

Obtención de liofilizados y aceites a partir de frutos amazónicos en Mitú

Estudio de caso

AIDA JULIANA MARTÍNEZ LEÓN, LINA SABRINA PORRAS,
MANUEL SALVADOR RODRÍGUEZ SUSA, IVÁN ALEJANDRO GIRALDO GÓMEZ,
EDWIN PÉREZ PATIÑO, PAOLA ROJAS CÓRDOBA, CAROLINA SILVA GONZÁLEZ,
MÓNICA ROCÍO GANTIVA DÍAZ, PAOLA MARIANA VARGAS CASTELLANOS
Y SOFÍA POSADA CERÓN



Obtención de liofilizados
y aceites a partir de frutos
amazónicos en Mitú

Obtención de liofilizados y aceites a partir de frutos amazónicos en Mitú

Estudio de caso

Aida Juliana Martínez León
Lina Sabrina Porras
Manuel Salvador Rodríguez Susa
Iván Alejandro Giraldo Gómez
Edwin Pérez Patiño
Paola Rojas Córdoba
Carolina Silva González
Mónica Rocío Gantiva Díaz
Paola Mariana Vargas Castellanos
Sofía Posada Cerón

Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Nombres: Martínez León, Aida Juliana, autora. | Porras, Lina Sabrina, autora. | Rodríguez Susa, Manuel Salvador, autor. | Giraldo Gómez, Iván Alejandro, autor. | Pérez Patiño, Edwin, autor. | Rojas Córdoba, Paola, autora. | Silva González, Carolina, autor. | Gantiva Díaz, Mónica Rocío, autora. | Vargas Castellanos, Paola Mariana, autora. | Posada Cerón, Sofía, autora.

Título: Obtención de liofilizados y aceites a partir de frutos amazónicos en Mitú: estudio de caso / Aida Juliana Martínez León, Lina Sabrina Porras, Manuel Salvador Rodríguez Susa, Iván Alejandro Giraldo Gómez, Edwin Pérez Patiño, Paola Rojas Córdoba, Carolina Silva González, Mónica Rocío Gantiva Díaz, Paola Mariana Vargas Castellanos, Sofía Posada Cerón.

Descripción: Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Ediciones Uniandes, 2025. | XIII, 199 páginas : ilustraciones ; 17 × 24 cm.

Identificadores: ISBN 978-958-798-937-3 (rústica) | 978-958-798-938-0 (*e-book*) |

Materias: Cadenas productivas – Mitú (Vaupés, Colombia) | Productos forestales no maderables – Química | Productos forestales no maderables – Valor nutritivo | Industria y comercio de alimentos – Estudio de casos

Clasificación: CDD 664–dc23 SBUA

Primera edición: marzo del 2026

© Aida Juliana Martínez León, Lina Sabrina Porras, Manuel Salvador Rodríguez Susa, Iván Alejandro Giraldo Gómez, Edwin Pérez Patiño, Paola Rojas Córdoba, Carolina Silva González, Mónica Rocío Gantiva Díaz, Paola Mariana Vargas Castellanos y Sofía Posada Cerón

© Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental Ediciones Uniandes

Carrera 1.ª n.º 18A-12, bloque Tm

Bogotá, D. C., Colombia

Teléfono: 601 339 4949, ext. 2133

<http://ediciones.uniandes.edu.co>

ediciones@uniandes.edu.co

ISBN: 978-958-798-937-3

ISBN *e-book*: 978-958-798-938-0

doi: <https://doi.org/10.51573/Andes.9789587989373.9789587989380>

Corrección de estilo: Miguel Ángel Pineda Cupa

Diagramación y redibujo de gráficas: Leonardo Cuéllar

Diseño de cubierta: Boga Visual, con base en fotografías de los autores

Impresión:

La Imprenta Editores S. A.

Calle 77 n.º 27A-39

Teléfono: 601 240 2019

Bogotá, D. C., Colombia

Impreso en Colombia – *Printed in Colombia*

Este libro cuenta con el aval de la Facultad de Ingeniería y fue sometido a evaluación de pares académicos.

Universidad de los Andes | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como universidad: Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 28 del 23 de febrero de 1949, Minjusticia. Acreditación institucional de alta calidad, 10 años: Resolución 582 del 9 de enero del 2015, Mineducación.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su todo ni en sus partes, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la editorial.

Contenido

Lista de recursos gráficos	IX
Agradecimientos	XV
Introducción	I
Capítulo 1. Cadenas productivas en Mitú	3
Comunidades indígenas en Mitú	3
Productos forestales no maderables del estudio	5
Diagnóstico de cadenas productivas	14
Desafíos y perspectivas	25
Capítulo 2. Metabolómica y valor nutricional	29
Metabolómica	29
Metabolitos	32
Muestras	33
Caracterización química	34
Valor nutricional de la fariña	81

Calidad microbiológica en la fariña	96
Conclusiones y recomendaciones	114
Capítulo 3. Modelo de transformación	117
Planta piloto	117
Buenas prácticas de manufactura	127
Desarrollo del modelo de negocios	138
Epílogo	157
Anexos	159
Anexo 1. Fichas de las comunidades	160
Anexo 2. Metodología del Centro de Metabolómica (MetCore), Universidad de los Andes	175
Referencias	181

Lista de recursos gráficos

Figuras

Figura 1. Fichas diagnósticas de las comunidades La Libertad y Ceima San Pablo	22
Figura 2. Resumen diagnóstico de cadenas productivas de PFNM en Mitú	23
Figura 3. Resumen diagnóstico de cadena productiva de la yuca en Mitú	24
Figura 4. Propuesta de modelo de transformación para fortalecimiento de cadenas productivas en Mitú	27
Figura 5. Tablas nutricionales para la fariña, presentación de 1000 g y 500 g	94
Figura 6. (a) Micelio de <i>Aspergillus spp.</i> ; (b) <i>Aspergillus spp.</i> , hifas y conidios	101
Figura 7. Procedimiento diluciones y siembra de <i>E. coli</i> , <i>B. cereus</i> , hongos y levaduras	104
Figura 8. Procedimiento de aislamiento de <i>Salmonella spp.</i>	105
Figura 9. Procedimiento para desinfección de muestras de fariña con luz UV	106
Figura 10. Procedimiento para análisis microbiológico de ambientes y superficies	107

Figura 11. Criterios de BPM en Colombia, Resolución 2674 del 2013	128
Riesgos producto y clasificación	128
Figura 12. Formato de inspección sanitaria, datos generales	131
Figura 13. Requisitos de BPM en cosméticos	136
Figura 14. Pasos y documentación para solicitar el código NSO	138
Figura 15. Ecosistema de mercado para liofilizados de wasaí, mirití y copoazú	140
Figura 16. Ecosistema de mercado para aceites de wasaí, mirití y copoazú	141
Figura 17. Estrategia de cuantificación de liofilizados de wasaí	142
Figura 18. Estimación del mercado potencial de liofilizados de wasaí	143
Figura 19. Estimación del mercado potencial de aceites esenciales de copoazú, wasaí y mirití	144
Figura 20. Análisis de oportunidades de negocio	145
Figura 21. Hipótesis de negocio	148
Figura 22. Ficha del producto mínimo viable de liofilizados de wasaí	150
Figura 23. Ficha del producto mínimo viable de la manteca de copoazú	151
Figura 24. Modelo de negocio Canvas, transformación de PPNM en Vaupés	155

Fotografías

Fotografía 1. Cultivo de yuca en La Chagra	4
Fotografía 2. Palma de wasaí (<i>Euterpe oleracea</i>)	8
Fotografía 3. Palma de mirití (<i>Mauritia flexuosa</i>)	11
Fotografía 4. Flor del copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	13
Fotografía 5. Río Vapués	15
Fotografía 6. Canoa para transporte de productos	21
Fotografía 7. (a) Proceso empaque fariña; (b) Fariña empacada	103
Fotografía 8. Montaje de desinfección, muestras de fariña con luz UV	106
Fotografía 9. Maloca La Libertad, zona de empaque de fariña	108
Fotografía 10. Maloca La Libertad, zona de pesado de fariña	109
Fotografía 11. Maloca La Libertad, zona de empaque de fariña	109
Fotografía 12. Beneficiarios del proyecto en laboratorios de la Universidad de los Andes	118
Fotografía 13. Selección frutos de wasaí maduros	120

Fotografía 14. Corte frutos de copoazú	121
Fotografía 15. Despulpado de mirití y licuado de pulpa de wasaí	122
Fotografía 16. Zona de repoblamiento del mirití	126
Fotografía 17. Semillas de wasaí y fruto de mirití en el suelo	126

Gráficas

Gráfica 1. Lenguas predominantes de la comunidades indígenas encuestadas	17
Gráfica 2. Compuestos de <i>E. oleracea</i> y <i>E. precatoria</i> en estado maduro	36
Gráfica 3. Compuestos de <i>E. oleracea</i> y <i>E. precatoria</i> en estado verde	36
Gráfica 4. Flavonoides hallados en <i>E. oleracea</i> y <i>E. precatoria</i> , en estados maduro y verde	38
Gráfica 5. Carbohidratos presentes en <i>E. oleracea</i> y <i>E. precatoria</i> en estados maduro y verde	43
Gráfica 6. Compuestos hallados en pulpa de <i>T. grandiflorum</i> , estado verde y maduro	47
Gráfica 7. Compuestos de semillas de <i>T. grandiflorum</i> , estados maduro y verde	48
Gráfica 8. Ácidos carboxílicos presentes en la pulpa y semilla de <i>T. grandiflorum</i> , estados maduro y verde	49
Gráfica 9. Carbohidratos hallados en la pulpa y semilla de <i>T. grandiflorum</i> , estados maduro y verde	53
Gráfica 10. Compuestos hallados en <i>M. flexuosa</i> , estados verde y maduro	58
Gráfica 11. Carbohidratos identificados en <i>M. flexuosa</i> , estados maduro y verde	59
Gráfica 12. Alcoholes y polioles presentes en <i>M. flexuosa</i> , estados maduro y verde	62
Gráfica 13. Ácidos grasos hallados en <i>M. flexuosa</i> , estados maduro y verde	65
Gráfica 14. Compuestos hallados en <i>M. esculenta</i> o fariña	69
Gráfica 15. Ácidos grasos encontrados en <i>M. esculenta</i> o fariña	70
Gráfica 16. Ácidos orgánicos hallados en <i>M. esculenta</i> o fariña	73
Gráfica 17. Alcoholes y fenoles presentes en <i>M. esculenta</i> o fariña	75
Gráfica 18. Aminoácidos encontrados en <i>M. esculenta</i> o fariña	76

Gráfica 19. Energía (kcal) aportada por la fariña y otros alimentos	87
Gráfica 20. Proteína (g/100 g) aportada por la fariña y otros alimentos	88
Gráfica 21. Grasas (g/100g) aportadas por la fariña y otros alimentos	89
Gráfica 22. Carbohidratos y fibra dietaria en la fariña, harina de avena y harina de papa común	90
Gráfica 23. Calcio en diferentes tipos de harinas	91
Gráfica 24. Hierro en diferentes tipos de harinas	91
Gráfica 25. Vitamina B3 o niacina en la fariña y otros alimentos	92
Gráfica 26. Vitamina B9 o folato en la fariña y otros alimentos	93
Gráfica 27. Recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras en ambientes maloca, 28 de noviembre del 2023	112
Gráfica 28. Recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras en utensilios de empaque	113

Mapa

Mapa 1. Ubicación de las comunidades	17
--------------------------------------	----

Tablas

Tabla 1. Población del municipio de Mitú, proyección del 2024	4
Tabla 2. Inventario de los PFNM en las comunidades de Mitú	6
Tabla 3. Comunidades indígenas encuestadas	16
Tabla 4. Temporada de cosecha de los PFNM en Mitú	18
Tabla 5. Precios de comercialización primer semestre del 2023 en Mitú	20
Tabla 6. Plataformas utilizadas para caracterización metabolómica	30
Tabla 7. Muestras analizadas por técnicas metabolómicas	34
Tabla 8. Metodología para caracterización química por LC-QTOF-MS y GC-QTOF-MS	35
Tabla 9. Características y aplicaciones de flavonoides en wasaí	39
Tabla 10. Características y aplicaciones de carbohidratos en wasaí	45
Tabla 11. Características y aplicaciones de ácidos carboxílicos en el copoazú	50
Tabla 12. Características y propiedades de carbohidratos en el copoazú	55
Tabla 13. Características y propiedades de carbohidratos en el mirití	60

Tabla 14. Características y propiedades de polioles en el mirití	63
Tabla 15. Características y propiedades de ácidos grasos en el mirití	67
Tabla 16. Características y propiedades de ácidos grasos en la fariña	71
Tabla 17. Aminoácidos presentes en <i>M. esculenta</i> (fariña)	76
Tabla 18. Metabolitos adicionales en <i>M. esculenta</i> (fariña)	78
Tabla 19. Ejemplos de vitaminas y sus características	82
Tabla 20. Ejemplos de minerales y sus características	83
Tabla 21. Composición nutricional fariña y otros alimentos	86
Tabla 22. Parámetros microbiológicos para harinas precocidas, Resolución 1407 del 2022, cap. 7.7	97
Tabla 23. Fariña y parámetros microbiológicos	102
Tabla 24. Zonas/equipos analizados	108
Tabla 25. Resultados de recuentos de microorganismos en fariña	110
Tabla 26. Resultados de recuentos de microorganismos luego de exposición a luz UV	111
Tabla 27. Límites sobre hongos y levaduras en ambientes	114
Tabla 28. Clasificación de alimentos de acuerdo con el riesgo, Resolución 791 del 2015	129
Tabla 29. Requisitos sanitarios y ambientales	132
Tabla 30. Inspección sanitaria	134
Tabla 31. Productos identificados como potenciales competidores de liofilizados de wasaí	146
Tabla 32. Atributos valorables por el mercado	147
Tabla A.1. Condiciones de adquisición de MS/MS para caracterización por RP-LC/MS-QTOF (+/-).	177
Tabla A.2. Condiciones de adquisición de MS/MS para lipidómica por RP-LC/MS-QTOF (+/-).	179

Agradecimientos

La elaboración de este libro fue gracias al Sistema General de Regalías, la Gobernación del Vaupés (en especial, la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Productivo y Turismo), el Core Facility en Metabolómica (MetCore) y el Laboratorio de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes. Agradecemos el trabajo colaborativo de las comunidades indígenas del departamento del Vaupés y el acompañamiento metodológico del Ecosistema de Innovación, Emprendimiento y Transferencia de la Vicerrectoría de Investigación y Creación de la Universidad de los Andes.

Introducción

Las regiones perimetrales nacionales, particularmente la Orinoquia y la Amazonia, han estado históricamente desconectadas, vía terrestre, del resto del país. Sin autovías ni ferrovías, las únicas formas de ingreso a estos departamentos son por vías fluvial y aérea.

Esta condición hace que el mercado de productos agropecuarios clásicos desde departamentos como Guainía y Vaupés, hacia los grandes centros de consumo nacional, sea inexistente. Los altos costos de transporte y el largo tiempo de entrega imposibilitan a estas zonas del país ser competitivas en comparación con los departamentos del interior.

El sector agrícola y pecuario en estos dos departamentos es apenas de subsistencia, lo cual, junto con la ausencia de otro tipo de actividades económicas relevantes, mantiene condiciones de pobreza y de muy bajo bienestar en las comunidades de pobladores. Asimismo, esta situación facilita la aparición de economías ilícitas.

Los productos forestales no maderables (PFNM) son muy diversos en estas zonas del país. Además, tienen un muy alto potencial en sectores de industria de alimentos y bebidas, de cuidado personal y farmacéutico.

Si bien se han adelantado diversas investigaciones a nivel nacional, relativas a la presencia de moléculas con alto potencial económico en algunos de estos PFNM, el mercado nacional de este tipo de productos es todavía muy incipiente.

Es una paradoja que el amplio conocimiento que aún persiste por parte de comunidades indígenas sobre sus PFNM no haya sido aprovechado para la generación de productos con valor agregado y que redunden en beneficios económicos para estas poblaciones.

Productos con alto valor agregado (alto precio por gramo) permitirían un mercado sostenible de PFNM. Bajas cantidades por cosechar, transformar y transportar; ausencia de monocultivos y colecta de PFNM cerca de las viviendas de los indígenas; alto ingreso para el productor, entre otras, serían parte de las ventajas de esta aproximación.

Este libro presenta los principales resultados de un proyecto de obtención de productos con alto valor agregado a partir de los PFNM, en una comunidad indígena del departamento de Vaupés.

Capítulo 1.

Cadenas productivas en Mitú

Comunidades indígenas en Mitú

Los indígenas constituyen la población predominante en el municipio de Mitú, Vaupés (véase la tabla 1), distribuyéndose en diversas comunidades que abarcan varias etnias. Los asentamientos, aunque muchos son dispersos, se concentran especialmente a lo largo del río Vaupés, en otras corrientes de agua y en la carretera Mitú-Monforth. El sustento económico de gran parte de las comunidades indígenas se basa en la provisión de alimentos a partir de las chagras y de la selva, así como en la comercialización, sobre todo en el casco urbano, de una variedad de productos de la yuca y el maíz, entre ellos el casabe, la fariña y algunos frutos amazónicos que son los de mayor oferta y demanda.



FOTOGRAFÍA I. Cultivo de yuca en La Chagra

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

TABLA I. Población del municipio de Mitú, proyección del 2024

Mitú	2024					
	Indígena		Otros grupos étnico-raciales		Ningún grupo étnico-racial	
Cabecera municipal	6644	63 %	236	2,2 %	3711	35,0 %
Centros Poblados y Rural Disperso	23 223	96 %	65	0,3 %	1007	4,1 %
Total	29 867	86 %	301	0,9 %	4718	13,5 %

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2023).

La vía principal de comunicación con el territorio nacional es el transporte aéreo, aunque el transporte fluvial también desempeña un papel importante. Esta situación limita principalmente el comercio a nivel local. La mayoría de los productos, en especial víveres, llegan en avión y los materiales de construcción o carga pesada llegan vía fluvial, desde San José de Guaviare. Solo unos pocos productos salen del municipio para ser comercializados fuera del departamento. Gran parte del comercio e intercambio con el casco urbano se da gracias al transporte fluvial, con embarcaciones sencillas y pocos muelles, y a la chiva como servicio de transporte público terrestre intercomunitario.

La cadena productiva más consolidada en el municipio se centra en el cultivo de la yuca brava (*Manihot esculenta* [Crantz]), el cual ocupa la mayor extensión

en las chagras y es la base alimenticia de las familias indígenas. La versatilidad de la yuca brava se refleja en los múltiples productos derivados que forman parte de la dieta diaria de estas comunidades. Entre los más consumidos se encuentran casabe, mingao, fariña, entre otros. Además de su importancia como fuente alimenticia, las familias mantienen una estrecha relación con su entorno al adaptar su dieta a la diversidad provista por la selva. Durante las diferentes temporadas de cosecha, aprovechan una amplia variedad de frutos amazónicos y plantas conocidas por sus propiedades medicinales para enriquecer así su alimentación. Por supuesto, la caza en época de no veda es fuente proteica para las comunidades, junto con la pesca.

Para tener un panorama de las cadenas productivas y la comercialización de los frutos amazónicos en el municipio de Mitú, en este capítulo se abordan las temáticas siguientes: (1) productos forestales no maderables del estudio; (2) diagnóstico de las cadenas productivas, y (3) desafíos y perspectivas de una cadena productiva que ofrezca nuevas oportunidades para las comunidades, mediante el aprovechamiento de los recursos disponibles en la zona.

