UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ELÁGICO DE DIFERENTES ÓRGANOS DE LA PLANTA DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia* HBK), PROCEDENTE DE PLANTACIONES DE YARINACOCHA Y PUCALLPILLO - UCAYALI.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

MARITZA KATHERINE LÓPEZ BARDALES

PUCALLPA – PERÚ

2017

DEDICATORIA.

A Dios por haberme brindado el vivir y el disfrutar del día a día, la sabiduría, mis queridos padres Jorge Gustavo López Panduro y Maritza Bardales Pérez, por el apoyo, los consejos, los grandes valores que me siguen inculcando y la perseverancia para poder terminar esta parte de mi vida a mi hermanito Gustavo Miguel López Bardales, por su cariño y entusiasmo que siempre me brinda.

Maritza Katherine

AGRADECIMIENTO.

A Dios: por haberme acogido mediante la gracia, permitiéndome concluir esta etapa de mi vida.

A mis padres, Jorge Gustavo López Panduro y Maritza Bardales Pérez que son el pilar fundamental de mi formación y educación como a mi hermanito Gustavo Miguel López Bardales, por su apoyo y entusiasmo que siempre me brinda.

Agradecer a la Universidad Nacional de Ucayali por acogerme y brindarme en sus recintos las enseñanzas a través de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Agradezco a mi asesor Dr. Edgardo García Saavedra, por brindarme sus conocimientos y apoyo para la realización de dicha tesis.

Agradezco a mi co asesor Ing. Caleb Leandro Laguna, por haberme orientado y apoyado en las revisiones de este proyecto; también por haber aportado sus puntos de vista y conocimiento sobre esta tesis.

A todos los maestros que me guiaron en mi formación profesional.

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

Ing. Isaías Gonzales Ramírez ..... **Presidente**

Ing. Eliel Sánchez Marticorena ..... **Secretario**

Dr. Héctor Quispe Cerna ..... **Miembro**

Dr. Edgardo García Saavedra ..... **Asesor**

Bach. Maritza Katherine López Bardales ..... **Tesista**

ÍNDICE.

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
ÍNDICE iv
RESUMEN vi
ABSTRACT vii
LISTA DE FIGURAS xi
INTRODUCCION 1
I. MARCO TEÓRICO 3
1.1. Antecedentes 3
1.1. Generalidades del Camu camu 5
1.1.1. Descripción botánica 5
1.1.2. Clasificación botánica del Camu camu 6
1.1.3. Composición química y nutricional de la pulpa de Camu camu 6
1.1.4. Aprovechamiento agroindustrial del fruto de camu camu 7
1.2. Radicales libres y antioxidantes 8
1.3. Antioxidantes 9
1.4. Fitoquímicos presentes en los vegetales 11
1.4.1. Polifenoles 12
1.4.2. Vitamina C 12
1.4.3. Antocianinas 13
1.4.4. Carotenoides 14
1.4.5. Ácido Elágico 15
II. MATERIALES Y METODOS 25
2.1. Lugar de ejecución 25
2.2. Materiales 25
2.2.1. Materia prima 25
2.2.2. Reactivos 25
2.2.3. Materiales 25
2.2.4. Instrumentos 26
2.2.5. Equipos 26
2.3. Metodología experimental 26

2.3.1. Obtención de harina de la cáscara más semillas del fruto de Camu camu 26
2.3.2. Obtención de harina de las hojas de la planta de Camu camu.. 29
2.4. Métodos analíticos 32
2.4.1. Caracterización fisicoquímica de la harina 32
2.4.2. Determinación de ácido elágico en la harina 33
2.5. Diseño estadístico de la investigación 34
2.5.1. Diseño experimental 34
2.5.2. Análisis estadístico 34
2.5.3. Tipo y nivel de investigación 35
2.5.4. Población y muestra 35
2.6. Medición de las variables independientes y dependientes 35
2.6.1. Variables independientes 35
2.6.2. Variables dependientes 36
2.7. Descripción de técnicas e instrumentos de recolección de datos 36
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 37
3.1. Harina de los órganos de la planta de Camu camu 37
3.1.1. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara más semilla. 37
3.1.2. Características fisicoquímicas de la harina de las hojas. 38
3.1.3. Comparación de las características fisicoquímicas de la harina.38
3.2. Contenido de ácido elágico en la harina de Camu camu, ... 58
3.2.1. Comparación del contenido de AE de la harina de Camu camu.54
IV. CONCLUSIONES 58
V. RECOMENDACIONES 59
VI. LITERATURA CITADA 60
VII. ANEXO 67

RESUMEN.

La pulpa de Camu camu es considerado una excelente fuente de vitamina C, y con alta capacidad antioxidante. Sin embargo, es poca la información sobre el aprovechamiento agroindustrial de la cáscara, semillas y hojas de esta planta. De esta forma, el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de ácido elágico en la harina cáscara más semillas y hojas de Camu camu (*Myrciarira dubia* HBK) procedente de las plantaciones de Pucallpillo y Yarinacocha. También se evaluaron las características fisicoquímicas de la harina. Se aplicó un Diseño Completo al azar con arreglo factorial 2x2 con tres repeticiones. La concentración de ácido elágico en la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas del fruto fue de: 118,28±3,46 mg/100g para las muestras que procedieron de las plantaciones de Pucallpillo, mientras que para las muestras que procedieron de las plantaciones de Yarinacocha fue de: 102,35±3,46 mg/100g. En la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu (*Myrciarira dubia* HBK), la concentración de ácido elágico fue de: 121,93±3,46 mg/100g para las muestras que procedieron de las plantaciones de Pucallpillo, mientras que para las muestras que procedieron de las plantaciones de Yarinacocha fue de: 134,77±3,46 mg/100g. El contenido de AE presente en la harina de Cáscara más semillas fue menor (102,35±3,46 mg/100g) para las muestras que se recolectaron de las plantaciones de Yarinacocha y fue mayor (118,28±3,46 mg/100g) para las muestras que se recolectaron de las plantaciones de Pucallpillo. Sin embargo, respecto al contenido de AE en la harina obtenida a partir de las hojas, fue menor (121,93±3,46 mg/100g) para las muestras que se recolectaron de las plantaciones de Pucallpillo, mientras que el mayor contenido (134,77±3,46 mg/100g) fue para las muestras que se recolectaron de las plantaciones de Yarinacocha. Estos valores son superiores a lo encontrado en otras frutas, por lo tanto, es posible el aprovechamiento de los subproductos (cáscara más semillas) y hojas bajo la forma de harina, lo que permite incrementar el valor agregado del Camu camu.

Palabras clave: Camu camu, cáscara, semillas, hojas, harina, ácido elágico

ABSTRACT.

The pulp of Camu camu is considered an excellent source of vitamin C, and with high antioxidant capacity. However, there is little information on the agroindustrial exploitation of the husk, seeds and leaves of this plant. Thus, the objective of this work was to determine the ellagic acid content in the shell flour plus seeds and leaves of Camu camu (Myrciarira dubia HBK) from the plantations of Pucallpillo and Yarinacocha. The physicochemical characteristics of the flour were also evaluated. A complete randomized design with 2x2 factorial arrangement with three replicates was applied. The concentration of ellagic acid in the flour obtained from the shell plus seeds of the fruit is: 118,28±3,46 mg/100g for the samples that came from the plantations of Pucallpillo, while for the samples that came from the Yarinacocha plantations were: 102,35±3,46 mg/100g. The concentration of ellagic acid in the flour obtained from the leaves of the Camu camu (Myrciarira dubia HBK) plant is: 121,93±3,46 mg/100g for the samples that came from the plantations of Pucallpillo, while for the samples that came from the plantations of Yarinacocha is: 134,77±3,46 mg/100g. The content of AE present in the shell meal plus seeds was lower (102,35±3,46 mg/100g) for samples collected from Yarinacocha plantations and higher (118,28±3,46 mg/100g) for the samples that were collected from the plantations of Pucallpillo. However, with respect to the AE content in the flour obtained from the leaves, it was lower (121,93±3,46 mg/100g) for the samples that were collected from the Pucallpillo plantations, while the higher content (134,77±3,46 mg/100 g) was used for the samples collected from the Yarinacocha plantations. These values are superior to that found in other fruits, therefore, it is possible to use the by-products (husk plus seeds) and leaves in the form of flour, which allows to increase the added value of Camu camu.

Keywords: Camu camu, shell, seeds, leaves, flour, ellagic acid.

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Composición nutricional de la pulpa de Camu camu. 7
Tabla 2. Fuentes vegetales de elagitaninos y ácido elágico. 19
Tabla 3. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara más semillas del fruto de Camu camu. 37
Tabla 4. Características fisicoquímicas de la harina de las hojas de la planta de Camu camu. 38
Tabla 5. Análisis de Varianza para el pH de la harina. 39
Tabla 6. Comparación múltiple para el pH de la harina por procedencia. 39
Tabla 7. Comparación múltiple para el pH por órgano de la planta. 40
Tabla 8. Comparación múltiple para el pH por tratamiento. 41
Tabla 9. Análisis de Varianza para la acidez. 42
Tabla 10. Comparación múltiple para la acidez por procedencia 42
Tabla 11. Comparación múltiple para la acidez por órgano de la planta. 43
Tabla 12. Comparación múltiple para la acidez por tratamiento. 45
Tabla 13. Análisis de Varianza para la humedad. 45
Tabla 14. Comparación múltiple para la humedad por procedencia. 46
Tabla 15. Comparación múltiple para la humedad por órgano de la planta. .. 46
Tabla 16. Comparación múltiple para la humedad por tratamiento. 47
Tabla 17. Análisis de Varianza para cenizas. 47
Tabla 18. Comparación múltiple para las cenizas por procedencia. 48
Tabla 19. Comparación múltiple para las cenizas por órgano de la planta. ... 48
Tabla 20. Comparación múltiple para las cenizas por tratamiento. 51
Tabla 21. Análisis de varianza para el rendimiento de harina de Camu camu. 51
Tabla 22. Comparación múltiple para el rendimiento por órgano de la planta. 52
Tabla 23. Comparación múltiple para el rendimiento por tratamiento. 52
Tabla 24. Contenido de ácido elágico (mg/100 g) en la harina de diferentes órganos de la planta de Camu camu, según procedencia. 53
Tabla 25. Análisis de Varianza para el contenido de Ácido Elágico (mg/100 g). 54

Tabla 26. Comparación múltiple de Tukey para el contenido de AE por cada órgano de la planta. 55
Tabla 27. Análisis de varianza para el contenido de AE (mg/100 g) por tratamiento. 57
Tabla 28. Comparación múltiple de Tukey para el contenido de AE (mg/100 g) por tratamiento. 57

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Estructura del ácido elágico..... 16
Figura 2. Diagrama de bloques de obtención de harina de cáscara más semillas del fruto de Camu camu. 27
Figura 3. Diagrama de bloques para la obtención de harina de hojas de la planta de Camu camu. 30
Figura 4. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en el pH de la harina de Camu camu, para los niveles de Procedencia. 40
Figura 5. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en el pH de la harina de Camu camu, para los niveles de Órgano de la planta..... 41
Figura 6. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en la acidez de la harina de Camu camu, para los niveles de Procedencia. 43
Figura 7. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en la acidez de la harina de Camu camu, para los niveles de Órgano de la planta.44
Figura 8. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en las cenizas de la harina de Camu camu, para los niveles de Procedencia..... 49
Figura 9. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en las cenizas de la harina de Camu camu, para los niveles de Órgano de la planta.....50
Figura 10. Contenido de AE en la harina de Camu camu, por tipo de órgano de la planta y procedencia.....53
Figura 11. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en el contenido de AE, para los niveles de Procedencia. 55
Figura 12. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en el contenido de AE, para los niveles de Órganos de la planta.....56
Figura 13.Recoleccion de hojas de Camu camu en Pucallpillo.....75
Figura 14. Recolección de hojas de Camu camu en Yarina Cocha.....75
Figura15.Lavado de las hojas de Camu camu.....75
Figura 16. Oreado de las hojas de Camu camu.....75
Figura17. Lavado de los frutos de Camu camu.....75

Figura 18. Recepción y selección de los frutos de Camu camu.....75
Figura 19.Oreado de las muestras de las semillas de Camu camu.....76
Figura 20.Secado de las muestras.....76
Figura21.Molienda y tamizado de las muestras secas.....76
Figura 22. Muestras de la harina de Camu camu.....76
Figura 23.Determinacion de la Acidez Titulable de la harina.....76
Figura 24.Determinacion del Ph de la harina.....76
Figura 25.Secado de las muestras.....76
Figura 26. Determinación de las cenizas de harina.....76

INTRODUCCION.

La Amazonía Peruana, contiene especies de flora y fauna más que cualquier otra región del mundo, en una complejidad de ecosistemas, climas y cuerpos de agua.El potencial económico de las frutas es que muchas de ellas contienen compuestos que intervienen en la totalidad de nuestros metabolismos: síntesis del colágeno, síntesis hormonales, estimulación de la cicatrización y propiedades antioxidantes por lo que neutraliza los radicales libres. Además, poseen propiedades astringentes, antiinflamatorias, emolientes y nutritivas.

El Camu camu es un producto con fines agroindustriales; sin embargo, durante su cultivo se lleva a cabo actividades de raleo para evitar la sombra generándose desechos (hojas) en campo; y en el proceso de aprovechamiento industrial en forma de pulpa acarrea problemas de acumulación de desechos orgánicos (cáscara y semilla). Si bien es cierto, existe estudios sobre la posibilidad de aprovechamiento de la cáscara de Camu camu, dicha información sería de suma importancia si conociésemos con mayor profundidad los componentes de la cáscara y semilla de dicho fruto.El ácido elágico (AE) es una molécula de naturaleza fenólica que puede estar presente en forma libre en algunas especies vegetales como producto del metabolismo de las mismas, o bien puede encontrarse a partir de sus precursores, los elagitaninos. La principal fuente de obtención de elagitaninos y ácido elágico es la vegetal, principalmente en las hojas, ramas, raíces, tallos, frutos y cortezas (Sepúlveda, Ascacio, Rodríguez-Herrera, Aguilera-Carbó, & Aguilar, 2011).El AE posee actividad contra agentes nocivos para la salud, como los radicales libres, que son los responsables de procesos como la oxidación que promueve el envejecimiento de las células del organismo. La presencia de radicales libres también representa un riesgo en la formación de distintas formas de cáncer, el ácido elágico se ha reportado como un producto efectivo en contra de estos agentes (Cruz-Atonio, et al., 2010).

El AE es conocido por su acción de modular la activación de carcinogénesis. Además, se han reportado estudios sobre la inhibición de la proliferación de

células malignas de cáncer de piel (melanoma), cáncer de mama, de estómago, esófago, hígado y otros (Ascacio-Valdés, Aguilera-Carbó, Rodríguez-Herrera, & Aguilar-González, 2013). También, el ácido elágico y los elagitaninos son estudiados ampliamente por su capacidad de inhibir la replicación del virus de inmunodeficiencia adquirida (VIH) (Cruz-Atonio, *et al.*, 2010).En tal sentido, estos resultados pondrán énfasis en el uso sostenible de los recursos biológicos nativos, buscando la promoción de nuevos productos a partir de los desechos del procesamiento de Camu camu e incrementar la cadena de valor contribuyendo así a mejorar las condiciones de vida del productor. Planteándonos la interrogante: ¿Cómo influye el órgano de la planta (cáscara más semillas y hojas) y la procedencia (Pucallpillo y Yarinacocha) de Camu camu (*Myrciarira dubia* HBK) en la concentración de ácido elágico?

El Camu camu (*Myrciarira dubia* HBK) es un producto agroindustrial representativo de la región Ucayali, por lo que se viene incentivando su cultivo para incrementar la frontera agrícola, a la vez hay esfuerzos denodados para impulsar el proceso de transformación industrial. La ampliación de la frontera agrícola significa mayor área de cultivo, por tanto, mayor número de plantas, luego durante la defoliación habrá mayor generación de desecho (hojas) que constituye un problema ambiental. El proceso de transformación industrial del fruto origina gran cantidad de desechos (cáscara y semilla) significando aproximadamente un 50% en peso del fruto lo que también constituye en un problema ambiental. Además, la deficiente información sobre la concentración de metabolitos secundarios (ácido elágico) de los desechos agroindustriales de Camu camu, cuyo conocimiento abriría las puertas para nuevas formas de aprovechamiento. Por tanto, es una alternativa de solución a la contaminación ambiental debido a la acumulación de desechos agroindustriales; a la vez se da origen a nuevos productos del Camu camu, incrementando la cadena de valor.

Se tuvo como objetivo determinar el contenido de ácido elágico en la harina cáscara más semillas y hojas de Camu camu (*Myrciarira dubia* HBK) procedente de los cultivos de Pucallpillo y Yarinacocha.

I. MARCO TEÓRICO.

1.1. ANTECEDENTES.

Fujita en su tesis doctoral: "Productos derivados del camu-camu: efecto del secado sobre elagitaninos y flavonoides, actividad antioxidante y antimicrobiana", afirma que el camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) está demostrando ser un fruto promisorio debido a su potencial funcional, principalmente por el alto contenido de vitamina C y compuestos fenólicos, en especial elagitaninos. Tuvo como objetivo evaluar los efectos sobre los compuestos fenólicos de los procesos de secado de pulpa comercial de camu-camu, por lecho de flujo y atomización, en diferentes temperaturas y concentraciones de agentes encapsulantes, comparándolo con el proceso de liofilización. Los polvos obtenidos fueron comparados en relación al contenido total de compuestos fenólicos, ácido ascórbico y proantocianinas. Además, evaluó el potencial benéfico a la salud mediante la determinación de la capacidad antioxidante *in vitro*, actividad antimicrobiana e inhibición de las enzimas α-amilasa, α-glicosidasa y enzima convertidora de angiotensina (ECA). Los resultados mostraron que el secado de la pulpa acarrea pérdidas significativas de compuestos bioactivos, en el orden ácido ascórbico>fenoles totales> proantocianidinas, y atomización>lecho de flujo>liofilización. Los compuestos fenólicos detectados en el polvo de camu-camu fueron elagitaninos, ácido elágico, derivados de quercetina, ácido siríngico e miricetina. La liofilização fue la mejor técnica de secado para la preservación de los compuestos fenólicos, y también de la capacidad antioxidante y de inhibición enzimática (Fujita, 2015).

Ascacio-Valdés *et al.*, (2013), en su trabajo: "Análisis de ácido elágico en algunas plantas del semidesierto Mexicano", evaluaron el potencial de plantas del semidesierto mexicano, la gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), hojasén (*Flourensia cernua* D.C.), cáscara de granada (*Punica granatum* L.) en diferentes estados de maduración y sangre de grado (*Jatropha dioica* Cerv.), usando éstas, como fuentes de obtención de ácido elágico para su aplicación en la industria famacéutica.

Demostraron la presencia de elagitaninos y ácido elágico en las plantas mencionadas. La cuantificación de ácido elágico lo realizó con las metodologías reportadas por Wilson-Hagerman y Lei. Los resultados obtenidos mostraron que la cáscara de granada y la candelilla fueron las fuentes con mayor contenido de elagitaninos.

Cruz-Atonio *et al.*, (2010) y otros publicaron el estudio: "Propiedades químicas e industriales del ácido elágico", donde afirman que el ácido elágico (AE), es un elagitanino presente en el metabolismo secundario de los vegetales, su principal característica es su capacidad antimicrobiana, antioxidante, antimutagénica, anticarcinogénica y antiviral. Es por ello que estudiaron su fuente de obtención y su medio de extracción, ya sea por métodos químicos o biotecnológicos. Las técnicas biotecnológicas son relevantes, ya que la obtención de ácido elágico se efectúa en algunos casos con desechos y residuos agroindustriales, con la finalidad de que estos sean recursos renovables y con un valor agregado.

