoles totales en el T₄ (pseudofruto amarillo - madurez fisiológica) con 1337.67 mg

EAG/100 g de pulpa fresca. Mientras, la menor concentración se determinó en el T₆ (pseudofruto amarillo - sobremadurez) con 242.67 mg EAG/100 g de pulpa fresca.

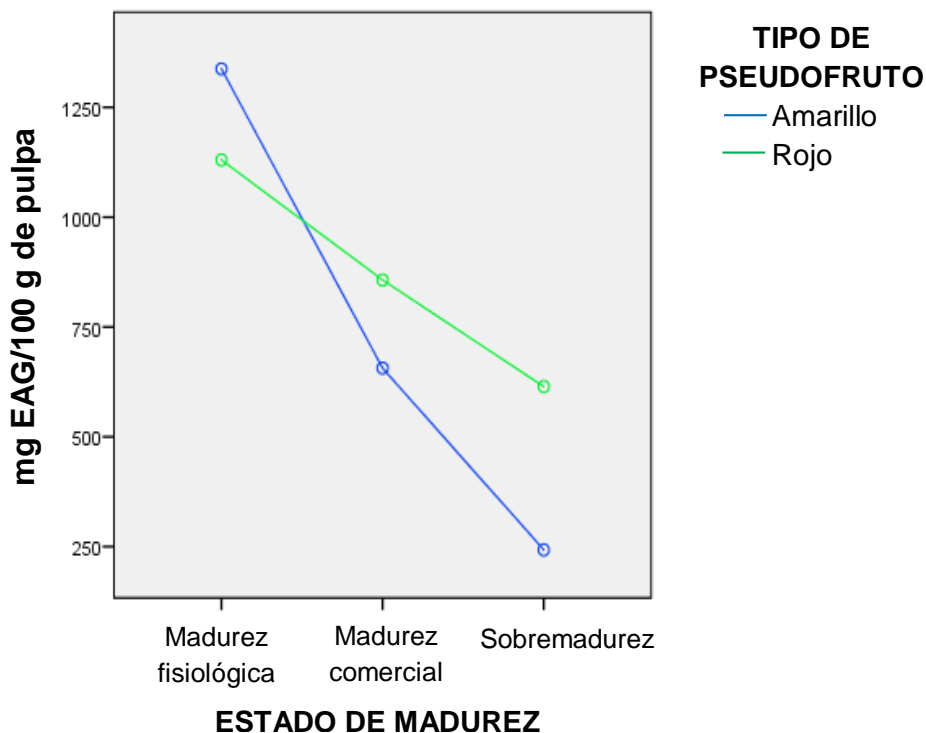


Figura 13. Comportamiento del contenido de polifenoles totales en la maduración del pseudofruto de marañón rojo y amarillo.

De acuerdo con los resultados del pseudofruto de marañón, los valores más altos del contenido de polifenoles totales se encontraron principalmente en la etapa de madurez inicial. Gordon *et al.* (2016b), reportaron que los compuestos polifenólicos presentaban cantidades decrecientes durante la maduración y que los pseudofrutos de marañón inmaduros poseen mayor contenido de polifenoles. Asimismo, Lopes *et al.* (2012c), en la evaluación de clones de marañón en siete etapas de madurez, aunque los valores son mucho más bajos, encontraron una gran variabilidad en el contenido de polifenoles totales de los pseudofrutos de marañón que van desde 64.01 a 375.79 mg EAG /100 g de pulpa fresca, para los pseudofrutos anaranjados y 54.85 a 144.96 mg EAG /100 g de pulpa fresca, para los pseudofrutos rojos. Adou *et al.* (2012b),

también informaron que el pseudofruto de marañón rojo y amarillo son una excelente fuente de polifenoles.

Por otro lado, Aparecida *et al.* (2015), evaluaron los pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (uva japonesa) en cinco diferentes grados de madurez y encontraron que los pseudofrutos inmaduros (1778 y 1079 mg EAG/ 100 g de peso seco) son una mejor fuente de polifenoles que los maduros (496 y 659 mg EAG/ 100 g de peso seco).

Según Neves *et al.* (2015), en la evaluación de camu camu (*Myrciaria dubia*) encontraron menor concentración de polifenoles en frutos completamente morados que en frutos completamente verdes. El mismo comportamiento encontró Correa *et al.* (2016) al evaluar frutos de lulo de perro (*Solanum marginatum*) en tres estados de madurez, encontrándose mayor contenido en frutos de maduración media (pintón). También, Williams y Benkeblia (2018), informaron sobre la disminución de estos metabolitos secundarios durante la maduración de los frutos de manzana estrella (*Chrysophyllum cainito*).

Los resultados obtenidos en la investigación presentan variaciones respecto a otros trabajos sobre pseudofrutos de marañón, estas diferencias puede darse por diversos factores, tales como, la condiciones del suelo, las condiciones climáticas, y métodos de extracción (Dixon y Paiva, 1995). También, la presencia de azúcares en extractos vegetales puede interferir en la estimación de los compuestos polifenólicos por el método de Folin-Ciocalteu, sobre todo si la concentración es muy alta o la fructosa está presente (Muñoz-Bernal *et al.* 2017).

De acuerdo a lo reportado, el marañón es una fuente potencial de polifenoles y según la OMS (2003), una dieta alta en frutas y verduras puede disminuir el riesgo de enfermedades crónicas, debido al bajo contenido de grasa y los altos niveles de fibra y sustancias antioxidantes, como el ácido ascórbico y los polifenoles.

4.3. Cuantificación de flavonoides totales.

En el Cuadro 12, se muestra la evaluación del factor A (tipo de pseudofruto) a un nivel de significancia del 95%. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$), las mismas que determinan un comportamiento diferente respecto al contenido de flavonoides totales en los pseudofrutos rojos y amarillos.

Cuadro 12. Contenido de flavonoides totales (CFT) respecto al factor tipo de pseudofruto de marañón.

Tipo de pseudofruto	Contenido de flavonoides totales (mg EQ/ 100 g pulpa)*
Rojo	594.00 ± 0.361 ^a
Amarillo	586.67 ± 0.220 ^a

* Datos expresados en media ± SD, valores de una misma fila con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el Cuadro 13, se presenta la evaluación del factor estado de madurez (fisiológica, comercial y sobremadurez), encontrándose diferencias significativas para cada nivel ($p < 0.05$). En el mismo cuadro, se observa que en el estado de madurez fisiológica los pseudofrutos de marañón poseen mayor contenido de flavonoides totales, cuyo valor promedio asciende a 930.33 mg/100 g de pulpa fresca.

Cuadro 13. Contenido de flavonoides totales (CFT) respecto al factor esta de madurez.

Estado de madurez	Contenido de flavonoides totales (mg EQ/ 100 g pulpa)*
Madurez fisiológica	930.33 ± 0.102 ^c
Madurez comercial	577.83 ± 0.029 ^b
Sobremadurez	262.83 ± 0.086 ^a

* Datos expresados en media ± SD, valores de una misma fila con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el Cuadro 14, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación del contenido de flavonoides totales en los 6 tratamientos a un nivel de confianza del 95%. De acuerdo con el análisis de varianza el p-valor es menor que 0.05. Esto indica que cada tratamiento tiene un efecto estadísticamente significativo en el contenido de flavonoides totales. Se realizó la prueba de Tukey, para probar las diferencias entre las medias de todos los tratamientos. Se detectó que entre los tratamientos T₂ (pseudofruto rojo - madurez comercial) y T₅ (pseudofruto amarillo - madurez comercial) no existe diferencia significativa con respecto al contenido de flavonoides totales.

La evaluación de la correlación del contenido de flavonoides totales, según el estado de maduración y tipo de pseudofruto, determinó que existe una relación significativa y que el coeficiente de correlación (r^2) es muy alta, con 93% de efectividad (Anexo 2 - Cuadro 26). El coeficiente de variación es 5.3%.

Cuadro 14. Contenido de flavonoides totales (CFT) en la pulpa de marañón en tres estados de madurez.