Productos forestales no maderables del estudio

Los PFNM son todos aquellos que provienen de las especies y los individuos vegetales como flores, frutos, semillas, cogollos, raíces y hojas, los cuales pueden aprovecharse sin destruir los árboles, las palmas o los arbustos que los producen. Es decir, se trata de los productos que aprovechan de manera sostenible la biodiversidad, que no son madera y que, a su vez, permiten generar nuevos productos. Por ejemplo: wasaí, sacha inchi, flores, miel, frutos, semillas, cogollos, raíces y hojas, entre otros (López y Murcia, 2020). Con el fin de preservar la biodiversidad y tener un manejo adecuado de estos productos, el Gobierno nacional emitió el Decreto 690 del 2021, el cual busca regular el manejo sostenible de los PFNM y que debe ser aplicado por las autoridades ambientales y por todos aquellos que estén interesados en el empleo de estos productos.

Mediante la elaboración de un inventario de los PFNM consumidos por las comunidades indígenas en Mitú, así como la identificación de aquellos con potencial comercial, se enumeran a continuación algunos de los PFNM que constituyen parte integral de la vida diaria de estas comunidades. La información recolectada en la tabla 2 es un resumen de las encuestas realizadas a familias indígenas

de diferentes comunidades cercanas al casco urbano de Mitú, como también se presenta el trabajo de campo realizado durante el desarrollo del proyecto. Los nombres comunes fueron corroborados con nombres científicos a partir de estudios realizados en el departamento de Vaupés (Cárdenas-López *et al.*, 2007).

TABLA 2. Inventario de los PFMN en las comunidades de Mitú

Fruto (nombre común)	Nombre científico	Lugar de siembra y recolección	Consumo
Wasái	<i>Euterpe precatória</i> (Mart.) <i>Euterpe oleracea</i> (Mart.)	La especie <i>E. oleracea</i> se encuentra sembrada cerca de las viviendas indígenas, especialmente en los patios. La especie <i>E. precatória</i> se encuentra comúnmente en la selva. La mayoría de las comunidades hace la recolección de los frutos en los patios.	Por lo general, se consume localmente cuando hay cosecha, en jugo, mingao o chivé. Algunas familias llevan los frutos o la pulpa a Mitú, donde la comercializan.
Mirití	<i>Mauritia flexuosa</i> (L. f.)	Se encuentra comúnmente en la selva, cerca de los caños o las zonas inundables, también conocidas como miritizales. La mayoría de las comunidades hace la recolección de los frutos en las zonas de rebalse cerca de las casas.	
Patabá	<i>Oenocarpus bataua</i> (Mart.)	Se encuentra comúnmente en la selva y en algunos casos en los patios de las casas.	
Copoazú	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. Ex Spreng.) (K. Schum.)	Sembrado cerca de las viviendas indígenas, especialmente en los patios o en las chagras.	No se consume en todas las familias indígenas, solo aquellas que lo tienen sembrado lo consumen en jugo. Algunas familias llevan los frutos o la pulpa a Mitú, donde la comercializan.
Yuca brava	<i>Manihot esculenta</i> (Crantz)	Se encuentra comúnmente en las chagras.	Hace parte de la dieta diaria indígena; se consume a diario en preparaciones como el casabe, mingao o chivé. También se usa para la fermentación de la chicha. En Mitú se comercializa con mayor frecuencia el casabe, la faraña y la chicha.

Fruto (nombre común)	Nombre científico	Lugar de siembra y recolección	Consumo
Pupuña	<i>Bactris gasipaes</i> (Kunth)	Sembrado cerca de las viviendas indígenas, especialmente en los patios o en las chagras.	Se consume en chicha fermentada o jugo. También en fariña o especie de harina.
Ibacaba	<i>Oenocarpus bacaba</i> (Mart.)	Se encuentra comúnmente en la selva y en algunos casos en los patios de las casas.	Se consume en jugo acompañado con fariña, chivé y mingao.
Uva caimarona	<i>Pourouma cecropiifolia</i> (Mart.)	Sembrado cerca de las viviendas indígenas, especialmente en los patios o en las chagras.	Se consume solo el fruto, sin la cáscara y la semilla.
Ibapichuna	<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes.) (H. J. Lam)	Se encuentra comúnmente en la selva y en algunos casos en los patios de las casas.	Se consume el fruto.
Ucuqui	<i>Pouteria ucuqui</i> (Pires & R. E. Schult.)		Se consume la pulpa del fruto, también en mingao o colada con almidón, y en manicuera (cocción de la yuca brava, de 3 a 4 horas aproximadamente)
Cacao silvestre	Se desconoce la especie o variedad.	Sembrado cerca de las viviendas indígenas, especialmente en los patios o en las chagras. También se encuentra en la selva.	Se consume solamente el mucílago del fruto; se chupa la pepa.
Carurú	Se desconoce la especie o variedad.	Sembrado cerca de las viviendas indígenas, especialmente en los patios.	En los platos se mezcla con pescado como complemento.

Fuente: elaboración propia.

Después de un trabajo con la comunidad de La Libertad y la Asociación de Mujeres Indígenas Trabajadoras de La Libertad (Amitli), para este estudio se seleccionaron tres especies de frutos muy conocidos y comercializados en el municipio de Mitú. La elección de estas tres especies se basó principalmente en el conocimiento local y el potencial comercial. El wasaí y el mirití son especies reconocidas y consumidas por las comunidades indígenas en Mitú, lo que resalta su relevancia cultural y su importancia en la dieta local. Además, cuentan con un mercado establecido y un valor agregado significativo debido a su contenido de biocompuestos, lo que les otorga un potencial para su comercialización fuera de la región. Por su parte, el copoazú se vende en el casco urbano para establecimientos comerciales, en especial para la producción de jugos y helados, aunque su uso en la industria cosmética está en expansión. La colaboración de la comunidad de La Libertad y Amitli fue fundamental para recopilar información

precisa sobre estas especies, mediante talleres y reuniones en las que la comunidad compartió sus conocimientos sobre siembra, recolección y comercialización. A continuación, se describe cada uno de ellos.

Wasái (*Euterpe precatoria* y *Euterpe oleracea*)

Familia: Arecaceae

Género: *Euterpe*

Especies: *Euterpe precatoria* y *Euterpe oleracea*

Nombres comunes: açai, murrapo, naidí, wasái, azaí, manaca

Características: el wasái pertenece al género *Euterpe* y puede presentarse como palma de tallo único (*E. precatoria*) o como una palma cespitosa (*E. oleracea*). Aunque ambas especies comparten varias características morfológicas, *E. oleracea* se distingue por formar grupos de tallos, poseer semillas con endospermo ruminado y producir plántulas con hojas bífidas (Castro-Rodríguez *et al.*, 2015).



FOTOGRAFÍA 2. Palma de wasái (*Euterpe oleracea*)

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

E. precatória puede alcanzar hasta 25 m de altura y un diámetro entre 4 y 23 cm; a su vez. Presenta una base ensanchada por un cono de raíces visibles sobre el suelo. Su copa está formada por entre seis y veinte hojas pinnadas, cada una de hasta 4,5 m de longitud. Las inflorescencias surgen por debajo de las hojas, ya que adoptan una posición casi horizontal durante la floración y colgante en la fructificación. Por otro lado, cuentan con 70 a 150 raquillas que pueden medir hasta 80 cm. Los frutos, de forma esférica y tonalidad negra violácea al madurar, miden entre 1 y 2 cm de diámetro, poseen un mesocarpio delgado y jugoso, y en su interior alberga una semilla redonda (Henderson *et al.*, 1995; Isaza *et al.*, 2014).

E. oleracea, con varios tallos agrupados, puede alcanzar alturas entre los 3 y 20 m, así como un diámetro de 7 a 18 cm y presenta en su base un cono de raíces visibles. Posee de ocho a catorce hojas, y sus ramas florales, de 3 a 4 mm de diámetro, están densamente cubiertas de pelos de un tono marrón blanquecino. Los frutos son muy similares a los de *E. precatória*, aunque se diferencia porque *E. oleracea* posee el endospermo ruminado (Henderson *et al.*, 1995).

Distribución: estas palmas están adaptadas a ambientes de bosques húmedos, aunque son más comunes y abundantes en bosques húmedos de baja altitud, usualmente a lo largo de las riberas (Isaza *et al.*, 2014). *E. precatória* se distribuye principalmente en las tierras bajas de la Amazonia, en bosques de galería de los Llanos Orientales, en zonas bajas del Catatumbo, en el Magdalena Medio, Alto Sinú, región pacífica, Andes y Sierra Nevada de Santa Marta, desde el nivel del mar hasta 2000 m de altitud (Castro-Rodríguez *et al.*, 2015). Por su parte, *E. oleracea* se localiza en la región del Pacífico del país y en Antioquia, Chocó, Nariño, Valle, Magdalena Medio, Antioquia y Santander (Henderson *et al.*, 1995).

Productividad: en cuanto a la productividad a nivel individual, se ha reportado en los bosques de planos inundables de Brasil un rango de 7,5 a 13 kg/individuo. En Colombia, los valores varían considerablemente, ya que oscilan entre 4,3 kg en el Trapecio Amazónico y alcanzan hasta 18 kg/individuo en el norte de la Amazonia (Isaza *et al.*, 2014).

La densidad poblacional está asociada a variaciones en factores ambientales, como la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua y luz, así como a condiciones genéticas. En Colombia se han reportado densidades entre 85 y 120 ind/ha en el Amazonas y 55 ind/ha en Guaviare. En Brasil se registran 60 ind/ha en bosques inundables y 23 ind/ha en bosques de tierra firme. En Bolivia,

las densidades varían entre 32 y 68 ind/ha en bosques de tierra firme, y alcanzan hasta 191 ind/ha en los bosques de várzea (Castro-Rodríguez *et al.*, 2015).

La duración del ciclo reproductivo de *E. precatória* es de doce meses. En un estudio realizado en Guaviare se observó una sincronía alta en la floración y producción de frutos entre individuos. La fructificación está influenciada por las condiciones ambientales, siendo los picos de cosecha más comunes durante la época de lluvias, cuando el bosque se inunda. Algunos estudios indican que un individuo puede tener entre uno y dos inflorescencias, o uno y dos infructescencias, con registros de hasta ocho racimos. Cada racimo puede tener entre 573 a 3677 frutos (Castro-Rodríguez *et al.*, 2015).

Mirití (*Mauritia flexuosa* [L. f.]

Familia: Arecaceae

Género: *Mauritia*

Especie: *Mauritia flexuosa* (L. f.)

Nombres comunes: palma real, burití, mirití, aguaje, canangucho, moriche, morete

Características: una palma adulta de mirití puede alcanzar entre 20 y 40 m de altura y tener de ocho a veinte hojas, las cuales pueden medir hasta 3 m de largo (Sampaio y Carrazza, 2012). Las inflorescencias se presentan en posición interfoliar, miden de 3 a 4 m de largo y presentan entre dieciséis y treinta y seis ramas floríferas. La forma del fruto es entre elíptica y ovalada, con un diámetro de 4,5 a 7 cm, de color marrón rojizo oscuro, y sus escamas de 3 a 4 mm de ancho (Henderson *et al.*, 1995). Su mesocarpio (pulpa) es fino, de tonalidades amarillentas o anaranjadas, carnoso y con un contenido aceitoso. El endocarpio (o casquillo) del fruto está constituido por un tejido esponjoso, de color blanco a amarillento, con alto contenido de celulosa y una baja densidad, lo que le permite flotar cuando se sumerge en agua. El endospermo (o semilla) es muy duro, de forma ovoide, y ocupa la mayor parte del volumen del fruto (Sampaio y Carrazza, 2012).



FOTOGRAFÍA 3. Palma de mirití (*Mauritia flexuosa*)

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

Distribución: la palma de mirití es una especie ampliamente distribuida en la Amazonia colombiana, sobre todo en zonas permanentemente pantanosas donde forma rodales extensos de alta densidad. También se encuentra en bosques de galería a lo largo de ríos en sabanas, por debajo de los 500 m de altitud por lo general (Henderson *et al.*, 1995). Esta especie, dioica por naturaleza, forma agrupaciones vegetales densas a lo largo de ríos y caños, conocidas como “miritizales” (morichales), donde se convierte en la dominante del estrato arbóreo. Los miritizales no solo tienen una función ecológica, pues son fuente de agua para la fauna silvestre, sino también una importancia cultural y espiritual para las comunidades indígenas (Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico, CDA, 2016).

Productividad: en el cerrado brasileño, una planta puede producir hasta 4000 frutos, por lo que se puede estimar una producción de 6,1 t/ha al año. En Colombia,

en evaluaciones realizadas en morichales del pie de monte en Caquetá, se encontró un promedio de producción por cosecha de 3,5 racimos, con un peso individual de 60 lb por palma (solo frutos) (Trujillo-González *et al.*, 2011). En la Amazonia colombiana, la producción promedio es de 1339 frutos por palma, lo que equivale a un promedio de 71 kg por palma al año (Isaza *et al.*, 2013).

La densidad poblacional varía en diferentes regiones. En Perú se registraron 125 ind/ha en bosques de la cuenca del río Yanayacu (Endress *et al.*, 2013). En Colombia, en morichales, se reporta una densidad de entre 120 y 195 ind/ha (Narváez-Ortiz *et al.*, 2021). En la Amazonia colombiana se halló una densidad promedio de 2736 ind/ha, de los cuales 74 eran adultos y de estos representaban 28 hembras (Isaza *et al.*, 2013).

El mirítí puede ser masculino o femenino; los machos producen racimos de flores de color naranja, pero no dan frutos. Las hembras también poseen racimos de flores naranja, que se desarrollan para producir frutos. En general, hay un macho por cada hembra en un área determinada. Las flores femeninas necesitan ser fertilizadas por polen masculino para que se produzcan frutos (Sampaio y Carrazza, 2012).

Su ciclo reproductivo es notable, con una producción de frutos que se extiende de nueve a doce meses desde la floración hasta el desprendimiento de estos, según estudios previos (Trujillo-González *et al.*, 2011). Cada palma hembra produce entre cuatro y ocho racimos, con un rango de 470 a 730 frutos por racimo. El florecimiento de los individuos, tanto machos como hembras, ocurre sincrónicamente, con una inflorescencia que dura menos de una semana. El proceso de maduración está marcado principalmente por un cambio de color, pasando de verde oscuro a marrón oscuro o naranja (Hernández-Gómez *et al.*, 2018).

Copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma grandiflorum*

Nombres comunes: *cupuaçu*, *cupuassu*, cacao blanco, cacao amazónico, cacau, bacau

Características: en su entorno natural, el copoazú puede crecer hasta alcanzar una altura de 30 m. Sin embargo, en áreas cultivadas sin manejo adecuado, su altura promedio varía entre 5 y 10 m. Cuando se implementa un manejo

cuidadoso, como la poda regular, los árboles de copoazú cultivados suelen mantenerse por debajo de los 3 m de altura (Escobar *et al.*, 2009). Las inflorescencias están ubicadas en la parte apical de las ramas plagiotrópicas y aparecen en número de 3 a 5 (Melgarejo *et al.*, 2006).

El fruto del copoazú es elipsoide, con una longitud que oscila entre los 12 y 25 cm, y un peso promedio de 1,5 kg. Su exocarpo es rígido y leñoso, con una epidermis verde recubierta de una capa polvosa. Cada fruto puede contener entre veinte y cincuenta semillas, de unos 2 cm de largo, envueltas en una pulpa blanca y amarillenta. El tiempo que transcurre desde el trasplante hasta la primera floración es de veintiún meses, lo que incluye seis meses en vivero y 15 meses en campo (Melgarejo *et al.*, 2006).



FOTOGRAFÍA 4. Flor del copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

Distribución: en estado silvestre, el copozú se encuentra en el bosque húmedo tropical de Brasil, se desarrolla en tierras no inundables y de buen drenaje (Varón *et al.*, 2001). En Colombia, su distribución se ha registrado por origen antropogénico, iniciando en Putumayo y extendiéndose hacia Amazonas, Caquetá y Guaviare (Escobar *et al.*, 2009).

Producción: se estima una productividad media de doce frutos por planta al considerar un peso promedio de 1 kg por fruto (Melgarejo *et al.*, 2006). En Putumayo se ha registrado árboles de más de diez años con una producción promedio de diez frutos por árbol, con peso medio de 896 g por fruto (Varón *et al.*, 2001).

Esta especie amazónica se encuentra en selvas firmes húmedas. En Brasil, cuando forma parte de la vegetación primaria, la densidad poblacional varía entre dos y tres individuos por hectárea, aunque suele encontrarse más como especie cultivada (Carvalho *et al.*, 2004). En cultivos pueden establecerse hasta 179 árboles por hectárea (Melgarejo *et al.*, 2006). En Colombia se recomienda cultivarlo en sistemas agroforestales o en asocio con otros cultivos, para disminuir los riesgos fitosanitarios propios del monocultivo. De manera habitual, se siembra con un espaciamiento de 5 m entre plantas y 30 m entre surcos, para alcanzar así 84 árboles por hectárea (Varón *et al.*, 2001).

Diagnóstico de cadenas productivas

La información recopilada sobre las cadenas productivas de algunas comunidades indígenas en el municipio de Mitú describe las dinámicas para la obtención de alimentos de las chagras y lugares de recolección de los frutos, así como los meses de cosecha y precios de venta de los productos que se comercializan. Para este estudio se encuestaron 189 familias distribuidas en comunidades relativamente cercanas a la cabecera municipal. Dichas comunidades pertenecen a tres grandes asociaciones de autoridades tradicionales indígenas del Amazonas (véanse la tabla 3 y el mapa 1).



FOTOGRAFÍA 5. Río Vapués

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

Con el propósito de elaborar un diagnóstico de las cadenas productivas, se diseñaron encuestas en español orientadas a identificar los frutos de mayor interés para las comunidades, los períodos de cosecha, las prácticas de recolección y los aspectos relacionados con la comercialización. Estas encuestas se aplicaron durante los meses de junio y julio del 2023, en reuniones coordinadas previamente con la autoridad tradicional o el capitán de cada comunidad. Las posibles barreras de idioma o escritura se superaron gracias al apoyo del personal social y de miembros de las comunidades que se ofrecieron a colaborar.

TABLA 3. Comunidades indígenas encuestadas

Asociación	Comunidad	Tipo de transporte	N	W
Asociación de Autoridades Tradicionales de la Zona Central de Mitú (AATIZCEM)	Guamal	Fluvial	01°16'12,8"	70°13'53,1"
	Cubay	Fluvial	01°15'48,7"	70°14'20,1"
	La Libertad	Fluvial	01°15'5,88"	70°14'22,67"
	Valencia Cano	Fluvial	01°14'47,7"	70°14'26,7"
	Mitú Cachivera	Fluvial	01°13'41,6"	70°14'13,1"
	Trece de Junio	Fluvial	01°13'40,4"	70°14'14,9"
Asociación de Autoridades Tradicionales Aledañas a la Carretera (AATAC)	Puerto Vaupés	Fluvial	01°11'52,6"	70°16'56,3"
	Puerto Corroncho	Fluvial	01°11'15,24"	70°16'30,86"
	San Francisco	Terrestre	01°14'12,6"	70°13'52,9"
	Cerrito Verde	Terrestre	01°12'34,65"	70°12'29,03"
	Ceima San Pablo	Terrestre	01°12'19,1"	70°10'46,6"
	San Juan de Cucura	Terrestre	01°09'43,5"	70°08'39,2"
	Yararaca de Pringamosa	Terrestre	01°7'7,39"	70°06'29,26"
Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas del Área de Influencia Directa de la Microcentral Hidroeléctrica de Mitú (AATICAM)	San Miguel de Tucandira	Terrestre	01°05'50,6"	70°06'15,1"
	Timbó de Betania	Terrestre	00°51'40,4"	70°03'00,8"
	Ceima Cavichera	Terrestre	01°13'27,1"	70°09'45,0"
	Mituseño Urania	Terrestre	01°16'15,6"	70°11'50,5"

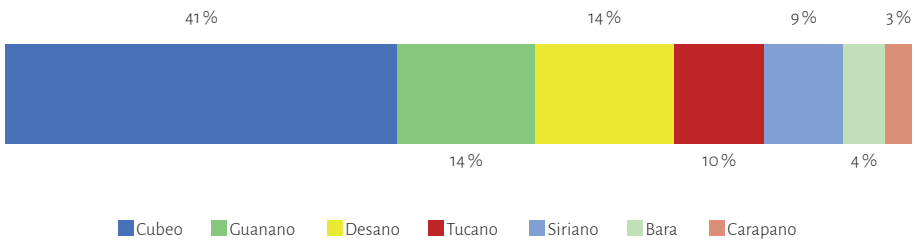
Fuente: elaboración propia.



