

Uso potencial del camu-camu (*Myrciaria dubia*) en el desarrollo de alimentos funcionales

Potential use of Camu-Camu (*Myrciaria dubia*) in Functional Food Development

Liliana Londoño Hernández¹ 

Constanza Montalvo Rodríguez² 

Oscar Julián Sierra³ 

Estefanía García González⁴ 

¹Universidad Nacional Abierta y a Distancia [✉liliana.londono@unad.edu.co](mailto:liliana.londono@unad.edu.co)

²Servicio Nacional de Aprendizaje [✉cmontalvor@sena.edu.co](mailto:cmontalvor@sena.edu.co)

³Servicio Nacional de Aprendizaje [✉oscarj.arroyave@sena.edu.co](mailto:oscarj.arroyave@sena.edu.co)

⁴Servicio Nacional de Aprendizaje [✉esgarciag@sena.edu.co](mailto:esgarciag@sena.edu.co)

Recibido: 06/06/2022 Aceptado:13/06/2022

Resumen El rápido incremento en la obesidad, la hipertensión y otras enfermedades crónicas no transmisibles, debido al consumo de alimentos ultraprocesados como grasas y azúcares, y a la situación de inseguridad alimentaria en muchos países de América Latina, ha promovido el desarrollo de alimentos mínimamente procesados, seguros y saludables de fuentes no tradicionales, como los frutos amazónicos, que además de nutrir, tienen un efecto benéfico en la salud. El objetivo de esta revisión bibliográfica fue analizar los principales compuestos biológicos de interés, para evaluar las oportunidades actuales del camu-camu en el desarrollo de alimentos funcionales, teniendo en cuenta la producción científica anual. Entre los frutos amazónicos estudiados en los últimos años, se destaca el camu-camu, un fruto amazónico pequeño, que se caracteriza por su alto valor nutricional, especialmente por su contenido de vitamina C, carotenoides, polifenoles (flavonoides, taninos, antocianinas, etc.) y otros compuestos reconocidos como antioxidantes, cuyo consumo está asociado a la disminución del envejecimiento celular y el estrés oxidativo. Debido a que tiene una vida útil relativamente corta, se han desarrollado diversos productos para garantizar su conservación por más tiempo, además de asegurar sus propiedades nutricionales y funcionales. Este fruto se aprovecha para obtener jugos, yogures, helados, mermeladas y refrescos, entre otros productos. Sin embargo, uno de los mayores potenciales actuales es el uso como ingrediente y/o materia prima en la producción de alimentos convencionales, para otorgarles características de “alimentos funcionales”, para generar un beneficio a la salud, más allá de suplir las necesidades nutricionales.

Palabras clave: materia prima; vitaminas; seguridad alimentaria; Amazonia.

Abstract The rapid increase in obesity, hypertension, and other chronic non-communicable diseases, due to the consumption of ultra-processed foods such as fats and sugars and the situation of food insecurity in many Latin American countries, has promoted the development of minimally processed, safe, and healthy foods from non-traditional sources, such as Amazonian fruits, which in addition to nourishing, have a beneficial effect on health. The objective of this review was to analyze the main biological compounds of interest, to evaluate the current opportunities of Camu-camu in the development of functional foods. It was determined to consider the annual scientific production. Among the Amazonian fruits studied in recent years, Camu-camu stands out, a small Amazonian fruit characterized by its high nutritional value, especially for its vitamin C content, polyphenol carotenoids (flavonoids, tannins, anthocyanins, etc.), and other compounds recognized as antioxidants, whose consumption is associated with the reduction of cellular aging and oxidative stress. Because it has a relatively short shelf life, various products have been developed to guarantee the fruit's preservation for a longer period, in addition to ensuring its nutritional and functional properties. It is used to obtain juices, yogurts, ice creams, jams, and soft drinks, among other products. However, one of the greatest current potentials is the use as an ingredient and/or raw material in the production of conventional foods, giving them the characteristics of “functional foods”, to generate a health benefit beyond supplying nutritional needs.

Keywords: raw materials; vitamins; food security; Amazonian.

Introducción

Por su posición geográfica, Colombia es un país que cuenta con una amplia diversidad y variedad de recursos naturales. Pese a esto, las cifras de inseguridad alimentaria continúan siendo alarmantes. Se considera que el 12,5 % de la población se encuentra subalimentada y los problemas aumentan en las poblaciones vulnerables del país. Para mitigar este impacto, se han planteado diferentes estrategias, una de ellas es la promoción del incremento de la oferta agropecuaria (Hodson *et al.*, 2017), con el cultivo de plantas alimenticias no convencionales.

Las tendencias actuales se enfocan en el desarrollo de nuevos alimentos o “*novel foods*”, los cuales usan materias primas no convencionales, pero disponibles en la región (Comisión Europea, s. f.). Algunos de estos, se caracterizan por ser alimentos funcionales, o alimentos que además de su función tradicional de nutrir, tienen compuestos biológicos (compuestos bioactivos) que aportan efectos positivos en la salud y ayudan en la prevención de enfermedades (Mohamed, 2014).

En los últimos años, el interés por los frutos amazónicos ha incrementado gracias a que se han encontrado propiedades interesantes, que pueden ser aprovechadas para la elaboración de alimentos funcionales. Las especies, antes subutilizadas, hoy tienen un nicho de mercado creciente sostenido y son una oportunidad real para el fortalecimiento regional y la construcción de tejido social (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [SINCHI], 2019). Entre estos frutos amazónicos con potencial de producción, se destaca el camu-camu, que se caracteriza por ser redondo y por su alto contenido de ácido ascórbico (Inoue *et al.*, 2008), potasio, carotenoides y antocianinas; compuestos que le confieren algunas propiedades biológicas antioxidantes,

antimicrobianas y anticancerígenas, entre otras (Zanatta y Mercadante, 2007).

El Centro de Biotecnología Industrial (CBI) de la Regional Valle, ubicado en Palmira, en los últimos dos años ha diversificado sus líneas de investigación hacia la biotecnología agroindustrial, para el aprovechamiento de la biodiversidad de nuestro país y el avance de la seguridad alimentaria. Durante 2019, el CBI desarrolló el proyecto SENNOVA “Desarrollo de un Alimento Funcional a partir de camu-camu”, que busca aprovechar las propiedades de este fruto para obtener un producto que aporte beneficios al consumidor. Como parte de la documentación del proyecto, el presente documento analiza los principales compuestos biológicos de interés y evalúa las oportunidades actuales del camu-camu en el desarrollo de nuevos productos y/o alimentos funcionales.

Metodología

La revisión bibliográfica se determinó teniendo en cuenta la producción científica en el periodo de tiempo de 2005 a 2022. La búsqueda de los documentos se realizó en las bases de datos Google, Google Académico y ScienceDirect. Los criterios de consulta en Google principalmente fueron: “frutos amazónicos colombianos” AND “producción”, “frutos amazónicos colombianos” AND “comercialización” y “frutos exóticos colombianos” AND “producción”. Se encontraron 10200 registros en Google Académico y 373 en ScienceDirect con los criterios de consulta: “camu camu” OR “*Myrciaria dubia*”, en los temas, títulos, resúmenes y palabras clave.