Salinas-Moreno *et al.*, (2009), publicaron los resultados del estudio: "Ácido elágico y perfil de antocianinas en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.), con diferente grado de maduración". Los análisis de AEL y antocianinas se realizaron empleando el método Cromatografía Líquida de Alta Resolución en fase reversa (RP-HPLC). Se observó el efecto del grado de maduración y localidad en el contenido de AEL. Los frutos de color rojo intenso (grado de maduración 3) de San Mateo Acatitlán, México fueron los de mayor contenido, con un valor de 5.38 mg·kg-1 de muestra fresca. Por otro lado, el perfil de antocianinas fue más complejo al avanzar la maduración del fruto. En los frutos inmaduros se presentaron únicamente cuatro antocianinas, y en los completamente maduros se tuvieron ocho. De estas, las antocianinas con los mayores porcentajes relativos fueron: cianidina 3-soforósido (46.2 %) y cianidina 3-(2-glucosilrutinósido) (25.9 %). Los niveles máximos de ácido elágico libre y el mayor número de antocianinas se presentan en los frutos de frambuesa completamente maduros.

Villanueva-Tiburcio *et al.*, (2010), publicaron la investigación: "Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de Camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh)". El objetivo fue evaluar el contenido de antocianinas, ácido ascórbico, y polifenoles totales, en la cáscara fresca y seca de Camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K) McVaugh) en diferentes estados de madurez. El extracto de la cáscara de la muestra madura fresca, mostró las concentraciones más elevadas de ácido ascórbico y antocianinas en relación al pintón y verde, con 21,95 $mg.g^{-1}$ cáscara, y 46,42 $mg.L^{-1}$ de cianidin-3-glucósido, respectivamente, mientras que el extracto de la cáscara seca del pintón mostró el mayor valor de ácido ascórbico y polifenoles totales con 53,49 $mg.g^{-1}$ muestra y 7,70 mg de Ac. Gálico/g muestra. La mayor actividad antioxidante, fue en los extractos de la cáscara seca de muestra pintón, con IC_{50} = 46,20; 20,25 y 8,30 $\mu g.mL^{-1}$ frente a los radicales DPPH, ABTS+ y Peroxilo respectivamente.

1.1. GENERALIDADES DEL CAMU CAMU.

1.1.1. Descripción botánica

El Camu camu, es un fruto que parece estar distribuido en la cuenca occidental del río Amazonas, a partir de la cual se halla en zonas de la Amazonia Peruana, colombiana, brasilera, venezolana y que su hábitat natural es el bosque aluvial inundable. Además, siendo una especie ribereña, puede quedar sumergida totalmente durante cuatro a cinco meses al año. Sin embargo, se conoce que también se adaptan fácilmente a suelos con buen drenaje y regímenes hídricos con sequía de hasta dos meses menciona (Villachica, 1998).

El Perú es el mayor productor mundial de Camu camu, frutal arbustivo que crece en forma silvestre en las riberas inundables de los ríos y cochas de la Amazonía. El Camu camu se produce en las regiones de Loreto y Ucayali y, en pequeñas cantidades, en la región San Martín. En Loreto y Ucayali existían al 2010 unas 750 hectáreas de plantaciones de Camu camu en producción, 400 y 350, respectivamente (PromAzonia, s.f.).

1.1.2. Clasificación botánica del Camu camu

Las características taxonómicas del Camu Camu tipo arbustivo (Iman, 2000), son:

División	:	Fanerogama
Sub división	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledonea
Sub clase	:	Eleuteropetalas
Orden	:	Myrtifloriaea
Familia	:	Myrtaceae
Género	:	Myrciaria
Especie	:	dubia (H.B.K) Mc. Vaugh.

1.1.3. Composición química y nutricional de la pulpa de Camu camu

La principal característica de la fruta es su alto contenido de ácido ascórbico, su contenido oscila entre 18 y 27,8 mg por g de pulpa de Camu camu. Comparada con la naranja, el camu camu proporciona 30 veces más vitamina C, 10 veces más hierro, 3 veces más niacina, dos veces más riboflavina, y cincuenta por ciento más fósforo, Cooperativa Amazónica, 2008, citado por (Procamusa, 2012). La pulpa de Camu camu procedente de los cultivos de Yarinacocha muestra alta concentración de ácido ascórbico: 1921,3 mg/100g de pulpa (García-Saavedra, et al., 2012). También es necesario indicar que la cáscara del fruto maduro de Camu camu contiene ácido ascórbico: 21,95 $mg.g^{-1}$ (Villanueva-Tiburcio, Condezo-Hoyos, & Asquieri, 2010). En la Tabla 1, se muestra la composición nutricional de la pulpa de Camu camu por cada 100 g de pulpa de Camu camu.

Tabla 1. Composición nutricional de la pulpa de Camu camu.

Componente	Unidad	Valor
Agua	G	94,4
Valor energético	cal.	17,0
Proteínas	G	0,5
Carbohidratos	G	4,7
Fibra	G	0,6
Ceniza	G	0,2
Calcio	Mg	27,0
Fosfato	Mg	17,0
Fierro	Mg	0,5
Tiamina	Mg	0,01
Riboflavina	Mg	0,04
Niacina	Mg	0,062
Ácido ascórbico reducido	Mg	2780
Ácido ascórbico	Mg	2994

FUENTE: Procamusa (2012).

1.1.4. Aprovechamiento agroindustrial del fruto de camu camu

Actualmente la agroindustria se dedica a la comercialización de pulpa congelada. Porque es un poco complicado la comercialización de productos elaborados de Camu camu, como; néctar, mermelada, enlatados, en almíbar, pues durante la elaboración de estos productos pierde sus características nutricionales (vitamina C) y organolépticas. Estas consideraciones llevaron a pensar en procesos adecuados para el tratamiento de este fruto, pues además de la vitamina C, su calidad también radica en el color de la pulpa, sabor y aroma, cuya conservación exige cuidados especiales en su manufactura, que permita aprovechar al máximo sus particularidades (Vega, 2002).

En la ciudad de Pucallpa se viene realzando la transformación agroindustrial obteniéndose harina de Camu camu, pulpa atomizada, liofilizada, que son comercializados en el exterior. Estos son transformados en

productos con alto valor agregado como polvos hidrolizables, complementos vitamínicos.

Es importante la aplicación de tecnologías que permitan conservar la vitamina C. Esta es considerada como muy sensible y lábil, que se deteriora fácilmente en medio acuoso, alcohólico; además, por oxidación, cambios de pH, temperatura y acción de la luz, entre otros (Fennema, 2000).

1.2. RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES.

Existen muchas evidencias de que la oxidación de moléculas biológicas, membranas y tejidos, inducida por él oxígeno activo y mediada por radicales libres, se relaciona con un aumento en la incidencia de las principales enfermedades digestivas de los seres humanos. Por otro lado, también se ha acumulado abundante información sobre la capacidad de algunos componentes de los alimentos, para disminuir o prevenir los procesos de oxidación celular (Auroma, 1999).

El metabolismo oxidativo, proceso biológico normal, es capaz de generar radicales libres oxigenados, altamente reactivos. Esas especies con oxígenos activos incluyen el radical superóxido ($O_2°$), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el radical óxido nítrico (NO•) y el oxígeno singulete (1O2). Además, permanentemente estamos expuestos a radiaciones electromagnéticas que rompen el agua generando radicales OH•. Debido a que los radicales libres se producen constantemente "in vivo" los humanos hemos desarrollado diversos mecanismos de defensa antioxidante, como medio de protección. La enzima superóxido dismutasa remueve el ($O_2°$), convirtiéndolo en H_2O_2, el cual es transformado por las enzimas catalasa y glutation peroxidasa en agua (H_2O). Nuestro organismo también posee moléculas que se remueven los radicales libres por reacción directa (no catalítica), tales como el glutation reducido, los tocoferoles (vitamina E) y el ácido ascórbico (vitamina C) (Auroma, 1999).

Cuando la defensa antioxidante no es 100% eficiente, incrementa la formación de radicales libres en el organismo; a esto se denomina estrés oxidativo. Se dice que ha ocurrido un daño oxidativo cuando el exceso de radicales libres causa daño celular. Muchas sustancias tóxicas son capaces

de producir radicales libres y de disminuir nuestra defensa antioxidante, aumentando el estrés oxidativo. El herbicida paraquat, el solvente tetracloruro de carbono y el analgésico (contra el dolor) paracetamol; son ejemplos de sustancias químicas que inducen estrés oxidativo. Se cree que muchos de los efectos colaterales de los medicamentos se relacionan con un aumento en el daño oxidativo. Ante el estrés oxidativo, el organismo debe responder con una defensa antioxidante extra, ya que el estrés oxidativo severo puede causar la muerte de la célula. En las frutas y las legumbres se encuentran muchas sustancias capaces de atrapar radicales libres, mejorando nuestra defensa antioxidante. Entre estas sustancias se encuentran los compuestos polifenólicos, el ácido ascórbico (vitamina C), los tocoferoles (vitamina E), los carotenoides y el elemento selenio (Lourdes, García, Rojo, & Zánchez, 2001).

1.3. ANTIOXIDANTES.

Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres mediante la liberación de electrones, los cuales son captados por los radicales libres, cumpliendo una función preventiva en el desarrollo del envejecimiento y de ciertas enfermedades neurodegenerativas. El antioxidante, al interactuar con el radical libre le cede un electrón, debilitando su acción y en algunos casos, como la vitamina E, puede regenerarse a su forma primitiva por la acción de otros antioxidantes (Lourdes, García, Rojo, & Zánchez, 2001).

Los radicales libres son átomos o grupos de átomos que tienen un electrón desapareado o libre, por lo que son muy reactivos, puesto que tienden a captar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad. Una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que lo cede se convierte a su vez en un nuevo radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que puede eventualmente destruir las células (Avello & Suwalsky, 2006).

La vida media biológica del radical libre es de microsegundos, pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando

gran daño a biomoléculas, membranas celulares y tejido (Avello & Suwalsky, 2006).

Los radicales libres en cantidades moderadas tienen importantes efectos fisiológicos como la regulación de la respuesta inmunológica de defensa (inactivación de virus, eliminación de bacterias u hongos), están involucrados en muchas procesos químicos importantes, como el deterioro de los alimentos; por lo que deben ser considerados como benéficos o tóxicos dependiendo de su concentración y de los mecanismos antioxidantes que los producen (Olguín, Meléndez, Zúñiga, & Pasquetti, 2004).

Los radicales libres se producen continuamente en el organismo por medio de reacciones bioquímicas de oxidoreducción con oxígeno (REDOX), que tienen lugar en el metabolismo normal de las células, por los fagocitos, en una reacción inflamatoria controlada y también en ocasiones, como respuesta a la exposición de radiaciones ionizantes, rayos ultravioletas, contaminación ambiental, humo de cigarrillo, exceso de ejercicio (Céspedes & Sánchez, 2000).

Debido a este aumento incontrolado de radicales libres, el cuerpo hace uso de los antioxidantes como sistema de protección. Estos sistemas incluyen antioxidantes producidos en el cuerpo (endógenas) y otros obtenidos de la dieta (exógeno); los primeros incluyen las defensas enzimáticas: superóxido dismutasa (transforma el oxígeno en peróxido de hidrógeno), glutatión peroxidasa (convierte el peróxido de hidrógeno y los peróxidos lipídicos en moléculas inofensivas antes de que puedan formar radicales libres). Los obtenidos en la dieta tales como: la vitamina E, la vitamina C, el β caroteno, flavonoides y licopenos entre otros, se encuentran en los vegetales de la dieta (Céspedes & Sánchez, 2000).

Cuando se produce un desbalance entre la producción de oxidantes y antioxidantes, falla el balance oxidativo y se produce daño en las moléculas biológicas. El ataque a los grupos funcionales de las proteínas, produce oxidación de aminoácidos y modificación de las proteínas como fragmentación y agregación. Estos cambios conformacionales las hacen más susceptibles a degradación prematura. Los radicales libres también pueden atacar membranas, lipoproteínas, ADN, provocando carcinogénesis,

enfermedad aterosclerosa, disfunción cognitiva o envejecimiento, entre otras (Olguín, Meléndez, Zúñiga, & Pasquetti, 2004).

Por lo tanto, si los radicales hidroxilos atacan el ADN, las reacciones en cadena recorren la molécula de ADN causando daños al material genético y pueden generar mutaciones en el mismo, o incluso producir una auténtica ruptura al ADN. Cuando los antioxidantes no logran detener este daño, se pueden producir nuevas células con el material genético modificado ocasionando ciertos tipos de cáncer (Festy, 2007). Desde el punto de vista médico, hay interés principalmente en dos radicales: el hidroxilo OH• y el radical superóxido $O_2^{\bullet -}$; estos pueden atacar y dañar casi cualquier molécula presente en el cuerpo. Son tan activos que, una vez formados solo trascurre una fracción de tiempo para reaccionar y formar un radical estable, pero inmediatamente la molécula atacada forma un nuevo radical libre (Festy, 2007).

1.4. Fitoquímicos presentes en los vegetales

Son sustancias químicas encontradas únicamente en tejidos vegetales, los cuales se presentan en cantidades variadas siendo los responsables de impartir el color y sabor en éste. Además de esta función en los alimentos, los fotoquímicos, siendo componentes naturales bioactivos encontrados, trabajan con nutrientes presentes en los alimentos para proteger el organismo contra enfermedades. Unos actúan como antioxidantes, otros estimulan sistemas enzimáticos y otros alteran la producción de hormonas, estimulando el sistema inmunológico o con efecto antiviral y/o antibacterial. Estudios sugieren que los fitoquímicos también ayudan a disminuir el proceso de envejecimiento y a reducir el riesgo de muchas enfermedades que incluyen desde el cáncer, enfermedades del corazón, infartos, presión sanguínea elevada entre otros (Bloch & Thomson, 1995).

Son metabolitos secundarios, no ejercen función directa en las actividades fundamentales del organismo vegetal, como el crecimiento o la reproducción. Diversos estudios han demostrado las propiedades y acciones que los fitoquímicos pueden desempeñar en la salud humana: mejoran el sistema inmunológico, son antioxidantes (por esto disminuyen la aparición de

enfermedades cardiovasculares y cerebrovascualeres). Previenen la aparición del cáncer. Disminuyen los contenidos de lípidos sanguíneos. Estimulan sistemas enzimáticos y alteran la producción de hormonas, activando el sistema inmunológico o con efecto antibacterial y/o antiviral. Ayudan a retardar el proceso de envejecimiento. Son reguladores del crecimiento (Bonafine, Cañizares, & Laverde, 2006).

1.4.1. Polifenoles

Estos pigmentos son muy abundantes en los vegetales, a los que dan sus aromas y colores particulares. Los polifenoles constituyen una de las principales clases de metabolitos secundarios, por ahora se conocen más de 8000 estructuras, y aunque son de difícil clasificación, se pueden subdividir en cuatro grandes grupos: ácidos fenólicos, lignanos, taninos y flavonoides, que a su vez se dividen en varios subgrupos como: flavonas, isoflavonas y antocianos, entre otros (Bonafine, Cañizares, & Laverde, 2006).

1.4.2. Vitamina C

Es un compuesto altamente polar, entonces altamente soluble en agua, e insoluble en solventes no-polares. La vitamina C actúa como agente reductor en reacciones de hidroxilación o reacciones de óxido-reducción (son reacciones donde ocurre transferencia de electrones entre especies, permitiendo la oxidación de una especie y llevando la otra especie a ser reducida). Es considerada como el agente reductor más reactivo que puede ocurrir en forma natural en el tejido viviente, también es considerada como nutriente esencial para el ser humano, ya que éste no puede sintetizarlo por sí solo (Fennema, 2000).

Esta vitamina debe ser obtenida a través de la dieta, ya que es considerada como un nutriente esencial en el sistema humano; esto debido a sus importantes roles en el funcionamiento de este sistema. Dentro de los roles que posee, se encuentra la síntesis de colágeno (componente estructural importante en los vasos sanguíneos, tendones, ligamentos y huesos). También juega un rol importante en la síntesis de norepinefrina (Crítico

neurotransmisor para la función cerebral). Además, la vitamina C se requiere para la síntesis de carnitina (pequeña molécula esencial en el transporte de grasas a los organelos celulares llamados mitocondrias), para la conversión de energía (Mahan & Arlin, 1992). Estudios recientes también sugieren que la vitamina C está envuelta en el metabolismo de colesterol a ácidos biliares, lo cual a su vez tiene implicaciones en los niveles de colesterol en sangre y la incidencia de colelitiasis (cálculos o piedra en vesícula) (Simon & Hudes, 2000).

La vitamina C también es considerada como un antioxidante altamente efectivo. Aún en cantidades pequeñas, esta vitamina puede proteger moléculas indispensables en el cuerpo, tales como proteínas, lípidos, hidratos de carbono y ácidos nucleicos (DNA y RNA). Ésta los protege de daños causados por radicales libres (moléculas altamente reactivas con oxígeno) o por especies de oxígeno reactivo que puede ser generado por el metabolismo normal o por exposición a toxinas y contaminantes. La vitamina C también es capaz de regenerar otros antioxidantes presentes como por ejemplo la vitamina E (Carr & Frei, 1999).

1.4.3. Antocianinas

Constituyen un grupo de pigmentos flavonoides hidrosolubles (glucósidos), que están en solución en las vacuolas de las células vegetales de frutos, flores, tallos y hojas. Estos pigmentos confieren el color rojo azulado a los vegetales, el cual se modifica según la acidez de la solución en que se encuentran, algunas veces se esconden por la presencia de otros pigmentos, como la clorofila en algunas células vegetales, y preferentemente, se haya en las frutas de color rojo violeta.

Los antocianos se pueden perder por efecto de su solubilidad en el agua (lixiviación), debido a la acción de compuestos reactivos, como azúcares reductores, fenoles y aminoácidos, como consecuencia de las reacciones enzimáticas que se efectúan de manera natural en el fruto, y por la contaminación metálica que se produce en los productos enlatados (Bonafine, Cañizares, & Laverde, 2006).

En las plantas las antocianidinas no se acumulan como tal, sino en su forma glucosilada; esto es, unidas a algún azúcar y en cuyo caso se denominan antocianinas. El azúcar presente en la molécula les confiere una gran solubilidad y estabilidad, generalmente se une a la antocianidina en la posición 3 del grupo fenólico, pero puede también hacerlo en las posiciones 5 y 7. Con base en el número de azúcares presentes en su estructura, las antocianinas se clasifican en: monoglucósidos (un azúcar), diglucósidos (dos azúcares) y triglucósidos (tres azúcares).

Los tipos de azúcares presentes pueden ser: monosacáridos, disacáridos o trisacáridos. Los monosacáridos más comunes son: pentosas como arabinosa y xilosa, o bien hexosas, de las cuales la D-glucosa es la más frecuente, aunque también pueden estar presentes galactosa o ramnosa. En algunos casos, los azúcares están acilados con grupos derivados del ácido acético o alguno de los cuatro ácidos cinámicos (p-cumárico, caféico, ferúlico o sináptico). Se ha observado que la presencia de estos grupos acilo en la molécula de antocianidina le confiere estabilidad ante condiciones extremas de pH y temperatura. Cuando en la molécula de antocianina se encuentran únicamente azúcares, se denominan no aciladas; si además de los azúcares están presentes uno o varios radicales acilos, se catalogan como aciladas (Sainas, Soria, & Espinosa, 2010).