Tratamientos	Tipo de pseudofruto	Estado de madurez	Contenido de flavonoides totales (mg EQ/ 100 g pulpa)*
T ₁	Rojo	Madurez fisiológica	842.67 ± 0.034 ^d
T ₂	Rojo	Madurez comercial	578.00 ± 0.031 ^c
T ₃	Rojo	Sobremadurez	339.33 ± 0.023 ^b
T ₄	Amarillo	Madurez fisiológica	1018.00 ± 0.041 ^e
T ₅	Amarillo	Madurez comercial	577.67 ± 0.034 ^c
T ₆	Amarillo	Sobremadurez	186.33 ± 0.020 ^a

* Datos expresados en media ± SD, valores de una misma fila con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En la Figura 14, se muestra que la concentración de flavonoides totales se ve influenciada por los diferentes estados de madurez de los pseudofrutos de marañón rojo y amarillo, encontrándose el mayor contenido de flavonoides totales en el T₄ (pseudofruto amarillo - madurez fisiológica) con 1018 mg

EQ/100 g de pulpa fresca. Mientras, el menor contenido de flavonoides totales se observó en el T₆ (pseudofruto amarillo - sobremadurez) con 186.33 mg EQ/100 g de pulpa fresca.

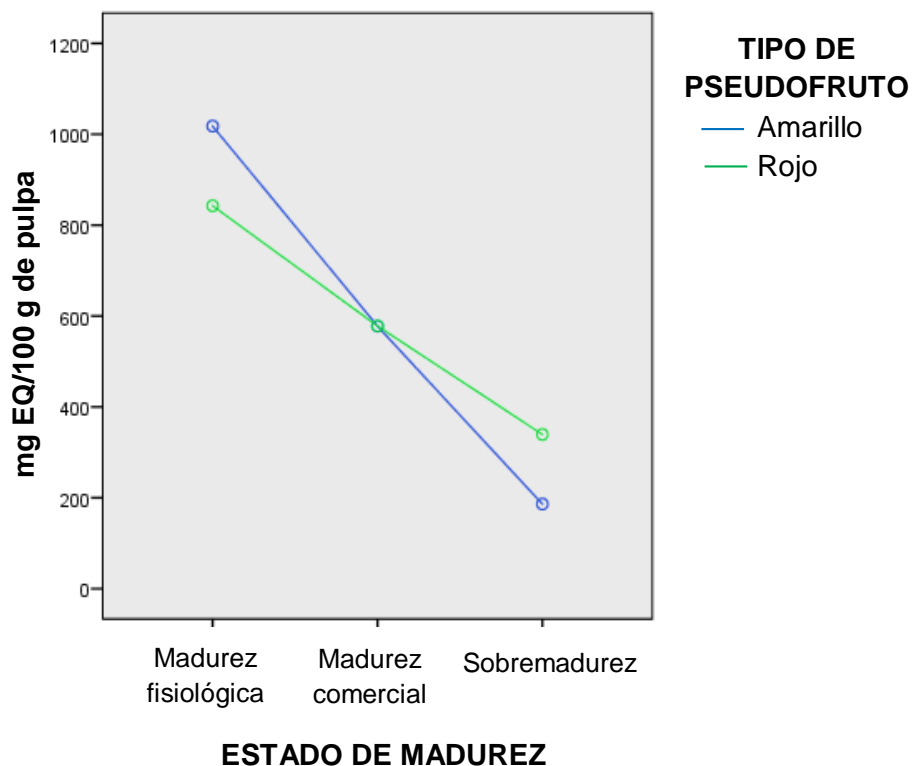


Figura 14. Comportamiento del contenido de flavonoides totales en la maduración del pseudofruto de marañón rojo y amarillo.

El contenido de flavonoides totales durante la maduración tiene un comportamiento decreciente y así lo reporta Siriamornpun y Kaewseejan (2017b), en la evaluación de tres frutas, plátano, mango y papaya, encontraron que el contenido de flavonoides disminuyó drásticamente durante la maduración.

Según lo reportado en el Cuadro 14, la mayor concentración de flavonoides totales se encontró en la madurez fisiológica, esta disminución de los compuestos fenólicos en la maduración posiblemente está asociada a la reducción del metabolismo primario en la fruta madura, y esto produce la

escasez de sustratos para la biosíntesis de los compuestos fenólicos, como el caso de los flavonoides (Seraglio *et al.* 2018). De acuerdo con Kühnau (1976), las frutas presentan variación en la composición de flavonoides debido a diferentes factores como variedades y partes de los frutos. La composición es dependiente del grado de incidencia de luz, ya que la formación de los flavonoides es influenciada por la luz.

V. CONCLUSIONES.

De acuerdo a las condiciones experimentales empleadas en este trabajo, es posible concluir que:

1. El mayor contenido de polifenoles totales se encontró en el T₄ (pseudofruto amarillo - madurez fisiológica) con 1337.67 mg EAG/100 g pulpa fresca, seguido por el T₁ (pseudofruto rojo - madurez fisiológica) con 1130.33 mg EAG/100 g de pulpa fresca.
2. El contenido de flavonoides totales fue mayor en el T₄ (pseudofruto amarillo - madurez fisiológica) con 1018 mg EQ/100 g pulpa fresca, seguido por el T₁ (pseudofruto rojo - madurez fisiológica) con 842.67 mg EQ/100 g de pulpa fresca.
3. El estado de madurez del pseudofruto de marañón tiene influencia directa en el incremento del contenido de sólidos solubles, pH e índice de madurez y la reducción de ácido cítrico.
4. El estado de madurez de los pseudofrutos de marañón rojo y amarillo influye significativamente en el contenido de polifenoles y flavonoides.

VI. RECOMENDACIONES.

Los resultados obtenidos permiten recomendar:

1. En investigaciones posteriores se recomienda utilizar el ensayo Fast Blue BB (FBBB), porque proporciona una estimación más alta y más precisa en la determinación de polifenoles.
2. En posteriores investigaciones de compuestos fenólicos en el pseudofruto de marañón se recomienda evaluar el contenido de quercetina, miricetina, kenferol, debido a que son los flavonoides que poseen mayor actividad neutralizadora de radicales libres y poseen actividad anticáncer. También, la liquiritigenina que disminuye el colesterol, las antocianinas y catequinas que disminuyen el riesgo de aterosclerosis. Y entre los no flavonoides, el resveratrol que posee acción inflamatoria.
3. Utilizar los pseudofrutos de marañón rojo y amarillo, para ser utilizados en diferentes áreas de la industria con fines tecnológicos debido a su contenido potencial de polifenoles y flavonoides.
 - Los pseudofrutos en estado de madurez fisiológica, para la elaboración de alimentos funcionales, suplementos dietéticos o nutraceúticos.
 - Los pseudofrutos en estado de madurez comercial, para su consumo en fresco.
 - Los pseudofrutos sobremaduros, para la elaboración de pastas, mermeladas, etc.