Para la búsqueda de artículos por temas específicos, en Google Académico se emplearon las siguientes palabras claves: “camu camu” AND “products” AND “byproducts” (263 resultados), “camu camu” AND “amazonia”

AND “Colombia” (972 resultados), “camu camu” AND “Nutritional composition” (442 resultados), “camu camu” AND “Vitamin C” (2340 resultados).

Resultados y discusiones

Constituyentes bioactivos y efectos benéficos en la salud de frutos amazónicos

Los cambios en el estilo de vida, generados por el crecimiento económico y el aumento en la urbanización, han ocasionado la reducción en el consumo de preparaciones tradicionales, lo que conlleva a un incremento en el consumo de alimentos procesados, que se caracterizan por tener altos niveles de azúcar, grasa y aditivos químicos. Esta situación puede desencadenar problemas de sobrepeso, obesidad y otras enfermedades crónicas no transmisibles (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2017).

Particularmente, en Colombia, un 46 % de la población adulta presenta sobrepeso y obesidad, asociados a una alimentación con grandes cantidades de azúcar, grasa y colesterol, y baja en fibra y ácidos grasos poliinsaturados (Savino, 2011). De acuerdo con la FAO y la OPS (2017), para combatir estos problemas es necesario promover la producción sostenible de alimentos frescos, seguros y nutritivos, asegurar su diversidad y oferta en todos los sectores de la población, educar a la población en temas nutricionales e informar a los consumidores sobre la composición de los alimentos, especialmente los de alto contenido de azúcar, grasas y sodio. Es pertinente una alternativa al consumo de alimentos procesados, como la generación de productos orgánicos y mínimamente procesados, pero listos para el consumo, de manera que ofrezcan la oportunidad de una alimentación saludable.

Colombia es un país con una gran riqueza en biodiversidad de materia prima, con excelentes propiedades nutricionales, que pueden ser aprovechadas para la elaboración y obtención de alimentos. Los frutales amazónicos hacen parte de esta gran biodiversidad, constituyen una nueva cadena productiva para la fruticultura (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [SINCHI] y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008) y representan el patrimonio gastronómico del país. En su mayoría, con alto contenido de compuestos bioactivos, vitaminas, antioxidantes y micronutrientes, y son empleados en la elaboración de diferentes recetas originarias de la región (Malagón, 2017).

Los compuestos bioactivos son constituyentes de algunas plantas y alimentos, que se caracterizan por cumplir funciones específicas en el cuerpo humano, y brindan un beneficio adicional a la salud. Un gran porcentaje de estos son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas, entre los cuales se encuentran antibióticos, micotoxinas, alcaloides, pigmentos y fenólicos. Entre los compuestos fenólicos se destacan los flavonoides, los ácidos fenólicos y los taninos (Martins *et al.*, 2011).

Varios autores han comprobado algunas de las funciones biológicas de los compuestos bioactivos, como la actividad antioxidante, anticancerígena, antiplaquetaria, antitrombótica, antimutagénica, antialérgica, antiinflamatoria, antimicrobiana, entre otras (Azevedo *et al.*, 2018; Rajan y Bhat, 2020; Salomão-Oliveira *et al.*, 2016; Sousa *et al.*, 2021; Barboza *et al.*, 2022; Nascimento *et al.*, 2022).

Una de las actividades que más se ha estudiado por su efecto positivo en la salud es la capacidad antioxidante. Pese a que la oxidación es un proceso biológico natural, esencial para

la producción de energía en la mayoría de los organismos vivos, el exceso de especies reactivas de oxígeno está asociada con el estrés celular, la oxidación de lípidos, el envejecimiento celular y el desarrollo de algunas enfermedades como el cáncer, la inflamación y la aterosclerosis, entre otras. Los antioxidantes son compuestos químicos capaces de eliminar el exceso de dichas especies reactivas, como radicales libres, descomponedores de peróxido, inhibidores de oxígeno e inhibidores de enzimas (Rufino *et al.*, 2011).

Los frutos de la Amazonía colombiana han estado a una extrema distancia de las grandes y medianas capitales (representan el 3 % de la producción nacional de frutos y aproximadamente el 80 % de la producción tiene como destino otros países, teniendo en cuenta que, a nivel internacional, se paga entre cinco y seis veces más por el producto) (Alfonso, 2017). Sin embargo, representan un mercado de nicho, lo que significa que por su baja demanda, los compradores pueden pagar altos precios, por ejemplo, el copoazú (*Theobroma grandiflorum*), camu-camu y asaí (*Euterpe oleracea*) superan los \$ 20.000 COP por kilo (López, 2019).

Dentro de los frutos de la Amazonía más comercializados están: uva caimarona (*Pourouma cecropiifolia*), macambo (*Theobroma bicolor*), arazá (*Eugenia stipitata*), copoazú, cocona (*Solanum sessiliflorum*), aguaje (*Mauritia flexuosa*), umarí (*Poraqueiba sericea*), camu-camu, asaí, chontaduro (*Bactris gasipaes*), borojó (*Borojoa patinoi*), bacurí (*Garcinia madruno* (Kunth) Hammel), guama (*Inga edulis*), piña (*Ananas comosus*), zapote (*Quararibea cordata*), carambola (*Averrhoa carambola*), acerola (*Crataegus azarolus*), ají malagueta (*Capsicum annum*), ají ojo de pez (*C. baccatum*), y ají pipí de mono (*C. pubescens*). Y del lado de los secos, están: castaña (*Castanea sativa*), sachá inchi (*Plukenetia volubilis linneo*) y marañón (*Anacardium occidentale*) (López, 2019).

En esta región colombiana, se ubican en el sector de biocomercio, con un 25 %, 17 emprendimientos que realizan aprovechamiento de productos forestales no maderables (PFNM) como asaí, moriche (*Mauritia flexuosa*), seje (*Oenocarpus bataua var. bataua*), camu-camu y andiroba (*Carapa guianensis*), donde uno de los principales productos son las pulpas congeladas (SINCHI, 2019).

Según el Tratado de Cooperación Amazónica, dentro de los criterios de integralidad, se hace necesario avanzar en aspectos técnicos que aseguren que los pasos a dar en los años venideros serán apoyados por un conocimiento sólido, y por técnicas y tecnología de comprobada eficacia y eficiencia (Pro Tempore, 2002). Una de las alternativas para potencializar la comercialización de frutos amazónicos es obtener mayores volúmenes de producción, para lo cual, se necesitaría implementar programas de tecnificación e incentivos que ayuden al agricultor a obtener un mayor rendimiento y ganancia del cultivo (Nastur *et al.*, 2016).

La amplia disponibilidad de diferentes compuestos bioactivos y terapéuticos, además de la gran variedad de especies del bioma amazónico, ha atraído la atención mundial de los investigadores y las industrias alimentarias (Sousa *et al.*, 2021). Entre los frutos amazónicos investigados en los últimos años por sus características, se encuentra el camu-camu, descrito por Aguirre-Neira *et al.* (2020) como un prometedor producto forestal no maderero, que posee una fuente natural de vitamina C y otros compuestos relevantes para la salud humana.