MAPA I. Ubicación de las comunidades

Fuente: elaboración propia.

Coexisten varios pueblos indígenas en una misma comunidad, por lo que es usual encontrar distintas lenguas. Sin embargo, la lengua predominante dentro de todos los encuestados fue el cubeo, seguido del wanano, desano y tucano; en menor proporción están el siriano, bará y otras lenguas (véase la gráfica 1). Las familias de estas comunidades indígenas se componen principalmente de cuatro a seis integrantes.



GRÁFICA I. Lenguas predominantes de la comunidades indígenas encuestadas

Fuente: elaboración propia.

Las chagras representan la principal fuente de sustento para las comunidades indígenas en Mitú. Estos sistemas de producción consisten en cultivos transitorios con una duración de entre dos y tres años, siendo la yuca brava el cultivo predominante, seguido en menor proporción por otros como el plátano, el ñame y la piña. En general, las chagras se establecen en terrenos no pantanosos, ubicados en las cercanías de la selva, donde la tierra es más fértil. Las familias encuestadas suelen mantener dos chagras al alternar dos actividades entre ellas: mientras cosechan yuca de una, preparan la otra para garantizar un suministro constante a lo largo del año.

Los resultados de las encuestas revelaron que la maduración y caída de los frutos ocurre en diferentes períodos del año. Dado que las respuestas de algunas familias variaron considerablemente en comparación con otras, se realizó un análisis basado en la frecuencia de las respuestas. En resumen, los meses de cosecha abarcan desde marzo hasta octubre. El copoazú encabeza la lista, ya que es cosechado con frecuencia entre marzo y mayo. Le sigue el wasaí, que presenta dos cosechas al año (abril a julio y una menos frecuente entre septiembre y octubre). Luego, el mirití se cosecha entre julio y agosto. Finalmente, el patabá, cuya cosecha se realiza de mayo a julio (véase la tabla 4).

TABLA 4. Temporada de cosecha de los PFNM en Mitú

PFNM	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Copoazú	1 %	7 %	24 %	29 %	19 %	8 %	4 %	3 %	3 %	2 %	0 %	0 %
Wasaí	5 %	6 %	6 %	10 %	20 %	18 %	11 %	6 %	7 %	8 %	1 %	3 %
Mirití	0 %	3 %	2 %	2 %	3 %	8 %	33 %	37 %	12 %	1 %	0 %	0 %
Patabá	1 %	2 %	3 %	5 %	13 %	41 %	24 %	6 %	1 %	1 %	1 %	1 %

Fuente: elaboración propia.

Se ha observado una disminución en la presencia de las palmas de wasaí, mirití y patabá en diversas comunidades. Estas palmas suelen encontrarse principalmente en los patios de las casas, donde están expuestas a la amenaza de los loros, que ponen en riesgo la cosecha. Además, su presencia se ha reducido en las áreas más remotas de la selva, conocidas como montebravo, así como en los senderos que conducen a las chagras y en sus proximidades.

En el proceso de recolección de frutos se ha observado que la gran mayoría de las familias encuestadas recolectan wasaí y mirití. Con respecto al copoazú, una especie introducida, no todas las familias lo cultivan; sin embargo, en los últimos años, ha despertado interés y su cultivo se ha extendido gradualmente en el municipio. Los lugares de recolección varían, pues es común encontrar a la mayoría de las familias recolectando wasaí y mirití en los patios de sus hogares o en la selva, mientras que el copoazú se recoge en patios o chagras. Como resultado, la frecuencia más habitual de tiempo de desplazamiento se sitúa en el intervalo de 1 a 20 minutos, lo que revela que los frutos que usan para el consumo están a distancias prudentes. La mayoría de las personas hace el recorrido a pie, muy pocas utilizan canoas, solo en aquellas comunidades ribereñas a lo largo del río Vaupés. En el contexto específico de la yuca, los tiempos de desplazamiento tienden a ser más extensos. Como se señaló, las chagras suelen ubicarse en las proximidades de la selva. En consecuencia, la frecuencia de viajes más habitual oscila entre los 30 y 60 minutos; la mayoría realiza estos trayectos a pie.

Los frutos son recolectados cuando están maduros, y la principal forma para identificar el punto óptimo de maduración se basa principalmente en el cambio de color de estos, o cuando los frutos empiezan a desprenderse y caen al piso. Según las respuestas recopiladas, alrededor del 80 % de los encuestados indican que optan por trepar las palmas para cosechar los frutos, mientras que aproximadamente el 20 % menciona que tumba la palma. Esta última práctica es bastante común, ya sea debido a las dificultades asociadas con la escalada de las palmas o porque el tronco de estas también proporciona una larva comestible conocida como mojoyoy. Este aspecto resalta la diversidad de métodos utilizados en la recolección de frutos de palma, y, por su parte, algunas personas adultas reconocen que es muy difícil trepar las palmas.

Es relevante señalar que las palmas de wasaí y de mirití miden en promedio 20 m; cada racimo puede pesar entre 3 a 7 kg de wasaí y 20 a 50 kg de mirití, lo que requiere tanto destreza física como el uso de herramientas adecuadas para garantizar la seguridad física de quienes realizan la cosecha. Además, durante la recolección es importante cuidar la calidad de los frutos: al trepar, cortar y descender los racimos se debe evitar que caigan al suelo, verificar que no estén dañados por animales y mantenerlos bajo sombra.

La comercialización de los frutos y derivados de la yuca tiene lugar en el caso urbano, específicamente en el mercado local conocido como San Victorino. La oferta de productos de wasaí, mirití y copoazú incluye frutos sin procesar,

pulpa y jugo. En el caso de la yuca, se presentan productos como casabe, fariña y manicuera (véase la tabla 5).

Tabla 5. Precios de comercialización primer semestre del 2023 en Mitú

Fruto	Presentación	Precio (\$)
Wasái	Frutos: bolsa 1 kg	5000
	Pulpa: bolsa 1 kg	5000-6000
	Jugo: 2 L	10 000
Mirití	Frutos: bolsa 1 kg	3000-5000
	Pulpa: bolsa 1 kg	5000-6000
	Jugo: 2 L	10 000
Copoazú	Fruto (por unidad)	5000-8000
	Pulpa: bolsa 1 kg	6000-10 000
	Jugo: vaso/cuya	2000
Yuca	Casabe: ¼ torta	5000
	Fariña: bolsa 1 kg	6000-7000
	Tubérculo: bulto	40 000
	Tubérculo: por kg	3000
	Chicha-cuya	2000

Fuente: elaboración propia.

Para poder comercializar los frutos en el casco urbano, la mayoría de las comunidades de AATIZCEM utiliza el río como medio de transporte; las más alejadas como Puerto Vaupés van en canoas con motor, mientras que otras, como La Libertad, Valencia Cano y Guamal utilizan canoas con remos. Las comunidades de AATAC dependen de la vía terrestre, ya que utilizan modos que varían según la distancia, como la caminata (con una frecuencia muy baja), la moto, el motocarro o la chiva para las áreas ubicadas más lejos. La frecuencia de las visitas al pueblo varía entre las familias y comunidades, aunque, en general, la mayoría realiza el trayecto una o dos veces por semana.

El tiempo que gastan las familias para llegar desde sus comunidades al casco urbano depende no solo de la distancia sino también del estado de las vías de acceso;

cuando hay temporadas de lluvias fuertes, el tránsito por la carretera se hace más lento. La gran mayoría gasta un poco menos de 30 minutos, lo que corrobora la cercanía a Mitú y una ventaja competitiva para comercializar sus productos.

A partir de esta información se elaboró una ficha de diagnóstico para cada comunidad, la cual resume la información relevante sobre la comunidad, la cosecha de los frutos y su comercialización. A continuación, se presentan los resultados de las comunidades La Libertad, que forma parte de la AATIZCEM, y Ceima San Pablo, que pertenece a la AATAC (véase la figura 1). Las fichas de las demás comunidades se pueden consultar en el anexo 1 de este libro.



FOTOGRAFÍA 6. Canoa para transporte de productos

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

La Libertad
Comunidad de la Asociación Tradicional AATIZCEM
Julio - 2023
No. familias encuestadas: 15



Se encuentra a 700 m por el río del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **canoa** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar entre 10 y 30 minutos, usualmente van 1 a 2 veces por semana



FAMILIAS
Compuesta por 2 a 8 integrantes
Lenguas: cubeo, desano, tucano, yuruti, tatuyo, carapana, guanano, piratapuyo

CHAGRAS
Las familias tienen entre 1 a 4 chagras y el producto predominante es la **yuca**

120 a 150 min  

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie, y algunos en canoa, en promedio gastan alrededor de 130 minutos

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

La yuca y los frutos se consumen en: **Mingao, chivé, jugo, faríña, casabe y chicha**

Wasai 1 a 120 min  

Miriti 5 a 210 min  

Copoazú 2 a 180 min  

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
											
											

COMERCIO
Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000	\$10.000
Wasai (fruta) / papá	Copoazú (fruta)
Presentación productos: bolsa	

Ceima San Pablo
Comunidad de la Asociación Tradicional AATAC
Julio - 2023
No. familias encuestadas: 8



Se encuentra a 8.5 km del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **moto** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido es de 10 a 30 minutos y van 1 a 2 veces por semana



FAMILIAS
Compuesta por 1 a 7 integrantes
Lenguas: carapano y tucuyo

CHAGRAS
Las familias tienen entre 1 a 4 chagras y el producto predominante es la **yuca**

2 a 60 min 

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie y en promedio gasta un poco más de 30 minutos

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva o de los patios de las casas usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

La yuca y los frutos se consumen en: **Mingao, chivé, jugo, faríña, casabe y chicha**

Wasai 5 a 120 min 

Miriti 5 a 120 min 

Copoazú 5 a 40 min 

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
											
											

COMERCIO
Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000	\$8.000	\$10.000	\$15.000
Fruta (wasai y miriti) - bo...	Copoazú (fruta)	Jugo (wasai y miriti) - 2L	Copoazú (papá) - bolsa...

FIGURA 1. Fichas diagnósticas de las comunidades La Libertad y Ceima San Pablo
Fuente: elaboración propia.

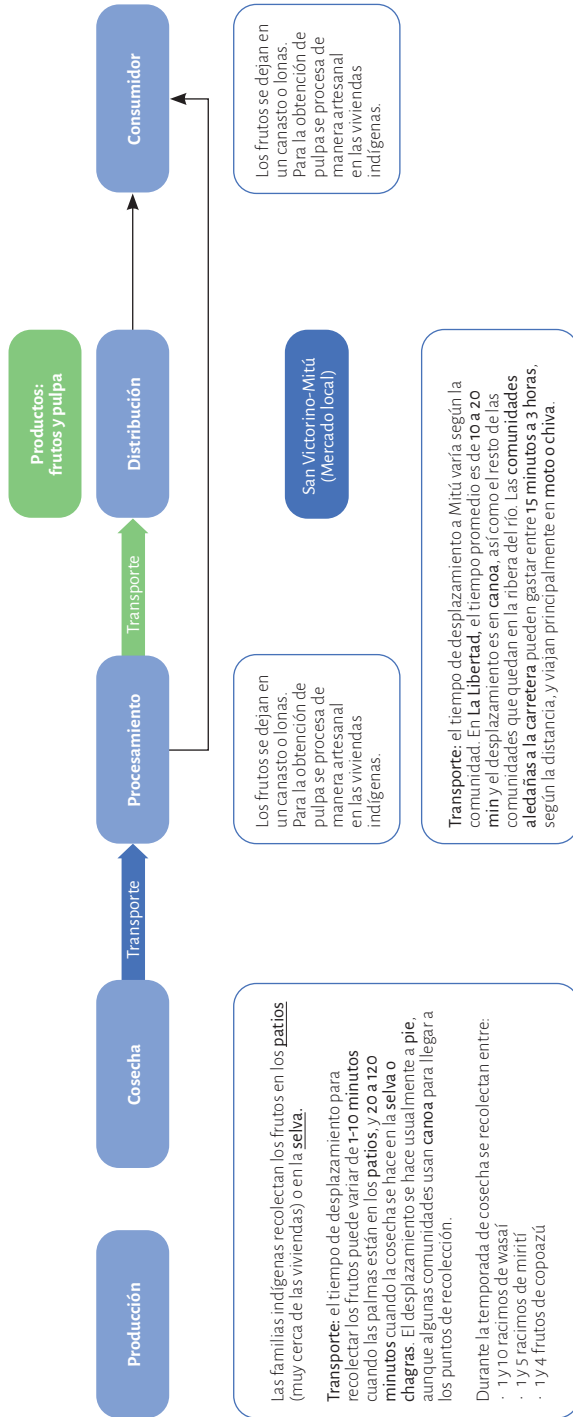


Figura 2. Resumen diagnóstico de cadenas productivas de PFMN en Mitú

Fuente: elaboración propia.

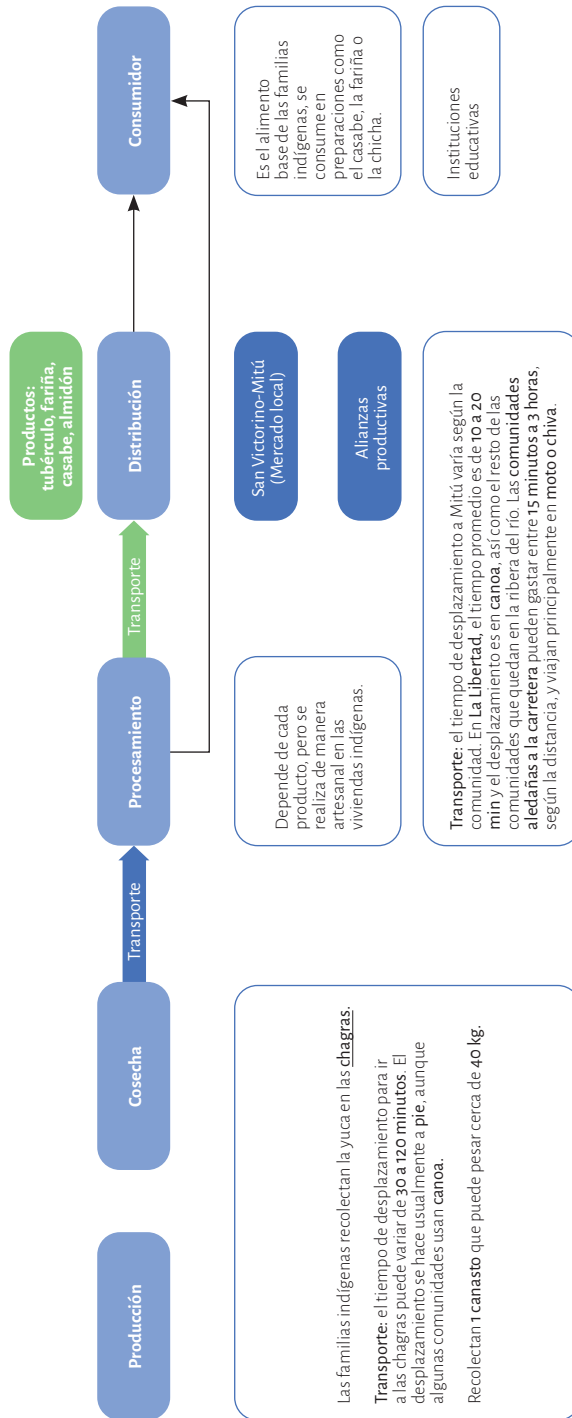


FIGURA 3. Resumen diagnóstico de cadena productiva de la yuca en Mitú

Fuente: elaboración propia.

Al sintetizar las cadenas productivas de los PFNM en Mitú, se observan que están íntegramente en manos de las familias indígenas. La participación de actores externos es mínima, y el mercado local de Mitú funciona como punto central de distribución, aspecto que configura una cadena de suministro directa y de funcionamiento sencillo (véase la figura 2). La cadena de producción de la yuca es quizá la más sólida, aunque mantiene también una estructura simple (véase la figura 3).

La cantidad de frutos y tubérculos destinados a la comercialización depende de lo que cada familia logra cosechar y de su capacidad de transporte (peso y distancia recorrida). En algunos casos, deben caminar hasta dos horas para llegar al punto de recolección en la selva, lo que ha impulsado a muchas familias a sembrar en los patios de sus casas palmas de wasái, mirití y, en menor medida, copozú.

La comercialización de los diferentes productos se concentra principalmente en el mercado local. En este contexto, la Amitli ha desempeñado un papel destacado, pues participa activamente en proyectos de alianzas productivas y suministra fariña al Programa de Alimentación Escolar (PAE) del municipio.

Es importante resaltar que uno de los elementos clave para el desarrollo de la cadena productiva, independiente del fruto, es la alianza estratégica y de largo plazo entre las comunidades recolectoras o productoras, la asociación o comunidad responsable de la transformación y la empresa o aliado responsable de la comercialización. Además, allí participan otros actores que hacen parte de un ecosistema de mercado.

Desafíos y perspectivas

Por lo general, los frutos amazónicos muestran concentraciones altas de compuestos bioactivos, dándoles características funcionales y beneficios potenciales para la salud. Para agregar valor a las cadenas productivas en el municipio de Mitú, se hace necesario transformar la materia prima en productos con mayor salida comercial, lo cual aumenta la vida útil y mantiene las cualidades que hacen que estos frutos tengan unas características únicas. Asimismo, resulta un producto con alto valor agregado.

Los frutos de wasái y mirití presentan una degradación rápida en condiciones ambientales debido a su elevado contenido de humedad. Por lo tanto, el procesamiento poco después de la cosecha resulta fundamental. Para prolongar

su vida útil, se pueden emplear métodos de secado que eliminen una gran cantidad de agua, lo que incrementa su estabilidad frente a procesos bioquímicos de degradación. Es fundamental destacar que el secado es una de las formas más eficientes de conservar los alimentos, ya que reduce la actividad del agua en el producto, inhibe el crecimiento microbiano y disminuye las reacciones de degradación. Esto conlleva una mayor estabilidad en los productos finales. Los productos liofilizados, además de tener las ventajas de los productos secados, mantienen una calidad alta, pues esta técnica preserva los compuestos bioactivos, el color, la textura y el sabor.

En varios estudios se ha demostrado que el método de liofilización tiene significativamente una retención mayor de biocompuestos que otros métodos de secado (Lucas *et al.*, 2018), en especial porque varios de los biocompuestos presentes en los PFNM del estudio son sensibles a factores como la temperatura, la luz, el pH, el oxígeno y otros (Lee, 2019; Pugliese *et al.*, 2013; Tonon *et al.*, 2010).