1.4.4. Carotenoides

Son pigmentos vegetales, desde el amarillo al rojo, que se asocian con una acción antioxidante. Se caracterizan porque presentan una larga cadena de compuestos alifáticos con unidades de isopreno. Existen factores que afectan la estabilidad de los carotenoides como altas temperaturas, oxidaciones enzimáticas (oxidasas) y no enzimáticas, actividad de agua y la luz (Bonafine, Cañizares, & Laverde, 2006).

1.4.5. Ácido Elágico

Es un elagitanino presente en el metabolismo secundario de los vegetales, su principal característica es su capacidad antimicrobiana, antioxidante, antimutagénica, anticarcinogénica y antiviral.

El ácido elágico (AE) es una molécula de naturaleza fenólica que puede estar presente en forma libre en algunas especies vegetales como producto del metabolismo de las mismas, o bien puede encontrarse a partir de sus precursores, los elagitaninos (Kaponen & Happonen, 2007). El subgrupo de los elagitaninos pertenece a un gran grupo de compuestos polifenólicos conocidos como taninos, que también provienen del metabolismo secundario de los vegetales. Los elagitaninos poseen en su estructura un grupo conocido como HHDP (6´6 dicarbonil 3´3, 4´4, 5´5 hexahidroxidifénico o bien, ácido hexahidroxidifénico), el cual es característico de los elagitaninos, y que cuando se encuentran en presencia de ácidos o bases fuertes se hidroliza y se libera el ácido HHDP de los elagitaninos, el cual sufre una reacción de lactonización espontánea que da origen a la molécula conocida como ácido elágico (Sepúlveda, Ascacio, Rodríguez-Herrera, Aguilera-Carbó, & Aguilar, 2011).

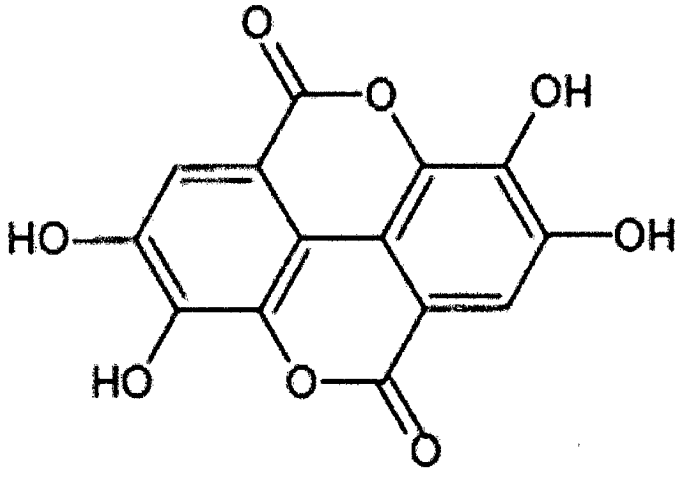
El ácido elágico es una molécula muy estable, tiene un punto de fusión de 362 °C (Bala, Bhardwaj, & Ravi Kumar, 2005), por su naturaleza fenólica tiende a reaccionar formando complejos con otras moléculas como proteínas, alcaloides y polisacáridos. En vista de estas propiedades del ácido elágico, se han realizado distintos trabajos de investigación sobre su producción por procesos biotecnológicos como los reportados por (Vattem & Shetty, 2003) y (Huang, Ni, & Borthwick, 2005).

El ácido elágico se conoce por su nomenclatura IUPAC como 2,3,7,8-tetrahidroxichromeno[5,4,3-cde]chromeno-5,10-diona. Su peso molecular es de 302.2 gmol, además es insoluble en agua y ligeramente soluble en solventes orgánicos, esta propiedad se debe a que el anillo aromático le confiere propiedades lipofílicas y los 4 grupos hidroxilo y las dos lactonas le confieren propiedades hidrofílicas, ya que funcionan con aceptores

de electrones formando puentes de hidrógeno (Figura 1) (Bala, Bhardwaj, & Ravi Kumar, 2005).

Los elagitaninos y ácido elágico han sido empleados de manera artesanal en medicina rural, para aliviar enfermedades gastrointestinales, úlceras gástricas, quemaduras e infecciones bucales al ser ingeridos en infusiones de plantas que los contienen. A partir de estas observaciones, los investigadores han desarrollado técnicas de aislamiento y caracterización de los principios activos de las mismas, descubriendo que los elagitaninos y el ácido elágico son los responsables de estos beneficios para la salud. Su alta actividad antioxidante los llevó a ser considerados moléculas que pueden prevenir o disminuir enfermedades degenerativas como el cáncer (Seeram, Lee, & Heber, 2005), así como inhibir la replicación de los virus, tales como el virus de inmunodeficiencia humana y el del papiloma humano (HIV y HPV por sus siglas en inglés) (Ruibal, et al., 2003).

Figura 1. Estructura del ácido elágico.



Fuente: Huang y col., (2005).

A. Propiedades del ácido elágico

La propiedad más importante del ácido elágico es su capacidad para formar complejos con otras moléculas, siendo esta

propiedad una de las más aprovechadas en las distintas aplicaciones que se le dan a los elagitaninos.

La propiedad astringente de los elagitaninos y el ácido elágico los ha identificado como ingredientes útiles en la medicina tradicional, así como también en la preparación de alimentos, maduración de frutas, preparación de bebidas como el té (Carretero, 2002) y el vino tinto a los que les da su propiedad astringente, color y aroma característicos (Doussot, Pardon, Dedier, & De Jeso, 2000).

Se ha encontrado que el ácido elágico posee actividad contra agentes nocivos para la salud, como los radicales libres, que son los responsables de procesos como la oxidación que promueve el envejecimiento de las células del organismo. La presencia de radicales libres también representa un riesgo en la formación de distintas formas de cáncer, el ácido elágico se ha reportado como un producto efectivo en contra de estos agentes (Martens-Talcott, Talcott, & Percival, 2003). El ácido elágico (AE) es un componente fenólico natura, provoca efectos anticancerígenos inhibiendo la proliferación de células tumorales, induciendo la apoptosis, rompiendo la unión a carcinógenos ADN, el bloqueo de la infección por virus, e inflamación perturbadora, la angiogénesis y los procesos de resistencia a fármacos necesarios para el crecimiento tumoral y la metástasis (Hong-Mei, y otros, 2014).

Las propiedades del ácido elágico también son aprovechadas en la industria de los alimentos, elaborando bebidas nutracéuticas y suplementos alimenticios. Sin embargo, la aplicación para la conservación de alimentos es de gran impacto para la industria de alimentos perecederos empleándolo como un agente inhibidor de microorganismos (Saucedo-Pompa, *et al.*, 2009),

B. Fuentes de obtención del ácido elágico

Existen más de 500 diferentes de estructuras de elagitaninos reportadas. La principal fuente de obtención de elagitaninos y ácido elágico es la vegetal, principalmente en las hojas, ramas, raíces, tallos, frutos y cortezas, como las del roble y el castaño (Lei, Jervis, & Helm, 2001). Se sabe también que los árboles, arbustivos o árboles de bayas son una fuente importante de elagitaninos y ácido elágico, por ejemplo el arándano, la frambuesa y la granada (Clifford & Scalbert, 2000); (Vattem & Shetty, 2003); (Seeram, Lee, & Heber, 2005). En la Tabla 2, se presentan algunas de las principales fuentes de obtención de elagitaninos y ácido elágico.

El contenido de elagitaninos se mide con base en la cantidad de ácido elágico presente, después de una hidrólisis. Puesto que las plantas contienen cierta concentración de ácido elágico libre de forma natural, éste debe ser medido antes y después de la hidrólisis; para determinar la cantidad real de elagitaninos presentes se resta el ácido elágico liberado (inicial) al ácido elágico total (final) presente en la planta. Se debe tener en cuenta que ciertos procesos alimenticios pueden liberar ácido elágico (Clifford & Scalbert, 2000). El ácido elágico es consumido por el hombre de manera común en frutas, semillas y en los alimentos o bebidas elaborados a partir de ellos, como jugos o zumo de frutas, mermeladas y otros (Clifford & Scalbert, 2000).

Tabla 2. Fuentes vegetales de elagitaninos y ácido elágico.

Nombre científico	Nombre común	Ácido elágico ($mg.g^{-1}$)
Quercus robus y alba	Roble	19,0 – 63,0
Juglans regia	Nuez americana	28,9
Castanea sativa	Castaña	89,0
Fragaria ananassa	Fresa	0,4 – 0,6
Rubus idaeus	Arándano	1,2 – 1,5
Rubus occidentalis	Zarzamora	1,5 – 2,0
Bertholletia excelsa	Nuez de Brasil	0,59
Carya illinoinensis	Nuez común	0,33
Punica granatum	Granada	0,78

FUENTE: Clifford y Scalbert, 2000; Seeram y col., 2005.

C. Aplicaciones del ácido elágico

Debido a sus propiedades químicas, el ácido elágico ha sido reportado principalmente por sus efectos fisiológicos positivos, que favorecen positivamente la salud de quienes lo consumen (Cruz-Atonio, et al., Propiedades químicas e industriales del ácido elágico, 2010). A continuación, se hace referencia a las actividades en que se ha encontrado actividad del ácido elágico.

1. Actividad antioxidante

Los antioxidantes son compuestos que pueden retrasar, inhibir o prevenir la oxidación de compuestos oxidables, atrapando radicales libres y disminuyendo el estrés oxidativo (Ani, Varadaraj, & Akhilender Naidu, 2006). El mecanismo del AE, en particular, es muy complicado ya que interactúa en diversos mecanismos. Experimentos in-vivo indican que el AE posee gran actividad contra especies fisiológicas reactivas (ROO•, OH•, Cu^{2+} y O2•–), por lo tanto, representa una forma natural de eliminar radicales libres del cuerpo humano.

Los jugos de granada muestran una actividad antioxidante tres veces mayor que el vino tinto. El principal compuesto antioxidante en el jugo son los taninos hidrolizables, las

antocianidinas y derivados del AE contenidos en el jugo, también contribuyen a la capacidad antioxidante total (Gil, Tomás-Barberán, Hess-Pierce, Holcroft, & Kader, 2000).

- Actividad anti-lipoxidación o disminución de LDL

La propiedad antioxidante previene la formación de colesterolemias. Se han realizado estudios sobre esta propiedad y se evaluaron los polifenoles totales de nuez, se demostró que el ácido elágico en sinergismo con otros polifenoles reduce los niveles de LDL (Anderson, y otros, 2001), previniendo riesgos de problemas cardiacos y obstrucción de venas.

- Actividad anti-mutagénica y anti-carcinogénica

La reacción coordinada entre el AE y un típico carcinogénico benzo[*a*]pireno-7,8-diol-9,10-epoxido (BPDE), prueba al AE como un agente quimioprotector contra tipos de cáncer causados por aromáticos policíclicos (PAHs) inhibiendo la mutación de células sanas (Huetz, Mavaddat, & Mavri,, 2005).

El AE redujo la multiplicidad de tumores en colon de ratón y la incidencia de carcinoma en vejiga de ratón, cuando fue administrado vía oral en la dieta. Es conocido por su acción de modular la activación de carcinogénesis por medio de la inhibición de las enzimas de la fase 1 del citocromo P450 e induce las enzimas de la fase 2 que están involucradas en la detoxificación carcinogénica. En concentraciones entre 1-100 µm/L, mostró fuerte actividad anti-proliferativa contra células cancerígenas de colon, pulmón y próstata (Losso, Bansode, Bawadi, & Truax, 2004).

Se han reportado investigaciones sobre la inhibición de la proliferación de células malignas de cáncer de piel

(melanoma), cáncer de mama, de estómago, esófago, hígado y otros (Clifford & Scalbert, 2000) y (Seeram, Lee, & Heber, 2005). El zumo de granada o una combinación que contiene EA aumenta la adhesión de células de cáncer de mama y disminuye la migración de células de cáncer (Rocha et al., 2012, mencionado por Hong-Mei et al., 2014), también suprime varios tipos de cáncer, incluyendo el cáncer de próstata (Naiki-Ito, y otros, 2015). La capacidad de EA para inhibir la invasión de células de cáncer de mama y de próstata que hace que este compuesto de un tratamiento potente y eficaz para la prevención del cáncer (Hong-Mei, y otros, 2014).

- **Actividad anti-microbiana**

El AE resultó ser un potente antimicrobiano, trabajos experimentales contra patógenos como *Staphylococcus aureus* no permitió la coagulación del plasma en un tiempo de incubación de 24 h a 37°C, inhibiendo el crecimiento del microorganismo (Akiyama, Fujii, Yamasaki, Oono, & Iwatsuki, 2001). En otro estudio los precursores del AE (Punicalagina), obtenidos de cáscara de granada (*Punica granatum* L.), mostraron actividad antibacterial contra 18 cepas patógenas de *Staphylococcus aureus* resistentes a meticilina (por sus siglas en inglés MRSA), con una concentración mínima inhibitoria (MIC) de 61.5 µgmL-1 (Machado, et al., 2002).

- **Actividad antiviral**

El AE y los elagitaninos son estudiados ampliamente por su capacidad de inhibir la replicación del virus de inmunodeficiencia adquirida (VIH). De la planta *Phyllantus amarus* fueron extraídos y purificados dos elagitaninos (geranina y corilagina), ambos capaces de bloquear la interacción de la glucoproteína 120 del VIH-1, en

concentraciones inhibitorias de 2.65 a 0.48 µg/mL (extracto agua/alcohol) receptor celular primario CD4 al 50%. La inhibición fue más evidente para la enzima integrasa del VIH-1 (0.48-0.16 µg/mL), la transcriptasa reversa (8.17- 2.53 µg/mL) y proteasa (21.80-6.28 µg/mL) valores para geranina y corilagina respectivamente (Notka, Meiel, & Wagner, 2004). Investigación llevada a cabo con voluntarios, la administración fue oral y la potente actividad anti-VIH en sangre fue demostrada, obteniendo una reducción del 5% al 30% de la replicación del VIH. Los elagitaninos tienen un efecto inhibitorio sobre el VIH no sólo *in vitro* sino *in vivo.* También la concentración de ácido elágico disminuye la propagación del virus VIH en el cuerpo de personas infectadas (Ruibal, et al., 2003).

- **Actividad gastroprotectiva**

La activación de células pancreáticas es el primer paso en el desarrollo de la fibrosis pancreática, el AE ha demostrado inhibir esta activación (Masamune, Satoh, Kazuhiro Kicata, Noriaki Suzuki, Kennichi Satoh, & Tooru Shimosegawa, 2008). El efecto gastroprotectivo de los extractos de *Quercus suber* y *Quercus coccifera* y algunos taninos, como pedunculagina, castalagina, filliraeoidina A y acutissimina B, purificados de los extractos, fueron probados en ratones usando el modelo de úlcera gástrica inducida por etanol. Ambos extractos inhibieron la formación de las úlceras, lo mismo sucede con los taninos purificados utilizados, dentro de los cuales destaca el elagitanino castalgin como el más potente (Khennouf, et al., 2003).

- **Reducción de los niveles de glucosa**

Precursores del AE (*lagerstroemina, flosina* B y *reginina* A) fueron aislados de una planta filipina (*Lagerstroemia speciosa*), empleada por los nativos para controlar la

diabetes *mellitus*. Los compuestos aislados incrementaron el transporte de glucosa en adipositos de rata pudiendo reducir los niveles de glucosa en la sangre. Sin embargo, todavía no está claro el mecanismo de estimulación del transporte de glucosa por estas moléculas (Hayashi, et al., 2002).

El AE en forma de elagato tiene gran aplicación en la industria cosmética para la elaboración de cremas, agua de tocador, perfumes, maquillaje, corrector y otros productos, los cuales tienen un efecto aclarador de la piel (Patente: 888109207.6, 1988).

2. Métodos de cuantificación del ácido elágico

Existen diferentes metodologías para la cuantificación de ácido elágico, las cuales se basan en principios que van desde la formación de compuestos coloridos, pasando por la capacidad de absorción de los mismos a diferentes longitudes de onda, señales características de sus grupos funcionales, tipos de carbonos e hidrógenos de la molécula y finalmente por su masa molecular y los pesos de sus fragmentos. A continuación, se describen algunas técnicas para la cuantificación de ácido elágico.

- Técnicas espectrofotométricas

Existen diferentes métodos espectrofotométricos que han sido desarrollados para la determinación de ácido elágico en materiales vegetales. Dichos métodos registran la presencia del ácido elágico mediante la reacción que se lleva a cabo entre las sustancias empleadas en el método y el ácido elágico, en donde los carbonos menos sustituidos de la molécula son susceptibles al ataque nucleofílico. Cuando dicha reacción se lleva a cabo se forma un cromóforo que puede ser registrado mediante un espectrofotómetro. Se

pueden mencionar métodos como el de (Wilson & Hagerman, 1990), en el cual se emplea nitritito de sodio.

- **Técnicas cromatográficas**

Los métodos más empleados para la cuantificación de ácido elágico son los cromatográficos dentro de los cuales podemos mencionar la cromatografía en capa fina y la cromatografía líquida de alta resolución. La cromatografía en capa fina es una prueba que más bien puede emplearse para comprobar la presencia de los compuestos que se pretendan evaluar, es decir, que se puede emplear como una prueba cualitativa para determinar la presencia del ácido elágico empleando diferentes fases móviles (Lei, Jervis, & Helm, 2001).

La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) es la técnica más empleada en la cuantificación de ácido elágico (Scalbert, 1992) y (Bianco, Aji, & Savolainem, 1998). La importancia de esta técnica radica en la definición de las condiciones que se usarán para la separación de los compuestos, condiciones como la definición de las fases móviles a emplear o si se usarán condiciones de gradientes o isocráticas.

II. MATERIALES Y METODOS.

2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Suelos de la Escuela Profesional de Agropecuaria de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), el análisis del contenido de ácido elágico se realizaron por contratación en la Unidad de Investigación de Productos Naturales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, de la ciudad de Lima.

2.2. MATERIALES.

2.2.1. Materia prima

Se utilizó la semilla y cáscara de los frutos maduros de Camu camu y las hojas de la planta de Camu camu. Los frutos y las hojas se recolectaron de las zonas de Pucallpillo (coordenadas: -8446540; -74501758 y -8446288; -74502826) y Yarinacocha (coordenadas: -8271736; -74623873 y -8271343; -74624357), provincia de Coronel Portillo - Ucayali.

2.2.2. Reactivos

Hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1N y fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$).

2.2.3. Materiales

Cuchillos de acero inoxidable, vasos de precipitación de 25, 50 y 100 mL, pipetas de 1 y 2 mL, fiolas de 1000 mL, matraces erlenmeyers de 100 y 250 mL, probetas 50 y 100 mL, buretas de 50 y 100 mL, placas petri 10 cm. x 1,5 cm., embudo de vidrio, crisoles, papel filtro, piseta, frascos de vidrio 500 mL, recipientes de plástico de 20 L, mandil blanco, mascarilla, guantes, papel toalla.

2.2.4. Instrumentos

GPS Garmín, pH metro digital (marca Jenway).

2.2.5. Equipos

Balanza de mesa (100 g-20 kg) marca sanson, balanza analítica (marca ohaus, precisión 0,001g), balanza gramera (0,01 g - 5000 g) marca OHAUS modelo Traveler TA3001, equipo de titulación, molino, estufa eléctrica marca fisher isotemp oven modelo 318G, horno mufla marca herae.

2.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

2.3.1. Obtención de harina de la cáscara más semillas del fruto de Camu camu

Para la obtención de la harina de la cáscara más semilla se siguió el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 2.