Un ejemplo del aprovechamiento comercial se da en Perú, donde en el 2020, las exportaciones de camu-camu sumaron USD \$ 4,7 millones, 71 % más respecto al 2019 (USD \$ 2,7 millones), donde los principales países

exportadores son Estados Unidos (47 %), la Unión Europea (17 %), Japón (8 %), Canadá (7 %) y Australia (7 %) (Redagícola, 2021).

Diversos estudios han demostrado que este fruto contiene componentes bioactivos, como carotenoides, antioxidantes, vitaminas, antocianinas, flavonoides y actividad antiinflamatoria y antimicrobiana, así como la capacidad de contrarrestar la obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares y proteger la mucosa del tracto gastrointestinal de la acción del entorno ácido y de las enzimas digestivas (Nascimento *et al.*, 2013; Paiva y do Amaral, 2015; Guija *et al.*, 2005; Chang, 2013).

Camu-camu

El camu-camu se conoce como caçari, arazá de agua, guayabo, guayabito o guapuro blanco (Avila-Sosa *et al.*, 2019), es un arbusto Amazónico de hasta 8 m de altura, perteneciente a la familia de las Mirtáceas, producido naturalmente en zonas de inundaciones frecuentes, cerca de lagos y ríos. Se encuentra en la selva tropical de Colombia, Venezuela, Perú y Brasil. Su fruto es una baya redonda de superficie lisa, de color verde en estado inmaduro, trasciende de rojo hasta negro al madurar, con un diámetro de aproximadamente 2,5 cm y peso promedio de 6,9 g (Chirinos *et al.*, 2010; Hernández y Barrera, 2010; Zanatta y Mercadante, 2007).

El fruto del camu-camu está compuesto por agua (93,2 g/100 g), carbohidratos (4,0 g/100 g), proteína (0,5g/100 g), fibra (0,5 g/100 g), ceniza (0,2 g/100 g), vitamina C (1000-6000 mg/100 g) y compuestos polifenólicos, entre los que se destaca el ácido gálico (1000 mg/100 g) (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior [SIICEX], 2016; Akter *et al.*, 2011; Arellano-Acuña *et al.*, 2016). Adicionalmente, es fuente de minerales (sodio, potasio, calcio, zinc, magnesio, manganeso, cobre, etc.), aminoácidos (serina, valina y leucina), pectina y almidón

(Arellano-Acuña *et al.*, 2016). Las Tablas 1 y 2 presentan los principales compuestos bioactivos reportados en camu-camu, y su composición nutricional.

En la agroindustria del camu-camu, se le da el principal uso a la pulpa, la cual tiene un alto contenido de ácido ascórbico, que varía hasta 6000 mg/100 g. En estos procesos de extracción se generan cáscaras y semillas, subproductos con posible aprovechamiento (Souza *et al.*, 2015). Las semillas y la piel representan entre el 40 y 50 % del peso del fruto, y el rendimiento de la pulpa refinada es bajo (Santos *et al.*, 2022). Tanto en la pulpa como en otras partes del fruto, se encuentran compuestos de interés nutricional y funcional. Sin embargo, las concentraciones de antocianinas y β -caroteno se han reportado como mayores en las cáscaras, lo que demuestra la importancia del consumo y aprovechamiento total (Azevedo *et al.*, 2018).

Es importante tener en cuenta que la composición del camu-camu depende del estado de madurez de los frutos y la ubicación geográfica, entre otros factores. Mientras que en algunos estudios se reporta el aumento de vitamina C durante la maduración del fruto, otros reportes indican que disminuye su concentración (Chirinos *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2018). En los frutos inmaduros se encontraron valores de carotenoides más altos que en aquellos semimaduros (Grigio, Moura, Carvalho, *et al.*, 2021; Grigio, Moura, Chagas, *et al.*, 2021). Se determinó que es una fuente importante de compuestos bioactivos, presentes en mayores niveles en los frutos de ambiente seco (cultivo comercial) que en los de ambiente inundado (selva amazónica-Brasil), lo que representa una oportunidad comercial para aumentar el volumen de producción.

Entre los estudios realizados con camu-camu, Cunha-Santos *et al.* (2019) evaluaron tres métodos de extracción (extracción por líquido

presurizado, extracción ácida y maceración) para la obtención de vitamina C de la cáscara y la pulpa. Los mayores rendimientos se encontraron con la extracción ácida, que alcanzó valores de concentración en peso seco de 38,37 g/100 g \pm 2,13. Así mismo, los valores máximos se hallaron en la pulpa (1297,07 mg/100 g-1914,66 mg/100 g), comparados con los obtenidos en la

cáscara (680,08mg/100 g-1074,31 mg/100 g). La vitamina C es reconocida por su actividad antioxidante, y los resultados de este estudio potencializan el uso de la cáscara y la pulpa de camu-camu como fuente de esta vitamina, al encontrarla en valores más altos que en otras frutas.

Tabla 1

Principales compuestos bioactivos presentes en el camu-camu.

Atributo			
Ingredientes activos	Grupo químico	Actividad biológica	Referencias
	Ácido fenólico		
	Ácido elágico		
	Ácido gálico		
	Neoxantina		
	Cis-neoxantina		
	Violaxantina (-trans*+ cis)		
	Luteoxantina		
	5,6-epoxi-luteína		
	5,8-epoxi-zeaxantina		
	5,6-epoxi-zeaxanthin		
Compuestos fenólicos	Luteína		
	Zeaxantina		
	Sintaxantina	Antioxidante	
Lignanós	b-Criptoxantina (-trans*+ cis)	Antiinflamatorio	
	b-Criptoxantina (-trans*+ cis)	Antidiabético	(Arellano-Acuña <i>et al.</i> , 2016; Donado-Pestana <i>et al.</i> , 2018; Akter <i>et al.</i> , 2011)
Vitamina C	β -caroteno	Hipolipidémica	
Carotenoides	Cianidin-3-glucosido		
	Delphinidin-3-glucosido		
	Cianidin 3-glucosido		
	Quercetina		
	Rutina		
	Catequina		
	Kaempferol		
	Naringenina		
	Eriodictiol		
	Flavanoides		
	Flavononas		
	Estilbenos		
	Antocianinas		

Nota. Elaboración propia.

Tabla 2

Composición nutricional y bioactiva de fruto de camu-camu.