En el mercado, el mirití y el copoazú (semilla) se comercializan respectivamente como aceite o manteca; además, son utilizados en la industria cosmética. Entre tanto, las pulpas de wasaí y copoazú se comercializan en diferentes presentaciones para consumo alimenticio (mermeladas, jugos, yogurt, néctares, helados, entre otros).

La propuesta de un modelo de transformación que ofrezca nuevas oportunidades para las comunidades mediante el aprovechamiento del wasaí, mirití y copoazú se detalla en el siguiente diagrama de flujo (figura 4).

Para fortalecer las cadenas productivas de PFNM en Mitú, es esencial abordar dos desafíos principales: garantizar un suministro constante de materia prima y asegurar la sostenibilidad de los recursos. Para mejorar el suministro de materia prima, es importante enfocarse en estos aspectos clave:

- **Estudio de abundancia:** este análisis determina la disponibilidad y cantidad de frutos durante la temporada de cosecha. Su realización inicial en la comunidad de La Libertad proporcionó una base sólida para la producción en la planta piloto bajo el criterio de ser proveedores únicos. Sin embargo, es fundamental extender este estudio a otras comunidades con potencial de producción, interesadas en establecer vínculos como proveedores. De esta manera, se garantiza una oferta capaz de satisfacer las demandas del mercado y, al mismo tiempo, se resguarda la seguridad alimentaria de las comunidades al reservar parte de la cosecha para el autoconsumo.

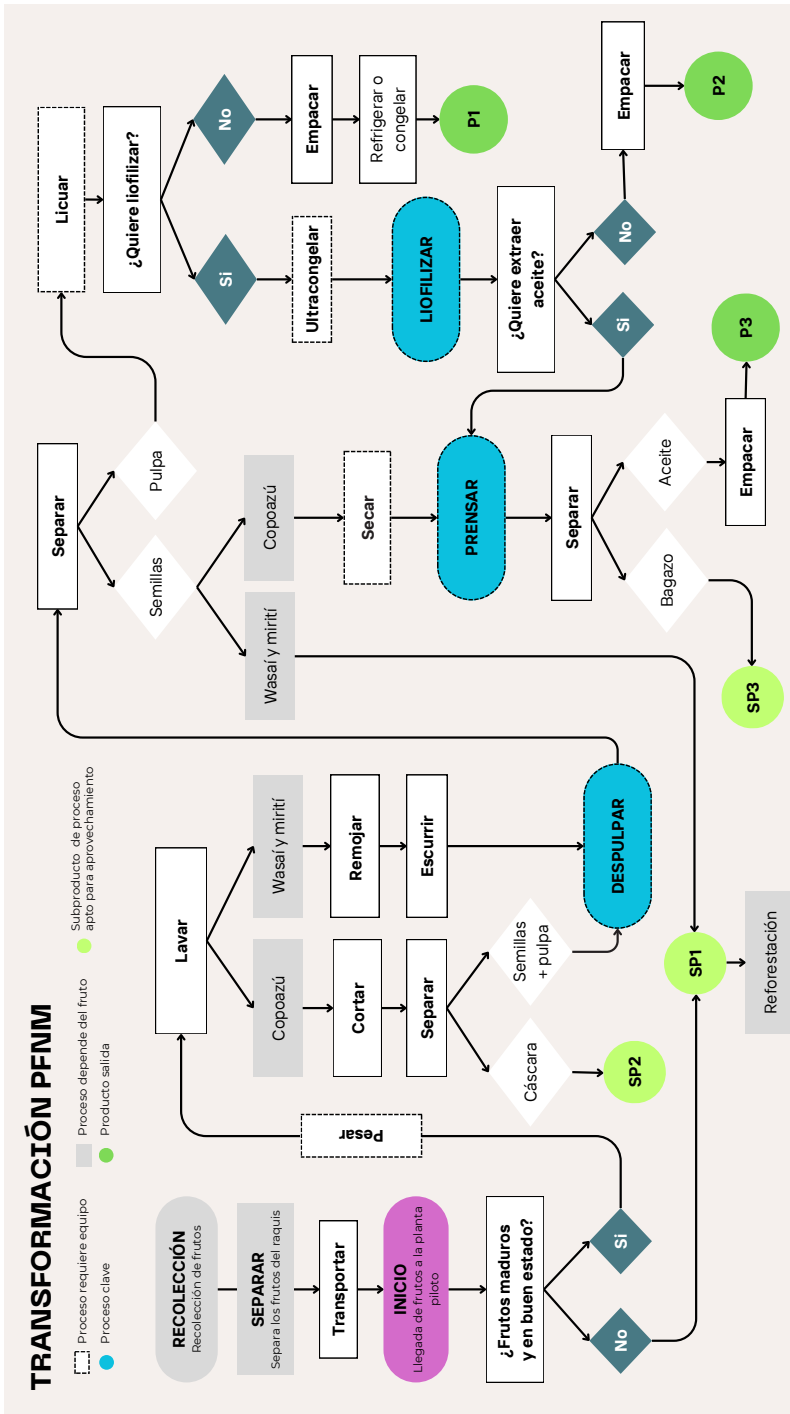


Figura 4. Propuesta de modelo de transformación para fortalecimiento de cadenas productivas en Mitú

Fuente: elaboración propia.

- **Fomento de la asociatividad:** es esencial establecer asociaciones con otras comunidades para ampliar la base de proveedores de materia prima. Estas asociaciones deben basarse en un valor compartido a fin de garantizar a las familias productoras la compra de su cosecha, lo que se traduce en un ingreso económico seguro. Es primordial que los proveedores entreguen productos que cumplan con los estándares de calidad, cantidad, tiempos y puntos de entrega acordados, sin comprometer la sostenibilidad del bosque. Esto implica evitar prácticas como la tala y promover la siembra responsable.
- **Mitigación de riesgos:** se debe diseñar un plan integral para abordar las amenazas recurrentes, como la presencia de loros (que compiten por lo frutos) y el cambio climático (que puede afectar la productividad de las palmas).
- **Capacitación y soporte técnico:** brindar capacitación continua y soporte técnico a las familias indígenas y a las comunidades proveedoras puede ser fundamental para mejorar la calidad y cantidad de la cosecha. Esto puede incluir capacitación en prácticas agrícolas sostenibles, técnicas de cosecha adecuadas, manejo poscosecha y buenas prácticas ambientales.

En cuanto a la sostenibilidad, es importante evitar los monocultivos y promover la conservación de los ecosistemas, en particular en las zonas de rebalse donde abundan las palmas de mirití y wasaí. Su conservación es fundamental para mantener la productividad de las palmas, para lo cual:

- La sobreexplotación de frutos puede reducir las plántulas, circunstancia que afecta su establecimiento. Devolver las semillas extraídas puede prevenir esto. Además, conservar la vegetación nativa cerca de los humedales o las zonas de rebalse es importante para la polinización por insectos, como abejas y escarabajos. La reforestación garantiza la cosecha futura y la vida silvestre. Al recolectar racimos, es necesario dejar al menos el 30 % para la fauna local y la regeneración de las palmas, por lo que es clave seguir la recomendación de dejar al menos uno de cada cuatro racimos (Sampaio y Carrazza, 2012).
- Solo se debe recoger la cantidad de fruta que se pueda procesar en un día para evitar la oxidación, o en el caso del copozú, evitar que el fruto permanezca en el suelo durante mucho tiempo, ya que pierde peso y humedad (Sampaio y Carrazza; 2012; Souza *et al.*, 2007).

Capítulo 2.

Metabolómica y valor nutricional

Metabolómica

La metabolómica es un campo emergente de las “ómicas” (genómica, proteómica y metagenómica). Se ocupa de la caracterización completa de metabolitos moleculares presentes en sistemas biológicos. Es una medida cuantitativa de la respuesta metabólica, en relación con el tiempo, a estímulos patofisiológicos (nutricionales, xenobióticos, quirúrgicos o tóxicos). El metaboloma abarca el conjunto completo de metabolitos/sustancias intermedias con bajo y medio peso molecular, que varían en función de la fisiología, estado de desarrollo o patológico de la célula, tejido, órgano u organismo. La metabolómica puede aportar al estatus metabólico asociado a un sistema celular o biológico, como también para la identificación de nuevos biomarcadores, el hallazgo de diferencias metabólicas entre grupos de muestras y el reconocimiento de compuestos que sean significativos (Barbas *et al.*, 2018).

De acuerdo con Plunk *et al.* (2022), el análisis del metaboloma presenta una alta diversidad estructural de compuestos con diferentes propiedades químicas

y físicas (peso molecular, polaridad, solubilidad, volatilidad y rango de concentración). Además, existen metabolitos endógenos y exógenos; los endógenos incluyen: aminoácidos, ácidos orgánicos, ácidos nucleicos, ácidos grasos, azúcares, vitaminas, cofactores, pigmentos antibióticos y son producidos de manera natural por un organismo. Los exógenos incluyen: fármacos, contaminantes ambientales, aditivos alimentarios, toxinas y otros xenobióticos provenientes de la interacción con el medioambiente y los factores externos de cada individuo.

La tabla 6 muestra las plataformas más utilizadas, ventajas y limitaciones de su uso.

Tabla 6. Plataformas utilizadas para caracterización metabolómica

Plataforma	Ventajas	Limitaciones
GC-MS	Alta reproducibilidad y sensibilidad analítica. Facilidad en identificación de metabolitos.	Solo aplicable a compuestos volátiles y térmicamente estables.
LC-MS	Presenta variantes cromatográficas (RP-C18, HILIC, etc.). Gran cobertura de metabolitos detectados. Alta sensibilidad.	Se requieren herramientas bioinformáticas para el procesamiento de los datos. La identificación de metabolitos no es directa.
CE-MS	Consumo muy poca cantidad de muestras.	Solo aplicable a compuestos polares cargados. Poca robustez y reproducibilidad analítica.
RMN	Altamente cuantitativa y reproducible Mínima preparación de la muestra.	Poca sensibilidad.
MALDI	Permite estudiar la localización de compuestos en tejidos biológicos con resolución de hasta 10 μm . Análisis rápidos.	Poco cuantitativo y reproducible.

Notas: ms: espectrometría de masas; GC-MS: cromatografía de gases asociada a MS; LC-MS: cromatografía líquida asociada a MS; CE-MS: electroforesis capilar asociada a MS; RMN: resonancia magnética nuclear; MALDI (*matrix-assisted laser desorption ionization*): matriz orgánica para ionizar analitos mediante irradiación por láser.

Fuente: tomado de Yanes (2015).

En cuanto a la aplicación de técnicas metabolómicas en frutos, se han realizado diferentes estudios en los cuales se busca identificar de forma no dirigida los compuestos bioactivos, la capacidad antioxidante y protectora, entre otros aspectos. Para el reconocimiento de metabolitos en pulpa mirití se han usado plataformas como (Abreu-Naranjo *et al.*, 2020):

- HPLC/ESI-MS/MS para la composición fenólica.
- HPLC-DAD para el análisis de vitamina C y carotenoides.
- Método de aluminio cloruro para la detección de flavonoides totales.
- Método de Folin-Ciocolteu para la determinación del contenido de polifenoles totales.
- Ensayo de DPPH (*1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl Free Radical*) y ensayo de reducción de hierro (*Ferric Reducing Antioxidant Power*, FRAP) para la determinación de la capacidad antioxidante.

Para la identificación de metabolitos y la capacidad antioxidante en wasái se han realizado diferentes estudios con el uso de las siguientes metodologías analíticas (Amarowicz y Pegg, 2019; de Souza Silva *et al.*, 2022; Garzón *et al.*, 2017):

- FRAP: el ensayo FRAP fue desarrollado por Iris Benzie y J. J. Strain en 1996 para medir el poder reductor férrico del plasma humano. Posteriormente, en el 2000, Raquel Pulido, Laura Bravo y Fulgencio Saura-Calixto adaptaron este método para cuantificar la capacidad antioxidante reductora del hierro en extractos vegetales.
- RP-UHPLC-PDA para la determinación de antocianinas y perfiles fenólicos.
- Ensayos ABTS catión radical y DPPH para determinación de actividad antioxidantes.

Para la identificación de la composición química y enzimática de metabolitos en yuca, se han utilizado las siguientes metodologías analíticas con el fin de identificar marcadores bioquímicos (Gavicho-Uarrota *et al.*, 2014; Kedare y Singh, 2011; Xiao *et al.*, 2021):

- *Attenuated total reflectance for Fourier transform infrared spectroscopy* (ATR-FTIR).
- DPPH: este método fue desarrollado por M. S. Blois en 1958 con el objetivo de determinar la actividad antioxidante mediante el uso del radical libre estable α, α -difeníl- β -picrilhidrazilo (DPPH; $C_{18}H_{12}N_5O_6$, M = 394,33).

El ensayo se basa en la medición de la capacidad de captura de radicales por parte de los compuestos antioxidantes.

- Método de aluminio cloruro para detección de flavonoides totales.

Metabolitos

El metabolismo celular contempla el proceso de degradación de moléculas desde donde se obtiene energía y síntesis de las moléculas para procesos fundamentales como la reproducción, la reparación y el crecimiento. A partir de estos procesos se tienen las rutas o vías metabólicas; con base en ese proceso, en el transcurso de ese camino se obtienen los metabolitos primarios y secundarios (Gagneten *et al.*, 2015).

Dentro del metabolismo intervienen principalmente los metabolitos primarios, los cuales son fundamentales en las funciones vitales del organismo, al contrario de un metabolito secundario que aporta beneficios al organismo de manera secundaria, en especial en procesos antioxidantes (Gámez-Villazana, 2020). En esta clasificación también se habla de compuestos bioactivos, los cuales pueden ser metabolitos secundarios que influyen en actividades celulares y mecanismos fisiológicos. Aunque estas sustancias se encuentran en pequeñas concentraciones en frutas y verduras, se ha visto que al interior del organismo pueden provocar una interacción bioquímica positiva en procesos desinflamatorios, antioxidantes, antitumorales, entre otros.

El contenido de estos compuestos varía a partir de las características biológicas y la interacción con factores externos en organismos vivos, razón por la cual, en cada uno, la concentración y la constitución de la estructura puede variar (Martínez-Navarrete *et al.*, 2008). Estos compuestos se pueden clasificar en terpenoides, fenólicos y azufrados.

- **Compuestos terpenoides:** compuestos derivados de esqueletos carbonados de 2-metilbuta-1,3-dieno (unidades de isopreno, C₅); estos compuestos se reorganizan en estructuras lineales y cíclicas. Se clasifican en monoterpenos (2 unidades C₅), sesquiterpenos (3 unidades C₅), diterpenos (4 unidades C₅), triterpenos (6 unidades C₅), entre otros. Se agrupan en seis clases fundamentales: tocoferoles, taxanos, ingenanos, artemisininas, esteroles y cannabinoides. Son responsables de las características organolépticas de las

plantas. Algunos de ellos poseen actividades antioxidantes, antiinflamatorias, antibacterianas, anticancerígenas, entre otras (Cámara *et al.*, 2024).

- **Compuestos fenólicos:** metabolitos secundarios que se caracterizan por tener uno o más grupos hidroxilo (-OH), de reacción ácida, unidos a un anillo aromático (grupo fenol). Se clasifican en compuestos simples y polifenólicos. Los compuestos simples contienen dos o tres grupos hidroxilo en el anillo aromático. Pueden ser de tipo fenilpropanoides, cumarinas e hidroxicumarinas, así como derivados del ácido benzoico. Por otro lado, se encuentran los flavonoides, un tipo de polifenoles presente en plantas y responsable del color de las flores y frutas. Los tipos característicos corresponden a flavonoles, flavonas, isoflavonas, antocianidinas, flavanonas, flavanoles y chalconas. Varios de estos compuestos tienen la propiedad de ser antioxidantes ya que estabilizan o desactivan radicales libres. También tienen propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias. Actúan como mecanismos de defensa contra patógenos y algunos flavonoides como las antocianinas son responsables de los colores de las frutas (Chen *et al.*, 2023).
- **Compuestos azufrados:** utilizados principalmente en la industria y los estudios de adsorción sobre carbones activados (Santos-Buelga y Tomás-Barberan, 2001). Para esta investigación, estos compuestos serán excluidos al no encontrarse presente en los frutos de interés.

Muestras

Un total de catorce muestras liofilizadas correspondientes a wasái (*Euterpe oleracea* y *Euterpe precatoria*), mirití (*Mauritia flexuosa*), copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y fariña (*Manihot esculenta*) fueron analizadas por el laboratorio MetCore de la Universidad de los Andes. Estas muestras se tomaron con el propósito de estandarizar las técnicas metabolómicas y realizar una caracterización de metabolitos que se podrían encontrar en este tipo de alimentos. Las técnicas utilizadas para su análisis fueron: LC-QTOF-MS, Lipidómica-LC-QTOF-MS y GC-QTOF-MS. La tabla 7 expone el detalle de las muestras analizadas por el laboratorio MetCore.

TABLA 7. Muestras analizadas por técnicas metabolómicas

Nombre de la muestra	Estado de maduración
Wasái	Maduro
Wasái	Pintón 3 ^a
Wasái sabanero	Verde-maduro
Mirití	Maduro
Mirití	Muy maduro
Mirití	Pintón 3 ^b
Mirití	Pintón 4 ^c
Copoazú 1 y 2	Mezcla maduro e inmaduro
Copoazú 3	Maduro
Copoazú 4	Inmaduro
Semilla-copoazu 3	Maduro
Semilla-copoazu 4	Inmaduro

Notas:

^a Wasái, pintón 3: fruto con color púrpura en $\frac{3}{4}$ de la corteza predominando y color verde en $\frac{1}{4}$ del total del fruto (Hernández Gómez *et al.*, 2018).

^b Mirití, pintón 3: fruto color naranja opaco en un 80 % y marrón brillante en un 20 % entre las escamas. Tiene menor firmeza en la presión y una sensación poco grasosa (Hernández Gómez *et al.*, 2018).

^c Mirití, pintón 4: color marrón oscuro opaco en la totalidad del fruto (Hernández Gómez *et al.*, 2018).

Fuente: elaboración propia con base en Hernández Gómez *et al.* (2018).

Caracterización química

La caracterización química de los metabolitos secundarios por LC-QTOF-MS y por GC-QTOF-MS se muestra en la tabla 8 (en el anexo 2 se encuentra el detalle de la metodología realizada por el laboratorio MetCore).

TABLA 8. Metodología para caracterización química por LC-QTOF-MS y GC-QTOF-MS

LC-QTOF-MS	GC-QTOF-MS
1. Extracción de metabolitos para análisis. Se pesaron 10 mg de cada una de las muestras y se siguió el protocolo estandarizado por el MetCore.	1. Extracción metabolitos para análisis. Se pesaron 10 mg de cada una de las muestras y se siguió el protocolo estandarizado por el MetCore.
2. Análisis de muestras por cromatografía líquida. Se utilizó el sistema cromatográfico de líquidos Agilent Technologies 1290, acoplado a un analizador de masas de cuadrupolo con tiempo de vuelo Q-TOF 6545 y con ionización por electrospray.	2. Análisis de muestras por cromatografía de gases. Se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890B GC, acoplado a un espectrómetro de masas con tiempo de vuelo Agilent Technologies 7250GC/Q-TOF.
3. Procesamiento de caracterización química. Se utilizó el <i>software</i> Agilent Mass Hunter Profinder 10.0, y se empleó el algoritmo Recursive Molecular Extraction.	3. Procesamiento de caracterización química. Para el proceso de deconvolución e integración se utilizó el <i>software</i> Agilent Unknowns Analysis B.10.0.
4. Anotación de características moleculares. La anotación de características moleculares se realizó usando diferentes herramientas como la masa exacta, la fórmula molecular, los espectros de masa y los tiempos de retención. Cada metabolito se reportó con el nivel de confianza ID acorde con las pautas establecidas por la <i>Metabolomics Standards Initiative (MSI)</i> . Se ejecutó una búsqueda en <i>batch</i> en bases de datos del CEU Mass Mediator.	4. Anotación de características moleculares. La identificación se realizó en dos bibliotecas: “Fiehn GC-MS Metabolomics RTL Library”, versión 2011, y NIST Mass Spectral Reference Library (National Institute of Standards and Technology), versión 2017.