VII. LITERATURA CITADA.

- Adou, M; Kouassi, DA; Tetchi, FA; Amani, NG. 2012. Phenolic profile of cashew apple juice (*Anacardium occidentale L.*) from Yamoussoukro and Korhogo (Côte d'Ivoire) (en línea). *Journal of Applied Bioscience* 49:3331-3338. Consultado 18 nov. 2018. Disponible en <http://m.elewa.org/JABS/2012/49/3.pdf>
- Africano, KL; Almanza-Merchán, PJ; Balaguera-López, HE. 2015. Fisiología y bioquímica de la maduración del fruto de durazno [*Prunus pérsica L.* Batsch]. Una Revisión (en línea). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 9(1):161-172. Consultado 20 dic. 2018. Disponible en <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3754>
- Alba, R; Payton, P; Fei, Z; McQuinn, R; Debbie, P; Martin, GB; Giovannoni, JJ. 2005. Transcriptome and selected metabolite analyses reveal multiple points of ethylene control during tomato fruit development (en línea). *The Plant Cell* 17(11):2954-2965. Consultado 4 dic. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.105.036053>
- Alós, E; Rodrigo, MJ; Zacarias, L. 2019. Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables: Ripening and Senescence (en línea). Yahia, EM (ed.). Querétaro, México. 131-155 p. Consultado 13 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00007-5>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. *Official Methods of Analysis*. 14 ed., Washington D.C., USA
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists).1990. *Official Methods of Analysis*, 13 ed., Washington D.C., USA

- Aparecida, H; López-Froilán, R; Morales, P; Pérez-Rodríguez, ML; Hoffmann, R; Montaña, Cortes, M. 2015. Antioxidant phytochemicals of *Hovenia dulcis* Thunb. peduncles in different maturity stages (en línea). *Journal of Functional Foods* 18(B):1117-1124. Consultado 7 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.044>
- Barragán-Iglesias, J; Méndez-Lagunas, L; Rodríguez-Ramírez, J. 2018. Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) during ripening on-tree (en línea). *Scientia Horticulturae* 16:272-278. Consultado 9 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.012>
- Bouzayen, M; Latché, A; nath, P; Pech, JC. 2010. Mechanism of fruit ripening (en línea). *Plant Developmental Biology-Biotechnological Perspectives* 1:319-339. Consultado 9 dic. 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02301-9_16
- Brady, CJ. 1987. Fruit Ripening (en línea). *Annual Review of Plant Physiology* 38:155-178. Consultado 5 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.38.060187.001103>
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance (en línea). *Nutrition Reviews* 56(11):317-333. Consultado 29 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x>
- Brummell, DA; Harpster, MH; Civello, P M; Palys, JM; Bennett, AB; Dunsmuir, P. 1999. Modification of expansin protein abundance in tomato fruit alters softening and cell wall polymer metabolism during ripening (en línea). *The Plant Cell* 11(11):2203-2216. Consultado 8 dic. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc>

- Brummell, DA; Harpster, MH. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants (en línea). *Plant Mol. Biol.* 47(1-2):311-339. Consultado 8 dic. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010656104304>
- Chacon, SA (ed.). 2006. Manual de procesamiento de frutas tropicales a escala artesanal, en el Salvador. La Libertad, El Salvador. Consultado 10 dic. 2018. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B0635e/B0635e.pdf>
- Chirinos, R; Galarza, J; Betalleluz-Pallardel, I; Pedreschi, R; Campos, D. 2010. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages (en línea). *Food Chemistry* 120(4):1019-1024. Consultado 24 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.041>
- Cook, NC; Samman, S. 1996. Flavonoids-Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources (en línea). *The Journal of Nutritional Biochemistry* 7(2):66-76. Consultado 20 nov. 2018. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(95\)00168-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(95)00168-9)
- Correa, J; Pinzón, SP; Martin, DA; Cárdenas, OE. 2016. Efecto del estado de maduración sobre el contenido de polifenoles totales en frutos de *Solanum marginatum* (en línea). *Revista I3+* 3(2):86-97 Consultado 6 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.24267/23462329.220>
- Díaz, J. 2009. Optimización de extracción y análisis de la capacidad antioxidante de la piel de kiwi (en línea). Tesis Ing. Química. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña. Consultado 25 oct. 2018. Disponible en <http://hdl.handle.net/2099.1/7857>

- Dixon, RA; Paiva, NL. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism (en línea). *The Plant Cell* 7(7):1085-1097. Consultado 8 dic. 2018. DOI: 10.1105/tpc.7.7.1085
- Ebrahimi, E; Schluesener, H. 2012. Natural polyphenols against neurodegenerative disorders: Potentials and pitfalls (en línea). *Ageing Research Reviews* 11(2):329-345. Consultado 8 nov. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.arr.2012.01.006>
- El Gharras, H. 2009. Polyphenols: food sources, properties and applications-a review (en línea). *International Journal of Food Science + Technology* 44(12):2512-2518. Consultado 2 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02077.x>
- Fernández, G. 2015. Espectroscopía Visible-Ultravioleta (Vis-Uv). *Química orgánica*. Consultado 22 oct. 2018. Disponible en <http://www.quimicaorganica.net/espectroscopia-visible-ultravioleta.html>
- Festy, D. 2007. *Antioxidantes: Guía Práctica* (en línea). Geronés, C y Urritz, C (trad.). Barcelona, España. 98 p. Consultado 21 nov. 2018. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=dMe726KbgMgC&pg=PA96&dq=polifenoles&hl=es->
- Fraga, CG; Galleano, M; Verstraeten, SV; Oteiza, PI. 2010. Basic biochemical mechanisms behind the health benefits of polyphenols (en línea). *Molecular Aspects of Medicine* 31(6):435-445. Consultado 15 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.mam.2010.09.006>
- Gaba, E. 2005. *Cashew trees (Anacardium occidentale L.)* (en línea, fotografía). Fortaleza, Ceará, Brasil. Consultado 21 nov. 2018. Disponible en https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ACashew_Brazil_tree.jpg

- Gapper, NE; McQuinn, RP; Giovannoni, JJ. 2013. Molecular and genetic regulation of fruit ripening (en línea). *Plant Mol. Biol.* 82(6):575-591. Consultado 8 dic. 2018. DOI: 10.1007/s11103-013-0050-3
- Giovannoni, JJ. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening (en línea). *The plant cell* 16(1):S170-S180. Consultado 4 dic. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.019158>
- Girard, A; Awika, J. 2018. Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients (en línea). *Journal of Cereal Science* 84:112-124. Consultado 15 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.10.009>
- González, R. 2008. Fotodegradación de productos plásticos elaborados con polietileno lineal de baja densidad (en línea). Tesis Dr. Ciencia y Tecnología. Aguas Calientes, México, Centro de Investigaciones en Óptica A.C. Consultado 20 oct. 2018. Disponible en <https://bibliotecas.cio.mx/tesis/13072.pdf>
- Google. s.f. Mapa de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (en línea). Tingo María, Huánuco. Consultado 28 mzo. 2019. Disponible en <https://www.google.com/maps/place/Universidad+Nacional+Agraria+de+la+Selva/@-9.3169485,-76.0113995,5855m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91a6417ede521649:0x84adede06559f93c!8m2!3d-9.3140208!4d-75.9966689>
- Gordon, A; Friedrich, M; Da Matta, V; Moura, C; Marx, F. 2011. Changes in phenolic composition, ascorbic acid and antioxidant capacity in cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) during ripening (en línea). *Fruits* 67(4):267-276. Consultado 18 nov. 2018. Disponible en <https://fruits.edpsciences.org/articles/fruits/pdf/2012/04/fruits120023.pdf>

- Halliwell B. 2007. Biochemistry of oxidative stress (en línea). *Biochemical Society Transactions* 35(5):1147-1150. Consultado 12 nov. 2018. DOI: 10.1042 / BST0351147
- Hardisson, A. 2010. Aspectos toxicológicos. Radicales libres, estrés oxidativo y carcinogénesis: Antioxidantes naturales. Aspectos saludables, toxicológicos y aplicaciones industriales (en línea). Franco, D; Moure, A (eds.). Santiago de Compostela, España. 161-171 p. Consultado 7 nov. 2018. Disponible en http://mediorural.xunta.gal/fileadmin/arquivos/publicacions/alimentacion/anti_oxidantes_2010_es.pdf
- Hausladen, A; Stambler, IS. 1999. Nitrosative Stress. *Methods in Enzymology* 300:389-395. Consultado 11 nov. 2018. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)00143-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)00143-3)
- Ignat, I; Volf, I; Popa, VI. 2011. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables (en línea). *Food Chemistry, Barking* 126(4):1821-1835. Consultado 25 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026>
- ITIS (Integrated Taxonomic Information System, Estados Unidos de América). s.f. *Anacardium occidentale* L. (en línea, sitio web). Consultado 10 oct. 2018. Disponible en https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=28793#null
- Kale, A; Gawande, S; Kotwal, S. 2008. Cancer phytotherapeutics: role for flavonoids at the cellular level (en línea). *Phytotherapy Research* 22(5):567-577. Consultado 15 ene. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1002/ptr.2283>