Compuesto	(Akter <i>et al.</i> , 2011; Zanatta y Mercadante, 2007)	(Paiva y do Amaral, 2015)	(SIICEX, 2016)	(Grigio <i>et al.</i> , 2017)
Humedad (g/100 g)	94,01	94,1	93,2	-
Proteína (g/100 g)	0,4	0,4	0,5	-
Ceniza (g/100 g)	0,3	0,21	0,2	-
Fibra cruda (g/100 g)	0,1	1,13	0,5	-
Lípidos (g/100 g)	0,2	0,05	-	-
Sodio (mg/kg)	111,3	-	-	-
Potasio (mg/kg)	838,8	470,2	-	-
Calcio (mg/kg)	157,3	13,0	280,0	-
Magnesio (mg/kg)	123,8	19,7	-	-
Hierro (mg/kg)	5,3	0,13	5,0	-
Manganeso (mg /kg)	21,1	0,7	-	-
Zinc (mg/kg)	3,6	0,7	-	-
Cobre (mg/kg)	2,0	0,5	-	-
Fósforo	-	-	150,0	-
Sólidos solubles totales (°Brix)	6,4	-	-	6,9
Acidez titulable total (%)	2,86	-	-	4,05
pH	2,44	2,61	-	3,12
Glucosa (g/kg peso fresco)	8,16	-	-	-
Fructosa (g/kg peso fresco)	9,51	-	-	-
Azúcares totales (%)	1,28	-	-	-
Pectina total (%)	0,21	-	-	-
Almidón (%)	0,44	-	-	-
Vitamina C (mg/100 g)	2061,01 (violeta)/ 2910,31 (verde)	2031	2089	-
Tiamina (mg/100 g)	-	-	0,01	-
Riboflavina (mg/100g)	-	-	0,04	-
Niacina (mg/100 g)	-	-	0,61	-
Vitamina B12 (µg/g)	-	0,0034	-	-
Flavonoides (mg/100 g)	13,7	16,9	-	440,9
Antocianinas (µg/g)	-	0,74	-	50,7
Carotenoides totales (µg/100 g)	354,8 /1095,3	-	-	-
Capacidad antioxidante (µmol TE/g)	-	52,00	-	-
Capacidad antioxidante FRAP (mg/g)	-	-	-	11,7
Capacidad antioxidante DPPH (mg/g)	-	-	-	8,5

Nota. Elaboracion propia.

Do Amaral *et al.* (2019) estudiaron el efecto de un pretratamiento de ultrasonido sobre el contenido de vitamina C, compuestos fenólicos y actividad antioxidante, entre otros parámetros fisicoquímicos del néctar de camu-camu, y

encuentran que dicho pretratamiento mejoró el contenido de compuestos bioactivos en el material y demás características. A su vez, proponen esta tecnología como alternativa a las tradicionales.

En la Tabla 3 se presentan diferentes compuestos bioactivos de pulpa, cáscara y semilla de camu-camu. Se muestran contenidos similares o más altos en cáscara y semilla, comparados con la pulpa, producto principal. Como parte de estos, se encuentran los polifenoles, que son metabolitos secundarios presentes ampliamente en frutas, verduras y cereales, con una importante funcionalidad para la salud humana (Cory *et al.*, 2018). Dentro de este grupo, se reportan para este caso: flavonoides (glucósidos de quercetina, miricetina, glucósidos de miricitina, cianidin-3-O-glucósido), taninos (elagitaninos como vescalagina, castalagina, casuarictina y la potentillina, ácido elágico y derivados del ácido gálico) y lignanos (ácido siríngico) (Fujita *et al.*, 2015). En la cobertura de la semilla se ha identificado el flavonoide rutina (0,13 mg/g ms) y ácidos hidroxicinámicos, como ácido ferúlico (0,59 mg/g ms) y p-ácido cumárico (0,49 mg/g ms) (Azevêdo *et al.*, 2014).

Otro grupo de compuestos bioactivos son los carotenoides, según el Instituto Nacional de Investigación de la Amazonia (INPA), la presencia de estos y de antocianinas en el camu-camu se considera de alto valor nutricional (Zanatta y Mercadante, 2007). La luteína es el carotenoide principal, seguido del β -caroteno y la zeaxantina. También, se identificaron la neoxantina, la β -criptoxantina, el β -caroteno-5,6-epóxido y el cis- β -caroteno, en niveles muy bajos (Azevedo-Meleiro y Rodríguez-Amaya, 2004). Rufino *et al.* (2010) determinaron una concentración de carotenoides, en la pulpa del mismo fruto, de 1,32 mg/100 g. Así mismo, Zanatta y Mercadante (2007) reportan concentraciones entre 0,35 y 1,09 mg/100 g (Tabla 2), lo que contribuye a los valores típicos de consumo de adultos entre 1 y 2 mg luteína/día (Institute of Medicine, 2000).

Sobre la optimización, de Araújo *et al.* (2018) evaluaron el uso de la tecnología de puntos de extracción con solvente Triton X-114, para obtener compuestos fenólicos con actividad

antioxidante a partir de residuos de camu-camu, y hallaron rendimientos superiores al 90 %. Otras actividades biológicas evaluadas en este fruto han sido la actividad antihiperlipidémica y antihipertensiva, asociadas también con el contenido de compuestos fenólicos.

Fujita *et al.* (2017) usaron tecnología de fermentación con bacterias ácido-lácticas de la mezcla de polvo de camu-camu con leche de soya, para incrementar el contenido de compuestos asociados a las actividades enunciadas. A pesar de que el comportamiento durante la fermentación del contenido de compuestos fenólicos es estable, la actividad antioxidante fue superior a medida que transcurría el proceso, y la concentración del polvo de la fruta en la leche era mayor. Este comportamiento puede estar asociado a la transformación sufrida por los compuestos durante la fermentación, llevada a cabo por las enzimas de los microorganismos, donde se obtienen compuestos con una mejor actividad biológica que los encontrados en las materias primas sin tratamiento. Comportamientos similares presentaron las actividades antihiperlipidémica y antihipertensiva, las cuales están también asociadas a algunos compuestos fenólicos. Con estos resultados, se propone a la fermentación con bacterias ácido-lácticas como una tecnología alterna que mejora las características nutricionales y funcionales de bebidas del fruto objeto de la revisión.

Camere-Colarossi *et al.* (2016) estimaron la actividad antimicrobiana de extractos del camu camu-*contra* dos microorganismos: *Streptococcus mutans* (ATCC 25175) y *Streptococcus sanguinis* (ATCC 10556), los cuales causan caries dental, entre otros problemas de salud bucal. Los extractos metanólicos presentaron un elevado poder inhibitorio. Araújo *et al.* (2020) estudiaron los efectos antimaláricos, antiesquistosomiasis, leishmanicidas y antihemolíticos *in vitro* de extractos de semilla de camu-camu. Los extractos mostraron actividades antiesquistosomiasis y antimaláricas para las cepas de *Plasmodium*

falciparum W2 (resistente a cloroquina) y 3D7 (sensible a cloroquina) en todos los estadios intraeritrocitarios.

Un estudio de Becerra *et al.* (2019) determinó el efecto nefroprotector del extracto de camu-camu en un modelo de nefrotoxicidad

inducida por la gentamicina en ratas. El análisis histológico evidenció pérdida epitelial, infiltrado inflamatorio intenso y congestión vascular en el grupo gentamicina, mientras que los grupos que recibieron camu-camu, con el extracto disminuyeron la gravedad del daño. Se concluye que el extracto de camu-camu presentó una actividad nefroprotectora significativa.

Tabla 3

Compuestos bioactivos de pulpa, semilla y cáscara de camu-camu en base seca.