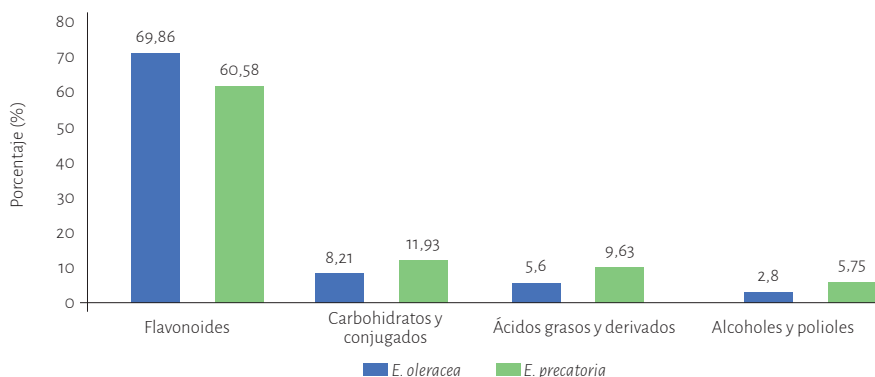
Fuente: adaptada con base en Core Facility en Metabolómica (MetCore) (2023).

Caracterización química del wasái (*Euterpe oleracea* y *Euterpe precatoria*)

En términos generales, los compuestos prevalentes encontrados para las especies *E. oleracea* y *E. precatoria* del fruto wasái en el estado maduro fueron: flavonoides, carbohidratos, ácidos grasos y sus derivados y alcoholes.

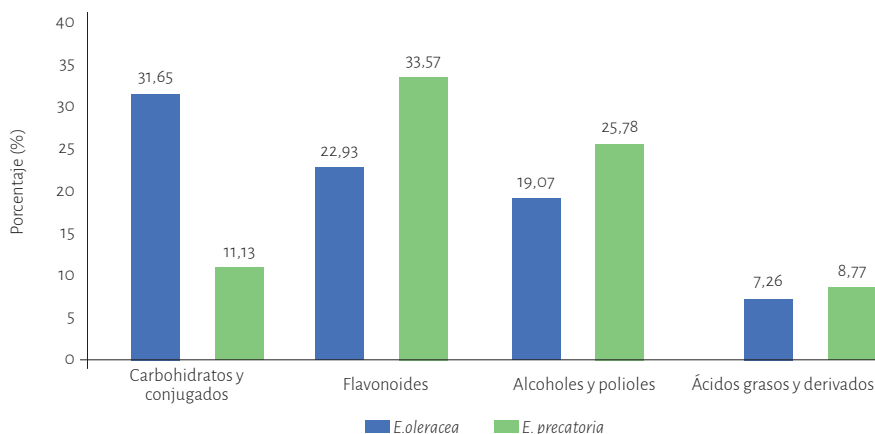
La gráfica 2 muestra los compuestos prevalentes para las especies *E. oleracea* y *E. precatoria* en el estado maduro. Los flavonoides fueron prevalentes con un porcentaje de 69,9% y de 60,6% respectivamente. El porcentaje de alcoholes y polioles fue mayor para la especie *E. precatoria* (11,9%) en comparación con la especie

E. oleracea (2,8%). Para el caso de los carbohidratos, la especie *E. precatória* presentó un valor de 9,6%, mientras que la especie *E. oleracea* presentó un valor de 8,2%. El porcentaje de “ácidos grasos” fue de 5,8% para *E. precatória* y de 5,6% para *E. oleracea*. Estudios recientes indican que los flavonoides son compuestos predominantes en el wasái con alto potencial antioxidante, anticancerígeno, antiinflamatorio, antimicrobiano, entre otras. Además, Silveira *et al.* (2023) han reportado la prevalencia de carbohidratos en diferentes muestras de wasái procedente de Pará, Brasil, así como de ácidos grasos en muestras de Amapá, Brasil, y de compuestos fenólicos.



GRÁFICA 2. Compuestos de *E. oleracea* y *E. precatória* en estado maduro

Fuente: elaboración propia.



GRÁFICA 3. Compuestos de *E. oleracea* y *E. precatória* en estado verde

Fuente: elaboración propia.

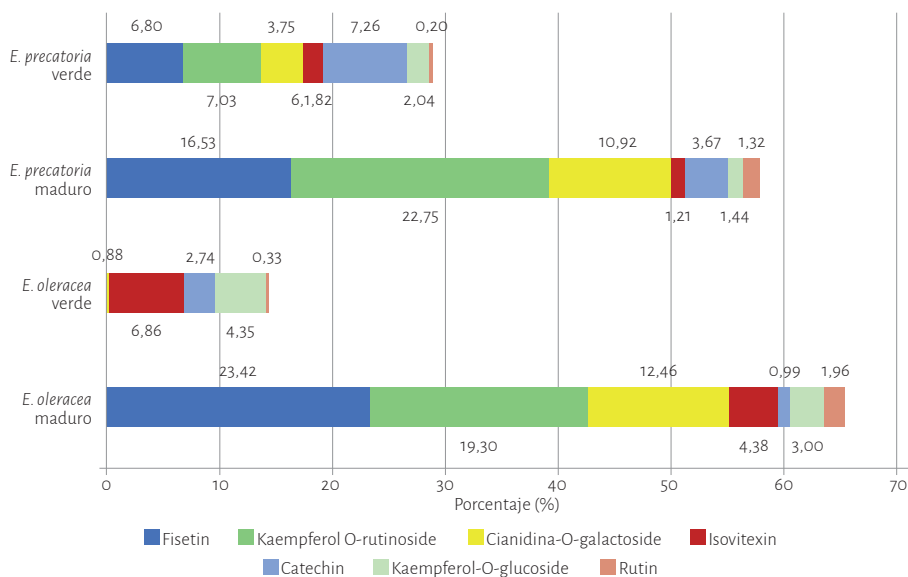
Para el estado de maduración verde los resultados indican que el compuesto prevalente para la especie *E. oleracea* son los carbohidratos con un porcentaje de 31,65 %, mientras que para *E. precatoria* el porcentaje es de 11,13 %. Los flavonoides se presentan con un porcentaje de 33,57 % para *E. precatoria* y para *E. oleracea* es de 22,93 % (véase la gráfica 3). Se puede observar que los alcoholes y polioles son mayores para la especie *E. precatoria* (22,78 %) y son menores para la especie *E. oleracea* (19,07 %). Los ácidos grasos se encuentran en un porcentaje de 8,77 % para *E. precatoria* y de 7,26 % para *E. oleracea*.

Flavonoides

Los flavonoides son un grupo de compuestos fenólicos diaril-propánicos, es decir, su estructura es del tipo C6-C3-C6, con dos anillos aromáticos (bencénicos) unidos entre sí por una cadena de tres carbonos, ciclada a través de un oxígeno. Proviene del metabolismo secundario de los vegetales (Harborne y Williams, 2000).

Dentro de la gama amplia de efectos destacan por su acción venotónica, su efecto antioxidante y su capacidad para inhibir diversos procesos enzimáticos relacionados con el sistema vascular. Están distribuidos entre los vegetales superiores, siendo las rutáceas, poligonáceas y umbelíferas las principales familias que los contienen. Abundan, sobre todo, en las partes aéreas jóvenes y más expuestas al sol, como hojas, frutos y flores, ya que la luz solar favorece su síntesis. Dentro del grupo de los flavonoides, los más destacados por su interés farmacológico son las flavonas, flavonoles, flavanonas y sus correspondientes heterósidos. Además, algunos isoflavonoides son importantes por su efecto estrogénico y por los compuestos directamente relacionados con los flavonoides (elementos que conservan el sistema C6-C3-C6, pero carecen del carbonilo en la posición 4), como son las antocianidinas, las catequinas, las leucoantocianidinas y los antocianósidos.

La gráfica 4 muestra los tipos de flavonoides con mayor prevalencia en los estados maduro y verde para el wasaí (*E. oleracea* y *E. precatoria*). En *E. oleracea*, los flavonoides prevalentes para el estado maduro fueron la fisetina (23,4 %), el kaempferol-O-rutinósido (19,3 %) y la cianidina-O-galactósido (12,4 %). Para el estado verde, los compuestos prevalentes resultaron ser la isovitexina (6,9 %), el kaempferol-O-glucósido (4,3 %) y catequina (2,8 %). Para *E. precatoria*, los flavonoides prevalentes en el estado maduro fueron el kaempferol-O-rutinósido (22,8 %), la fisetina (16,5 %) y la cianidina-O-galactósido (10,9 %). Para el estado verde los flavonoides de mayor prevalencia fueron la catequina (7,5 %), el kaempferol-O-rutinósido (7,0 %) y la fisetina (6,8 %).



GRÁFICA 4. Flavonoides hallados en *E. oleracea* y *E. precatoria*, en estados maduro y verde

Fuente: elaboración propia.

En estudio reportado por Hogan *et al.* (2010), los compuestos encontrados en un extracto de açai (*E. oleracea*) fueron cianidin-3-glucosida, cianidin-3-rutinosida, peonidin-3-(6"-malonilglucósido), delphinidin 3-(6"-acetol) glucósido y peonidin-3-rutinosida. Estos resultados coinciden con algunos resultados de este estudio en donde se encontró cianidin-O-galactosida para ambas especies.

Kang *et al.* (2011) reportó la presencia de cinco flavonoides, (2S,3S)-dihidrokaempferol 3-O- β -d-glucosida y su isómero (2R,3R)-dihidrokaempferol 3-O- β -d-glucosida, isovitexina, velutina y 5,4'-dihidroxi-7,3',5'-trimetoxiflavona a partir de pulpa de açai (*E. oleracea*). El compuesto isovitexina se encontró también en la pulpa de *E. oleracea* en estado verde y maduro de este estudio.

Por otro lado, un estudio de caracterización de compuestos bioactivos reportó la presencia de cianidin-3-glucosida (4,94 mg/100 g) y cianidin-3-rutinosida (17,9 mg/100 g) (Gordon *et al.*, 2012). Para este estudio se identificó la presencia de cianidin-3-galactosida con un porcentaje de 12,5 % para *E. oleracea* en estado maduro y de 10,9 % para *E. precatoria* en el mismo estado. La tabla 9 muestra las características de los flavonoides con mayor prevalencia encontrados en el wasái para los estados maduro y verde.

TABLA 9. Características y aplicaciones de flavonoides en wasai

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Fisetina	$C_{15}H_{10}O_6$	Es un flavonol, una sustancia química que pertenece a los flavonoides, grupo de polifenoles. Se puede encontrar en muchas plantas y sirve como un agente colorante. También se encuentra en muchas frutas y verduras, como las fresas, manzanas, caquis, cebollas y pepinos.	Se ha informado que la fisetina es un agente quimiopreventivo/quimioterapéutico en varios tipos de cáncer y también agente neuroprotector. Varios estudios indican que la fisetina es un nuevo antioxidante prometedor. Las propiedades antioxidantes de la fisetina se han examinado mediante cálculos basados en voltamperometría cíclica y química cuántica. Se ha informado que el valor de concentración de actividad equivalente de <i>Trolox</i> (<i>Trolox equivalent antioxidant capacity</i> , TEAC) de fisetina es $2,80 \pm 0,06$.	La concentración más alta de fisetina se encuentra en las fresas (160 $\mu\text{g/g}$), las manzanas (26,9 $\mu\text{g/g}$) y los dátiles (10,5 $\mu\text{g/g}$), respectivamente. La ingesta diaria es de 0,4 mg de media. Además, se sabe que se utiliza como colorante (7-9). Farmacéutico: el uso de fisetina junto con tratamientos contra el cáncer muestra un efecto sinérgico, es decir, aumentan la apoptosis en las células cancerosas, suprimen la invasión junto con la metástasis y provocan la muerte celular autofágica gracias a su efecto farmacológico pleiotrópico. Las dosis orales de fisetina publicadas en la literatura científica oscilan entre 5 y 25 mg/kg en animales, mientras que las dosis intraperitoneales oscilan entre 0,3 y 3 mg/kg en presencia de un vehículo químico (dimetilsulfóxido). Las dosis utilizadas comercialmente para personas se encuentran en el límite inferior de este rango y entre 100 y 200 mg diarios para el compuesto oral (Ates <i>et al.</i> , 2020; del Campo-Pérez <i>et al.</i> , 2021).

Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Kaempferol	$C_{27}H_{30}O_{15}$	Es un flavonol que ha sido aislado de diversas fuentes: té verde, <i>Delphinium</i> , brócoli, avellana de bruja (<i>Hamamelis virginiana</i>), toronja, uva, coles de Bruselas, manzana, espinaca, col rizada, col china, cereza y arándano; hierbas y hojas, como el eneldo, las hojas de hinojo y el cebollino. Es altamente soluble en agua y es soluble en etanol caliente y éter etílico.	Antioxidante, mejor que las vitaminas C y E. También se encuentra en la planta de cannabis (<i>Cannabis sativa</i>) en cantidades comparativamente mayores que otros componentes de la planta. Desempeña un papel vital como metabolito secundario, con efectos protectores que apoyan el funcionamiento de la planta de cannabis y puede interactuar con otras partes de la planta. El cáncer, la diabetes, la obesidad, las lesiones hepáticas y la colitis son algunas de las afecciones que puede tratar el kaempferol. También puede proporcionar efectos protectores sobre el corazón y el nervio craneal, lo que podría dar al kaempferol la capacidad de tratar el dolor nervioso.	Muy utilizado desde hace siglos en medicina y está presente en el vino. Se ha confirmado su acción beneficiosa, en especial en células de riñón. Tiene capacidad para modular la actividad de enzimas celulares, así como de ejercer efectos antiinflamatorios y antioxidantes al inhibir vías inflamatorias y regular el estrés oxidativo (Sánchez <i>et al.</i> , 2025).

Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Cianidina	$C_{21}H_{21}O_{11}$	Es un compuesto orgánico natural que ha sido clasificado como un flavonoide al igual que una antocianina. En las plantas tiene función como pigmento o colorante. Funciona tiñendo las hojas de color y dando intensidad al color de las frutas que los vegetales producen. Algunos alimentos con cianidina son arándanos, bayas rojas, berenjenas, cebollas rojas, cerezas, ciruelas, col roja, frambuesas, lombarda, manzanas, maíz morado, moras, melocotones, rábanos, uvas, zarzamoras.	Estudios en donde se demuestra que la administración de cápsulas de cianidina a pacientes controlados, así como la ingesta de esta antocianina a través de alimentos, tiene propiedades antiinflamatorias. La cianidina 3-glucósido protege el ADN humano, ya que evita el crecimiento celular anómalo, algo que previene enfermedades como el cáncer.	La cianidina está a la venta como E163a, un colorante muy usado en la industria textil y en el procesamiento de alimentos. Todas las antocianinas son usadas como colorantes o aditivos alimentarios, siendo su catalogación la siguiente: Cianidina, E163a; Delfinidina, E163b; Malvidina, E163c; Pelargonidina, E163d; Peonidina, E163e; Petunidina, E163f.
Isovitexina	$C_{21}H_{20}O_{10}$	Es una flavona a apigenina-6-C-glucósido. Se puede encontrar en maracuyá, wasai, frijol y trigo sarraceno.	También hay datos relacionados con la prevención de la diabetes, dado que tiene una incidencia sobre los niveles de glucosa en sangre, siendo también su papel importante en la lucha contra la obesidad (Casedas <i>et al.</i> , 2018).	Todos estos colorantes naturales son usados en la fabricación de bebidas y refrescos, elaboración de gominolas y productos dulces, así como en la producción de productos lácteos (de la Rosa Reyna <i>et al.</i> , 2022).
			Componentes activos de muchas plantas que se utilizan en la medicina tradicional china para calmar el dolor y la inflamación, como también apoyar la función cerebral. Posee diversas bioactividades, como actividades antioxidantes, antiinflamatorias, antineoplásicas y efectos protectores sobre enfermedades neurológicas y psiquiátricas, cardiovasculares, endocrinas y metabólicas (Ryle, 2025).	En el cáncer de hígado se ha informado que la administración oral de isovitexina (5 a 20 mg/kg/día) durante tres semanas puede inhibir el crecimiento de tumores de xenoinjerto HepG2 en ratones desnudos mediante la inducción del retículo endoplásmico y, por lo tanto, la apoptosis en células de cáncer de hígado.

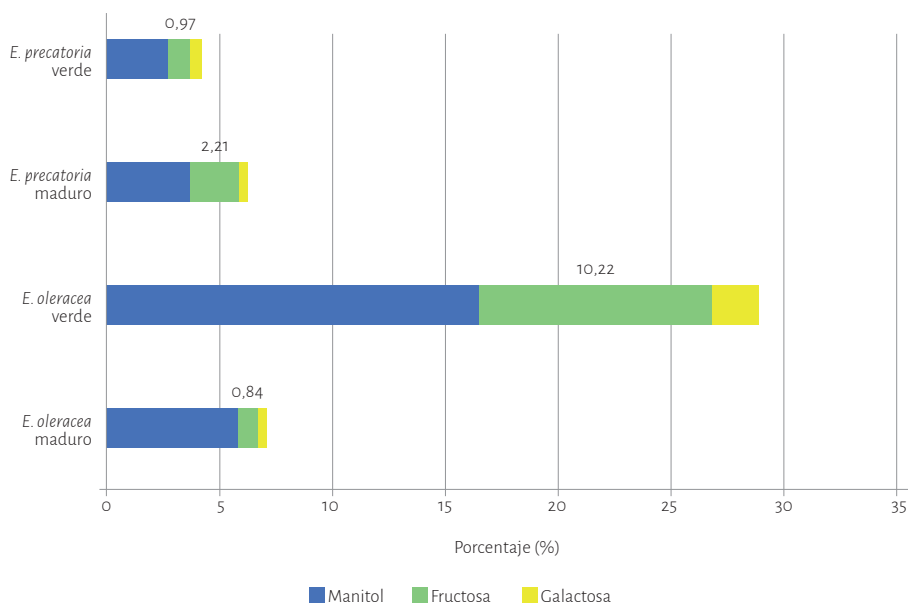
Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Rutina	$C_{27}H_{30}O_{16}$	Glucósido compuesto por el flavonoide aglicona quercetina y el disacárido rutinoso. También conocida como vitamina P o rutósido. La rutina puede hidrolizarse en el tracto gastrointestinal a quercetina y metabolizarse a una amplia gama de otros productos químicos. Se encuentra en árbol pagoda japonés, eucalipto, flores de sauco, espino, ruda, hierba de San Juan, ginkgo y manzanas.	Se puede utilizar como aditivo en las industrias de alimentos, bebidas y farmacéutica. La desglucosilación de la quercetina producida por rutina también se utiliza para el tratamiento del cáncer. Estudios anteriores sugirieron que la rutina interactúa con varias moléculas de proteínas y regula las vías de señalización que inhiben el crecimiento de las células cancerosas al inhibir la proliferación, recuperar el cambio metabólico, la producción de especies reactivas del oxígeno, la apoptosis y la inflamación. Sin embargo, el mecanismo de acción no está bien definido (Calabrese <i>et al.</i> , 2024).	Aditivo alimentario. Posee actividad anticonvulsiva y parece ser segura para pacientes con epilepsia. La rutina se estudia ampliamente por su actividad antimicrobiana contra diversas cepas de bacterias. Ha demostrado un profundo grado de inhibición del crecimiento de la bacteria <i>Escherichia coli</i> . La rutina, cuantificada en la miel, ha mostrado efectos inhibidores sobre <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Shigella sonnei</i> y <i>Klebsiella sp.</i>
Catequina	$C_{15}H_{14}O_6$	Corresponden al grupo de los flavonoles. Su principal origen es la planta <i>Acacia catechu</i> (terra japónica). Los alimentos más ricos en catequinas son el té verde, negro y rojo, la pera, la manzana, el vino tinto y el cacao.	Se consideran compuestos bioactivos. Por ejemplo, el consumo de catequina de los alimentos se asocia con la inhibición de la trombosis arterial, la actividad anti-inflamatoria, la reducción del colesterol total y lipoproteína de baja densidad en vivo como parte de su capacidad antioxidante (Peñarrieta <i>et al.</i> , 2014).	Las propiedades antimicrobianas del té están relacionadas con la catequina y sus derivados, que son flavonoides naturales que abundan en este producto. La creciente evidencia de estudios <i>in vitro</i> demostró los efectos antimicrobianos de las catequinas tanto en bacterias grampositivas como gramnegativas, y propuso mecanismos terapéuticos directos e indirectos (Bae <i>et al.</i> , 2020).