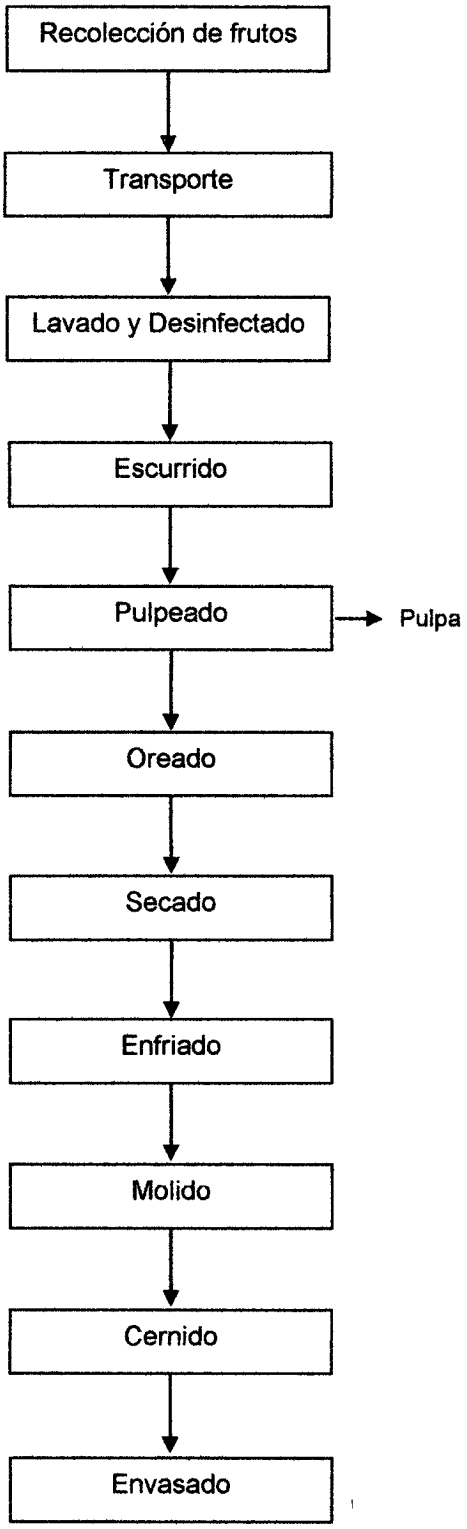
2.3.1.1. Recolección de frutos

Los frutos de Camu camu se recolectaron de las parcelas de Pucallpillo y Yarinacocha respectivamente. Frutos maduros, que son utilizados para la producción de pulpa, de color rojo - guinda.

2.3.1.2. Transporte

Los frutos cosechados de la zona de Pucallpillo fueron transportados a las instalaciones del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP) sede Pucallpa; mientras que los frutos cosechados de la zona de Yarinacocha fueron trasladados a la empresa FLAVIN, que se dedica a la comercialización de pulpa.

Figura 2. Diagrama de bloques de obtención de harina de cáscara más semillas del fruto de Camu camu.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.3.1.3. Lavado / Desinfectado

Se procedió al lavado y desinfección de los frutos con agua corriente. Para la desinfección se agregó hipoclorito 50 ppm.

2.3.1.4. Escurrido

Los frutos lavados fueron colocados en las jabas de plástico para que pueda escurrir el exceso de agua, esta etapa duró cinco minutos.

2.3.1.5. Pulpeado

Los frutos escurridos fueron introducidos en la pulpeadora para retirar la cáscara y semillas de la pulpa. Se realizó dos pasadas en la pulpeadora, con la finalidad de retirar toda la pulpa. Se retiró la cáscara y semillas para la siguiente etapa.

2.3.1.6. Oreado

La cáscara y semillas fueron colocadas en las jabas de plástico y se dejó orear durante 2 horas, esto para retirar el exceso de líquido presente en las semillas y cáscara.

2.3.1.7. Secado

Los recipientes conteniendo la cáscara más semillas fueron trasladados al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, donde fueron colocados en la estufa a la temperatura de 70°C durante 12 horas.

2.3.1.8. Enfriado

Las muestras secas de cáscara y semilla del fruto de Camu camu fueron enfriados hasta temperatura ambiente.

2.3.1.9. Molido

Se realizó en un molino casero, el objetivo fue reducir de tamaño para el posterior envasado que se pueda dar al producto.

2.3.1.10. Cernido

Tuvo como objetivo uniformizar el tamaño de la partícula. Se realizó manualmente con un tamiz N° 35 (0,50 mm).

2.3.1.11. Envasado

La harina de cáscara y semillas del fruto maduro de Camu camu fueron envasados bolsas ziploc de 250 g de capacidad y colocados en botellas de vidrio, los que a la vez fueron cubiertos con papel aluminio y trasladados a la ciudad de Lima para su análisis.

2.3.2. Obtención de harina de las hojas de la planta de Camu camu

Para la obtención de la harina de las hojas de la planta de Camu camu se siguió el diagrama de bloques de la Figura 3.

2.3.2.1. Recolección de hojas

Las hojas de la planta de Camu camu se recolectaron de las parcelas de Pucallpillo y Yarinacocha respectivamente. Hojas completamente desarrolladas.

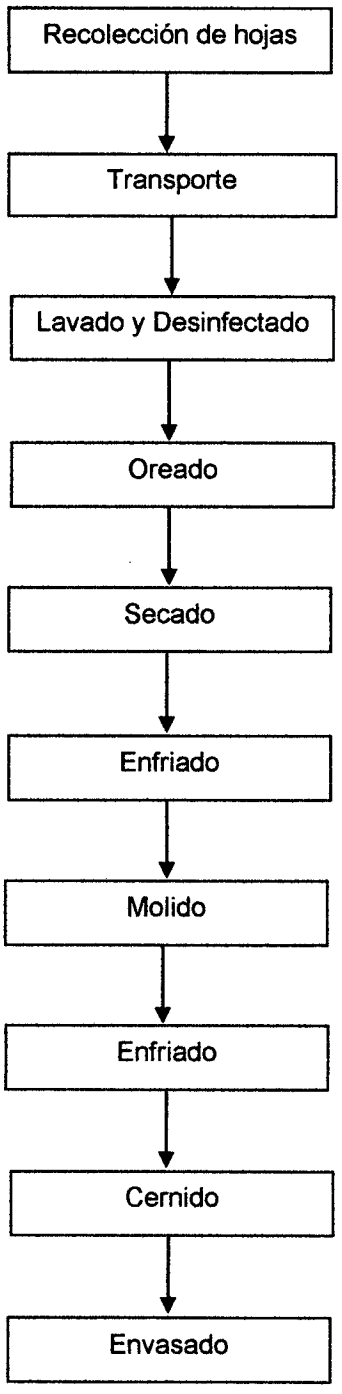
2.3.2.2. Transporte

Las hojas recolectadas de la zona de Pucallpillo y Yarinacocha fueron transportados al laboratorio de duelos de la Universidad nacional de Ucayali.

2.3.2.3. Lavado / Desinfectado

Se procedió al lavado y desinfección de las hojas con agua corriente. Para la desinfección se agregó hipoclorito 50 ppm.

Figura 3. Diagrama de bloques para la obtención de harina de hojas de la planta de Camu camu.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.3.2.4. Oreado

Las hojas fueron colocadas sobre mantas y se dejó orear durante 4 horas, esto para retirar el exceso de líquido presente en las hojas y facilitar el secado en estufa.

2.3.2.5. Secado

Las hojas fueron trasladadas en recipientes de plástico al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, donde fueron colocados en la estufa a la temperatura de 70°C durante 12 horas.

2.3.2.6. Enfriado

Las muestras secas de hojas de la planta de Camu camu fueron enfriados hasta temperatura ambiente.

2.3.2.7. Molido

Se realizó en un molino casero, el objetivo fue reducir de tamaño a las hojas para el posterior envasado que se pueda dar al producto.

2.3.2.8. Cernido

Tuvo como objetivo uniformizar el tamaño de la partícula. Se realizó manualmente con un tamiz N° 35 (0,50 mm)..

2.3.2.9. Envasado

La harina de hojas de la planta de Camu camu fueron envasados bolsas ziploc de 250 g de capacidad y colocados en botellas de vidrio, los que a la vez fueron cubiertos con papel aluminio y trasladados a la ciudad de Lima para su análisis.

2.4.1.3. Determinación de humedad

Se determinó mediante pérdida de peso por secado. Se pesó exactamente cinco gramos de muestra, para luego pasarlas a una caja Petri, previamente tarada. Se calentó a 105°C por dos horas empleando una estufa de secado, durante 2,5 horas. Se enfrió en un desecador por 30 min y se pesó de nuevo. La humedad se calculó mediante la expresión:

$$\%\boldsymbol{Humedad} = \frac{(P_1 - P_2)}{m} * 100$$

Donde:

- P_1 = Masa del recipiente más la muestra húmeda, en g.
- P_2 = Masa del recipiente más la muestra seca, en g.
- m = Masa de muestra, en g.

2.4.1.4. Determinación de ceniza

Por calcinación a 550°C AOAC (2005). Se pesó exactamente cinco gramos de muestra, en un crisol de porcelana previamente tarado. Se colocó en una mufla modelo Nabertherm y se calcinó al rojo oscuro (550°C) manteniendo la temperatura durante dos horas. Se transfirió el crisol directamente al desecador, dejándolo enfriar para pesarlo después. Se empleó la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = \frac{Peso\ Final - Peso\ Inicial}{Peso\ de\ la\ muestra} x\ 100$$

2.4.2. Determinación de ácido elágico en la harina

Se realizó por contrato, en la Unidad de Investigación de Productos Naturales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Mediante los métodos cromatográficos reportados por Wojdyło *et al* (2007) y Fracassetti *et al.*, (2013)

2.5. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN.

2.5.1. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado evaluar las diferencias entre las características fisicoquímicas y el contenido de ácido elágico (AE) se detallan.

2.5.1.1. Evaluación del análisis físico químico y contenido de ácido elágico

Se aplicó el diseño completo al azar (DCA), con arreglo factorial 2x2 con tres repeticiones bloque. El modelo lineal aditivo para el diseño es:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + O_j + (PxO)_{ij} + Ei_{jk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Observaciones (características fisicoquímicas y contenido de ácido elágico)

μ : Media general

P_i : Efecto de la procedencia de la muestra

O_j : Efecto del tipo de órgano de la planta

$(PxO)_{ij}$: Efecto de la interacción

E_{ijk} : Error experimental

Se aplicó un nivel de confiabilidad del 95%. Prueba estadística de Tukey.

2.5.2. Análisis estadístico

Los resultados fueron tratados estadísticamente mediante el software estadístico Statgraphics Centurión XV para Windows. Se aplicó la prueba de F (análisis de varianza) y comparaciones múltiples de medias de Tukey para las variables fisicoquímicas y contenido de ácido elágico, para determinar las posibles diferencias significativas entre los tratamientos. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel de $p<0,05$.

2.5.3. Tipo y nivel de investigación

2.5.3.1. Tipo de investigación

Es una investigación aplicada, en el cual se pone en práctica los conocimientos teóricos ya demostrados, para generar nuevas alternativas agroindustriales (aprovechamiento delos subproductos del Camu camu).

2.5.3.2. Nivel de investigación

Se trata de una investigación cuasi experimental, porque en cierta medida se da la manipulación de las variables: procedencia de las muestras y tipo de órgano de la planta. Además, busca describir el efecto de la procedencia y el tipo de órgano (variables independientes) en el contenido de ácido elágico (variable dependiente). Por último, es de encausamiento cuantitativo, porque las variables estudiadas se miden numéricamente.

2.5.4. Población y muestra

La población considerada para el presente estudio fue la producción de Camu camu correspondiente a la zona de Pucallpillo y Yarinacocha. La muestra utilizada por repetición fue de 2,50 kg, que hacen un total de 20 kg.

2.6. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES.

2.6.1. Variables independientes

- Procedencia de las muestras.
  P_1 : Pucallpillo P_2 : Yarinacocha

- Tipo de órgano de la planta.
  O_1 : Cáscara + semillas O_2 : Hojas

2.6.2. Variables dependientes

- Características fisicoquímicas de la harina obtenida.
- Contenido de ácido elágico de la harina.

2.7. DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizó la técnica de la observación del investigador (evaluación instrumental) y el análisis documental; además, recopilando datos de fuente secundaria como libros, informes y otros documentos que son indispensables como fuente de datos de la investigación actual.

Los instrumentos para la recolección de datos, fueron: guía técnica documental, balanza de precisión, equipo de titulación, pH-metro.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados de la investigación se dividió en dos partes, la primera referida a las características fisicoquímicas de la harina de Camu camu, y la segunda parte referida al contenido de ácido elágico.

3.1. HARINA DE LOS ÓRGANOS DE LA PLANTA DE CAMU CAMU.

3.1.1. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara más semilla.

En la Tabla 3, se muestran las características fisicoquímicas de la harina de (cáscara + semillas) obtenidas después del pulpeado de la fruta según procedencia.

Tabla 3. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara más semillas del fruto de Camu camu.

Característica [1]	***Pucallpillo*** ***Cáscara + Semillas***		***Yarinacocha*** ***Cáscara + Semillas***
pH	3,18 ± 0,01		3,18 ± 0,02
Acidez (%)	1,80 ± 0,10		1,40 ± 0,35
Humedad (%)	12,75 ± 0,04		12,77 ± 0,02
Cenizas (%)	5,20 ± 0,01		5,44 ± 0,02
Rendimiento (%)	64,09 ± 5,98		67,76 ± 6,60

[1] Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Podemos observar que los valores de las características fisicoquímicas según la procedencia no muestran diferencias marcadas; siendo la acidez la característica de mayor relevancia como lo reportado por Villanueva-Tiburcio *et al.*, (2010) para la cáscara seca 16,41 ± 3,64 mg de Ác. Ascórbico.g^{-1} muestra. Las ligeras variaciones en las características fisicoquímicas se deben a las condiciones agroecológicas y a las prácticas agrícolas, el clima y el tipo de suelo (Espin, Villacrés, & Brito, 2006).

3.1.2. Características fisicoquímicas de la harina de las hojas.

En la Tabla 4, se muestran las características fisicoquímicas de la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu, de los cultivos de Pucallpillo y Yarinacocha.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de la harina de las hojas de la planta de Camu camu.

Característica [1]	***Pucallpillo*** ***Hojas***	***Yarinacocha*** ***Hojas***
Ph	4,56 ± 0,05	4,65 ± 0,02
Acidez	5,43 ± 0,12	5,50 ± 0,10
Humedad	6,91 ± 0,03	6,96 ± 0,02
Cenizas	3,43 ± 0,12	3,47 ± 0,06
Rendimiento	55,04 ± 1,15	53,34 ± 2,22

[1] Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Podemos observar que los valores de las características fisicoquímicas de la harina obtenida a partir de las hojas de Camu camu son similares, presentan una acidez mayor que lo determinado en la cáscara más semillas. El rendimiento del proceso, es de 53% a 55%, valor referencial de utilidad cuando se desea procesar industrialmente.

3.1.3. Comparación de las características fisicoquímicas de la harina.

En la Tabla 5, se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el pH de la harina de Camu camu por procedencia de la muestra y por tipo de órgano de la planta.

Tabla 5. Análisis de Varianza para el pH de la harina.

Fuente	*S.C.*	*g.l.*	*C.M.*	*Fc*	*Pv*
Procedencia	0,0056	1	0,0056	6,63	0,03
Órgano	6,0776	1	6,0776	7150,16	0,00
Procedencia*Órgano	0,0065	1	0,0065	7,69	0,02
Residuo	0,0068	8	0,0008		
Total	6,0966	11			

Se observa que el lugar de procedencia de las muestras influye de manera significativa (Pv < 0, 05) en el pH de la harina. El mismo efecto (Pv < 0, 05) presenta el tipo de órgano de la planta. Respecto a la interacción se observa que hay un efecto significativo (Pv < 0, 05) en el pH de la harina de Camu camu.

En la Tabla 6, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey para el pH de la harina de Camu camu según la procedencia de las muestras.

Tabla 6. Comparación múltiple para el pH de la harina por procedencia.

Tratamiento	*Casos*	pH[1]
Pucallpillo	6	3,868 ± 0,012 [a]
Yarinacocha	6	3,912 ± 0,012 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

Podemos observar que la harina cuyas muestras provienen de los cultivos de Yarinacocha, presentan un pH ligeramente superior y diferente al pH de la harina cuyas muestras provienen de los cultivos de Pucallpillo.

En la Tabla 7, se observa la prueba de comparación múltiple de Tuke, para el pH de la harina de Camu camu según órgano de la planta utilizado.

Tabla 7. Comparación múltiple para el pH por órgano de la planta.

Tratamiento	*Casos*	pH[1]
Cáscara + Semillas	6	3,178 ± 0,012 [a]
Hojas	6	4,602 ± 0,012 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

Podemos observar que la harina procedentes de la cáscara más las semillas presentan un pH ligeramente inferior que al pH de la harina proveniente de las hojas de la planta de Camu camu. Esta diferencia podría deberse a la presencia de vitamina C (Ác. Ascórbico) en la cáscara del fruto.

La Figura 4, muestra el comportamiento de los niveles del factor órgano de la planta en cada nivel del ph de cada órgano tomado según procedencia.

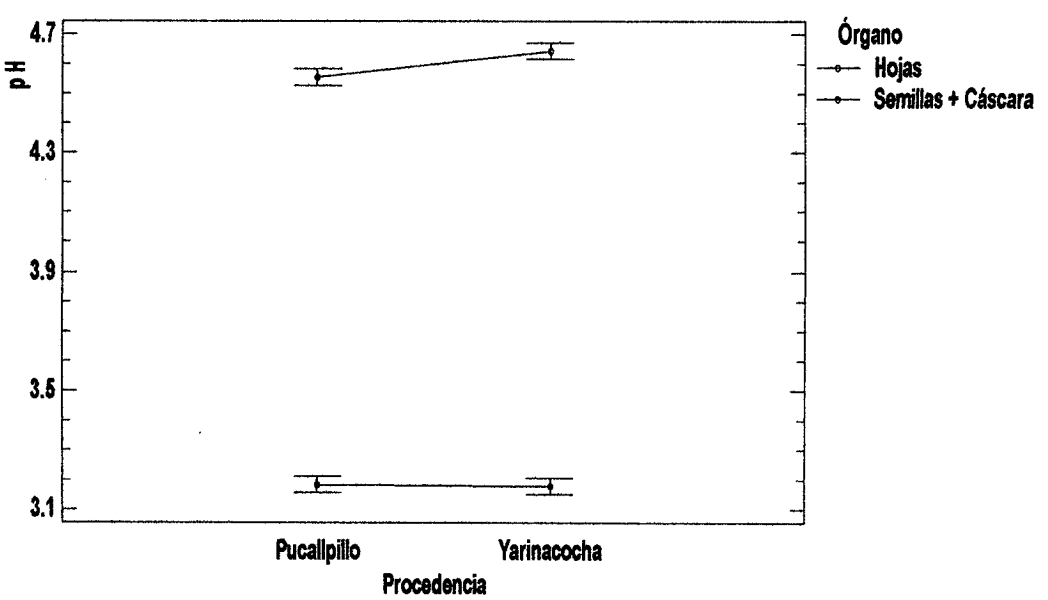


Figura 4. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en el pH de la harina de Camu camu, para los niveles de Procedencia.

La Figura 5, muestra el comportamiento de los niveles del factor procedencia de las muestras en cada órgano de la planta, para el pH.