Parámetro	(Sotero <i>et al.</i> , 2009)			(Pelález <i>et al.</i> , 2020)	(Fidelis, Araújo <i>et al.</i> , 2020)	(Fidelis, Araújo <i>et al.</i> , 2020)
	Pulpa	Semilla	Cáscara	Pulpa*	Semilla	Cáscara
Polifenoles totales (mg/100 g)	2316,0	2969,2	17905,5	739	5619	3299,9
Flavonoides (mg/100 g)	994,9	218,7	2012,3	-	1384	242,0
Antocianinas (mg/100 g)	74,04	35,3	109,5	-	-	145,3
Vitamina C (mg/100 g)	14337,9	87,0	10506,3	2151	-	15500,0
Carotenoides totales (mg/100 g)	-	-	-	-	-	72,1
Capacidad antioxidante DPPH (IC50, µg/ml)	167,6	399,7	146,9	7,43	3424 (mg AAE/g DPPH)	3895 (mg cáscara/g DPPH)

Nota. Elaboración propia.

Desarrollo de alimentos funcionales

El concepto de “alimentos funcionales” surgió en Japón en los años 80, como propuesta para los Alimentos Destinados a Usos Específicos de Salud (FOSHU por sus siglas en inglés). Sin embargo, no hay acuerdos aún en la definición de este tipo de alimentos (Stanton *et al.*, 2005). Una de las definiciones propuestas para alimentos funcionales fue dada por Márquez y Márquez (2019), quienes indican que son “los que se caracterizan por contener diversos componentes, algunos de los cuales se clasifican como nutrientes, y afectan a diversas funciones importantes en el organismo para producir bienestar y salud y/o disminución del riesgo de algunas enfermedades”. En este sentido, el uso de frutas tropicales y amazónicas nativas en formulaciones de alimentos funcionales ha sido un foco de investigación, debido al contenido

de compuestos bioactivos que las asocia con la prevención de enfermedades no transmisibles (Silva *et al.*, 2013).

Una de las formas de mayor consumo de la fruta es la pulpa fresca (Neves *et al.*, 2015), sin embargo, actualmente se procesan varios derivados del camu-camu, como pulpa de fruta, extracto y jugo, que se exportan principalmente a Japón y Europa (Azevêdo *et al.*, 2014). Este fruto, al igual que las frutas tropicales, tiene una vida útil relativamente corta en comparación con los cereales (Grigio *et al.*, 2015), por tanto, es necesario el desarrollo de productos que permitan prolongar la vida útil y sus componentes bioactivos. A partir del fruto de camu-camu, se han desarrollado productos como jugos de frutas pasteurizados, néctares, yogures, helados, mermeladas, bebidas

alcohólicas, refrescos y fruta seca por métodos convencionales y secado por liofilización (Souza *et al.*, 2013; De Oliveira *et al.*, 2013; Arellano-Acuña *et al.*, 2016). Se demuestran las posibilidades que hay de producir una amplia gama de alimentos funcionales.

Una de las formas de comercialización de camu-camu más encontrada es en polvo. Fujita *et al.* (2013) reportaron los resultados del proceso de secado por lecho fluidizado de la pulpa con diferentes concentraciones de maltodextrina sobre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante y antimicrobiana. El secado de la pulpa en lecho de goteo generó pérdidas de ácido ascórbico (45-64 %), compuestos fenólicos totales (33-42 %) y proantocianidinas (16-18 %), y la liofilización conservó mejor la capacidad antioxidante (74 a 87 %), en comparación con el secado de lecho de goteo (29 a 78 %). El polvo liofilizado se clasificó como activo, y los polvos por lecho fluidizado como parcialmente activos, contra *S. aureus*.

Vanin y Carvalho (2020) evaluaron acerola y camu-camu en polvo, y los caracterizaron en relación con sus características fisicoquímicas, la actividad antioxidante, y la concentración y estabilidad de la vitamina C en diferentes condiciones de almacenamiento (30 °C y 40 °C, 75 % de humedad relativa). Los polvos almacenados a menor temperatura (30 °C) mostraron una mayor estabilidad de la vitamina C.

Paiva y das Chagas (2015) desarrollaron un yogur con tres formulaciones con pulpa de camu-camu: F1 10 %, F2 13 % y F3 15 %. Los parámetros químicos, físicos y microbiológicos testeados estuvieron dentro de los límites establecidos por la legislación, y la aceptabilidad de la formulación con 10 % fue satisfactoria. Conceição *et al.* (2020) estimaron diferentes capacidades antimicrobianas y

antiproliferativas *in vitro* de cáscara, semilla y pulpa del mismo fruto por separado, que demuestran el potencial bioactivo de estos subproductos. Adicionalmente, incorporaron la cáscara en una matriz láctea como yogurt, que permitió enriquecer sus moléculas bioactivas sin alterar la composición nutricional. En esa misma matriz, Fidelis, de Oliveira *et al.* (2020) desarrollaron un producto similar que contenía 0,25 g de extracto de semilla de camu-camu/100 g de yogurt, el cual fue aceptado sensorialmente, lo que indica que el extracto puede ser un ingrediente sostenible para añadir a yogures potencialmente funcionales.

En un estudio, das Chagas *et al.* (2021) desarrollaron una formulación de galletas con incorporación de subproductos de camu-camu en polvo. El porcentaje máximo de sustitución de la harina de trigo en las galletas fue del 20 %. Demuestran ser fuentes de fenólicos totales (4,4 ± 0,1 mg GAE/ g) y propiedades antioxidantes (DPPH: 16,03 ± 2,26 EC₅₀ mg/ml; FRAP: 1,59 ± 0,06 μmol TEq/g; ORAC: 24,78 ± 4,04 μmol TEq/g) con poco impacto en sus características físicas.

En el desarrollo de helados, Grigio, Moura, Carvalho, *et al.* (2021) evaluaron helados de leche y con leche + cobertura de chocolate, sin cáscara y con cáscara de camu-camu liofilizada. La adición de cáscara de este fruto amazónico aumentó el contenido de fenoles totales (pasan de 19,55 a 20,32 mg de ácido gálico equivalente/0,1 g de muestra seca), la actividad antioxidante (DPPH: pasa de 269,48 a 361,03 μg de equivalente ácido ascórbico/0,1 g de muestra seca y FRAP: 1,48 a 1,84 mg sulfato ferroso /0,1 g de muestra seca) y el potencial funcional de las formulaciones.

Una de las tecnologías empleadas para evitar la degradación e inactivación de compuestos bioactivos, así como vehículo

de incorporación de compuestos en matrices alimentarias, es la encapsulación (Figueiredo *et al.*, 2020). Salomão-Oliveira *et al.* (2016) evaluaron la estabilidad del ácido ascórbico de camu-camu encontrado en las cápsulas. La encapsulación de la pulpa liofilizada se consideró satisfactoria en la conservación de este ácido, hubo una pérdida del 10 % de su concentración inicial a lo largo del período de estudio durante 60 días.

Terry y Osso (2019) encapsularon pulpa del mismo fruto en esferas de por medio del método de extrusión, tamizadas y deshidratadas a una temperatura de 60 °C, lo que resultó en 7,40 g de vitamina C/100 g de pulpa. El extracto (pulpa y cáscara) fue sometido a microencapsulación con secado por aspersion con maltodextrina, inulina y oligofructosa. El aumento de la temperatura de 25 °C a 35 °C influyó en la liberación de los compuestos bioactivos en todos los tratamientos, y muestra una mayor liberación para las micropartículas de maltodextrina. Los materiales de encapsulación fueron considerados efectivos para la producción de polvo de extracto. Esto contribuye al mejor aprovechamiento de esta fruta amazónica, y la encapsulación aumentó la estabilidad de sus compuestos bioactivos (Figueiredo *et al.*, 2020).