Fuente: elaboración propia.

Carbohidratos

Son moléculas biológicas compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno en una proporción aproximada de un átomo de carbono (C) por cada molécula de agua. Sus cadenas tienen diferentes longitudes y pertenecen a tres categorías: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Su función principal es la de proporcionar energía a todas nuestras células. También contribuyen con la formación de material genético y de diversos tejidos corporales. Los resultados metabolómicos para el wasái indican que los carbohidratos prevalentes para la especie *E. oleracea* fueron manitol, fructosa y galactosa. Para la especie *E. precatória*, los carbohidratos prevalentes son manitol, lactulosa, fructosa y gluconolactona. Es importante destacar que los resultados de la lactulosa y gluconolactona no se incluyeron en la gráfica 5, ya que poseían valores muy bajos.



GRÁFICA 5. Carbohidratos presentes en *E. oleracea* y *E. precatória* en estados maduro y verde

Fuente: elaboración propia.

La gráfica 5 muestra los tipos de carbohidratos encontrados en las dos especies de wasái para los estados maduro y verde. Para la especie *E. oleracea* se pudo observar que en el estado maduro predomina el manitol con 5,92 %, mientras que para el estado verde el manitol exhibe un 16,6 %. Para la especie *E. precatória*, el manitol exhibe un porcentaje de 3,7 %, seguido de la fructosa con 2,2 % y la gluconolactona con 1,1 %. Para el estado verde, el manitol exhibe un porcentaje de 2,8 %, seguido de la lactulosa con 2,5 % y de la gluconolactona con 1,7 %.

Estudios de pulpa de wasái (*E. oleracea*) han reportado la presencia de monosacáridos: ácido urónico (44,6 %), arabinosa (16,5 %), galactosa (16,6 %) y glucosa (11,4 %), diferentes a los identificados en este libro (Cantu-Jungles *et al.*, 2017). La tabla 10 muestra las características de los carbohidratos con mayor prevalencia encontrados en el wasái para los estados maduro y verde.

TABLA 10. Características y aplicaciones de carbohidratos en wasaí

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Manitol	$C_6H_{14}O_6$	Edulcorante obtenido de la hidrogenación del azúcar manosa. Pertenecce a los edulcorantes polioles o polialcoholes. Es un éster isómero del sorbitol. Se encuentra naturalmente en alimentos como remolacha, apio, aceitunas, algas marinas.	Tiene un efecto refrescante, no cartogénico y tiene bajo contenido calórico. Se absorbe solo parcialmente y no se metaboliza en el intestino delgado. En la parte inferior del tracto digestivo, las bacterias colónicas metabolizan una parte de la porción que no se absorbe. (Comité de Medicamentos de la Asociación Española de Pediatría, 2020).	Edulcorante, en alimentos dietéticos chicles. No contribuye a la formación de caríes. Sustituto del plasma sanguíneo. Manitol al 20% como diurético osmótico para aliviar hipertensión intracraneal (Calorie Control Council, CCA, 2024).
Fructosa	$C_6H_{12}O_6$	Tipo de glucido en vegetales, frutas y miel. Monosacárido cetohexosa con seis átomos de carbono y un grupo cetona. Tiene el mismo poder energético que la glucosa 4 kcal/g. Glúcido reductor. Codificado como E420. Se encuentra de manera natural en la miel y en frutas como dátiles, uvas, higos, manzanas o zumos de frutas.	Tiene tránsito hepático, por lo cual su metabolismo es lento e interfiere con el metabolismo de los ácidos grasos. Se ha visto que se aumentan los niveles de grelina en sangre y se reduce el nivel de insulina y leptina. La grelina aumenta el apetito por lo cual su consumo se ha asociado con obesidad (Clapa, 2022).	Edulcorante, conservante. Ayuda a retener el agua, se utiliza para que la piel se mantenga hidratada y sana. Protege la piel de la pérdida de agua. Exfoliante (Clapa, 2022).

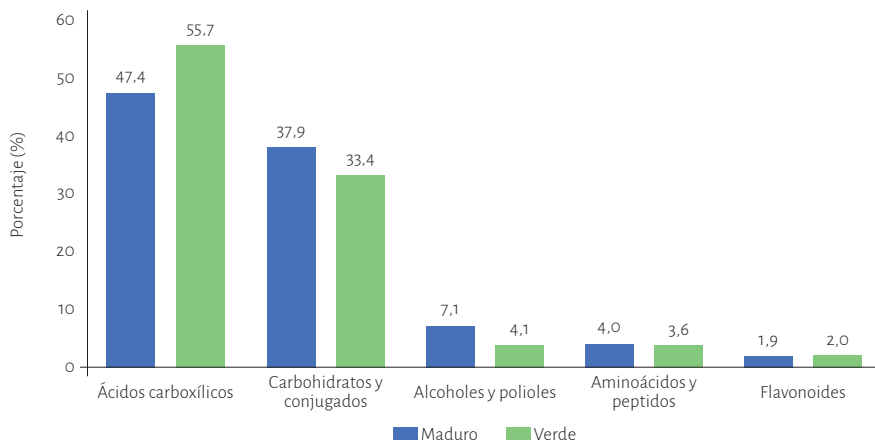
Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Lactulosa	$C_{12}H_{22}O_{11}$	La lactulosa es un azúcar sintético utilizado para tratar el estreñimiento. Es un disacárido que se origina por isomerización de la lactosa en medios básicos. Se procesa en el colon en sustancias que extraen el agua del cuerpo y la evacúan hacia el colon.	La lactulosa también se usa para reducir la cantidad de amoniaco en la sangre de los pacientes con problemas al hígado. Su acción consiste en extraer el amoniaco de la sangre hacia el colon, donde se elimina del cuerpo (Comité de Medicamentos de la Asociación Española de Pediatría, 2020).	Estreñimiento habitual o crónico en niños (A) y adultos. No existen estudios controlados sobre su uso en población pediátrica para la prevención y el tratamiento de la encefalopatía hepática portosistémica. La lactulosa ha sido estudiada en el tratamiento de infecciones intestinales, colitis ulcerosa y enfermedad de Crohn. La lactulosa se comercializa en soluciones acuosas con distintos grados de pureza, en polvo y en forma cristalina, tanto anhidra como hidratada (Olano, 2000).
Gluconolactona	$C_6H_{10}O_6$	La gluconolactona es un polihidroxiácido (PHA) que deriva del ácido glucónico y pertenece a la segunda generación de ácidos. Se encuentra en la miel, vino y en algunas frutas.		Exfolia suavemente la superficie de la piel. Su función como antioxidante es otra de las más importantes, ya que fortalece la función barrera de la piel sin causar ningún tipo de sensibilidad. Tiene un gran poder antienviejamiento. Es derivado glucono delta lactona (GDL), un aditivo alimenticio derivado del ácido glucónico. Se fabrica mediante la fermentación por bacterias y levaduras a partir de carbohidratos como el arroz o el maíz. Además, es usado con funciones múltiples como acidulante, antioxidante, regulador del pH y conservador, ya que evita el crecimiento de microorganismos, agente leudante o secuestrante (Guerrero, 2021; "Qué es la gluconolactona", 2023).

Fuente: elaboración propia.

Caracterización química del copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

En términos generales, los compuestos prevalentes encontrados para la pulpa de copoazú (estado maduro e inmaduro) fueron ácidos carboxílicos; carbohidratos; alcoholes y polioles; aminoácidos y péptidos, y flavonoides, como se aprecia en la gráfica 6.

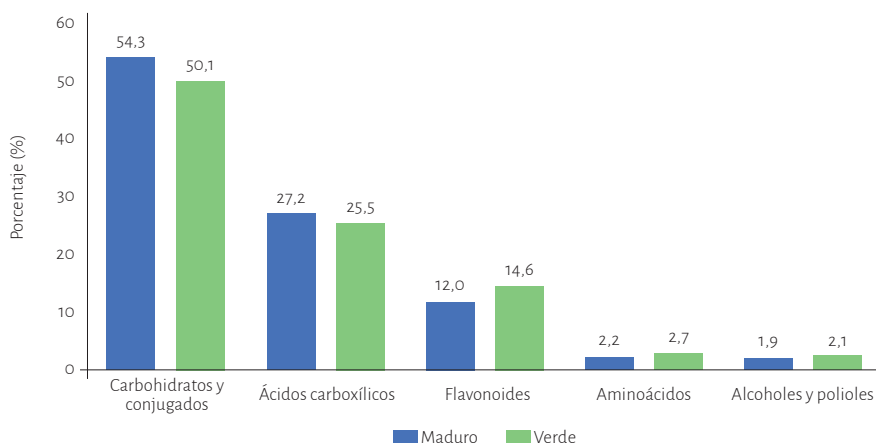


GRÁFICA 6. Compuestos hallados en pulpa de *T. grandiflorum*, estado verde y maduro

Fuente: elaboración propia.

La gráfica 6 muestra que, para el estado maduro, los ácidos carboxílicos presentaron un porcentaje mayor al 45 %, mientras que para el estado inmaduro fue mayor al 50 %. En el caso de los carbohidratos, los rangos oscilaron entre el 30 al 35 % para los estados maduro e inmaduro, respectivamente. Los alcoholes, polioles, aminoácidos y flavonoides presentaron porcentajes entre el 7 y el 1 %. Para el caso de las semillas de copoazú, los compuestos predominantes fueron carbohidratos, ácidos carboxílicos, flavonoides, aminoácidos, alcoholes y polioles.

Como se observa en la gráfica 7, para las semillas provenientes del estado maduro, los carbohidratos presentaron un porcentaje de 54 %, mientras que para el estado inmaduro fue de 50 %. Los ácidos carboxílicos oscilaron en un rango de 2 a 27 % para los estados maduro e inmaduro, respectivamente. Los flavonoides se presentaron en un rango de 1 a 12 %. Los aminoácidos y alcoholes presentaron porcentajes menores al 2 %.



GRÁFICA 7. Compuestos de semillas de *T. grandiflorum*, estados maduro y verde

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta que los compuestos prevalentes en la pulpa y la semilla de copoazú fueron ácidos carboxílicos y carbohidratos, a continuación se muestra una descripción de los tipos de metabolitos pertenecientes a estos compuestos, junto con sus características y aplicaciones.

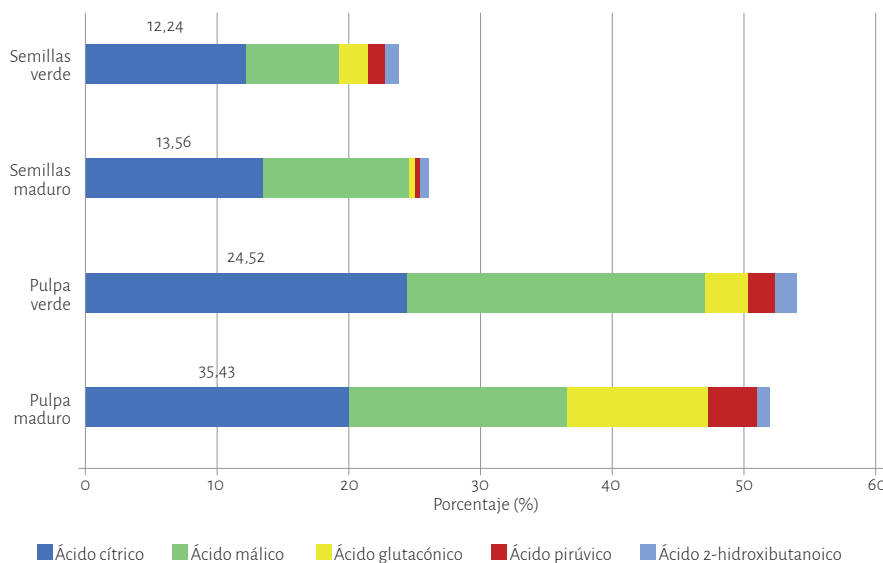
Ácidos carboxílicos

Son compuestos caracterizados por la presencia del grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) unido a un grupo alquilo o arilo. Cuando la cadena carbonada presenta un solo grupo carboxilo, los ácidos se llaman monocarboxílicos o ácidos grasos; se denominan así ya que se obtienen por hidrólisis de las grasas. Uno de los ácidos carboxílicos de mayor aplicación industrial es el ácido acético, que se utiliza fundamentalmente para la obtención de acetato de vinilo, empleado también como monómero para la fabricación de polímeros (Bolívar, 2022).

La gráfica 8 muestra que el ácido cítrico en la pulpa de copoazú; en el estado maduro exhibe un valor de 35,4 %, mientras que para el estado inmaduro es de 24,5 %. El ácido málico es mayor para el estado inmaduro con un valor de 22,5 %, mientras que para el estado maduro es de 5,0 %.

En cuanto a las semillas de copoazú, la gráfica 8 revela que, para los estados maduro e inmaduro, el ácido cítrico y ácido málico exhiben valores similares superiores

al 11,0%. Un estudio realizado para pulpa de copoazú en Colombia reportó la presencia de ácido cítrico (176 mg/g DW) y de ácido málico (48 mg/g DW), lo cual concuerda con los resultados presentados en este estudio, en términos de composición (Pérez-Mora *et al.*, 2018). La tabla 11 muestra una descripción de los ácidos carboxílicos encontrados en la pulpa y semilla de copoazú, junto con aplicaciones en el campo industrial y farmacéutico.



GRÁFICA 8. Ácidos carboxílicos presentes en la pulpa y semilla de *T. grandiflorum*, estados maduro y verde

Fuente: elaboración propia.

TABLA 1.1. Características y aplicaciones de ácidos carboxílicos en el copoazú

Ácidos carboxílicos				
Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Ácido cítrico	$C_6H_8O_7$	El ácido cítrico existe en una variedad de frutas y verduras, sobre todo en frutas cítricas. Los limones y las limas tienen concentraciones particularmente altas del ácido. El ácido cítrico se obtiene principalmente en la industria gracias a la fermentación de azúcares como la sacarosa o la glucosa, producidas por el hongo <i>Aspergillus niger</i> . El citrato es un intermediario en el ciclo del ácido cítrico, también conocido como ciclo TCA (ácido tricarbóxico) o ciclo de Krebs, una vía metabólica central para animales, plantas y bacterias (Singh <i>et al.</i> , 2022).	El ácido cítrico en combinación con el citrato de potasio y citrato de sodio se ha utilizado en el tratamiento de las enfermedades renales, como cálculos renales, gota y acidosis metabólica. Ha favorecido la recuperación de tejidos dañados y protege el cerebro y el hígado del daño oxidativo. Ayuda a disminuir los efectos del envejecimiento y el estrés (Singh <i>et al.</i> , 2022).	Se usa como conservante en alimentos y bebidas y como saborizante, especialmente en refrescos y dulces. En la Unión Europea, el ácido cítrico cuando se usa como aditivo alimentario se puede denotar en el etiquetado de los alimentos con el número E330. En helados se usa como agente emulsionante para evitar que las grasas se separen; en el caramelo, para evitar la cristalización de la sacarosa, o en recetas en lugar del jugo de limón fresco. El ácido cítrico se usa con bicarbonato de sodio en una amplia gama de fórmulas efervescentes. Agente quelante que une metales al hacerlos solubles. Se utiliza para eliminar y desalentar la acumulación de cal en calderas y evaporadores. Se emplea en la fabricación de champú para eliminar la cera y la coloración del cabello, acidulante en cremas, geles y líquidos (Sharifuzzaman <i>et al.</i> , 2025).

Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Ácido málico	$C_4H_6O_5$	<p>Ácido orgánico dicarboxílico, el cual se encuentra en vinos, en algunos vegetales y en la mayoría de las frutas, por ejemplo, en las manzanas, en las cerezas, en los membrillos y en las uvas. Estas frutas deben de tener un sabor ácido y no deben de estar maduras. Este ácido se acumula esencialmente en las vacuolas de las células del mesocarpio que contienen >85-90 % del contenido total de ácido málico. El metabolismo del malato implica diversas vías, distribuidas entre el citosol y las mitocondrias celulares. La síntesis tiene lugar en el citosol mediante la carboxilación del fosfoenolpiruvato, obtenido mediante glucólisis por la pepsinasa, y su posterior reducción a malato (Lobit <i>et al.</i>, 2006).</p>	<p>Favorece la digestión. Ayuda a la recuperación después de hacer ejercicio. Mejora la higiene bucal. Mejora la condición de la piel. Contrarresta los dolores de articulaciones y los tejidos conectivos. Mejora la fuerza muscular. Se ha utilizado para el tratamiento de la fibromialgia (Freire y Lerner, 2023).</p>	<p>Aplicaciones alimentarias, como dulces y bebidas. Aporta un sabor ácido, reduce el pH, tiene efectos antimicrobianos y confiere propiedades especiales para mezclar y fijar el sabor. También tiene aplicaciones no alimentarias, como la limpieza y el acabado de metales, el acabado textil, el chapado químico, la industria farmacéutica, las infusiones y las pinturas (Kövilin <i>et al.</i>, 2019).</p>
Ácido glutacónico	$C_5H_6O_4$	<p>Este ácido dicarboxílico existe como un sólido incoloro y está relacionado con el ácido glutárico químico saturado. Los ésteres y las sales del ácido glutacónico se denominan glutaconatos. Relacionado con remolacha roja, remolacha común, soja y tamarindo (National Center for Biotechnology Information, 2024a).</p>	<p>Los ácidos glutárico, 3-hidroxiglutarico y glutacónico son metabolitos relacionados estructuralmente. En la aciduria glutárica tipo 1, el ácido glutacónico se acumula y provoca daño cerebral (National Center for Biotechnology Information, 2024a).</p>	<p>En la industria se utiliza como monómero para la biodegradación de poliésteres (Sun <i>et al.</i>, 2017).</p>

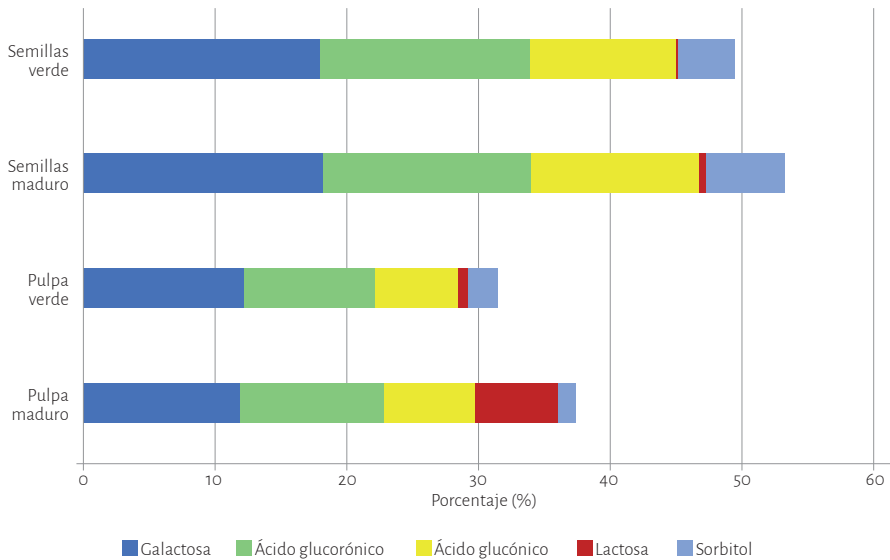
Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Ácido pirúvico	$C_3H_4O_3$	Es el más simple de los alfa-cetoácidos, con un ácido carboxílico y un grupo funcional cetona. El piruvato, la base conjugada, CH_3COCOO^- , es un intermediario importante en varias vías metabólicas a través de la célula. Puede obtenerse a partir de glucosa, mediante glucólisis; volver a convertirse en carbohidratos (como la glucosa), mediante gluconeogénesis, o transformarse en ácidos grasos mediante reacción con acetil-CoA. También se puede usar para construir el aminoácido alanina y se puede convertir en etanol o ácido láctico mediante fermentación. Se encuentra en el vino o las manzanas rojas (National Center for Biotechnology Information, 2024b).	Propiedades queratolíticas y antimicrobianas que estimulan la formación de colágeno, glicoproteínas y fibras elásticas. En concentraciones de 40-70% actúa como un agente exfoliante y ayuda en la piel grasa y con acné (Jankowska y Zujko, 2023).	El piruvato se utiliza para la producción de L-tirosina, L-triptófano, ácido N-acetilneuramínico (ácido siálico) y 3-dihidroxiifenilo (DOPA). Es precursor de aditivos alimentarios y químicos (Yuan <i>et al.</i> , 2022).

Fuente: elaboración propia.

Carbohidratos

Son moléculas biológicas compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno, en una proporción aproximada de un átomo de carbono (C) por cada molécula de agua. Sus cadenas tienen diferentes longitudes y pertenecen a tres categorías: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Su función principal consiste en proporcionar energía a todas nuestras células, también contribuyen con la formación de material genético y de diversos tejidos corporales. En los frutos son los encargados de proporcionar la textura, ya que determinan su firmeza y jugosidad (Araújo *et al.*, 2024). Los resultados metabolómicos para el copoazú (pulpa y semilla) indican que los carbohidratos prevalentes en la pulpa y en la semilla son la galactosa y el ácido glucurónico. También se encuentran otros compuestos como el ácido glucónico, lactosa y sorbitol (véase la gráfica 9).



GRÁFICA 9. Carbohidratos hallados en la pulpa y semilla de *T. grandiflorum*, estados maduro y verde

Fuente: elaboración propia.

La galactosa es prevalente en el estado maduro e inmaduro de la pulpa de copoazú con valores 11,9 % y 12,2 %, respectivamente. El ácido glucurónico presenta el 10,9 % y el 9,9 % para los estados maduro e inmaduro. Para la semilla de copoazú, la galactosa alcanza un 18,3 % para el estado maduro y de 18,0 % para el inmaduro. El ácido glucónico exhibe registros similares en los dos estados de maduración que oscilan entre 15,8 y 15,9 %. La lactosa y sorbitol muestran valores inferiores al 6 %, tanto para la pulpa como para la semilla de copoazú en ambos estados de maduración.

La composición de polisacáridos realizada en otros estudios indica también la presencia de galactosa y arabinosa en pulpa de copoazú (Vriesmann *et al.*, 2009). La tabla 12 muestra las características y aplicaciones de los carbohidratos prevalentes encontrados en la pulpa y semilla de copoazú, para los estados maduro e inmaduro.

TABLA 12. Características y propiedades de carbohidratos en el copoazú

Carbohidratos				
Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Galactosa	$C_6H_{12}O_6$	Monosacárido formado por seis átomos de carbono o hexosa que se convierte en glucosa en el hígado. Su grupo químico funcional es un aldehído ubicado en el carbono. Está presente en la leche como parte de la lactosa y en algunas frutas y verduras (remolacha o mucílago) ("Galactosa rich foods", 2024).	Promover el crecimiento y mantenimiento de la sinapsis en el cerebro, mejora la función cognitiva y la memoria. Reduce el estrés oxidativo en el cerebro y las enfermedades neurodegenerativas (alzhéimer). Estimula el sistema inmune en recién nacidos. Los excesos pueden afectar a personas con diabetes tipo 1 y 2. Causa hipoglicemia o enfermedad cardiovascular (Xin <i>et al.</i> , 2019).	En la industria médica y biofarmacéutica se ha estudiado en ensayos para el tratamiento y diagnóstico de la hepatitis C, cáncer hepático, entre otros. La D-galactosa sirve como sustrato en estudios enzimáticos; tiene posibilidades de explotación como vector para el diseño de profármacos (rww Reagents, s. f).
Ácido glucurónico	$C_6H_{10}O_7$	Es un ácido glurónico, encontrado en muchas gomas arábicas, xantano o kombucha. Importante para el metabolismo de microorganismos, plantas y animales. Se deriva de la glucosa.	Está involucrado en la detoxificación de compuestos xenobióticos. Se puede unir a diferentes sustancias como hormonas, medicamentos y toxinas para facilitar su transporte en el organismo (Ho <i>et al.</i> , 2019).	

Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Ácido glucónico	$C_6H_{12}O_7$	Forma oxidada de la D-glucosa. Se encuentra en frutos y miel. También se han utilizado microorganismos de <i>Aspergillus niger</i> para su oxidación enzimática. Es un ácido que aparece en la naturaleza a partir de la glucosa, mediante fermentación aeróbica oxidativa causada por las enzimas de ciertas bacterias (<i>Acetobacter</i>) y algunos mohos (<i>Aspergillus</i> y <i>Botrytis cinerea</i>) (Ramachandran <i>et al.</i> , 2006).	Gluconatos de calcio y de hierro son empleados en los tratamientos de deficiencias nutritivas en el cuerpo humano (anemia).	Agente quelante de metales en soluciones alcalinas. Se encuentra en diferentes productos de limpieza. Se usa para prevenir la formación de sólidos en industria cervecera. Agente quelante para extraer tierras raras (lantánidas). Son conocidos el gluconato de sodio (quelante del calcio, empleado en la limpieza de botellas de vidrio) y el gluconato de potasio. Los gluconatos de calcio y de hierro son empleados en los tratamientos de deficiencias nutritivas en el cuerpo humano (anemia). Por otro lado, en agricultura, el cobre complejado con ácido glucónico contribuye a promover el desarrollo (enraizamiento) y salubridad radicular (Ramachandran <i>et al.</i> , 2006).

Continúa...

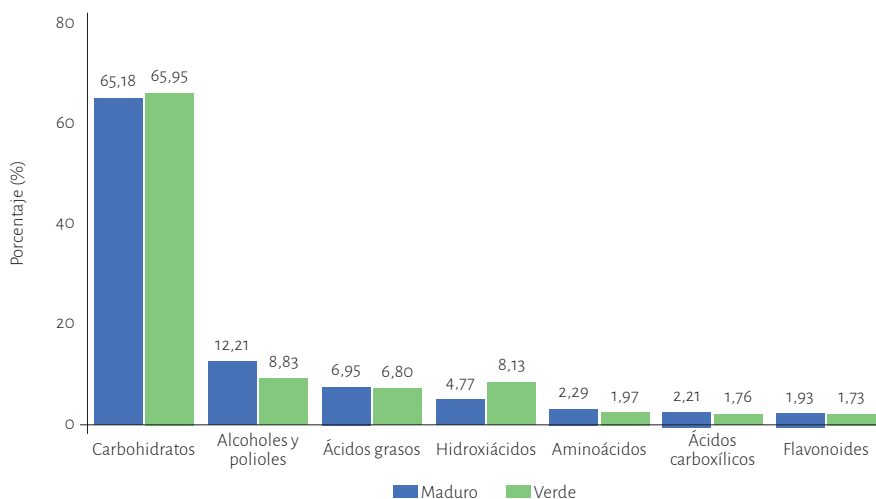
Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Lactosa	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Disacárido formado por la unión de una molécula de glucosa y otra de galactosa. Se conoce también como azúcar de la leche, ya que aparece en la leche de las hembras de la mayoría de los mamíferos, en una proporción variable entre el 4 al 6 % (Dominici <i>et al.</i> , 2022).	La leche materna contiene 7,2% de lactosa, (la leche de vaca, solo 4,7%), que aporta al niño hasta el 50% de la energía que necesita. Aunque la glucosa se puede encontrar en varios tipos de alimentos, la lactosa es la única fuente de galactosa. Participa en los procesos inmunitarios y neuronales. La lactosa podría influir en la absorción del calcio y otros minerales, como cobre y zinc, sobre todo durante la etapa de lactancia. Además, si no se digiere en el intestino delgado, la microbiota o flora intestinal —población de microorganismos que vive en el tubo digestivo—, puede utilizar la lactosa como nutriente (prebiótico) (Anguita-Ruiz <i>et al.</i> , 2025).	Sirve como excipiente para distintos medicamentos, algunos de uso muy común. Sirve como edulcorante, ayuda a aportar cremosidad y potenciar el sabor en productos instantáneos, como cremas, sopas, purés o café en polvo, y se utiliza como conservante en derivados cárnicos como los embutidos (Maldonado, 2023).
Sorbitol	$C_6H_{14}O_6$	Poliol (alcohol de azúcar) de origen natural y, como la mayoría de los polialcoholes, está presente en las frutas.	La absorción del sorbitol por parte del organismo es lenta, lo cual permite que una parte del sorbitol que se ingiere llegue al intestino grueso, donde el metabolismo aporta menos calorías (Panoff, 2020).	Industria alimentaria: su poder humectante y texturizador, usado como edulcorante con el código E420. Endulzante en los jarabes, los sobres o los comprimidos masticables; componente de productos de nutrición parenteral. Se utiliza como fuente de energía en fórmulas que se le aportan a las personas que no pueden comer o que necesitan suplementar su nutrición. Plastificante de la gelatina, presente en las cápsulas duras (Stravan y Spandana, 2022).

Fuente: elaboración propia.

Caracterización química del mirití (*Mauritia flexuosa*)

En términos generales, los compuestos prevalentes encontrados para la pulpa de la especie *Mauritia flexuosa* fueron: carbohidratos; alcoholes y polioles, seguidos en menor cantidad por los ácidos grasos, hidroxiácidos, aminoácidos, ácidos carboxílicos y flavonoides.

Tanto para el estado maduro como para el verde los carbohidratos fueron prevalentes con un porcentaje de 65,18 y 65,95, respectivamente. Adicionalmente los alcoholes y polioles presentaron un porcentaje de 12,21 y 8,83. Los demás compuestos oscilan en un rango de 8,0 a 1,7 % (véase la gráfica 10). En otros estudios se han reportado porcentajes similares de carbohidratos entre 69,7 a 71,0 % en la pulpa (Barboza *et al.*, 2022). Un estudio realizado para diferentes morfotipos de *M. flexuosa* en Perú reportó porcentajes de carbohidratos entre 45,27 y 35,61 % para pulpa liofilizada (Best *et al.*, 2020).



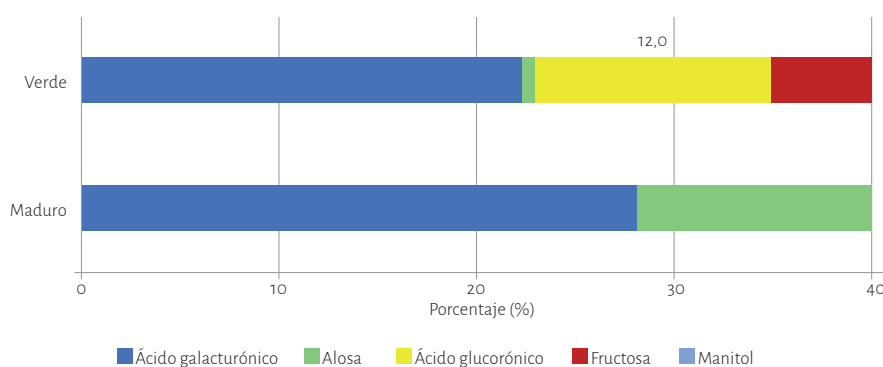
GRÁFICA 10. Compuestos hallados en *M. flexuosa*, estados verde y maduro

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta que los compuestos prevalentes en el mirití, en estado maduro y pintón, fueron los carbohidratos, alcoholes, polioles y ácidos grasos, a continuación se muestra una descripción de los tipos de metabolitos pertenecientes a estos compuestos junto con sus características y aplicaciones.

Carbohidratos

Son moléculas biológicas compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno en una proporción aproximada de un átomo de carbono (C) por cada molécula de agua. Sus cadenas tienen diferentes longitudes y pertenecen a tres categorías: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Su función principal se centra en proporcionar energía a todas nuestras células, contribuyen también con la formación de material genético y de diversos tejidos corporales. Los resultados metabolómicos para el mirití (estado maduro y pintón) indican que los carbohidratos prevalentes fueron ácido galacturónico, alosa, ácido glucurónico, fructosa y manitol (véase la gráfica 11).



GRÁFICA 11. Carbohidratos identificados en *M. flexuosa*, estados maduro y verde

Fuente: elaboración propia.

El ácido galacturónico se encuentra en mayor porcentaje para el estado maduro y pintón (28,2% y 22,3%, respectivamente). La alosa se encontró en porcentajes de 13,6 y 0,7 para los estados mencionados. El ácido glucurónico se reportó en porcentajes de 8,2 y 12,0. Para la fructosa y manitol, los porcentajes fueron menores al 7,8.

En otros estudios realizados a la pulpa del moriche en estado maduro se han encontrado carbohidratos de tipo glucosa (4,20 g/100 g), maltosa (37,33 g/100 g) y xilosa (4,91 g/100 g), lo cual difiere de lo encontrado en este libro (de Sousa *et al.*, 2024).

La tabla 13 muestra las características y algunas aplicaciones de los carbohidratos prevalentes encontrados en el mirití para los estados maduro y pintón.

TABLA 13. Características y propiedades de carbohidratos en el mirití

Carbohidratos			
Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud
Ácido galacturónico	$C_6H_{10}O_7$	Es un ácido derivado de un azúcar, resultado de la oxidación de la D-galactosa. Constituye el componente principal de la pectina, la cual se encuentra formada por un polímero conocido como ácido poligalacturónico. En su forma abierta, tiene un grupo aldehído en C1 y un grupo ácido carboxílico en C6. Otras formas oxidadas de D-galactosa son el ácido D-galactónico (grupo carboxílico en C1) y el ácido mesogalactárico (ácido mático) (grupos carboxílicos en C1 y C6). También es un ácido urónico o ácido hexurónico. Los ácidos urónicos naturales son el ácido D-glucurónico, el ácido D-galacturónico, el ácido L-idurónico y el ácido D-manurónico. Se encuentra en frutas cítricas, naranjas (y su piel), manzana verde, mango, durazno.	Reducción de las lipoproteínas de baja densidad de colesterol (LDL), que reduce los niveles de glucosa en diabéticos pacientes, además de reducir el riesgo de varios tipos de cáncer ("Galacturonic acid", s. f.)
			Emulsionantes y estabilizantes en la industria alimentaria.
			Estudios recientes han investigado la posibilidad de utilizar pectina para la formación de nanopartículas como vehículo de administración de fármacos ("Galacturonic acid", s. f.)

Continúa...

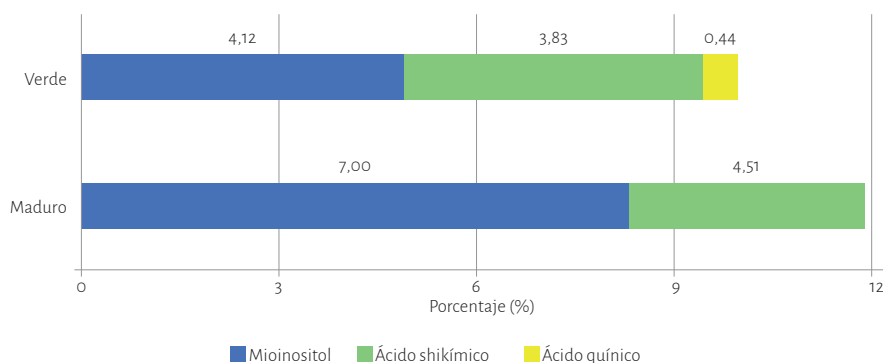
Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Alosa	$C_3H_6O_3$	Monosacárido con un grupo aldehído, por lo que pertenece al grupo de las aldosas y dentro de este al de las aldohexosas. Es un monosacárido poco común que se ha logrado aislar de las hojas de un arbusto africano denominado <i>Protea rubropilosa</i> , en pasas e higos secos. Es soluble en agua y prácticamente insoluble en metanol (Choi <i>et al.</i> , 2021).	Anticancerígeno, antitumoral antiinflamatoria, antioxidante antihipertensivo, crioprotector y con actividades inmunosupresoras (Chen <i>et al.</i> , 2018).	Farmacéutica por propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antioxidativas y antihipertensivas (Chen <i>et al.</i> , 2018).
Ácido glucurónico	$C_6H_{10}O_8$	Azúcar derivado de la D-glucosa en la cual el átomo de carbono aldehídico y el átomo de carbono que porta el grupo hidroxilo primario son oxidados a grupos de ácido carboxílico. Alimentos: lechuga, brócoli, uvas y manzanas (Właszek <i>et al.</i> , 1996).	Mejora el proceso de limpieza metabólica y ayuda a la biotransformación de sustancias. Efectos hepatoprotectores, antiinflamatorios, reductores del colesterol, antioxidantes y anticancerígenos.	Precursor del ácido láctico de origen renovable. Detergentes sin fosfatos y limpiadores biodegradables. Aditivos anticorrosivos. Aditivos para cementos. Adhesivos y recubrimientos. Ingredientes para alimentos y acidulantes para piensos. Terapéutico. Agente antitumoral y de reducción del colesterol (Ayyadurai <i>et al.</i> , 2023).

Fuente: elaboración propia.

Alcoholes y polioles

Se conocen como alcoholes de azúcar, alcoholes polivalentes o polihídricos; son alcoholes con varios grupos hidroxilo cuya fórmula química general es $C_nH_{2n+2}O_n$. Son técnicamente hidratos de carbono, pero tienen una menor densidad de energía (calorías por gramo) y a diferencia del azúcar (sacarosa) no afectan los niveles de azúcar en sangre y no provocan la aparición de caries dentales. Se obtienen principalmente por extracción de frutas y verduras, por lo que los diferentes tipos de polioli varían en dulzor, índice glucémico y contenido calórico (“¿Qué es el polioli?”, 2023).