- Kalyanaraman, B. 2013. Teaching the basics of redox biology to medical and graduate students: Oxidants, antioxidants and disease mechanisms (en línea). *Redox Biology* 1(1):244-257. Consultado 11 nov. 2018. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.redox.2013.01.014>
- Khalifa, I; Zhu, W; Li, K; Li, C. 2018. Polyphenols of mulberry fruits as multifaceted compounds: Compositions, metabolism, health benefits, and stability-A structural review (en línea). *Journal of Functional Foods* 40:28-43. Consultado 22 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.10.041>
- Korkina, LG; Afanas'Ev, IB. 1997. Antioxidant and chelating properties of flavonoids (en línea). *Advances in Pharmacology* 38:151-163. Consultado 2 dic. 2018. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1054-3589\(08\)60983-7](https://doi.org/10.1016/S1054-3589(08)60983-7)
- Krinsky, NI. 1992. Mechanism of action of biological antioxidants (en línea). *Experimental Biology and Medicine* 200(2):248-254. Consultado 12 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.3181/00379727-200-43429>
- Kühnau, J. 1976. The flavonoids: a class of semi-essential foods components: their role in human nutrition (en línea). *World Review Nutrition Dietetics* 24:117-191. Consultado 27 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1159/000399407>
- Lee, Y; Hwang, K. 2017. Changes in physicochemical properties of mulberry fruits (*Morus alba* L.) during ripening (en línea). *Scientia Horticulturae* 217:189-196. Consultado 9 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.042>
- Lopes, MM; Miranda, MR; Moura, CF; Enéas, J. 2012. Bioactive compounds and total antioxidant capacity of cashew apples (*Anacardium occidentale* L.) during the ripening of early dwarf cashew clones (en línea). *Ciência e*

Agrotecnología 36(3):325-332. Consultado 18 nov. 2018. Disponible en DOI: 10.1590/S1413-70542012000300008

Luximon-Ramma, A; Bahorun, T; Crozier, A. 2003. Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits (en línea). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83(5):496-502. Consultado 24 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1002/jsfa.1365>

McLaughlin, J; Balerdi, C; Crane, J. 2015. El Marañón (*Anacardium occidentale*) en Florida (en línea). Regalado, R; Balerdi, C (trad.). Consultado 9 oct. 2018. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS29100.pdf>

MacNee, W; RahmanIs; I. 2001. Oxidative stress central to the pathogenesis of chronic obstructive pulmonary disease? (en línea). *Trends Mol. Med.* 7(2):55-62. Consultado 12 nov. 2018. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1471-4914\(01\)01912-8](https://doi.org/10.1016/S1471-4914(01)01912-8)

Márquez-Cardozo, CJ; Cartagena-Valenzuela, JR; Ciro-Velásquez, HJ. 2012. Physicochemical characteristics and finite element simulation of firmness in soursop fruits (*Annona muricata* L. cv. Elita) during postharvest (en línea). *DYNA* 79(172):141-147. Consultado 10 dic. 2015. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532012000200016&lang=pt

Martínez-Flórez, S; González-Gallego, J; Culebras, JM; Tuñón, M. 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes (en línea). *Nutrición Hospitalaria* 17(6):271-278. Consultado 9 nov. 2018. Disponible en <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

Martínez-González, ME; Balois-Morales, R; Alia-Tejacal, I; Cortes-Cruz, MA; Palomino-Hermosillo, YA; López-Gúzman, G. 2017. Poscosecha de frutos:

maduración y cambios bioquímicos (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (19):4075-4087. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263153823018>

Martínez, G. 2005. Especies reactivas del oxígeno y balance redox, parte I: aspectos básicos y principales especies reactivas del oxígeno (en línea). Revista Cubana de Farmacia 39(3). Consultado 11 nov. 2018. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152005000300009

Mehta, JL; Rasouli, N; Sinha, AK; Molavi, B. 2006. Oxidative stress in diabetes: A mechanistic overview of its effects on atherogenesis and myocardial dysfunction (en línea). The International Journal of Biochemistry & Cell Biology 38(5-6):794-803. Consultado 12 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2005.12.008>

Michodjehoun-Mestre, L; Souquet, JM; Fulcrand, H; Bouchut, C; Reynes, M; Brillouet, JM. 2009. Monomeric phenols of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) (en línea). Food Chemistry 112(4):851-857. Consultado 10 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.056>

Morton, JF. 1987. Cashew apple. Fruits of warm climates. Consultado 5 nov. 2018. Disponible en http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/cashew_apple.html

Muñoz-Bernal, OA; Torres-Aguirre, GA; Núñez-Gastélum, JA; De La Rosa, LA; Rodrigo-García, J; Ayala-Zavala, F; Álvarez-Parrilla, E. 2017. Nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-Ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales (en línea). Science Direct 20(2):23-28. Consultado 8 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.003>

- Neves, L; Da Silva, V; Pontis, J; Flach, A; Roberto, S. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in pre-harvest camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh] fruits (en línea). *Scientia Horticulturae* 186:223-229. Consultado 13 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.031>
- Oliveira, ME; Bastos, M; Feitosa, T; Branco, MA; Silva; M. 1999. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju (en línea). *Food Science and Technology* 19(3):326-332. Consultado 16 nov. 2018. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611999000300006>
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Italia). 2003. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas: informe de una consulta conjunta de expertos OMS/FAO (en línea, sitio web). Consultado 2 dic. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/wairdocs/who/ac911s/ac911s00.htm>
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza)/FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2005. Promoción de frutas y verduras a nivel nacional (en línea, sitio web). Consultado 2 dic. 2018. Disponible en <https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/es/>
- Orwa, C; Mutua, A; Kindt, R; Jamnadass, R; Anthony, S. 2009. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre, Kenya. Consultado 5 nov. 2018. Disponible en <http://www.worldagroforestry.org/resources/databases/agroforestry>
- Petkova, M. 2007. El efecto del agua oxigenada en la carcinogénesis (en línea). Tesis Mg. en Estomatología. Perú, Lima, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Consultado 8 nov. 2018. Disponible en

http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1116/Petkova_gm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quiñones, M; Miguel, M; Aleixandre, A. 2012. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular (en línea). *Nutrición Hospitalaria* 27(1):76-89. Consultado 25 oct. 2018. Disponible en

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100009

Reyes, M; Gómez-Sánchez, I; Espinoza, C; Bravo, F; Ganoza, L. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos (en línea). 8ª ed. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. 64 p. Consultado 10 oct. 2018. Disponible en

<http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>

Rice-Evans, CA; Miller, NJ; Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds (en línea). *Trends in Plant Science* 2(4):152-159. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)

Rice-Evans, C. 2001. Flavonoid antioxidants (en línea). *Current Medicinal Chemistry* 8(7):797-809. Consultado 25 oct. 2018. DOI: 10.2174/0929867013373011

Rhalah. 2010. Red ripe cashew fruit (en línea, fotografía). Brazil. Consultado 21 nov. 2018. Disponible en https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ACaju_vermelho.jpg

Rufino, M; Alves, RE; Brito, E; Jara, Saura-Calixto, F; Mancini-Filho, J. 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional

tropical fruits from Brazil (en línea). *Food Chemistry* 121(4):996-1002. Consultado 28 oct. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>

Scherer, R; Godoy, H. 2009. Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method (en línea). *Food Chemistry* 112(3):654-658. Consultado 30 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.026>

Seraglio, SK; Schulz, M; Nehring, P; Betta, F; Valse, A; Daguer, H; Gonzaga, L; Fett, R; Costa, AC. 2018. Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening (en línea). *Food Chemistry* 239:649-656. Consultado 10 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.118>

Shahidi, F; Ambigaipalan, P. 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects-A review (en línea). *Journal of Functional Foods* 18(B):820-897. Consultado 22 oct. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>

Sies, H; Jones, DP. 2007. *Encyclopedia of stress: Oxidative stress*. 2.^a ed. Fink, G (ed.). Amsterdam, Holanda. 45-48 p. Consultado 11 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-012373947-6.00285-3>