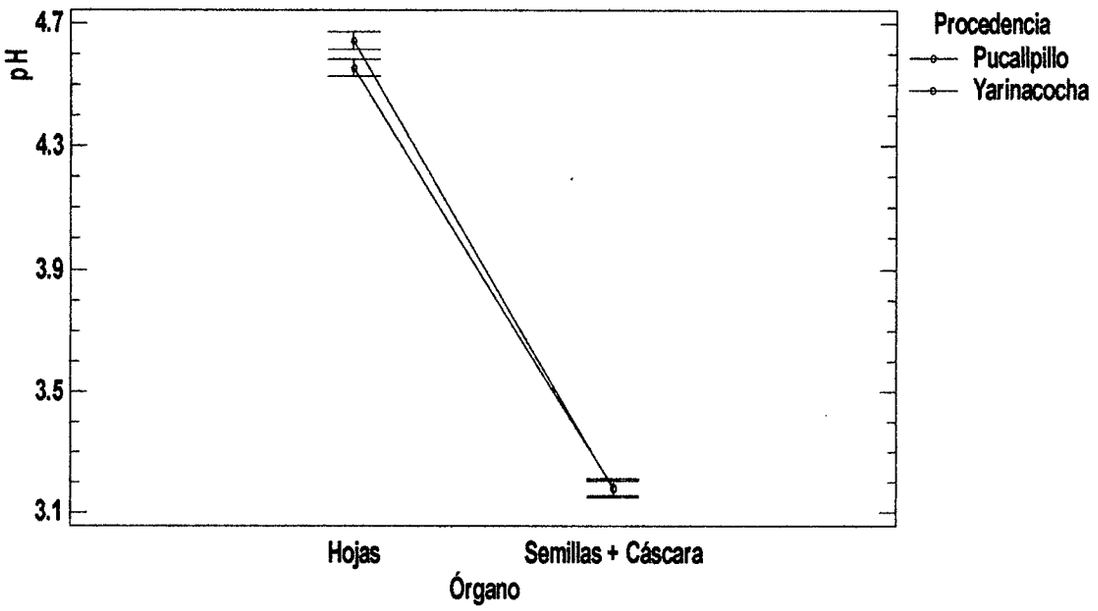


Figura 5. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en el pH de la harina de Camu camu, para los niveles de Órgano de la planta.

La muestra obtenida a partir de la hoja de camu camu procedente de Yarina Cocha muestra un mayor Ph que la de Pucallpillo.

En la Tabla 8, se muestra la comparación múltiple de Tukey para los valores del pH de la harina, considerado por tratamiento. Se observa que la harina de las hojas que proceden de los cultivos de Yarinacocha presenta el mayor valor de pH.

Tabla 8. Comparación múltiple para el pH por tratamiento.

Tratamiento	*Casos*	pH[1]
T_3 (Yarinacocha – Cáscara más semillas)	3	3,177 ± 0,017 [a]
T_1 (Pucallpillo – Cáscara más semillas)	3	3,180 ± 0,017 [a]
T_2 (Pucallpillo – Hojas)	3	4, 557 ± 0,017 [b]
T_4 (Yarinacocha – Hojas)	3	4,647 ± 0,017 [c]

[1] Los resultados representan la media ± SD, para n = 3.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

En La Tabla 9, se muestra el ANVA para la acidez de la harina de Camu camu por procedencia de la muestra y por tipo de órgano de la planta.

Tabla 9. Análisis de Varianza para la acidez.

Fuente	*S.C.*	*g.l.*	*C.M.*	*Fc*	*Pv*
Procedencia	0,085	1	0,085	2,190	0,177
Órgano	4,892	1	44,892	1155,770	0,000
Procedencia*Órgano	0,166	1	0,166	4,270	0,073
Residuo	0,311	8	0,039		
Total	45,453	11			

Se observa que el lugar de procedencia de las muestras no influye (Pv > 0, 05) en la acidez de la harina. Sin embargo, el tipo de órgano de la planta utilizado para la obtención de la harina sí influye significativamente (Pv < 0, 05) en la acidez de la harina. Respecto a la interacción se observa hay cercanía a un efecto significativo (Pv cercano a 0, 05) en la acidez de la harina de Camu camu.

Los Tabla 10 y 11, muestran la prueba de comparación múltiple de Tukey para la acidez de la harina de Camu camu según la procedencia de las muestras y tipo de órgano de la planta respectivamente.

Tabla 10. Comparación múltiple para la acidez por procedencia

Tratamiento	*Casos*	Acidez[1]
Yarinacocha	6	3,448 ± 0,080 [a]
Pucallpillo	6	3,617 ± 0,080 [a]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

Según la Tabla 10 podemos observar que no existe diferencia significativa entras las muestras provenientes de las dos zonas de estudios o procedencias de las muestras.

Tabla 11. Comparación múltiple para la acidez por órgano de la planta.

Tratamiento	*Casos*	Acidez[1]
Semillas + Cáscara	6	1,598 ± 0,080 [a]
Hojas	6	5,467 ± 0,080 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

Según la Tabla 11 no existe diferencia significativa entre las interacciones de órganos, respecto a la acidez que representa, según procedencia.
Se observa que la harina proveniente de la cáscara más la semillas presenta una acidez menor y diferente que la acidez de la harina obtenida a partir de las hojas. Esta diferencia podría deberse a que la semilla estaría contribuyendo a la disminución de la acidez.

La Figura 6, muestra el comportamiento de los niveles del factor órgano de la planta en cada nivel del factor procedencia de las muestras, para la acidez.

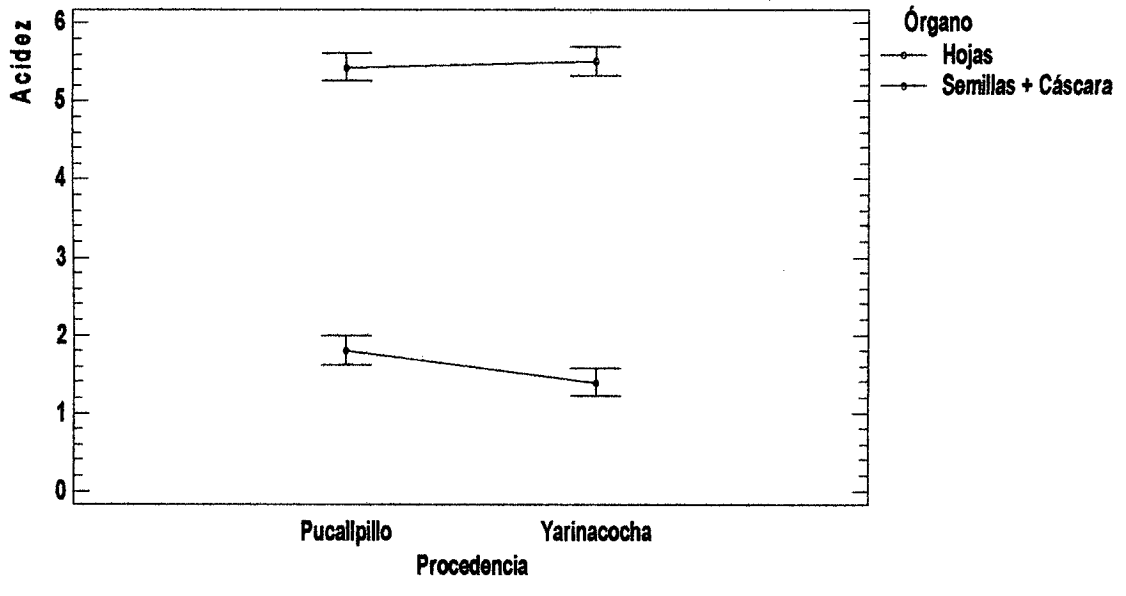


Figura 6. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en la acidez de la harina de Camu camu, para los niveles de Procedencia.

Se observa que para cada procedencia de las muestras (Pucallpillo y Yarinacocha), hay diferencias entre la acidez de la harina, siendo mayor la acidez de la harina obtenida a partir de las hojas de la acidez de la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas.

La Figura 7, muestra el comportamiento de los niveles del factor procedencia de las muestras en cada nivel del factor órgano de la planta, para para la acidez.

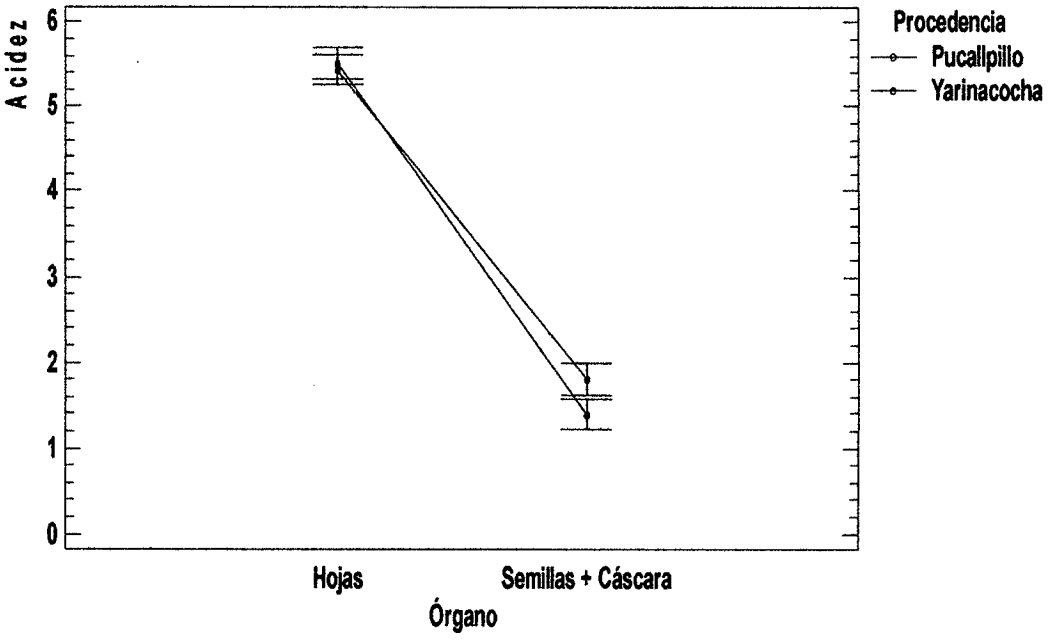


Figura 7. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en la acidez de la harina de Camu camu, para los niveles de Órgano de la planta.

Se observa que para la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu, no hay diferencias significativas en la acidez de la harina por procedencia de las muestras. Sin embargo, considerando la harina obtenida a partir de la semilla más cáscara, estas presentan diferencia significativa en la procedencia de las muestras, presentando mayor acidez la de Pucallpillo.

En la Tabla 12, se muestra la comparación múltiple de Tukey para los valores de acidez de la harina, considerado por tratamiento. Se observa que la harina de cáscara más semillas no presentan diferencias en la procedencia. Del mismo modo la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu no difieren en la acidez en la procedencia de las muestras.

Tabla 12. Comparación múltiple para la acidez por tratamiento.

Tratamiento	*Casos*	Acidez[1]
T_3 (Yarinacocha – Cáscara más semillas)	3	1,397 ± 0,114 [a]
T_1 (Pucallpillo – Cáscara más semillas)	3	1,800 ± 0,114 [a]
T_2 (Pucallpillo – Hojas)	3	5,433 ± 0,114 [b]
T_4 (Yarinacocha – Hojas)	3	5,500 ± 0,114 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SD, para n = 3.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

En la Tabla 13, se muestra el ANVA para la humedad de la harina de Camu camu por procedencia de la muestra y por tipo de órgano de la planta.

Se observa que el lugar de procedencia de las muestras, como el valor de probabilidad (Pv = 0,07) es cercano a 0,05, luego, podría estar influenciando en el contenido de humedad de las muestras de harina. Sin embargo, el tipo de órgano de la planta utilizado para la obtención de la harina sí influye significativamente (Pv < 0, 05) en la humedad. Respecto a la interacción se observa que no hay efecto significativo (Pv > 0,05).

Tabla 13. Análisis de Varianza para la humedad.

Fuente	*S.C.*	*g.l.*	*C.M.*	*Fc*	*Pv*
Procedencia	0,0033	1	0,0033	4,40	0,07
Órgano	101,8500	1	101,8500	134307,87	0,00
Procedencia*Órgano	0,0008	1	0,0008	1,10	0,32
Residuo	0,0061	8	0,0008		
Total	101,8600	11			

Los Tabla 14 y 15, muestran la prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de humedad de la harina de Camu camu según la procedencia de las muestras y tipo de órgano de la planta respectivamente.

Tabla 14. Comparación múltiple para la humedad por procedencia.

Tratamiento	*Casos*	Humedad[1]
Pucallpillo	6	9,832 ± 0,011 [a]
Yarinacocha	6	9,865 ± 0,011 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

La harina cuyas muestras provienen de los cultivos de Yarinacocha presentan una humedad ligeramente mayor y diferente que la humedad de la harina cuyas muestras provienen de los cultivos de Pucallpillo. Esta mínima diferencia podría deberse a que la estructura de las hojas, que dependen de las condiciones de cultivo (Espin, Villacrés, & Brito, 2006).

Tabla 15. Comparación múltiple para la humedad por órgano de la planta.

Tratamiento	*Casos*	Humedad[1]
Hojas	6	6,965 ± 0,011 [a]
Cáscara + Semillas	6	12,762 ± 0,011 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

La harina cuyas muestras provienen de la cáscara más semillas presenta una humedad mayor que la humedad de la harina obtenida a partir de las hojas. Esta diferencia se debe factores estructurales y fisiológicos de la planta, toda vez que los frutos presentan suculencia por su alta humedad, lo cual se ve reflejado en la cáscara (Espin, Villacrés, & Brito, 2006).

En la Tabla 16, se muestra la comparación múltiple de Tukey para los valores de humedad de la harina, considerado por tratamiento.
Se observa que las harinas obtenidas a partir de las hojas no difieren en el contenido de humedad. El mismo caso se da para las harinas obtenidas a partir de las semillas más cáscara del fruto de Camu camu, quienes no difieren en el contenido de humedad según procedencia de las muestras.

Tabla 16. Comparación múltiple para la humedad por tratamiento.

Tratamiento	*Casos*	Humedad[1]
T_2 (Pucallpillo – Hojas)	3	6,910 ± 0,016 [a]
T_4 (Yarinacocha – Hojas)	3	6,960 ± 0,016 [a]
T_1 (Pucallpillo – Cáscara más semillas)	3	12,753 ± 0,016 [b]
T_3 (Yarinacocha – Cáscara más semillas)	3	12,770 ± 0,016 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SD, para n = 3.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

En la Tabla 17, se muestra el ANVA para el contenido de cenizas de la harina de Camu camu por procedencia de la muestra y por tipo de órgano de la planta.

Tabla 17. Análisis de Varianza para cenizas.

Fuente	***S.C.***	***g.l.***	***C.M.***	***Fc***	***Pv***
Procedencia	0,0574	1	0,0574	13,51	0,0063
Órgano	10,5094	1	10,5094	2472,80	0,0000
Procedencia*Órgano	0,0331	1	0,0331	7,78	0,0236
Residuo	0,0340	8	0,0042		
Total	10,6339	11			

Se observa que el lugar de procedencia de las muestras, como el valor de probabilidad (Pv < 0,05) ejerce una influencia significativa en el contenido de cenizas de la harina. El tipo de órgano de la planta utilizado para la obtención de la harina también presenta una influencia

significativa (Pv < 0, 05). Respecto a la interacción se observa que no hay efecto significativo (Pv > 0,05).

Los Tabla 18 y 19, muestran la prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de cenizas de la harina de Camu camu, según la procedencia de las muestras y tipo de órgano de la planta respectivamente.

Tabla 18. Comparación múltiple para las cenizas por procedencia.

Tratamiento	*Casos*	Cenizas[1]
Pucallpillo	6	4,317 ± 0,027 [a]
Yarinacocha	6	4,455 ± 0,027 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

La harina cuyas muestras provienen de los cultivos de Yarinacocha presenta un contenido de cenizas mayor que la harina cuyas muestras provienen de los cultivos de Pucallpillo. El contenido de cenizas tiene que ver con el contenido de minerales de una muestra y la diferencia se debe factores agroecológicos donde se encuentra o cultiva la planta (Espin, Villacrés, & Brito, 2006).

Tabla 19. Comparación múltiple para las cenizas por órgano de la planta.

Tratamiento	*Casos*	Cenizas[1]
Hojas	6	3,450 ± 0,027 [a]
Semillas + Cáscara	6	5,322 ± 0,027 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

La harina cuyas muestras provienen de la cáscara más semillas presenta un mayor contenido de cenizas que la harina obtenida a partir de las hojas. Esta diferencia se debe factores estructurales y fisiológicos de la planta, todo parece indicar que en los frutos de Camu camu se almacenan la mayor cantidad de minerales, lo cual se ve reflejado en el contenido de cenizas (Espin, Villacrés, & Brito, 2006).

La Figura 8, muestra el comportamiento de los niveles del factor órgano de la planta en cada nivel del factor procedencia de las muestras, para para el contenido de cenizas. Se observa que, para la harina cuyas muestras proceden de los cultivos de Pucallpillo existe diferencia en el contenido de cenizas entre la harina obtenida a partir de las hojas (menor contenido) y la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas.

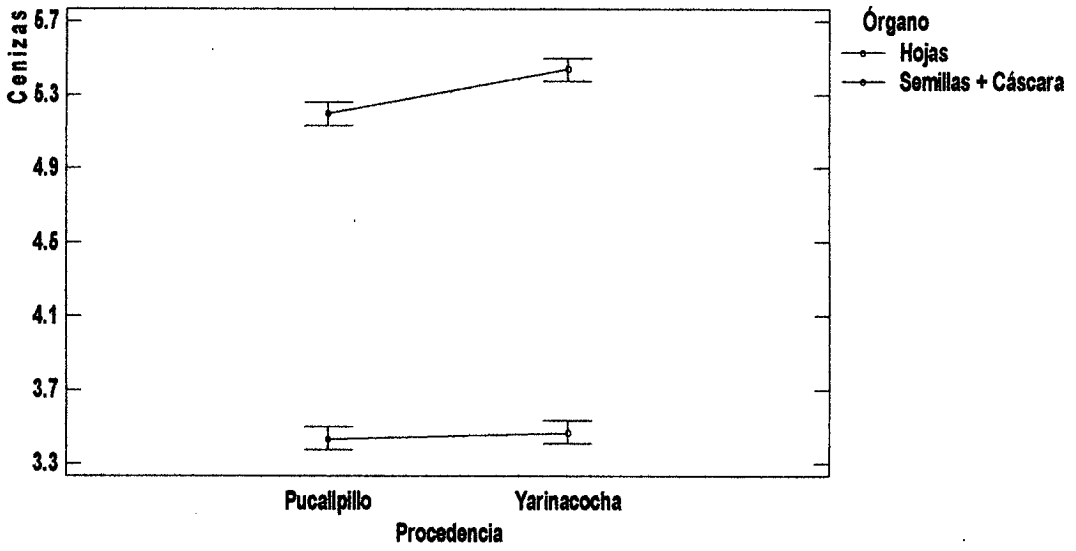


Figura 8. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en las cenizas de la harina de Camu camu, para los niveles de Procedencia.

La harina cuyas muestras proceden de los cultivos de Pucallpillo presenta diferencias en el contenido de cenizas entre la harina obtenida a partir de las hojas (menor contenido) y la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas. El mismo comportamiento se observa para la harina cuyas muestras proceden de los cultivos de Yarinacocha.