El alto contenido de vitamina C y de compuestos ácidos fenólicos hace que la fruta sea muy ácida, lo que afecta a su palatabilidad y hace casi imposible su consumo directo (Castro *et al.*, 2018). Por lo que es un alimento de interés para enriquecer otras matrices alimentarias. En la actualidad, existen patentes que salvaguardan los desarrollos con camu-camu, como la de Iranzo y Milán (2014), que describe el proceso para la obtención de un producto antioxidante en forma de polvo, que conserva altas concentraciones de ácido ascórbico (entre 7 y 15 g/100 g de producto), polifenoles (entre 3500 y 5000 mg/100 g de producto) y proantocianidinas (entre 3000 y 4000 mg/100 g de producto).

Conclusiones

El fruto de camu-camu tiene potencial para ser incluido en preparaciones alimenticias convencionales y en el desarrollo de alimentos funcionales que aporten efectos benéficos al consumidor, debido a su actividad antioxidante, antihiperglicémica, antihipertensiva, antiesquistosomiasis y antimalárica. Así mismo, puede brindar efecto nefroprotector.

Sin embargo, por la sensibilidad al procesamiento de muchos compuestos, es importante emplear tecnologías que permitan la conservación de esta fracción de interés. El uso de tecnologías como encapsulación, liofilización y secado por lecho fluidizado, disminuye la pérdida de los compuestos bioactivos del fruto, al tiempo que permite la incorporación de los productos en diferentes matrices alimentarias. El uso de las cáscaras y semillas es una estrategia de aprovechamiento de alimentos y de nutrientes. Existen estudios suficientes y relevantes que comprueban la viabilidad técnica y tecnológica de la transformación de este fruto amazónico, para el aprovechamiento de todas las partes y el enriquecimiento de matrices alimentarias.

Pese a la variedad de beneficios y funcionalidades que puede aportar el camu-camu, la naturaleza de sus componentes bioactivos los hace altamente sensibles debido a la ubicación geográfica, el manejo agronómico, el estado fisiológico de la fruta y los procesos de transformación. Se hace necesaria la evaluación de las técnicas y procesos requeridos, acorde con un diagnóstico de la cadena productiva, que permitan la conservación de los beneficios que el fruto presenta, a través de los compuestos, de modo que, al incorporarlo en un producto alimenticio, sus propiedades funcionales se mantengan y puedan brindar un efecto benéfico al consumidor.

El fruto objeto de esta revisión puede ser incorporado en diversas matrices alimentarias convencionales (cereales, barras energéticas, dulces, compotas, gelatinas, yogur, jugos envasados, jugos en polvo, cerveza, entre otros) e incluso en el desarrollo de productos junto con alimentos autóctonos como panela.

Agradecimientos

Los autores agradecen al sistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación del SENA, SENNOVA.

Referencias

- Aguirre-Neira, J. C., Sedres, M., Rojas, M. A., Raz, L., y Clement, C. R. (2020). Physical and chemical variability of CAMU-CAMU fruits in cultivated and uncultivated areas of the Colombian Amazon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(2), 1-9. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020545>
- Akter, M. S., Oh, S., Eun, J. B., y Ahmed, M. (2011). Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*myrciaria dubia*) fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1728-1732. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.045>
- Alfonso, K. (2017). Frutas exóticas viven su cuarto de hora en el mercado de Europa. *Agronegocios*. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/frutas-exoticas-viven-su-cuarto-de-hora-en-el-mercado-de-europa-2622992>
- Araújo, M., Fidelis, M., Andolfato, C. S., Pereira, A. C., Camps, I., Colombo, F. A., Marques, M. J., Myoda, T., Granato, D., y Azevedo, L. (2020). Camu-camu (*Myrciaria dubia*) seeds as a novel source of bioactive compounds with promising antimalarial and antischistosomicidal properties. *Food Research International*, 136, 109334. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109334>
- Arellano-Acuña, E., Rojas-Zavaleta, I., y Paucar-Menacho, L. (2016). Camu-camu (*Myrciaria dubia*): Tropical fruit of excellent functional properties that help to improve the quality of life. *Scientia Agropecuaria*, 7(4), 433-443. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.04.08>
- Avila-Sosa, R., Montero-Rodríguez, A. F., Aguilar-Alonso, P., Vera-López, O., Lazcano-Hernández, M., Morales-Medina, J. C., y Navarro-Cruz, A. R. (2019). Antioxidant Properties of Amazonian Fruits: A Mini Review of in Vivo and in Vitro Studies. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 8204129. <https://doi.org/10.1155/2019/8204129>
- Azevedo, L., de Araujo, P., de Carvalho, J., Gonçalves, M., Marquini, F., de Oliveira, E., Barros, F., y Stringheta, P. (2018). Camu-camu (*Myrciaria dubia*) from commercial cultivation has higher levels of bioactive compounds than native cultivation (Amazon Forest) and presents antimutagenic effects in vivo. *Journal of the Science and Food Agriculture*, 99(2), 624-631. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9224>
- Azevedo-Meleiro, C. H. y Rodriguez-Amaya, D. B. (2004). Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(3-4), 385-396. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.02.004>
- Barboza L., Martins J., Frota R., Lima A. R., Victor C., Aparecido E., De Araújo J. y Campelo P. (2022). Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.): An Amazonian Fruit with Potential Health Benefits. *Food Research International*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111654>
- Becerra, K., García, J., Becerra, M., Ruiz, E., y Chávez, L. (2019). Efecto nefroprotector del Camu Camu (*Myrciaria dubia*) en un modelo de nefrotoxicidad inducida por gentamicina en ratas. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(3), 303-307. <http://doi.org/10.4067/S0717-75182019000300303>
- Camere-Colarossi, R., Ulloa-Urizar, G., Medina-Flores, D., Caballero-García, S., Mayta-Tovalino, F., y del Valle-Mendoza, J. (2016). Antibacterial activity of *Myrciaria dubia* (Camu camu) against *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(9), 740-744. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.07.008>
- Castro, J. C., Maddox, J. D., e Imán, S. A. (2018). Camu-camu—*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh. En S. Rodrigues, E. S. de Oliveira y E. Sousa (Eds.), *Exotic Fruits* (pp. 97-105). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00014-9>
- Chang, A. C. (2013). *El camu camu. Aspectos Químicos, Farmacológicos y Tecnológicos*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Recuperado de http://www.iiap.org.pe/archivos/publicaciones/publicacion_2098.pdf

Chirinos, R., Galarza, J., Betalleluz-Pallardel, I., Pedreschi, R., y Campos, D. (2010). Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. *Food Chemistry*, 120(4), 1019-1024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.041>

Comisión Europea. (s. f.). Novel food. *Food Safety*. Recuperado de https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food_en

Conceição, N., Albuquerque, B. R., Pereira, C., Corrêa, R. C. G., Lopes, C. B., Calhelha, R. C., Alves, M. J., Barros, L., y Ferreira, I. C. F. R. (2020). By-products of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] as promising sources of bioactive high added-value food ingredients: Functionalization of yogurts. *Molecules*, 25(1), 1-17. <https://doi.org/10.3390/molecules25010070>