Silva, P; Fialho, E; Miguel, MA. Lopes, ML; Valente-Mesquita, VL. 2007. Estabilidades química, físico-química e microbiológica do suco de laranja cv. pera submetido a diferentes condições de estocagem (en línea). *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos* 25(2):235-246. Consultado 24 oct. 2018. Disponible en <http://docplayer.com.br/69132328-Estabilidades-quimica-fisico-quimica-e-microbiologica-de-suco-de-laranja-cv-pera-submetido-a-diferentes-condicoes-de-estocagem.html>

- Singleton, VL. 1981. Naturally occurring food toxicants: phenolic substances of plant origin common in foods. *Advances in Food Research* 27:149-242. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60299-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60299-2)
- Singleton, VL; Orthofer, R; Lamuela-Raventos, RM. 1999. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Sub-Strates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent (en línea). *Methods in Enzymology* 299:152-178. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Sun, J; Chu, YF; Wu, X; Liu, RH. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(25):7449-7454. Consultado 24 nov. 2018. DOI: 10.1021/jf0207530
- Siriamornpun, S; Kaewseejan, N. 2017. Quality, bioactive compounds and antioxidant capacity of selected climacteric fruits with relation to their maturity (en línea). *Scientia Horticulturae* 221:33-42. Consultado 13 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.04.020>
- Torres, R; Montes, EJ; Pérez, OA; Andrade, RD. 2013. Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Fisicoquímicas de Frutas Tropicales (en línea). *Información Tecnológica* 24(3):51-56. Consultado 13 dic. 2018. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007>
- Tsao, R; Yang; R. 2003. Optimization of a new mobile phase to know the complex and real polyphenolic composition: towards a total phenolic index using high-performance liquid chromatography (en línea). *Journal of Chromatography A* 1018(1):29-40. Consultado 28 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2003.08.034>

- Turpaev, KT. 2002. Reactive Oxygen Species and Regulation of Gene Expression (en línea). *Biochemistry* 67(3):281-292. Consultado 10 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1023/A:1014819832003>
- Ugartondo Casadevall, V. 2009. Caracterización de derivados polifenólicos obtenidos de fuentes naturales. Citotoxicidad y capacidad antioxidante frente a estrés oxidativo en modelos celulares (en línea). Tesis Dr. Universidad de Barcelona, Barcelona, España. Consultado 11 oct. 2018. Disponible en <http://hdl.handle.net/2445/41765>
- Vásquez-Ocmín, PG; Sotero, VE; Del Castillo, D; Freitas, L; Maco, MM. 2009. Diferenciación química de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f. de la amazonía peruana (en línea). *Revista de la Sociedad Química del Perú* 75(3):320-328. Consultado 24 nov. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v75n3/a07v75n3.pdf>
- Wang, J; Zhao, YM; Guo, CY; Zhang, SM; Liu, CL; Zhang, DS; Bai, XM. 2012. Ultrasound assisted extraction of total flavonoids from *Inula helenium* (en línea). *Pharmacognosy Magazine* 8(30):166-170. Consultado 10 dic. 2018. DOI: 10.4103/0973-1296.96581
- Webb, G. 2007. Dietary Supplements and Functional Foods: Free Radicals and Antioxidants (en línea). New Jersey, United States of America. 107-120 p. Consultado 10 nov. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1002/9780470995754.ch5>
- Williams, R; Benkeblia, N. 2018. Biochemical and physiological changes of star apple fruit (*Chrysophyllum cainito*) during different “on plant” maturation and ripening stages (en línea). *Scientia Horticulturae* 236:36-42. Consultado 8 dic. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.007>

VIII. ANEXO.

ANEXO 1.
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS,
POLIFENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES.

Cuadro 15A. Análisis de varianza (ANOVA) de sólidos solubles (SS).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	Valor-p
Tipo de pseudofruto	1	0.605	0.605	19.45	0.0009
Estado de madurez	2	56.3611	28.1806	905.80	0.0000
Interacciones A*B	2	1.39	0.695	22.34	0.0001
Error	12	0.373333	0.0311111		
Total (corregido)	17	58.7294			

Significancia ($p < 0.05$), coeficiente de variación: 1.80%.

Cuadro 16A. Análisis de varianza (ANOVA) de acidez titulable (AT).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	Valor-p
Tipo de pseudofruto	1	0.0409934	0.0409934	6832.23	0.0000
Estado de madurez	2	0.0386138	0.0193069	3217.81	0.0000
Interacciones A*B	2	0.00896311	0.00448156	746.93	0.0000
Error	12	0.000072	0.000006		
Total (corregido)	17	0.0886423			

Significancia ($p < 0.05$), coeficiente de variación: 1.18%.

Cuadro 17A. Análisis de varianza (ANOVA) de índice de madurez (IM).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	Valor-p
Tipo de pseudofruto	1	1664.43	1664.43	861.95	0.0000
Estado de madurez	2	8811.64	4405.82	2281.62	0.0000
Interacciones A*B	2	69.2198	34.6099	17.92	0.0002
Error	12	23.1721	1.93101		
Total (corregido)	17	10568.5			

Significancia ($p < 0.05$), coeficiente de variación: 2.56%.

Cuadro 18A. Análisis de varianza (ANOVA) de pH.

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	Valor-p
Tipo de pseudofruto	1	0.0854222	0.0854222	40.4	0.0000
Estado de madurez	2	0.529244	0.264622	124.04	0.0000
Interacciones A*B	2	0.8	0.0440889	20.67	0.0001
Error	12	0.0256	0.00213333		

Total (corregido) 17 0.728444

Significancia ($p < 0.05$), coeficiente de variación: 2.56%.

Cuadro 19A. Análisis de varianza (ANOVA) de humedad (%).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	Valor-p
Tipo de pseudofruto	1	6.83883	6.83883	11.26	0.0057
Estado de madurez	2	31.4523	15.7262	25.90	0.0000
Interacciones A*B	2	0.401307	0.200653	0.33	0.7250
Error	12	7.28753	0.607294		
Total (corregido)	17	45.98			

Significancia ($p < 0.05$), coeficiente de variación: 0.88%.

Cuadro 20A. Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de polifenoles
totales (CPT).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	Valor-p
Tipo de pseudofruto	1	0.0666125	0.0666125	73.22	0.0000
Estado de madurez	2	1.96874	0.984371	1081.99	0.0000
Interacciones A*B	2	0.265473	0.132737	145.90	0.0000
Error	12	0.0109173	0.000909778		
Total (corregido)	17	2.31174			

Significancia ($p < 0.05$), coeficiente de variación: 3.7%.

Cuadro 21A. Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de flavonoides
totales (CFT).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	Valor-p
Tipo de pseudofruto	1	0.000242	0.000242	0.24	0.6305
Estado de madurez	2	1.33808	0.669038	673.72	0.0000
Interacciones A*B	2	0.0809843	0.0404922	40.78	0.0000
Error	12	0.0119167	0.000993056		
Total (corregido)	17	1.43122			

Significancia ($p < 0.05$), coeficiente de variación: 5.3%.

ANEXO 2.
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON DEL CONTENIDO DE
POLIFENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES.

Cuadro 22A. Correlaciones de las variables.

		Polifenoles totales	Estado de madurez	Tipo de pseudofruto
Correlación de Pearson	Polifenoles totales	1.000	-0.918	0.170
	Estado de madurez	-0.918	1.000	0.000
	Tipo de pseudofruto	0.170	0.000	1.000
Sig. (unilateral)	Polifenoles totales	.	0.000	0.250
	Estado de madurez	0.000	.	0.500
	Tipo de pseudofruto	0.250	0.500	.
N	Polifenoles totales	18	18	18
	Estado de madurez	18	18	18
	Tipo de pseudofruto	18	18	18

Cuadro 23. Análisis de regresión para estimar el grado de asociación entre las variables tipo de pseudofruto, estados de maduración y polifenoles totales.