La Figura 9, muestra el comportamiento de los niveles del factor procedencia de las muestras en cada nivel del factor órgano de la planta, para el contenido de cenizas.

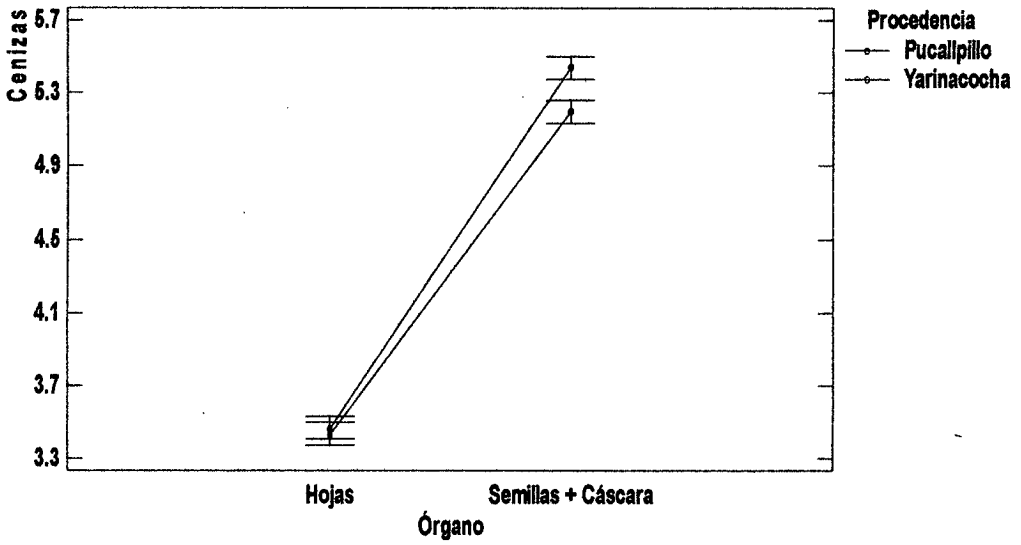


Figura 9. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en las cenizas de la harina de Camu camu, para los niveles de Órgano de la planta.

Observamos que, para la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu, no hay diferencias significativas en el contenido de cenizas por procedencia de las muestras. Sin embargo, considerando la harina obtenida a partir de la semilla más cáscara, estas presentan diferencia significativa en la procedencia de las muestras, presentando mayor contenido de cenizas la harina cuyas muestras proceden de Yarinacocha.

En la Tabla 20, se muestra la comparación múltiple de Tukey para los valores del contenido de cenizas de la harina, considerado por tratamiento. Se observa que la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas de los cultivos de Yarinacocha presentan el mayor contenido de cenizas. El contenido de cenizas es un indicador de la presencia de minerales en la harina de Camu camu.

Tabla 20. Comparación múltiple para las cenizas por tratamiento.

Tratamiento	*Casos*	Cenizas[1]
T_2 (Pucallpillo – Hojas)	3	3,433 ± 0,038 [a]
T_4 (Yarinacocha – Hojas)	3	3,467 ± 0,038 [a]
T_1 (Pucallpillo – Cáscara más semillas)	3	5,200 ± 0,038 [b]
T_3 (Yarinacocha – Cáscara más semillas)	3	5,443 ± 0,038 [c]

[1] Los resultados representan la media ± SD, para n = 3.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

En la Tabla 21, se muestra el ANVA para el rendimiento en la obtención de harina de Camu camu por procedencia de la muestra y por tipo de órgano de la planta.

Tabla 21. Análisis de varianza para el rendimiento de harina de Camu camu.

Fuente	*S.C.*	*g.l.*	*C.M.*	*Fc*	*Pv*
Procedencia	0,364	1	0,364	0,01	0,93
Órgano	549,318	1	549,318	11,93	0,01
Procedencia*Órgano	5,562	1	5,562	0,12	0,74
Residuo	368,226	8	46,028		
Total	923,470	11			

Se observa que el lugar de procedencia de las muestras no ejerce una influencia significativa (Pv > 0,05) en el rendimiento. El tipo de órgano de la planta utilizado para la obtención de la harina sí presenta una influencia significativa (Pv < 0, 05) en el rendimiento. Respecto a la interacción se observa que no hay un efecto significativo (Pv > 0,05).

La Tabla 22, muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey para el rendimiento de harina de Camu camu, según el tipo de órgano de la planta respectivamente.

Tabla 22. Comparación múltiple para el rendimiento por órgano de la planta.

Tratamiento	*Casos*	Rendimiento[1]
Hojas	6	54,192 ± 2,770 [a]
Cáscara + Semillas	6	67,723 ± 2,770 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

Se observa que la harina que fueron obtenidas a partir de la cáscara más semillas presentó un mayor rendimiento comparado con el rendimiento de la harina obtenida a partir de las hojas.

En la Tabla 23, se muestra la comparación múltiple de Tukey para los valores del rendimiento de harina, considerado por tratamiento.

Tabla 23. Comparación múltiple para el rendimiento por tratamiento.

Tratamiento	*Casos*	Cenizas[1]
T_4 (Yarinacocha – Hojas)	3	53,337 ± 3,917 [a]
T_2 (Pucallpillo – Hojas)	3	55,047 ± 3,917 [a, b]
T_1 (Pucallpillo – Cáscara más semillas)	3	67,217 ± 3,917 [b, c]
T_3 (Yarinacocha – Cáscara más semillas)	3	68,230 ± 3,917 [c]

[1] Los resultados representan la media ± SD, para n = 3.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

Se observa que el mayor rendimiento se tuvo para la harina que se obtiene de la cáscara más semillas y que proceden de los cultivos de Yarinacocha.

3.2. CONTENIDO DE ÁCIDO ELÁGICO EN LA HARINA DE CAMU CAMU

En la Tabla 24, se muestra el contenido de ácido elágico (AE) en la harina de Camu camu por procedencia de las muestras y por tipo de órgano de la planta.

Tabla 24. Contenido de ácido elágico (mg/100 g) en la harina de diferentes órganos de la planta de Camu camu, según procedencia.

Cáscara + Semillas		*Hojas*	
Pucallpillo	*Yarinacocha*	*Pucallpillo*	*Yarinacocha*
118,3 ± 11,4	102,4 ± 7,1	121,9 ± 7,8	134,8 ± 6,7

Los valores corresponden a la media ± SD, para n= 6.

Podemos observar que el menor contenido de AE corresponde a la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas de los frutos que proceden de cultivos de Yarinacocha; mientras que el mayor contenido de AE está presente en la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu procedente de los cultivos de Yarinacocha. En la Figura 10, se muestra los contenidos promedios de AE en mg/100 g ± SE (error estándar).

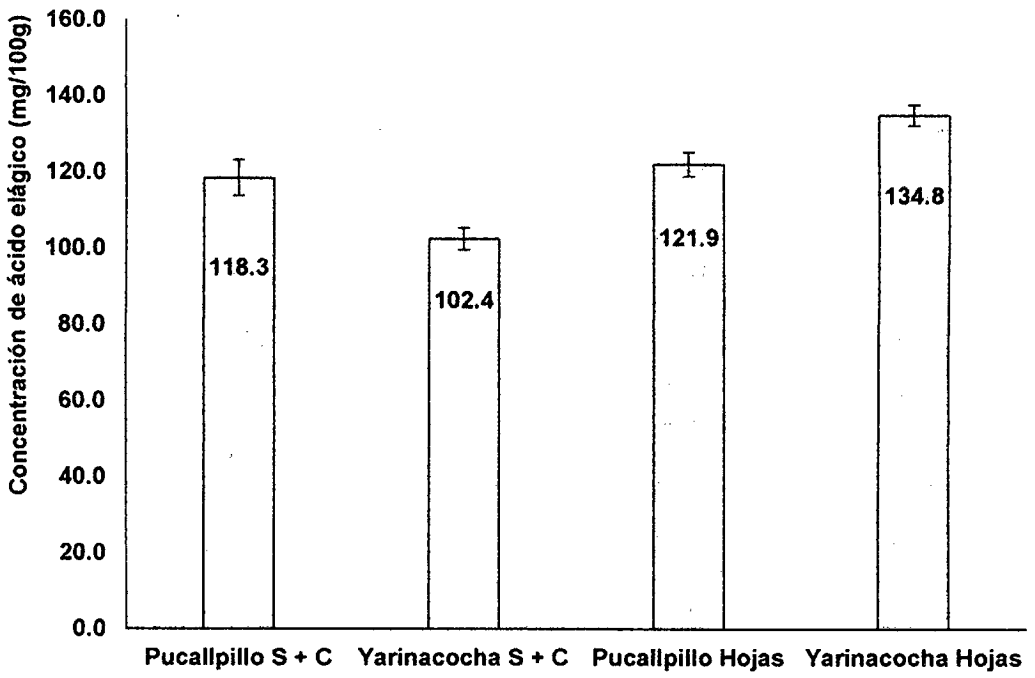


Figura 10. Contenido de AE en la harina de Camu camu, por tipo de órgano de la planta y procedencia.

El contenido de AE determinado en las muestras de harina a partir de la cáscara más semillas y hojas de Camu camu son mayores que lo encontrado en Jaboticaba: 0,28 a 8,5 mg/100 g; Camu camu: 59 mg/100 g; Granada: 62 mg/100 g (Abe, Lajolo, & Genovese, 2012). El contenido de AE variaron de 25 a 50 mg/100 g en la pulpa de Camu camu (De Souza, 2012), y 5,60 ± 0,11 mg/100 g de AE en pulpa de Camu camu en polvo (Fracasiete, Costa, Moulay, & Tomás-Barberán, 2013). También se reportó la fruta fresca de guayaba agria contiene 52,86 mg Ácido Elágico/ 100g de fruta fresca de guayaba agria (Zapata, Cortes, & Rojano, 2013) y en Frambuesa: 20,7 -24,4 mg /100 g de peso fresco (Begoña de Ancos, González, & Cano, 2000).

3.2.1. Comparación del contenido de AE de la harina de Camu camu.

En la Tabla 25, se muestra el ANVA para el contenido de ácido elágico (AE) en la harina de Camu camu por procedencia de las muestras y por tipo de órgano de la planta.

Tabla 25. Análisis de Varianza para el contenido de Ácido Elágico (mg/100 g).

Fuente	*S C*	*g.l.*	*CM*	*Fc*	*Pv*
Procedencia	14,42	1	14,42	0,20	0,66
Órgano	1951,21	1	1951,21	27,20	0,00
Procedencia*Órgano	1241,28	1	1241,28	17,30	0,00
Error Experimental	1434,73	20	71,74		
Total	4641,63	23			

Se observa que el lugar de procedencia de las muestras no ejerce una influencia significativa (Pv > 0,05) en el contenido de AE. Sin embargo, el tipo de órgano de la planta utilizado para la obtención de la harina sí presenta una influencia significativa (Pv < 0, 05) en el contenido de AE. De mayor interés es el efecto de la interacción, el cual es (Pv > 0,05).

La Tabla 26, muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de AE de la harina de Camu camu, según el tipo de órgano de la planta.

Tabla 26. Comparación múltiple de Tukey para el contenido de AE por cada órgano de la planta.

Tipo de órgano de la planta	*Casos*	AE (mg/100 g) [1]
Cáscara + Semillas	12	110,32 ± 2.44 [a]
Hojas	12	128,35 ± 2.44 [b]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 12.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

Se observa que la harina que fueron obtenidas a partir de la cáscara más semillas presentó un mayor contenido de AE comparado con el rendimiento de la harina obtenida a partir de las hojas.

La Figura 11, muestra el comportamiento de los niveles del factor órgano de la planta muestras en cada nivel del factor procedencia de las muestras, para el contenido de ácido elágico.

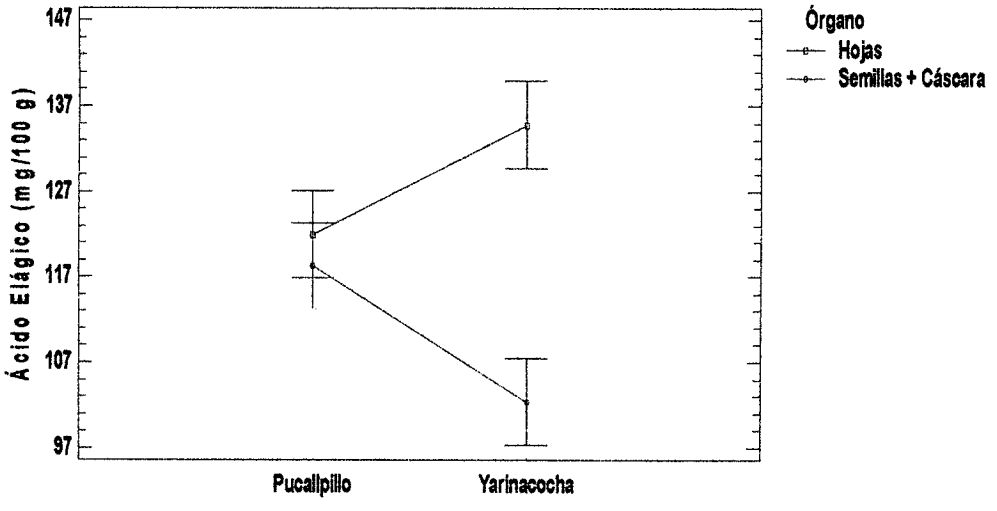


Figura 11. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en el contenido de AE, para los niveles de Procedencia.

Observamos que, para las muestras que proceden de los cultivos de Pucallpilo, no existe diferencia significativa en el contenido de AE de la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas del fruto y de las hojas de la planta de Camu camu. Sin embargo, para las muestras que proceden de los cultivos de Yarinacocha, sí existe diferencia significativa en el contenido de AE de la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas y de las hojas. Siendo mayor el contenido de AE en las hojas.

La Figura 12, muestra el comportamiento de los niveles del factor procedencia de las muestras en cada nivel del factor tipo de órgano de la planta, para el contenido de ácido elágico.

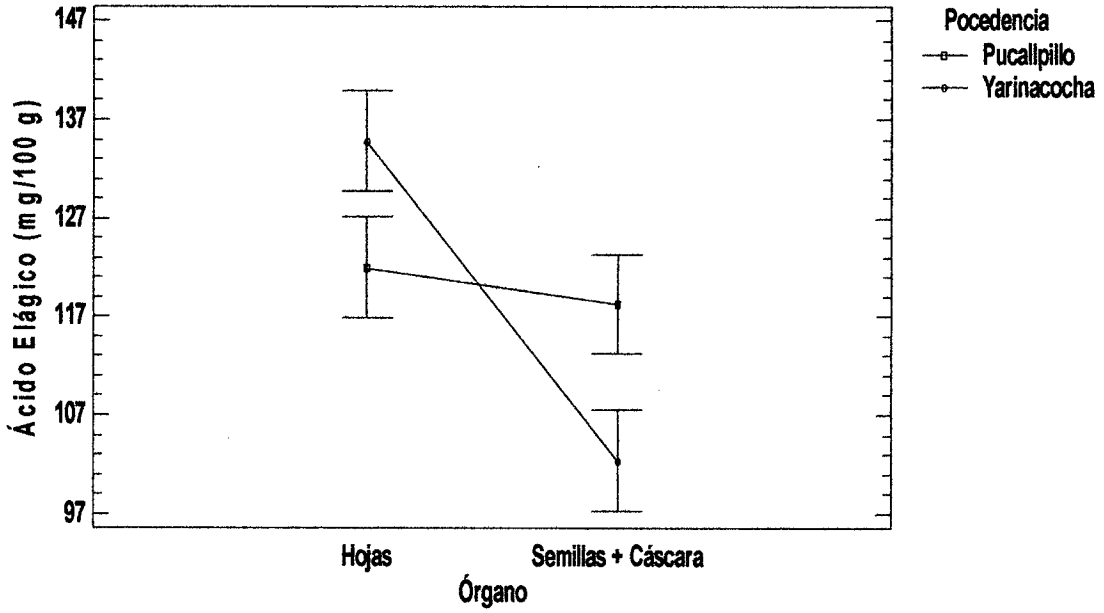


Figura 12. Efecto de la interacción Procedencia – Órgano de la planta en el contenido de AE, para los niveles de Órganos de la planta.

Observamos que, para la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu, existe diferencia significativa en el contenido de AE respecto a la procedencia de las muestras, presentando mayor contenido la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu procedente de los cultivos de Yarinacocha. Para la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas del fruto de Camu camu, también existe diferencia significativa en el contenido de AE respecto a la procedencia de las muestras, presentando mayor contenido

la harina obtenida a partir de la cáscara más semillas del fruto de Camu casmu procedente de los cultivos de Pucallpillo.

El análisis realizado para el efecto de la interacción, se consolida aún más en el ANVA realizado considerando los tratamientos, que se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27. Análisis de varianza para el contenido de AE (mg/100 g) por tratamiento.

Fuente	*S.C.*	*g.l.*	*C.M.*	*Fc*	*Pv*
Tratamientos	3206,90	3	1068,97	14,90	0,00
Error experimental	1434,73	20	71,74		
Total	4641,63	23			

Como se puede observar, los tratamientos (Procedencia – Órgano de la planta) influye de manera significativa en el contenido de ácido elágico de las muestras de harina de Camu camu. La Tabla 28, muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de AE de la harina de Camu camu, por tratamiento.

Tabla 28. Comparación múltiple de Tukey para el contenido de AE (mg/100 g) por tratamiento.

Tratamiento	*Casos*	AE (mg/100 g) [1]
T_1: Pucallpillo – Cáscara + Semillas	6	118,28 ± 3.46 [a]
T_2: Pucallpillo – Hojas	6	121,93 ± 3.46 [b]
T_3: Yarinacocha – Cáscara + Semillas	6	102,35 ± 3.46 [b, c]
T_4: Yarinacocha – Hojas	6	134,77 ± 3.46 [c]

[1] Los resultados representan la media ± SE, para n = 6.
Letras diferentes denotan diferencia significativa.

La harina que fueron obtenidas a partir de la cáscara más semillas cuyos frutos procedió de los cultivos de Pucallpillo presentó menor contenido de AE; mientras que el mayor contenido de AE se encontró en la harina obtenida a partir de las hojas de la planta de Camu camu que procedieron de los cultivos de Yarinacocha.

IV. CONCLUSIONES.

El contenido de ácido elágico obtenida a partir de la harina de cáscara más semillas del fruto de Camu camu (Myrciarira dubia HBK) es de: 118,28 ± 3.46 mg/100 g para las muestras procedientes de las plantaciones de Pucallpillo, y de: 102,35 ± 3.46 mg/100 g. para las plantaciones procedentes de Yarinacocha.

El contenido de ácido elágico obtenida a partir de la harina de hojas de la planta de Camu camu (*Myrciarira dubia* HBK) es de: 134,77 ± 3.46 mg/100 g para las muestras procedentes de las plantaciones de Yarinacocha y de: 121,93 ± 3.46 mg/100 g para las muestras procedentes de las plantaciones de Pucallpillo.

- El mayor contenido de ácido elagico se obtuvo en las hojas de las plantaciones de Camu camu en época de cosecha de los frutos procedentes de los dos lugares en estudio comparativamente con los de las cascara y semilla. Tanto las hojas como la cáscara y semillas, presentan contenido considerable de ácido elágico, por lo tanto, se debe aprovechar estos subproductos para incrementar la cadena de valor.