Cory, H., Passarelli, S., Szeto, J., Tamez, M., y Mattei, J. (2018). The role of polyphenols in human health and food systems: a mini-review. *Frontiers in Nutrition*, 5, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00087>

Cunha-Santos, E. C. E., Viganó, J., Neves, D. A., Martínez, J., y Godoy, H. T. (2019). Vitamin C in camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh]: evaluation of extraction and analytical methods. *Food Research International*, 115, 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.031>

Das Chagas, E.G.L., Vanin, F. M., dos Santos, V. A., Pedroso, C. M., y Aparecida, R. (2021). Enrichment of antioxidants compounds in cookies produced with camu-camu (*Myrciaria dubia*) coproducts powders. *LWT-Food Science and Technology*, 137, 110472. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110472>

De Araújo, C. E., Silva, de A. J. C., de Sousa, F. C., de Oliveira, S. D., Santanaouza, D. F., Araujo, de O. J., Ribeiro, de M. G. R., y dos Santos, E. S. (2018). Recovery of polyphenols from camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) depulping residue by cloud point extraction. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(12), 2471-2476. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.10.032>

De Oliveira, J., Leme, A. C., Moreira, P., Mei, G. S., y Fillet, M. H. (2013). Polpa de camu-camu (*Myrciaria dubia*) submetida a radiação gama. *Acta Agronômica*, 62(1), 7-12. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/27725

Do Amaral, F., Sanders, L., de Oliveira, K., Lopes, J., Moreira, J. M., Sanches, E. A., dos Santos, F. F., Bakry, A. M.; Nicolau, B. P. y Campelo, P. H. (2019). Thermosonication applied on camu-camu nectars processing: Effect on bioactive compounds and quality parameters. *Food and Bioprocess Processing*, 116, 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.06.003>

Donado-Pestana, C. M., Caldas, M. H. C., de Araujo, R. L., de Lima, G., de Moraes, H. R., y Genovese, M. I. (2018). Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. *Current Opinion in Food Science*, 19, 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.001>

Fidelis, M., Araújo, M. A. V., Mendanha, T., Azevedo, L., Myoda, T., Miranda, M. F., Boscacci, M. M., Sant'Ana, A. S., Genovese, M. I., Young Oh, W., Wen, M., Shahidi, F., Zhang, L., Franchin, M., de Alencar, S. M., Rosalen, P. L., y Granato, D. (2020). Camu-camu seed (*Myrciaria dubia*) – From side stream to an antioxidant, antihyperglycemic, antiproliferative, antimicrobial, antihemolytic, anti-inflammatory, and antihypertensive ingredient. *Food Chemistry*, 310(25), 125909. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125909>

Fidelis, M., de Oliveira, S. M., Sousa, J. S., Bragueto, G., Silva, R., Gomes, A., Araújo, M., Azevedo, L., Kaneshima, T., Oh, W. Y., Shahidi, F., y Granato, D. (2020). From byproduct to a functional ingredient: Camu-camu (*Myrciaria dubia*) seed extract as an antioxidant agent in a yogurt model. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1131-1140. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17173>

Figueiredo, J., Lago, A., Mar, J. M., Silva, L., Sanches, E., Souza, T. P., Bezerra, J. A., Campelo, P. H., Botrel, D., y Borges, S. V. (2020). Stability of camu-camu encapsulated with different prebiotic biopolymers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(8), 3471-3480. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10384>

Fujita, A., Borges, K., Correia, R., Gomobossy, B., Genovese, M. I. (2013). Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). *Food Research International*, 54(1), 495-500. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.025>

Fujita, A., Sarkar, D., Genovese, M. I., y Shetty, K. (2017). Improving anti-hyperglycemic and anti-hypertensive properties of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) using lactic acid bacterial fermentation. *Process Biochemistry*, 59(Parte B), 133-140. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.05.017>

- Fujita, A., Sarkar, D., Wu, S., Kennelly, E., Shetty, K., y Genovese, M. I. (2015). Evaluation of phenolic-linked bioactives of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) for antihyperglycemia, antihypertension, antimicrobial properties and cellular rejuvenation. *Food Research International*, 77(Parte 2), 194-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.009>
- Grigio M. L., Durigan M. F. B., Chagas E. A., Chagas P. C., Do Nascimento C. R. y Almeida M. S. (2015). Post-Harvest Conservation of Camu-Camu Fruits (*Myrciaria Dubia* (Kunth) Mc Vaugh) Using Different Temperatures and Packages. *Food Science and Technology*, 35 (4), 652-658. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6788>
- Grigio. M. L., Chagas, E. A., Rathinasabapathi, Bala., Cardoso, P. C., Vieira, A. R., Moreira, S., y Rodrigues, R. (2017). Qualitative evaluation and biocompounds present in different parts of camu-camu (*Myrciaria dubia*) fruit. *African Journal of Food Science*, 11(5), 124-129. <https://doi.org/10.5897/ajfs2016.1574>
- Grigio, M. L., Moura, E. A., Carvalho, G. F., Zanchetta, J. J., Chagas, P. C., Chagas, E. A., y Durigan, M.F. (2021). Nutraceutical potential, qualitative and acceptability of different camu-camu popsicle. *Food processing and preservation*, 45(3), 1-10. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15305>
- Grigio, M. L., Moura, E. A., Chagas, E. A., Durigan, M. F. B., Chagas, P. C., Carvalho, G. F., y Zanchetta, J. J. (2021). Bioactive compounds in and antioxidant activity of camu-camu fruits harvested at different maturation stages during postharvest storage. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43(1), 1-12. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.50997>
- Guija, H., Troncoso, L., y Guia, E. (2005). Propiedades prooxidantes del camu camu (*Myrciaria dubia*). *Anales de La Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 66(4), 261-268. <https://doi.org/10.15381/anales.v66i4.1320>
- Hernández, M. S. y Barrera, J. A. (2010). Camu camu. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas; Legis S.A.
- Hodson, E., Castaño, J., Poveda, G., Roldán, G., y Chavarriaga, P. (2017). Seguridad alimentaria y nutricional en Colombia. *En Retos y oportunidades de la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas* (pp. 220-251). Interamerican Network of Academies of Sciences.
- Inoue, T., Komoda, H., Uchida, T., y Node, K. (2008). Tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*) has anti-oxidative and anti-inflammatory properties. *Journal of Cardiology*, 52(2), 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.jcc.2008.06.004>
- Institute of Medicine. (2000). *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9810>
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008). *Colombia Frutas de la amazonia*. Recuperado de http://www.sinchi.org.co/images/pdf/dfpublicaciones/catalogo_de_frutales_web.pdf
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. (2019). *Emprendimientos Amazónicos*.
- Iranzo, G. y Milán, S. (2014). *Composiciones antioxidantes de un producto obtenido del fruto de camu camu (WO 2014/020219 A1)* [Patente]. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.
- López, J. (2019, 13 de febrero). Negocio de frutas amazónicas es aún un nicho poco explorado. *Agronegocios*. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/negocio-de-frutas-amazonicas-es-aun-un-nicho-aun-poco-explorado-por-la-industria-2827159>
- Malagón, R. (2017). *Inclusión frutos liofilizados del bosque amazónico patrimonio gastronómico de Colombia*. Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Márquez, P. M. y Márquez, D. M. (2019). Functional foods: Current issues and trends. *Vitae*, 26(1), 6-7. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v26n1a01>
- Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N., y Teixeira, J. A. (2011). Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances*, 29(3), 365-373. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.01.008>
- Mohamed, S. (2014). Functional foods against metabolic syndrome (obesity, diabetes, hypertension and dyslipidemia) and cardiovascular disease. *Trends in Food Science and Technology*, 35(2), 114-128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.11.001>