R	R ²	R ² ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
				Cambio en R ²	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
0.933 ^a	0.871	0.854	141.101	0.871	50.557	2	15	0.000

a. Predictores: (Constante), Tipo de pseudofruto, Estado de madurez.

Cuadro 24. Análisis de la varianza de la regresión de la variable polifenoles totales.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2013103.250	2	1006551.625	50.557	0.000 ^a
	Residuo	298641.028	15	19909.402		
	Total	2311744.278	17			

a. Predictores: (Constante), Tipo de pseudofruto, Estado de madurez.

Cuadro 25. Correlaciones de las variables.

		Flavonoides totales	Estado de madurez	Tipo de pseudofruto
Correlación de Pearson	Flavonoides totales	1.000	-0.966	-0.013
	Estado de madurez	-0.966	1.000	0.000
	Tipo de pseudofruto	-0.013	0.000	1.000
Sig. (unilateral)	Flavonoides totales	.	0.000	0.480
	Estado de madurez	0.000	.	0.500
	Tipo de pseudofruto	0.480	0.500	.
N	Flavonoides totales	18	18	18
	Estado de madurez	18	18	18
	Tipo de pseudofruto	18	18	18

Cuadro 26. Análisis de regresión para estimar el grado de asociación entre las variables tipo de pseudofruto, estados de maduración y flavonoides totales.

R	R2	R2 ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				Sig. Cambio en F
				Cambio en R2	Cambio en F	gl1	gl2	
0.966 ^a	0.934	0.925	79.292	0.934	106.321	2	15	0.000

a. Predictores: (Constante), Tipo de pseudofruto, Estado de madurez.

Cuadro 27. Análisis de la varianza de la regresión de la variable flavonoides totales.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1336910.750	2	668455.375	106.321	0.000 ^a
	Residuo	94307.250	15	6287.150		
	Total	1431218.000	17			

a. Predictores: (Constante), Tipo de pseudofruto, Estado de madurez.

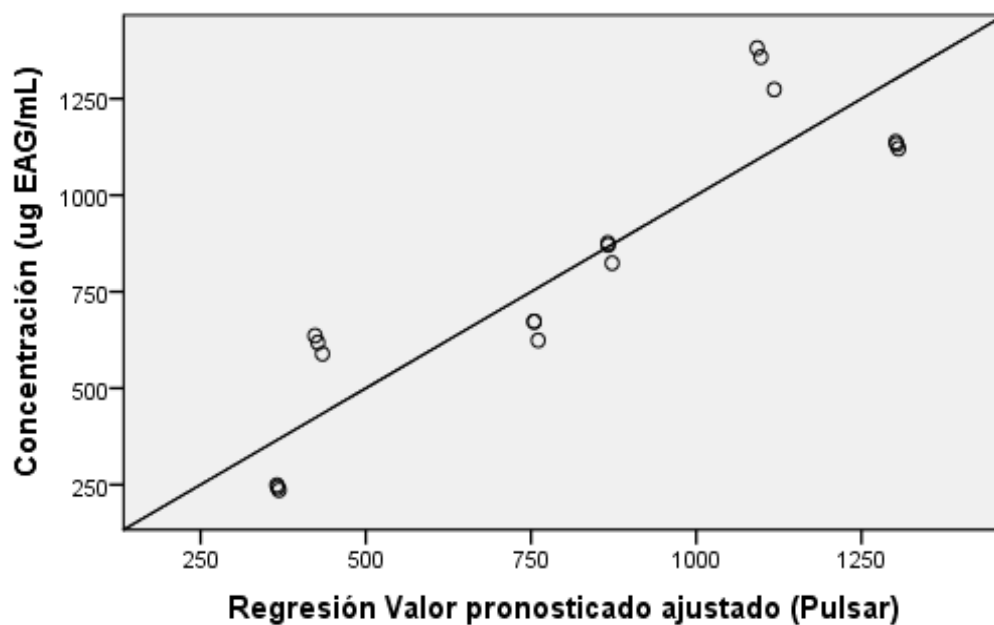


Figura 15. Diagrama de dispersión de polifenoles totales.

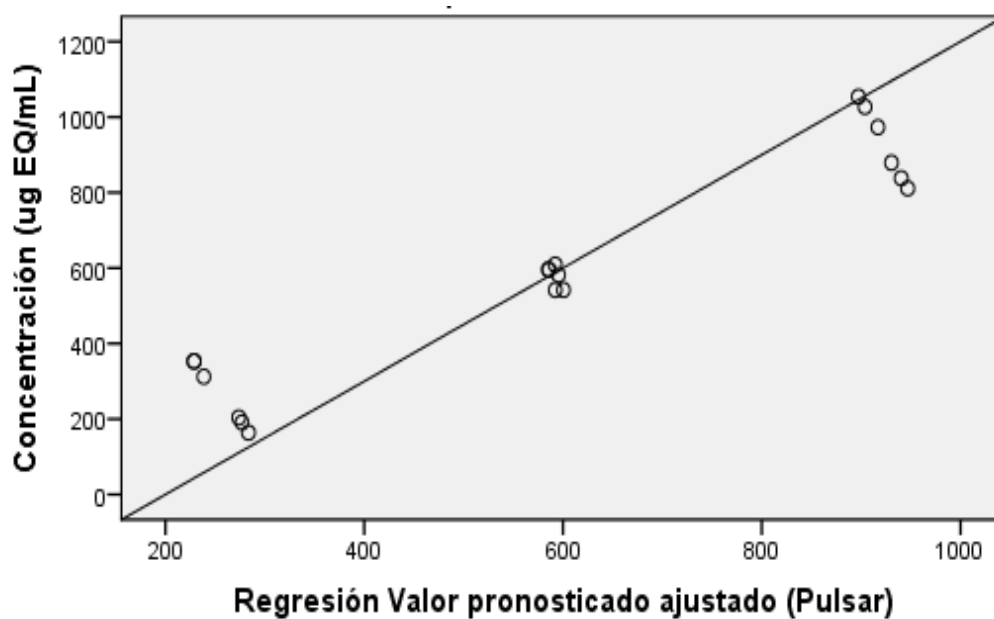


Figura 16. Diagrama de dispersión de flavonoides totales.

ANEXO 3.

COMPORTAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DURANTE LA MADURACIÓN DEL PSEUDOFRUTO DE MARAÑÓN.

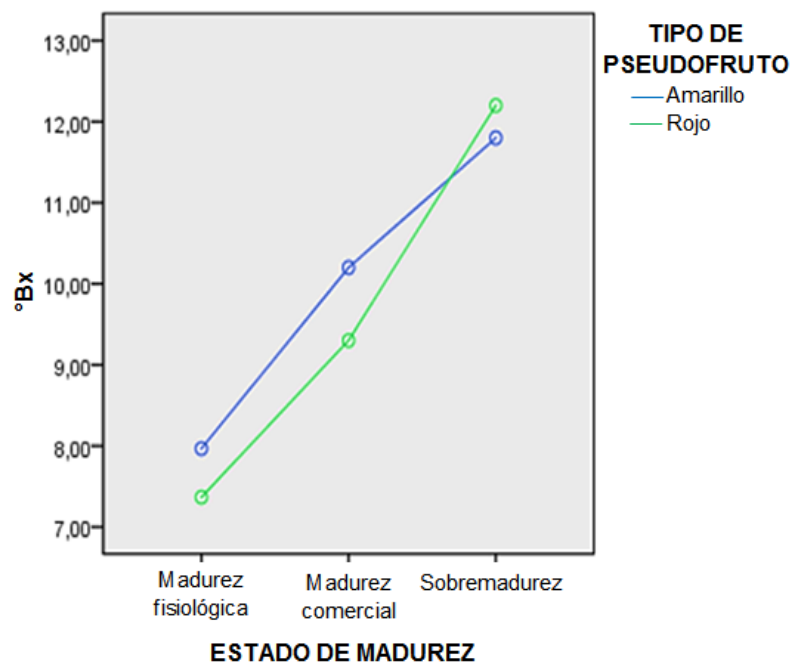


Figura 17A. Comportamiento de los sólidos solubles (SS).