V. RECOMENDACIONES.

- Utilizar las hojas de las plantaciones de Camu camu para la obtención de harina y comercializarlo por las bondades que presenta (contenido de ácido elagico).
- Utilizar la cáscara y semillas que se obtiene del pulpeado de la fruta y procesarlo como harina para su comercialización por las bondades que presenta (contenido de ácido elagico).
- Realizar estudios de cuantificación de contenido del ácido elágico en tallos, frutos verdes y frutos pintones de las plantaciones del Camu camu por ecotipos
- Realizar estudios ce contenido de ácido elagico en las hojas de las plantaciones de Camu camu considerando la edad de las plantas.

VI. LITERATURA CITADA.

Abe, L. T., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2012). Potential dietary sources of ellagic acid and other antioxidants among fruits consumed in Brazil: Jabuticaba (Myrciaria jaboticaba (Vell.) Berg). *J. Sci Food Agric., 92*, 1679-1687.

Akiyama, H., Fujii, K., Yamasaki, O., Oono, T., & Iwatsuki, K. (2001). Antibacterial action of several tannins against Staphylococcus aureus. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 48*, 487-491.

Anderson, K. J., Teuber, S. S., Gobeille, A., Cremin, P., Whaterhouse, A. L., & Steinberg, F. M. (2001). Walnut Polyphenols inhibit In Vitro Human Plasma and LDL Oxidation. *Journal of Nutrition, 131*, 2837-3842.

Ani, V., Varadaraj, M. C., & Akhilender Naidu, K. (2006). Antioxidant and antibacterial activities of polyphenolic compounds form bitter cumin (Cominum nigrum). *Eur Food Res Technology*.

AOAC. (2005). Oficial Methods of Analisis, ,. (1. Edition, Ed.) *Publisher By AOAC- USA*(930.15).

Ascacio-Valdés, J. A., Aguilera-Carbó, A., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar-González, C. (2013). Análisis de ácido elágico en algunas plantas del semidesierto Mexicano. *Rev. Mex. Cienc. farm., 44*(2), 36-40.

Auroma, O. (1999). Conceptualization of the Prooxidant and Antioxidant Actions of Plant. Food Chemicals. *Phytochemicals and Phythopharmaceuticals. AOCS, Press, Champaign, Illinois.*

Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea*(492), 161-172.

Bala, I., Bhardwaj, V., & Ravi Kumar, M. N. (2005). Analytical methods for assay of ellagic acid and its solubility studies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis.* doi:10.1016/j.jpba.2005.07.006

Begoña de Ancos, E., González, M., & Cano, M. P. (2000). Ellagic acid, vitamin C, and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in Raspberry fruit. *J. Agric. Food Chem., 48*(10), 4565-4570.

Bianco, M. A., Aji, A., & Savolainem, H. (1998). Quantitative analysis acid in hardwood samples. *The Science of Total Environment*(222), 123-126.

Bloch, A., & Thomson, C. (1995). Position of the American Dietetic Association: Phytochemicals and Functional Foods. *Journal of the American Dietetic Association, 95*, 493-496.

Bonafine, O., Cañizares, A., & Laverde, D. (2006). Importancia de los fitoquímicos en la alimentación. *INIA Divulga, 7*, 9-12.

Carr, A., & Frei, B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *Am. J. Clin. Nutr., 69*(6), 1086-1107.

Carretero, M. E. (2002). Compuestos fenólicos: Taninos. *Panorama Actual Med., 24*(235), 633-636.

Céspedes, T., & Sánchez, D. (2000). Algunos aspectos sobre estrés oxidativo, el estado antioxidante y la terapia de suplementación. *Revista cubana de Cardiología, 14*, 55-60.

Clifford, M. N., & Scalbert, A. (2000). Review: Ellagitannins-nature, occurrence and dietary burden. *J. of the Sci. of Food and Agric., 11*, 549-557.

Cruz-Atonio, F. V., Saucedo-Pompa, S., Martinez-Vásquez, G., Aguilera, A., Rodríguez, R., & Aguilar, C. N. (2010). Propiedades químicas e industriales del ácido elágico. *Acta Química Mexicana, 2*(3). Retrieved setiembre 5, 2016, from http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM

De Souza, S. A. (2012). *Compostos bioativos do camu-camu (Myrciaria dubiaMc Vaugh): caracterizacao e atividade biológica.* Sao Paulo:

Universidad de Sao Paulo. Facultad de Ciencias Farmaceúticas. Tese apresentada para obtencao do título de Doutor.

Doussot, F., Pardon, P., Dedier, J., & De Jeso, B. (2000). Individual, species and geographic origin influence on cooperage oak extractible content (Quercus robur L. and Quercus petrea Liebl.). *Analysis, 28*, 960-965.

Espin, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2006). Caracterizacion fisicoquímica, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. *Raíces y tubérculos andinos*, 92-93.

Fennema, O. (2000). *Química de alimentos.* Zaragoza: Acribia.

Festy, D. (2007). *Oxidantes y antioxidantes: guía práctica. Ediciones Robinboock. Barcelona.*

Fracasiete, D., Costa, C., Moulay, L., & Tomás-Barberán, F. A. (2013). Ellagic acid derivatives, ellagitannins, proanthocyanidins and other phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of two powder products from camu-camu fruit (Myrciaria dubia). *Food Chemistry, 139*, 578-588.

Fujita, A. (2015). *Produtos derivados do camu-camu: efeito da secagem sobre elagitaninos e flavonoides, atividades antioxidante e antimicrobiana.* Sao Paulo. doi:10.11606/T.9.2015.tde-24092015-083939

García-Saavedra, E., Leandro-Laguna, C., Vicente-Santa Cruz, E., Hilario, R. J., Román, C. W., & Ruiz-Aguilar, F. (2012). Variación de las características biométricas, físicas y químicas de la fruta del camu camu (Myrciaria dubia Mc Vaugh), en tres estados de madurez: Verde, pintón y maduro, procedente de los cultivos de Yarinacocha y Pucallpillo. *Dirección General de Investigación. Universidda Nacional de Ucayali.*

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and Its Relationship with Phenolic Composition and Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48*, 4581-4589.

Hayashi, T., Maruyana, H., Kasai, R., Hattori, K., Takasuga, S., Hazeki, O. Tanaka, T. (2002). Ellagitannins from Lagerstroemia speciosa as Activators of glucose transport in Fat Cells. *Letters Plant Med., 68*, 173-175.

Hong-Mei, Z., Lei, Z., Hao, L., Hao, X., Wen-Wen, C., & Lin, T. (2014). Research progress on the anticarcinogenic actions and mechanisms of ellagic acid. *Cancer Biology & Medicine, 11*(2), 92-100.

Huang, W., Ni, J., & Borthwick, A. G. (2005). Biosynthesis of valonia tannin hydrolase and hydrolysis of volonia tannin to ellagic acid by Aspergillus niger SHL 6. *Process Biochemistry, 40*((3-4)), 1245-1249.

Huetz, P., Mavaddat, N., & Mavri,, J. (2005). Reaction between Ellagic Acid and an Ultimate Carcinogen. *J. Chem. Inf. Model., 45*, 1564-1570.

Iman, C. S. (2000). *Cultivo de Camu camu (Myrciaria dubia) H.B.K. en la región Loreto.* INIA, Estación Experimental San Roque, Iquitos.

Kaponen, J. M., & Happonen, A. M. (2007). Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55*, 1612-1619.

Khennouf, S., Hassiba Behabdallah, Kamel Ghar Zoudi, Smain Amira, Hideyuki Ito, Tae-Hoon Kim, . . . Akila Gharzoul. (2003). Effect of tannins from Quercus saber y Quercus coccifera leaves on ethanol-induced gastric lesions in mice. *J Agric Food Chem, 51*, 1469-1473.

Lei, Z., Jervis, J., & Helm, R. F. (2001). Use of Methanoliysis for the Determination of Total Ellagic and Gallic acid Contents of Wood and Food Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49*, 1165-1168.

Losso, J. N., Bansode, R. R., Bawadi, H. A., & Truax, R. (2004). In vitro anti-proliferative activities of ellagic acid. *J. of Nutritional Biochemistry, 15*(11), 672-678.

Lourdes, B., García, L., Rojo, D., & Zánchez, E. (2001). Plantas con propiedades antioxidantes. *Revista Cubana Investigación Biomédica*(20), 231-235.

Machado, T. B., Leal, I. C., Amaral, A. C., dos Santos, K. R., da Silva, M. G., & Kuster, R. M. (2002). Antimicrobial Ellagitannin of Punica granatum Fruits. *Journal Brazilian of Chemistry Society, 13*(5), 606-610.

Mahan, L., & Arlin, M. (1992). *Vitamins. Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy. W. B. Saunders Co.*

Martens-Talcott, S. U., Talcott, S. T., & Percival, S. S. (2003). Low Concentrations of Quercitin and Ellagic acid Synergistically Influence proliferation, Cytotoxicity and Apoptosis in MOLT-4 Human Leukemia Cells 1-3. *Journal of Nutrition, 133*, 2669-2674.

Masamune, A., Satoh, Kazuhiro Kicata, Noriaki Suzuki, Kennichi Satoh, & Tooru Shimosegawa. (2008). Ellagic acid blocks activation of pancreatic stellate cells. *Biochemical Pharmacology, 70*, 869-878.

Naiki-Ito, A., Chewonarin, T., Tang, M., Pitchakam, P., Kuno, T., Ogawa, K., . . . Takahashi, S. (2015). Ellagic acid, a component of pomegranate fruit juice, supresses androgen-dependent prostate carcinogénesis via induction of apoptosis. *Prostate, 75*(2), 151-160.

Notka, F., Meiel, G., & Wagner, R. (2004). Concerted inhibitory activities of Phyllantus amarus on HIV replication in vitro and ex vivo. *Antiviral Research, 64*(2), 93-102.

Olguín, G., Meléndez, G., Zúñiga, A., & Pasquetti, A. (2004). Antioxidantes y ateroesclerosis. *Revista de Endocrinología y Nutrición, 492*, 199-206.

Patente: 888109207.6. (1988). Comisión de Patentes Europeas, Oficina Española de Patentes y Marcas, No. De publicación ES 2032899, No. de Solicitud Europea: 888109207.6. Fecha 14-12-1988.

Procamusa. (2012). *Camu camu. Productos de camu camu* . Recuperado el 16 de setiembre de 2016, de http://www.promamazonia.org.pe/SiBiocomercio/wfr_LineaProductiva.aspx?Lip_IdLineaProductiva=6

PromAzonia. (s.f.). *Camu camu. Centro de Promoción de Biodiversidad Amazónica.* Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de http://www.promamazonia.org.pe/SiBiocomercio/wfr_LineaProductiva.aspx?Lip_IdLineaProductiva=6

Ruibal, B. I., Marta Dubed, E. M., Martínez, F. L., Noa, R. E., Vargas, G. L., & Santana, R. J. (2003). Inhibición de la replicación del virus de Inmunodeficienciahumana por extractos de taninos de Pinus Caribaea Moret. *Revista Cubana de Farmacia, 37*(2), 1-8.

Sainas, M. Y., Soria, R. J., & Espinosa, T. E. (2010). *Aprovechamiento y Distribución de Maíz Azul en el Estado de México.* Obtenido de www.sagarpa.gob.mx.

Salinas-Moreno, Y., Almaguer-Vargas, G., Peña-Varela, G., & Ríos-Sánchez, R. (2009). Ácido elágico y perfil de antocianinas en frutos de frambuesa (Rubus idaeus L.) con diferente grado de maduración. *Revidts Chapingo Serie Horticultura, 15*(11), 97-101.

Saucedo-Pompa, S., Rojas-Molina, R., Aguilera-Carbó, A. F., Saens-Galindo, A., Garza de la, H., Jasso-Cantú, D., & Aguilar, C. N. (2009). Edible Film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International, 42*, 511-515.

Scalbert, A. (1992). *Quantitative methods for the estimation of tannins in plants tissues. Plant polyphenols, Synthesis, Properties, Significance.* New York: Ed, by Hemingway RW and Laks PE. Plenum,.

Seeram, N., Lee, R., & Heber, D. (2005). Rapid large scale purification of ellagitannins from pomegranate husk, a by-product of the commercial juice industry. *Separ Purif Technol, 41*, 49-55.

Sepúlveda, L., Ascacio, A., Rodríguez-Herrera, R., Aguilera-Carbó, A., & Aguilar, C. N. (2011, MAyo 30). Ellagic acid: Biological properties and

biotechnological. *African Journal of Biotechnology, 10*(22), 4518-4523. doi:10.5897/AJB10.2201

Simon, J., & Hudes, E. (2000). Serum ascorbic acid and gallbladder disease prevalence among US. Adults: the Third National Health and Nutr. Examination Survey (NHANES III). *Arch. Intern. Med., 160*(7), 931-936.

Vattem, D. A., & Shetty, K. (2003). Ellagic acid production and phenolic antioxidants activity in cranberry pomace (Vaccinium macrocarpo) mediated by Lentinus edodes using a solid-state system. *Process Biochemistry, 39*, 367-379.

Vega, V. (2002). *Manual del valor agregado de camu camu. I Parte. PET/Desarrollo tecnológico y uso sostenible de los productos de la biodiversidad/Desarrollo de tecnologías de valor agregado para camu camu en Ucayali.* Pucallpa: IIAP.

Villachica, H. (1998). Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia. Lima: tratado de Cooperación Amazónica (TAC)-Secretaría Pro-Témpore.

Villanueva-Tiburcio, J. E., Condezo-Hoyos, L. A., & Asquieri, E. R. (2010). Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante,en la cáscara de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K) McVaugh). *Ciência e Tecnologia de Alimentos, 30*(Supl.1), 151-160.

Wilson, T. C., & Hagerman, A. E. (1990). Ellagitannins in plant are hydrolyzed to release ellagic acid, which forms a colored product upon reaction with nitrous acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38*, 1678-1683.

Wojdyło, A., Oszmianski, J., & Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry, 105*, 940-949.

Zapata, K., Cortes, F. B., & Rojano, B. A. (2013). Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de guayaba agria (Psidium araca). *Información Tecnológica, 24*(5), 103-112.

VII. ANEXO.

Anexo 1:

Informe de análisis de Ácido Elágico en la harina de Camu camu.

UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES

Informe de resultados

Solicitante:	Srta. Katherine López Bardales
Muestra:	Muestras de harina de corteza, semilla y cáscara de camu camu.
Análisis:	Cuantificación de ácido elágico por Cromatografía HPLC.
Fecha de entrega de Resultados:	3 Abril 2017

RESULTADOS

En las páginas 2 a 7 del presente informe.

Atentamente,

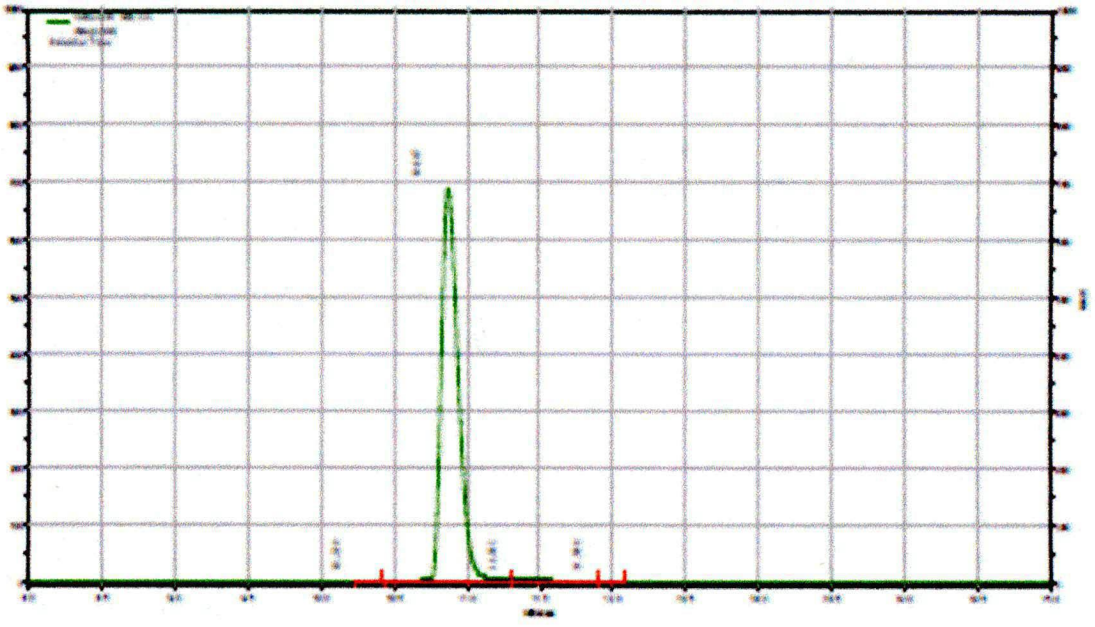
Rosario Rojas

Dra. Rosario Rojas Durán

Unidad de Investigación en Productos Naturales
LID-Laboratorio 209

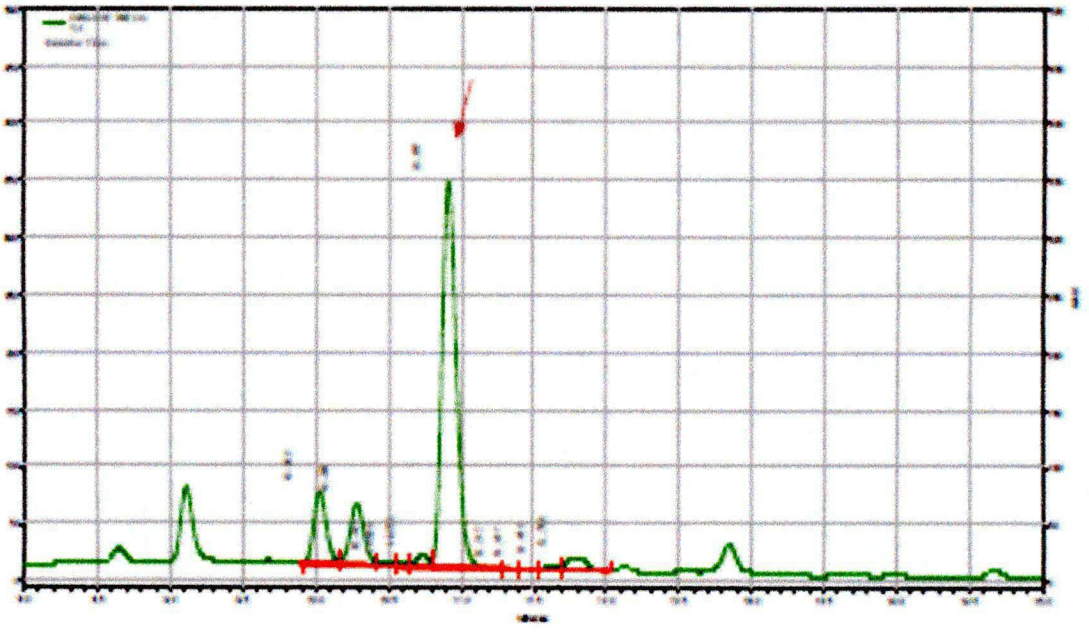
Anexo 2:

Cromatograma HPLC, AE estándar.