Nascimento, O. V., Boleti, A., Yuyama, L., y Lima, E. S. (2013). Effects of diet supplementation with Camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) fruit in a rat model of diet-induced obesity. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(1), 355-363. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013005000001>

Nascimento R. P., Reguengo L. M., Machado A. P. F. y Marostica M. R. (2022). The Preventive and Therapeutic Potential of Native Brazilian Fruits on Colorectal Cancer. *Food Bioscience*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101539>

Nastur, I. R., Benavides, A. A., Barrera, A., y Pardo, Y. (2016). Potencial agroindustrial de frutas amazónicas del departamento del Caquetá: caso arazá. *Revista Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas FACCEA*, 6(1), 96-101. <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/faccea/article/view/203>

Neves L. C., da Silva V. X., Pontis J. A., Flach A. y Roberto S. R. (2015). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Pre-Harvest Camu-Camu [*Myrciaria Dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh] Fruits. *Scientia Horticulturae*, 186, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.031>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Panamericana de la Salud. (2017). *Sobrepeso afecta a casi la mitad de la población de todos los países de América Latina y el Caribe salvo por Haití*. Recuperado de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12911:overweight-affects-half-population-latin-america&Itemid=1926&lang=es

Paiva, J. P. y das Chagas, F. (2015). Camu-Camu (*Myrciaria dubia* HBK): yogurt processing, formulation, and sensory assessment. *American Journal of Analytical Chemistry*, 6(5), 377-381. <https://doi.org/10.4236/ajac.2015.65036>

Paiva, J. y do Amaral, S. A. (2015). Antioxidants, chemical composition and minerals in freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) pulp. *Food and nutrition sciences*, 6(10), 869-874. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2015.610091>

Peláez, P., Ramirez, E., Mariñas, M., Páucar, C., Dias, R., y Ramirez, E. (2020). Camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) pulp in three stages of ripeness: effect of vacuum concentration, freezing and ultrasound treatment on their functional properties. *Research Society and Development*, 9(5), e183953358. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5-3358>

Pro Tempore. (1997). *Base Jurídica Del Tratado De Cooperación Amazonica*. Recuperado de <http://otca.org/wp-content/uploads/2021/02/Base-Juridica-del-Tratado-de-Cooperacion-Amazonica-1997.pdf>

Rajan N. S. y Bhat R. (2020). Bioactive Compounds of Plum Mango (*Bouea microphylla* Griffith). In *Bioactive Compounds*. En *Underutilized Fruits and Nuts*, 529-41. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30182-8_36

Redagráfica. (2021). *Camu camu: exportación alcanza récord histórico en 2020*. Redagricola. <https://www.redagricola.com/pe/camu-camu-exportacion-alcanza-record-historico-en-2020/>

Rufino, M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., y Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121(4), 996-1002. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>

Rufino, M., Alves, R. E., Fernandes, F. A. N., y Brito, E. S. (2011). Free radical scavenging behavior of ten exotic tropical fruits extracts. *Food Research International*, 44(7), 2072-2075. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.002>

Salomão-Oliveira, A., de Souza, S. C., Solange, K., Pereira, T., y Albuquerque H. M. (2016). Ascorbic acid from lyophilized camu-camu fruit: stability and quality control of hard capsules. *Revista de Ciências Farmacéuticas Básica e Aplicada*, 37(1), 37. <https://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/11>

Santos, I. L., Miranda, L. C. F., da Cruz, A. M., da Silva, L. H., y Amante, E. R. (2022). Camu-camu [*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh]: A review of properties and proposals of products for integral valorization of raw material. *Food Chemistry*, 372(15), 131290. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131290>

Savino, P. (2011). Obesidad y enfermedades no transmisibles relacionadas con la nutrición. *Revista Colombiana de Cirugía*, 26(3), 180-195. <https://www.revistacirurgia.org/index.php/cirurgia/article/view/183>

Silva N. K., Felix E.P., Gomes F. S., Pontes S. M., Matta V. M. y Freitas S. P. (2013). Influence of Shell Material on Vitamin C Content, Total Phenolic Compounds, Sorption Isotherms and Particle Size of Spray-Dried Camu-Camu Juice. *Fruits* 68, (3), 175-83. <https://doi.org/10.1051/fruits/2013065>

Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior. (2016). *Ficha técnica del camu-camu*. <https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/fichaproducto/59pdf2015Feb10.pdf>

Sotero, V. S., Silva, L. D., García, D., e Imán, S. C. (2009). Evaluación de la actividad antioxidante de la pulpa, cáscara y semilla del fruto del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 75(3), 293-299. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2009000300003

Sousa, R. C. P., Chagas, E. A., Bacelar-Lima, C. G., Silva, M. R., y Barbosa, A. M. (2015). *Myrciaria dubia da Amazônia setentrional: Abordagem qualitativa de coprodutos pós-colheita*. Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós Colheita de Frutas, Flores e Hortaliças [anais]. Aracaju, Universidade Federal de Sergipe. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1035409/1/ResumocamucamuEdvaneRita2.pdf>

Sousa, H. M. S., Leal, G. F., Damiani, C., Borges, S.V., Freitas, B.C., y Martins, G. A. S. (2021). Some wild fruits from amazon biodiversity: composition, bioactive compounds, and characteristics. *Food Research*, 5(5), 17-32. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).687](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).687)

Souza, A., Oliveira, T., Mattietto, R., Nascimento, W., y Lopes, A. (2018). Bioactive compounds in the peel of camu camu genotypes from Embrapa's active germplasm bank. *Food Science and Technology*, 38(1), 67-71. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.33716>

Souza, A. L. R., Pagani, M. M., Dornier, M., Gomes, F. S., Tonon, R. V., y Cabral, L. M. C. (2013). Concentration of camu-camu juice by the coupling of reverse osmosis and osmotic evaporation processes. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.foodeng.2013.05.004>

Stanton, C., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., y Van, D. S. (2005). Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology*, 16(2), 198-203. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2005.02.008>

Terry, V. M. y Osso, O. (2019). Encapsulación de la pulpa camu camu (*Myrciaria dubia*) y deshidratado de las cápsulas. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 6(1), 39-50. <https://doi.org/10.36955/riulcb.2019v6n1.003>

Vanin F. M. y De Carvalho R. A. (2020). Vitamin C Stability in Acerola and Camu-Camu Powder Obtained by Spray Drying. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, 1-13. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.23719>

Zanatta, C. F. y Mercadante, A. Z. (2007). Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Food Chemistry*, 101(4), 1526-1532. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.004>