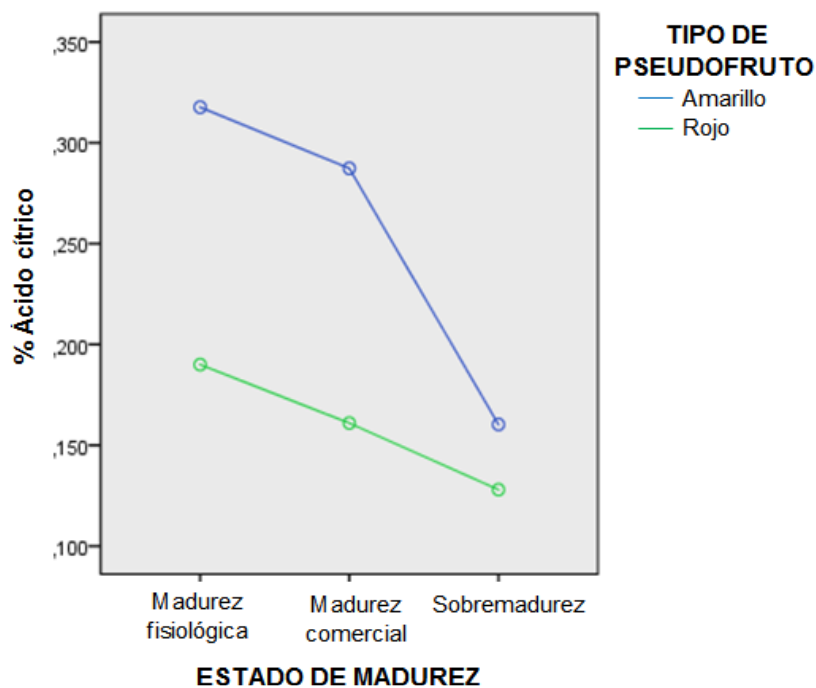


Figura 18A. Comportamiento de la acidez titulable (AT).

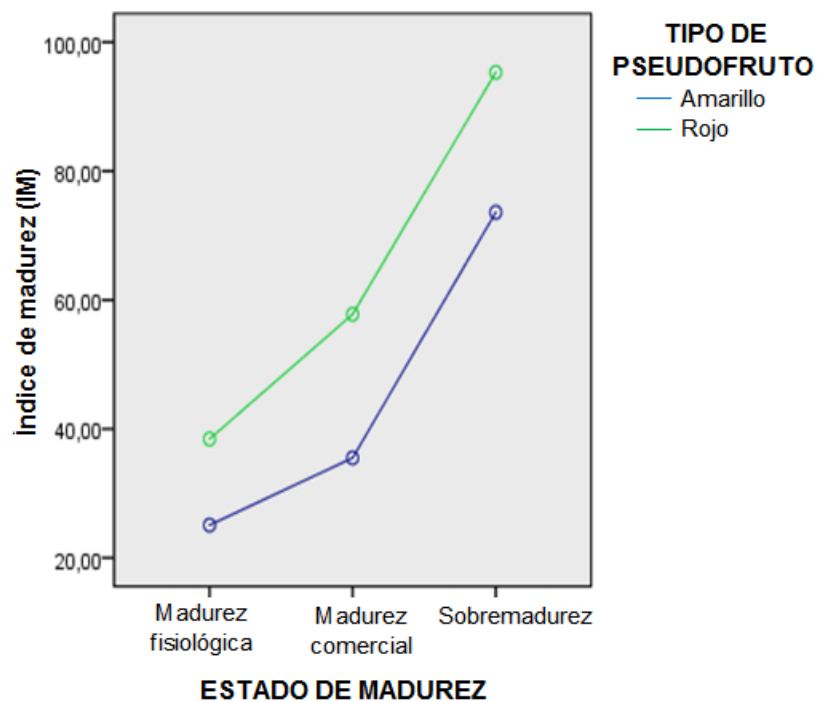


Figura 19A. Comportamiento del índice de madurez (IM).

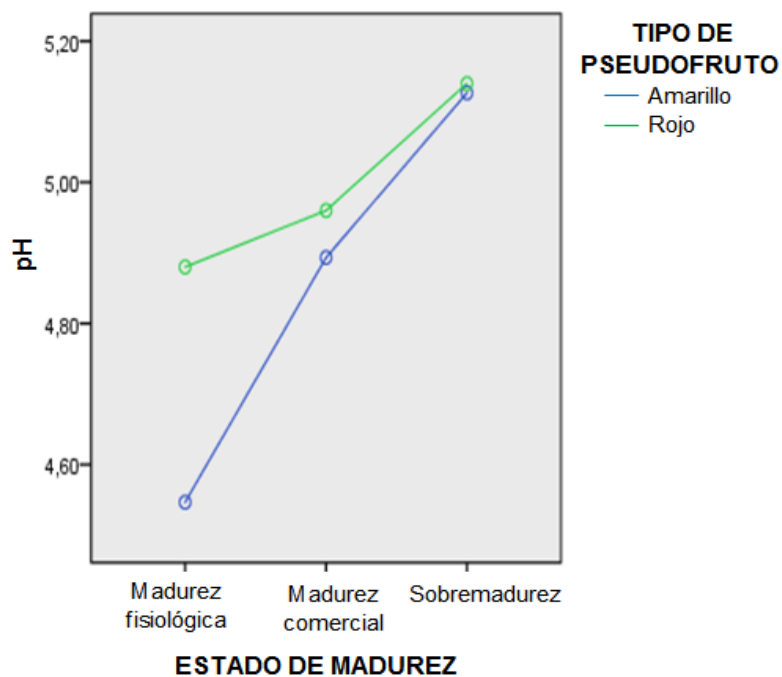


Figura 20A. Comportamiento del pH.

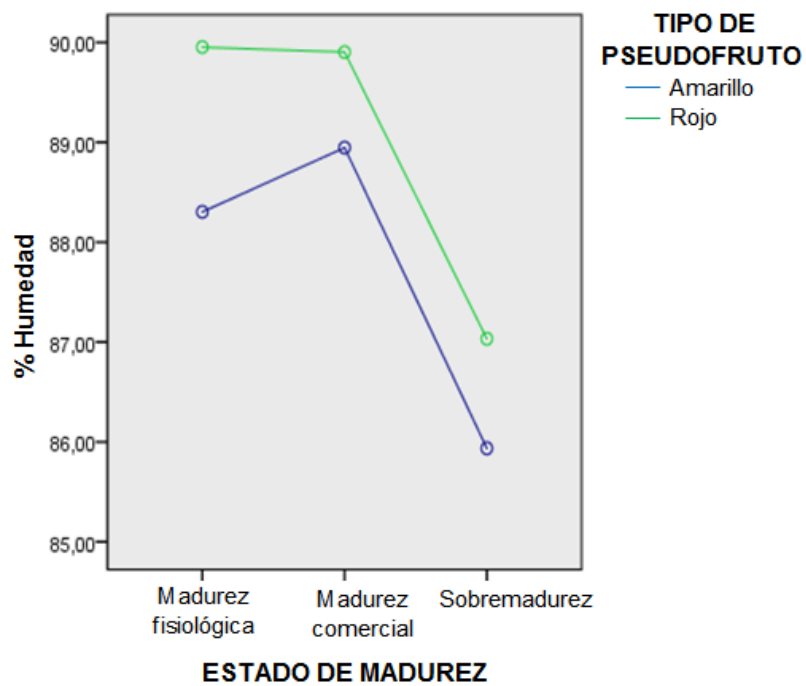


Figura 21A. Comportamiento de la humedad (%).

ANEXO 4.
**CURVAS PATRÓN PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE POLIFENOLES
 Y FLAVONOIDES TOTALES.**

Cuadro 28A. Preparación de la curva patrón de ácido gálico.

Reactivos	(µg/mL)				
	10	25	50	75	100
Ácido gálico (µl)	10	25	50	75	100
Agua destilada (µl)	910	975	950	925	900

Cuadro 29A. Concentración vs absorbancia (ácido gálico).