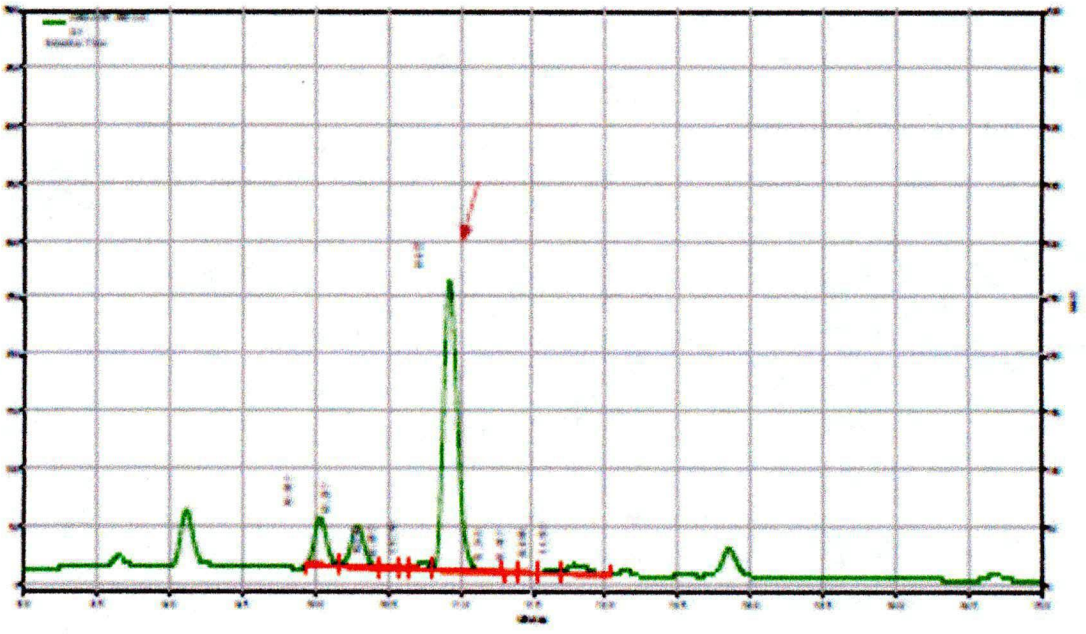
Anexo 3:

Cromatograma HPLC, AE muestra 1.



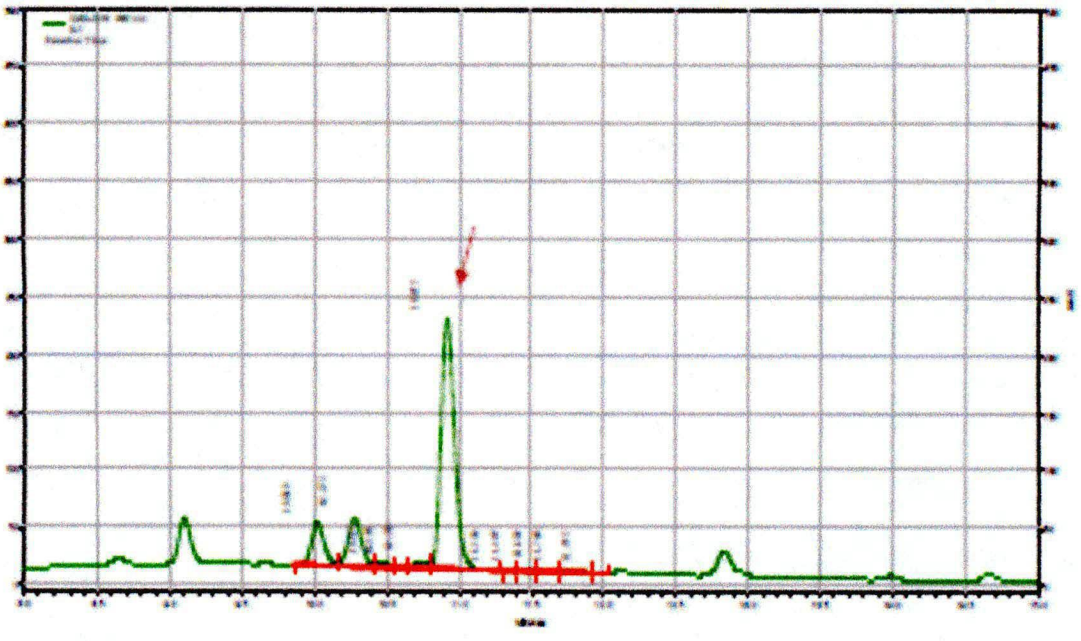
Anexo 4:

Cromatograma HPLC, AE muestra 2.



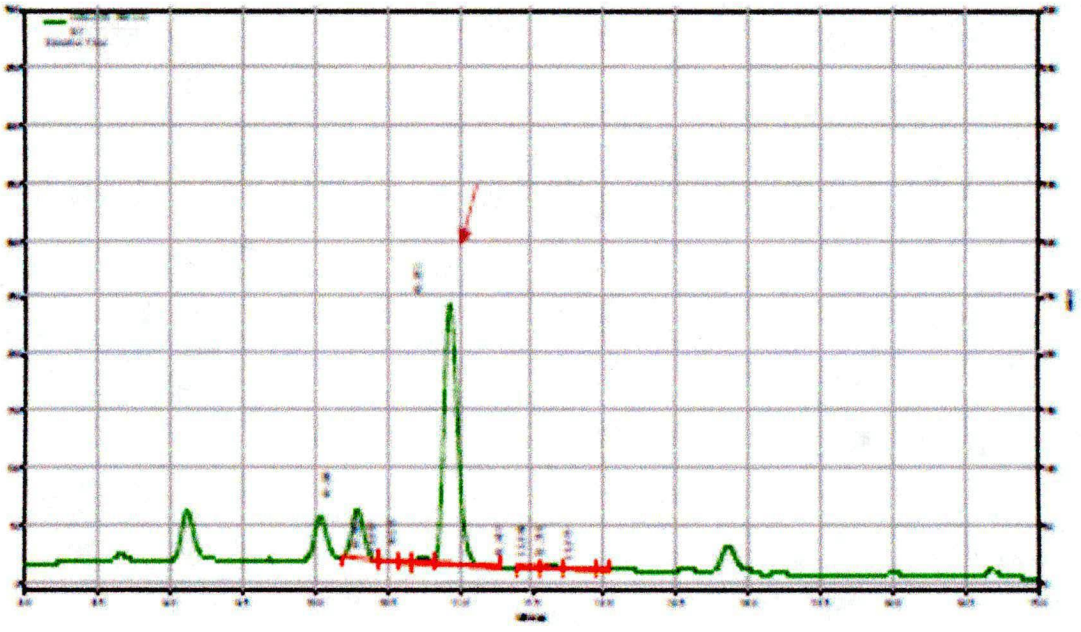
Anexo 5:

Cromatograma HPLC, AE muestra 5.



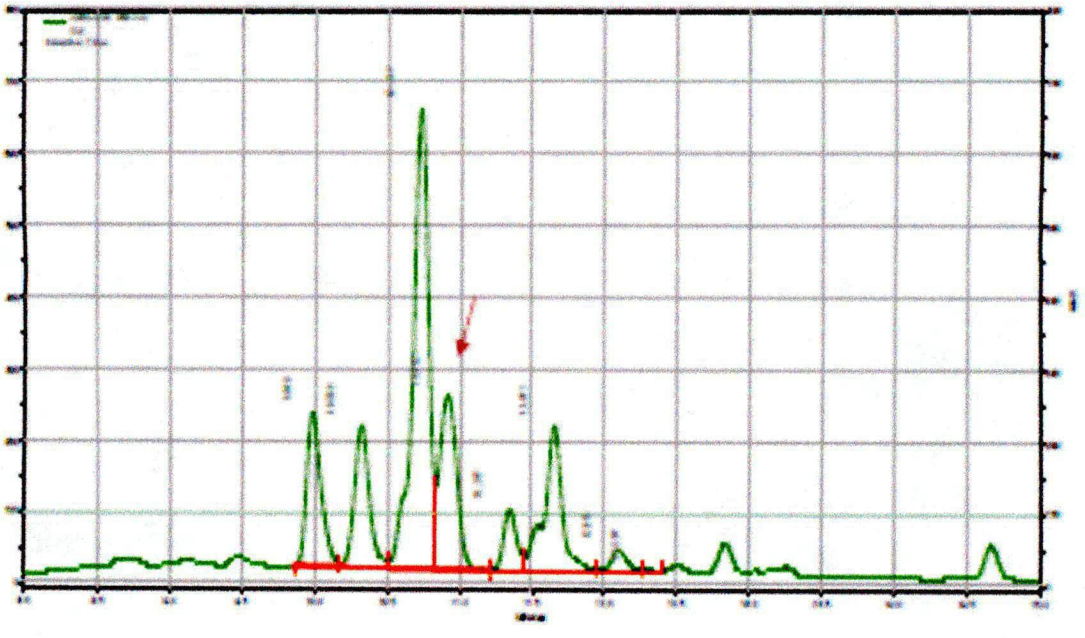
Anexo 6:

Cromatograma HPLC, AE muestra 6.



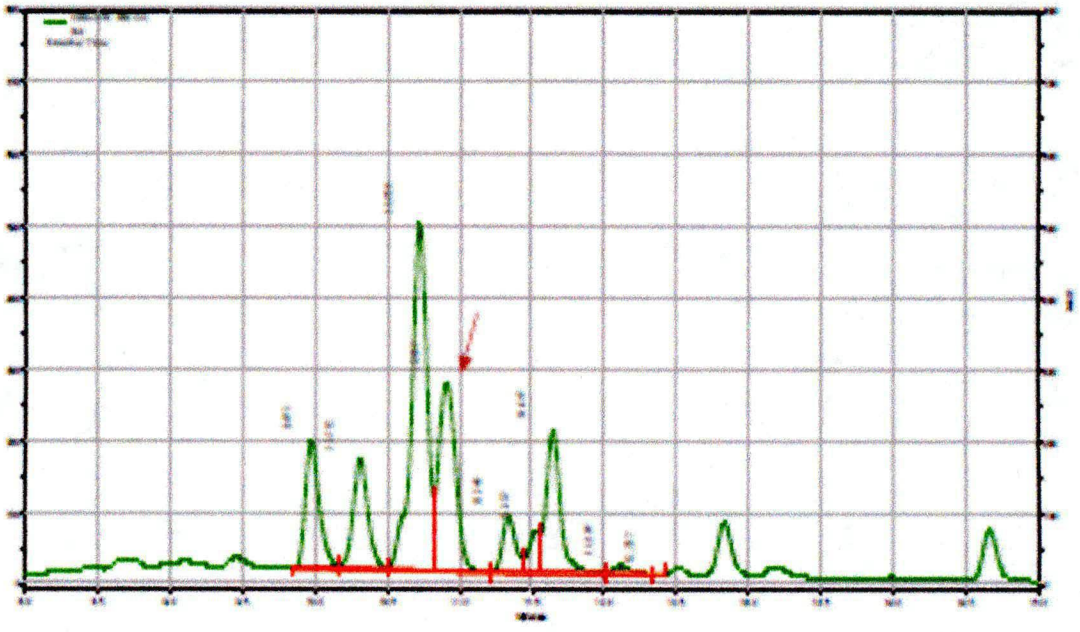
Anexo 7:

Cromatograma HPLC, AE muestra 7.



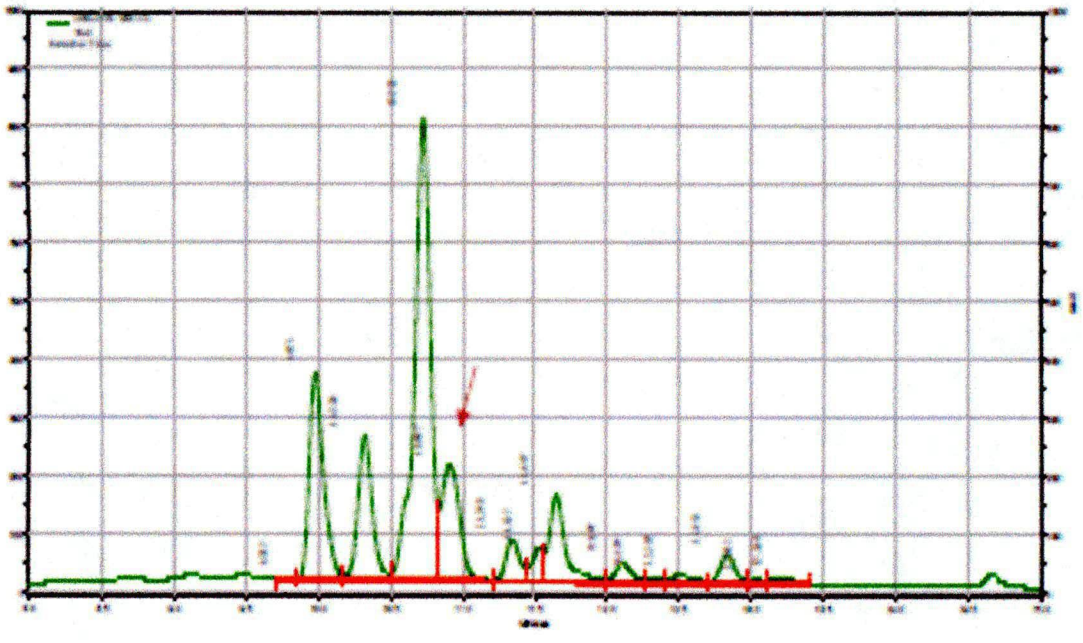
Anexo 8:

Cromatograma HPLC, AE muestra 8.



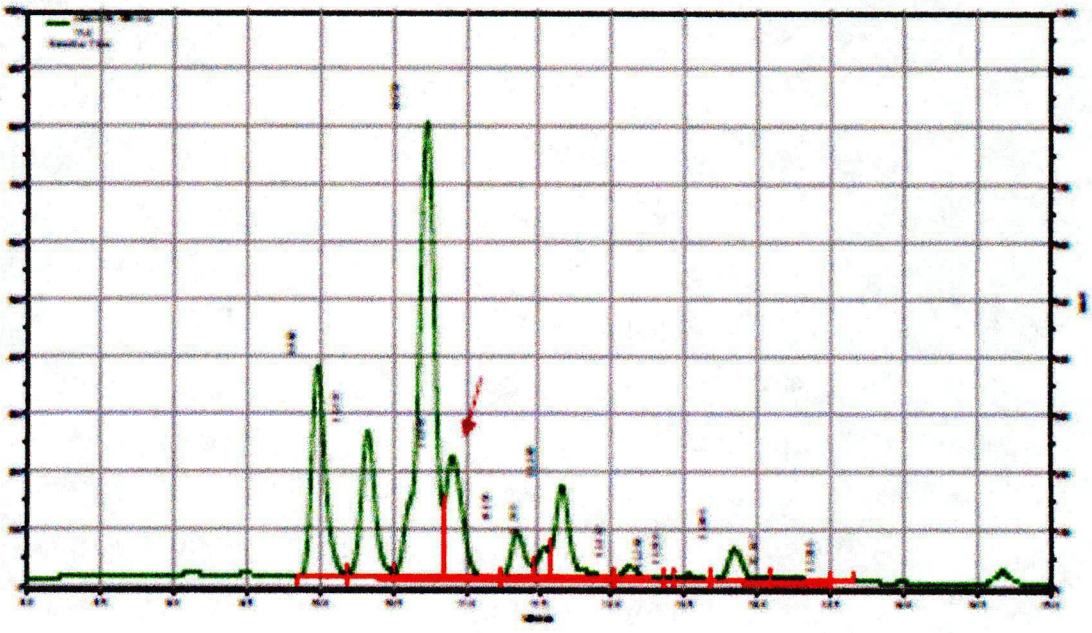
Anexo 9:

Cromatograma HPLC, AE muestra 10.



Anexo 10:

Cromatograma HPLC, AE muestra 11.



Anexo 11:

Constancia de realización de análisis en el Laboratorio de Suelos - UNU

"Año Del Buen Servicio Ciudadano"

CONSTANCIA

Que mediante el presente documento se hace constatar que la **Bach. MARITZA KATHERINE LÓPEZ BARDALES** con DNI 72734532 ex alumna de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, venía realizando sus análisis proximales de su tesis denominado **"COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ELÁGICO DE DIFERENTES ÓRGANOS DE LA PLANTA DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia HBK*), PROCEDENTE DE PLANTACIONES DE YARINACOCHA Y PUCALLPILLO – UCAYALI"**, en el **Laboratorio de Suelos** cumpliendo con responsabilidad, honestidad, puntualidad.

Pucallpa 10 de Abril del 2017

M.S.c. José Antonio López Ucanegue
JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Anexo 12:

Descripción fotográfica de la recolección de las muestras.



Figura13:Recolección de hojas de Camu camu de la zona de Pucallpillo.

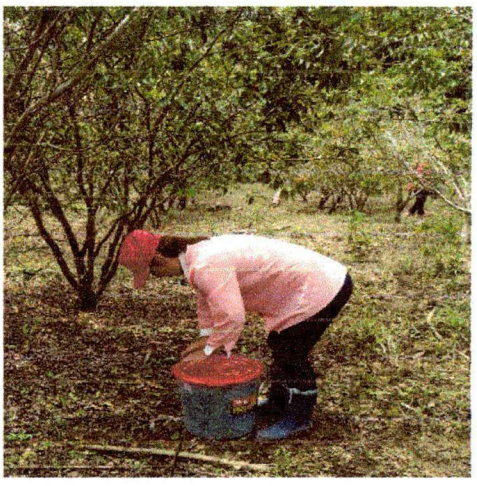


Figura 14: Recolección de hojas de Camu camu de la zona de Yarinacocha.



Figura 15: Lavado de las muestras hojas de Camu camu.

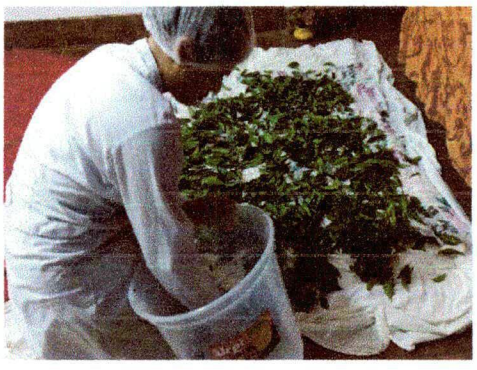


Figura 16:Oreado de las muestras de hojas de Camu camu.



Figura 17:Lavado de los frutos de Camu camu.



Figura 18: Recepción de la cáscara y semillas de Camu camu.



Figura 19: Oreado de la muestra de cáscara más semillas.



Figura 20: Secado de las muestras.



Figura 21: Molienda y tamizado de las muestras secas.

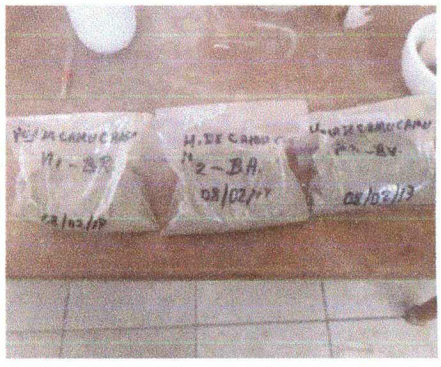


Figura 22: Muestras de harina de camu camu.



Figura 23: Determinación de acidez titulable de la harina.



Figura 24: Determinación de pH de la harina.



Figura 25: Secado de las muestras.

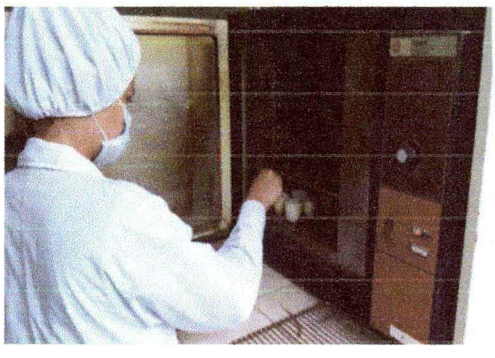


Figura 26: Determinación de cenizas de la harina.