Concentración (µg EAG/mL)	Absorbancia λ
10	0.068
25	0.198
50	0.397
75	0.613
100	0.814

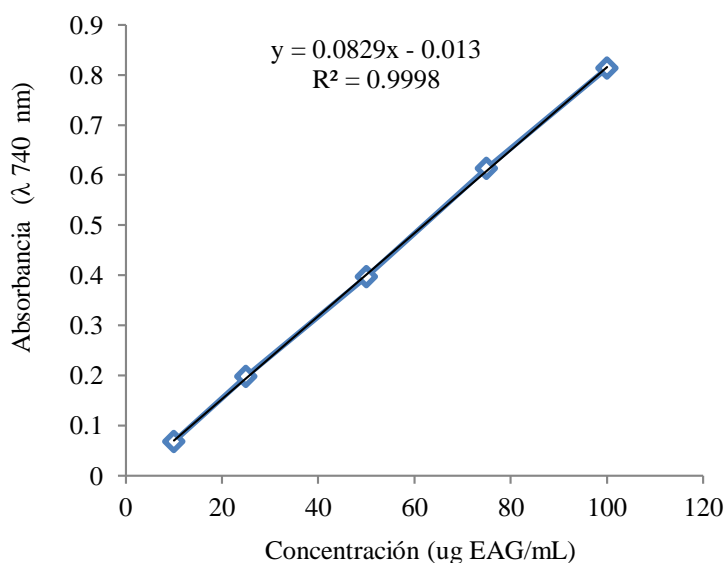


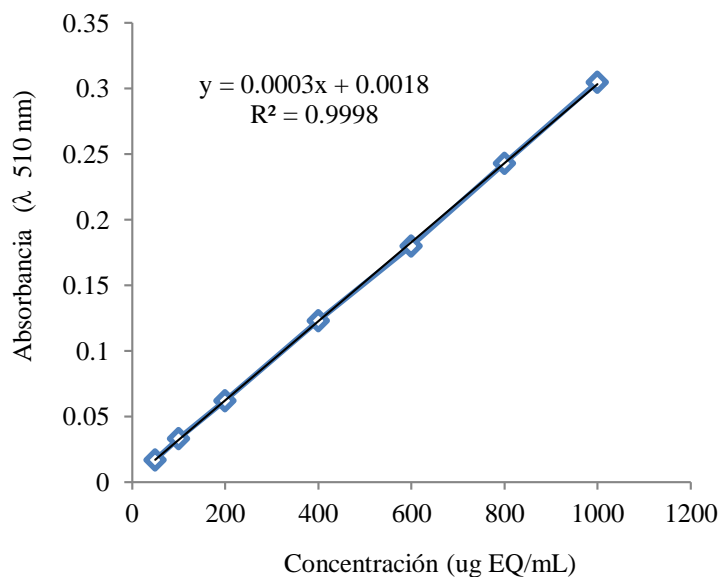
Figura 22A. Curva de calibración para la determinación de polifenoles totales.

Cuadro 30A. Preparación de la curva patrón de quercetina.

Reactivos	(µg/mL)						
	50	100	200	400	600	800	1000
Quercetina (µl)	50	100	200	400	600	800	1000
Etanol (µl)	950	900	800	600	400	200	0

Cuadro 31A. Concentración vs absorbancia (quercetina).

Concentración (µg EQ/mL)	Absorbancia λ
50	0.017
100	0.033
200	0.062
400	0.123
600	0.180
800	0.243
1000	0.305

**Figura 23A.** Curva de calibración para la determinación de flavonoides totales.

ANEXO 5.
CONTENIDO DE POLIFENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES.

Cuadro 32A. Contenido de polifenoles totales (CPT) en el pseudofruto de marañón rojo en tres estados de madurez.

Estado de madurez	Repeticiones	Contenido de polifenoles totales (mg EGA/100 g)
Fisiológica	1	1121
	2	1138
	3	1132
Comercial	1	871
	2	824
	3	876
Sobremadurez	1	589
	2	636
	3	618

Cuadro 33A. Contenido de polifenoles totales (CPT) en el pseudofruto de marañón amarillo en tres estados de madurez.

Estado de madurez	Repeticiones	Contenido de polifenoles totales (mg EGA/100 g)
Fisiológica	1	1274
	2	1358
	3	1381
Comercial	1	673
	2	624
	3	672
Sobremadurez	1	236
	2	249
	3	243

Cuadro 34A. Contenido de flavonoides totales (CFT) en el pseudofruto de marañón rojo en tres estados de madurez.

Estado de madurez	Repeticiones	Contenido de flavonoides totales (mg EQ/100 g)
Fisiológica	1	811
	2	879
	3	838
Comercial	1	596
	2	596
	3	542
Sobremadurez	1	312
	2	353
	3	353

Cuadro 35A. Contenido de flavonoides totales (CFT) en el pseudofruto de marañón amarillo en tres estados de madurez.

Estado de madurez	Repeticiones	Contenido de flavonoides totales (mg EQ/100 g)
Fisiológica	1	1027
	2	1054
	3	973
Comercial	1	582
	2	542
	3	609
Sobremadurez	1	204
	2	164
	3	191

ANEXO 6.
EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.



Figura 24A. Espectrofotómetro GENESYS 10S UV-VIS.



Figura 25A. Refractómetro digital ATAGO PAL-1 (0.0 a 53.0% Brix).



Figura 26A. Centrífuga Hettich Mikro 22R.



Figura 27A. Medidor de pH Mettler Toledo SevenEasy S20.



Figura 28A. Balanza de precisión Sartorius BP3100S.



Figura 29A. Estufa de secado Memmert.

ANEXO 7.
RECOLECCIÓN DE LOS FRUTOS DE MARAÑÓN.



Figura 30A. Recolección de los frutos de marañón.

ANEXO 8.
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.



Figura 31A. Determinación de humedad (%).



Figura 32A. Medición de los grados Brix.



Figura 33A. Medición de pH.



Figura 34A. Determinación de la acidez titulable (AT).

ANEXO 9.
ANÁLISIS DE POLIFENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES.



Figura 35A. Pulpa del pseudofruto de marañón rojo y amarillo.



Figura 36A. Homogeneización (muestras más solvente).

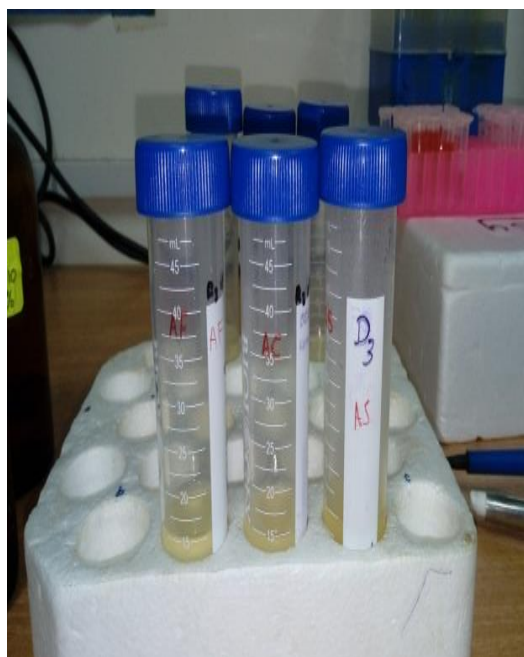


Figura 37A. Extracción (lixiviación) de los compuestos fenólicos.



Figura 38A. Centrifugación de los extractos hidroalcohólicos.



Figura 39A. Extractos hidroalcohólicos de polifenoles y flavonoides totales.



Figura 40A. Adición de los reactivos.



Figura 41A. Reacción para determinar el contenido de polifenoles totales (CPT).



Figura 42A. Reacción para determinar el contenido de flavonoides totales (CFT).



Figura 43A. Ubicación de las cubetas en las celdas del espectrofotómetro.



Figura 44A. Lectura por espectrofotometría de polifenoles (740 nm) y flavonoides totales (510 nm).