La gráfica 12 muestra los tipos de alcoholes y polioles prevalentes en el mirití para los estados maduro y pintón.



GRÁFICA 12. Alcoholes y polioles presentes en *M. flexuosa*, estados maduro y verde

Fuente: elaboración propia.

El mioinositol se encuentra en un porcentaje del 7,0 % para el estado maduro y del 4,0 % para el pintón. El ácido shikímico se encuentra en un porcentaje de 4,5 para el estado maduro y de 3,8 para el pintón. El ácido quínico se encuentra en un porcentaje menor al 1,0 para los dos estados de maduración. Estudios realizados por Bataglion *et al.* (2014) reportaron diferentes compuestos fenólicos que concuerdan con el presente libro. El ácido quínico es uno de ellos con concentraciones de 230,7 $\mu\text{g/g}$. La tabla 14 presenta las características y aplicaciones de los diferentes tipos de polioles encontrados en el mirití, en estado maduro y pintón.

TABLA 1.4. Características y propiedades de polioles en el mirtilí

Alcoholes y polioles		Aplicación industrial (alimentos/cosméticos)		
Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial (alimentos/cosméticos)
Mioinositol	$C_6H_{12}O_6$	<p>Pertenece a la familia de los polioles o polialcoholes, está presente en las membranas plasmáticas y en otras estructuras de productos naturales.</p> <p>Sustancia perteneciente a la familia de las vitaminas B. Tiene la misma composición química que la glucosa (la fuente principal de energía de los organismos vivos), pero los átomos se organizan de distinta forma.</p> <p>Se encuentra en los frijoles, los guisantes, el arroz pardo, el salvado de trigo y las nueces. Es soluble en agua (se puede disolver en agua). Presente en los tejidos animales con niveles más altos en el corazón y cerebro.</p>	<p>Mejora la sensibilidad a la insulina al aumentar la expresión de los transportadores de glucosa en las células. También regula los niveles hormonales y reduce los niveles de testosterona en mujeres que presentan un exceso. Contribuyen a diferentes funciones fisiológicas, incluida la osmorregulación, la fosforilación de proteínas y la expresión genética (Instituto Nacional del Cáncer, INC, s. f.)</p>	<p>Farmacéutica: adyuvante en el tratamiento de síndrome de ovario poliquístico. Reduce la resistencia a la insulina. Reduce los niveles de hormona masculina y restaura la ovulación (Chávez, 2023).</p>

Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial (alimentos/cosméticos)
Ácido shikímico	$C_7H_{10}O_5$	Intermediario bioquímico importante en plantas y microorganismos. Su nombre deriva de la flor del shikimi japonés. Es un precursor de los aminoácidos aromáticos fenilalanina y tirosina, indol, derivados del indol y triptófano. Se encuentra en alimentos como peras, grosellas, moras, fresas, cerezas y plátanos.	Gran interés para la agricultura porque muchos de ellos se utilizan como herbicidas y agentes antibacterianos, ya que pueden bloquear la vía del shikimato en plantas y bacterias, sin un efecto negativo en los mamíferos (Bochkov <i>et al.</i> , 2011).	Síntesis industrial del antiviral Oseltamivir (este medicamento contra el virus de la influenza H ₅ N ₁ se administra para tratar y prevenir todas las cepas conocidas este virus).
Ácido químico	$C_7H_{12}O_6$	Ciclitrol, un poliol cíclico, y un ácido ciclohexanocarboxílico. Es un ácido cristalino obtenido a partir de la corteza de quina, granos de café y otros productos vegetales; fabricada sintéticamente por hidrólisis de ácido clorogénico.	Propiedades antimicrobianas de amplio espectro (<i>K. pneumoniae</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. pyogenes</i> y <i>P. aeruginosa</i>) (Ercan y Dogru, 2022).	Se utiliza como astringente. Material de partida quirral versátil para la síntesis de nuevos productos farmacéuticos.

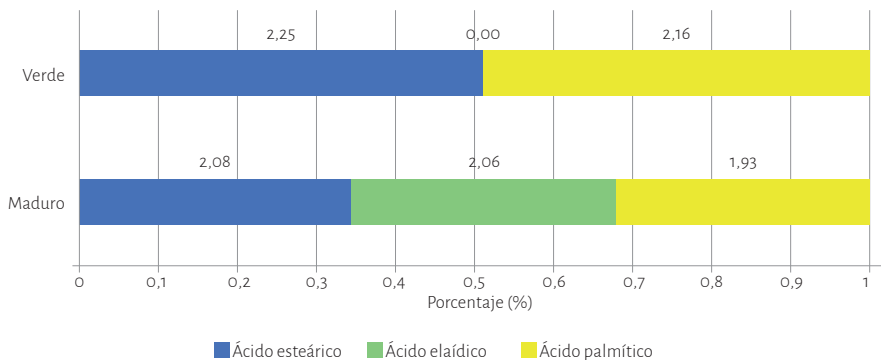
Fuente: elaboración propia.

Ácidos grasos

Biomoléculas constituidas por lípidos que se forman a partir de una cadena de hidrógeno y carbono lineal. Existen fundamentalmente dos tipos de ácidos grasos (de la Iglesia, 2023):

- Ácidos grasos saturados: son los que solo contienen enlaces sencillos entre los átomos de carbono; por ejemplo, en las grasas de origen animal.
- Ácidos grasos insaturados: son los ácidos grasos que contienen uno o varios enlaces dobles entre los átomos de carbono que forman su cadena. Uno de los ácidos grasos insaturados más importantes es el omega-3. Dentro de este grupo se pueden encontrar:
 - Ácidos grasos monoinsaturados, como el ácido oleico (omega-9); estos tipos de ácidos grasos no son esenciales, ya que el organismo puede sintetizarlos. Alimentos como el aceite de oliva, las semillas, el aguacate y algunos frutos secos pueden tener este tipo de ácido graso.
 - Ácido graso poliinsaturado, como el ácido graso alfa linoleico (omega-3) y linoleico (omega-6). Son esenciales y deben ingerirse a través de la dieta. Los alimentos ricos en este tipo de ácidos grasos son la calabaza, la yema del huevo, las nueces, las algas marinas y los pescados azules.

La gráfica 13 muestra los tipos de ácidos grasos presentes en el mirití para los estados maduro y verde.



GRÁFICA 13. Ácidos grasos hallados en *M. flexuosa*, estados maduro y verde

Fuente: elaboración propia.

Los ácidos esteárico, eláidico y palmítico fueron los compuestos predominantes para los dos estados de maduración, con un rango de porcentajes entre 2 y 2,5 %. En otros estudios se han reportado los siguientes ácidos grasos: palmítico (17,3 %), oleico (78,7 %) y linoleico (3,9 %) (de Franca *et al.*, 1999). Otro estudio realizado en pulpa de moriche reportó en mayor porcentaje los siguientes ácidos grasos: oleico (72,2 %), palmítico (22,2 %) y esteárico (2,5 %), lo cual concuerda con algunos compuestos encontrados en este estudio (Bento *et al.*, 2020). La tabla 15 muestra las características y aplicaciones de estos compuestos.

TABLA 15. Características y propiedades de ácidos grasos en el mirrití

Ácidos grasos		Beneficios para la salud	Aplicación
Compuesto	Fórmula	Características	
Ácido esteárico	$C_{18}H_{36}O_2$	<p>Ácido graso saturado (AGs) de cadena larga, ácido octadecanoico 18:0. Su estructura molecular conforma cadenas hidrofóbicas que le dan una apariencia similar a la cera cuando está a temperatura ambiente.</p> <p>Principal fuente dietética son los cárnicos, lácteos, cereales, cacao, palma y karité. Las grasas más ricas en ácido esteárico son: manteca de cacao, cerdo, sebo vacuno y mantequilla. No implica efectos negativos en la salud, puesto que tiene un efecto menor sobre los lípidos y las lipoproteínas plasmáticas. Se dice que tiene un efecto neutro sobre los triglicéridos, colesterol total, lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de alta densidad (HDL) (Basulto Marset <i>et al.</i>, 2000).</p>	<p>Industriales: formulación de lubricantes para plásticos, jabones o detergentes, ceras para velas, recubrimientos hidrofóbicos, caucho para neumáticos, envases plásticos y betún. Cosmética: tiene propiedades tensoactivas o emulsificantes, características emolientes y de protección para la piel, ajustador de pH, formulación de cremas, jabones, maquillaje, desodorantes. Alimentos: aditivos. La Food and Drug Administration (FDA) y la United States Pharmacopeia (usp) recomiendan el uso de ácido esteárico para productos cosméticos, farmacéuticos y nutricionales; en este último que no supere el 7 % de aporte calórico diario. En la pulpa de mirrití se ha encontrado este tipo de aceite en un 4,19 % (Marcos, 2024).</p>

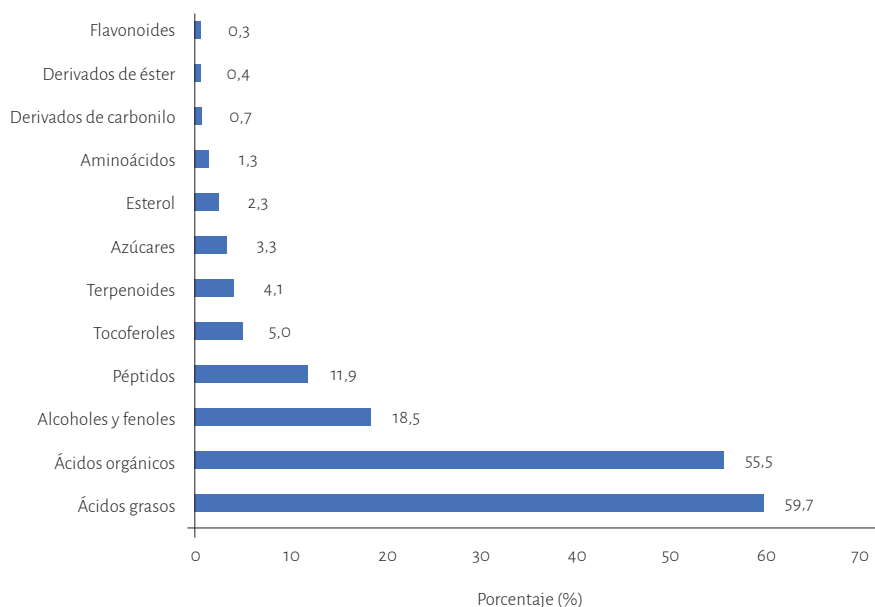
Continúa...

Compuesto	Fórmula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Ácido eláidico	$C_{18}H_{34}O_2$	Ácido graso trans, es el principal ácido encontrado en los aceites vegetales hidrogenados, se produce de manera natural en pequeñas cantidades en la leche caprina y bovina (aproximadamente el 0,1 % de los ácidos grasos) y en algunas carnes. También comprende el 2,50 % de las grasas del fruto de la especie <i>Durio graveolens</i> .	Ha sido ampliamente estudiado por su papel en el aumento del riesgo cardiovascular y su efecto adverso en los perfiles lipídicos. Además, se ha demostrado recientemente que induce la progresión del cáncer metastásico (Ohmori <i>et al.</i> , 2017).	Hidrogenación comercial de aceites vegetales.
Ácido palmítico	$C_{16}H_{32}O_2$	También se denomina ácido hexadecanoico, es el ácido graso saturado más abundante que se encuentra en animales, plantas y microorganismos. Se puede encontrar en la carne, queso, mantequilla y fruto de las palmas.	Producción de energía, capacidad de unirse a determinadas proteínas necesarias para algunas funciones del sistema nervioso. Formación del surfactante pulmonar para mantener abierta la superficie de intercambio gaseoso y disminuir la tensión superficial de los alvéolos ("Terpenoides", 2024).	Industriales y cosmético: la producción de jabones, cosméticos, espumas de afeitar, gel depilación, pestañina y cremas antiedad. Emulsionante (cuidado de la piel seca, inhibidores de hongos, producción de ésteres. Alimentos: aditivo natural, estabilizante para la elaboración de panes, pasteles, salsas y sopas. Se produce aceite de wasai de forma comercial con un 2-6 %. Suaviza y protege la piel seca, cuida el cabello. En aceite de mirití, el ácido palmítico se encuentra en un 32 % y se ha aplicado en la producción de biodiesel ("Aceite de açaí", 2024).

Fuente: elaboración propia.

Caracterización química de la fariña (yuca brava, *Manihot esculenta* [Crantz])

La caracterización química para la fariña mostró que los compuestos prevalentes en este alimento son los ácidos grasos (59,7%), seguidos por los ácidos orgánicos (55,5%) y alcoholes y fenoles (18,5%). Los demás compuestos se presentan en porcentajes menores a 11% (véase la gráfica 14).

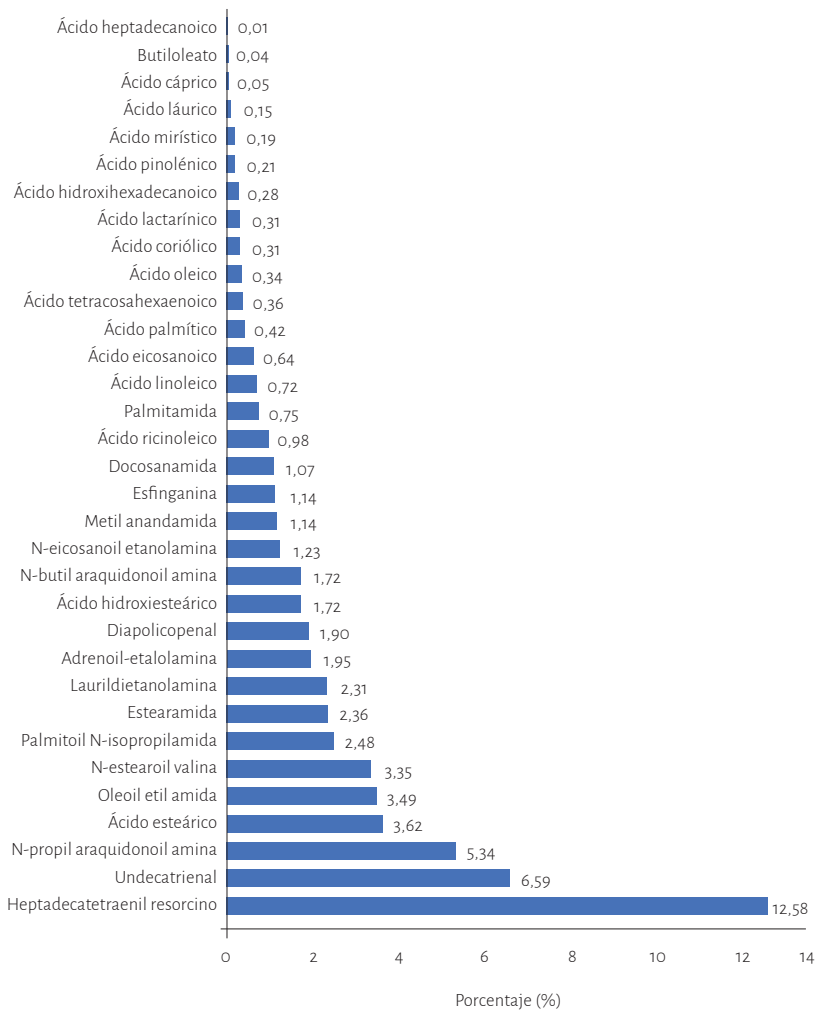


GRÁFICA 14. Compuestos hallados en *M. esculenta* o fariña

Fuente: elaboración propia.

Ácidos grasos

Los resultados de la caracterización química indican una presencia de 33 compuestos diferentes (heptadecatetraenil resorcinol, N-propilaraquidonoilamina, oleoil etil amida, entre otros), los cuales oscilan en porcentajes de 13 a 0,01 (véase la gráfica 15). Para este estudio, el análisis se enfatizó en los compuestos prevalentes con porcentajes mayores al 3%.



GRÁFICA 15. Ácidos grasos encontrados en *M. esculenta* o fariña

Fuente: elaboración propia.

El compuesto heptadecatetraenil resorcinol se reportó con un porcentaje de 12,6%, seguido de N-propilaraquidonoilamina con 5,3%, ácido esteárico con 3,6%, oleoil etil amida con 3,5%, entre otros. En otro estudio realizado por Kim y Lida (2023) se reportaron los siguientes ácidos grasos en *M. esculenta*: α -linoleico, palmítico, oleico, undecanoico y esteárico, algunos que también se reportan en este estudio. La tabla 16 muestra las características y aplicaciones de los ácidos grasos que se encuentran con un porcentaje mayor al 3%.

TABLA 1.6. Características y propiedades de ácidos grasos en la harina

Ácidos grasos				
Compuesto	Formula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Hepiadeocatetraenil resorcinol	$C_{23}H_{38}O_2$	Compuesto derivado del resorcinol; se encuentra de forma natural en el arroz (<i>Oryza sativa</i>).	Efecto antitumoral, tratamiento en piel con manchas y acné.	Se han realizado estudios con células cancerígenas en donde se ha comprobado la disminución en el crecimiento. Zhu y sus colaboradores realizaron un estudio en el 2011 y en el que identificaron una disminución en el crecimiento de células cancerígenas provenientes del colon (Zhu <i>et al.</i> , 2012).
N-propil araquidonoil amina	$C_{23}H_{39}NO$	Compuesto perteneciente a amidas grasas o ácidos grasos insaturados.	Prevención de desórdenes inmunológicos como reumatismo, lupus eritematoso, esclerosis múltiple, entre otros (National Center for Biotechnology Information, 2024c).	Agente antiinflamatorio, similar a otros derivados de amidas de ácidos grasos. También puede ser útil en la investigación del cáncer debido a sus efectos sobre la proliferación celular, sobre los análogos N-acilados de endocannabinoides (Wang <i>et al.</i> , 2012).

Continúa...

Compuesto	Formula	Características	Beneficios para la salud	Aplicación
Ácido esteárico	$C_{18}H_{36}O_2$	Ácido graso saturado presente en aceites vegetales, grasas animales y vegetales. Propiedades limpiadoras, agente espesante y tensoactivo. Tiene bifuncionalidad por su cabeza polar que se une a cationes metálicos y una cadena no polar que permite la solubilidad en disolventes orgánicos. Se encuentra en la carne, pescado, lácteos, cereales, cacao, karité y palmas.	Propiedades emolientes y protectoras para la piel. Efecto neutro que ejerce la ingesta del ácido esteárico sobre los triglicéridos, el colesterol total, el colesterol LDL y el HDL (Hunter <i>et al.</i> , 2010).	Productos como champú, jabones, aceites, velas y caucho (Ultrus, 2024).
Oleoil etil amida	$C_{20}H_{39}NO$	Inhibidor de la amida acil hidrolasa, grasa con potencial actividad analgésica y ansiolítica.	Actividad analgésica, ansiolítica. Contrarresta la hiperactividad de la vejiga ("Oleoyl ethyl amide", 2013).	Molécula bioactiva que se encuentra comercialmente.
N-estearoil valina	$C_{25}H_{45}NO_3$	Pertenece a la clase de compuestos conocidos como N-acilamidas. Moléculas caracterizadas por un grupo acilo graso unido a una amina primaria mediante un enlace amida. En el cuerpo se encuentran más de ochocientos tipos de N-acilamidas.	Actividad cardiovascular, homeostasis metabólica, reducción dolor y control motoro. ("Showing metabocard", 2021)	Tratamiento de ciertas enfermedades como diabetes, cáncer, enfermedades neurodegenerativas y obesidad. El estudio de estas moléculas se encuentra activo y es probable que en próximos años se descubran más moléculas y funciones ("Showing metabocard", 2021).

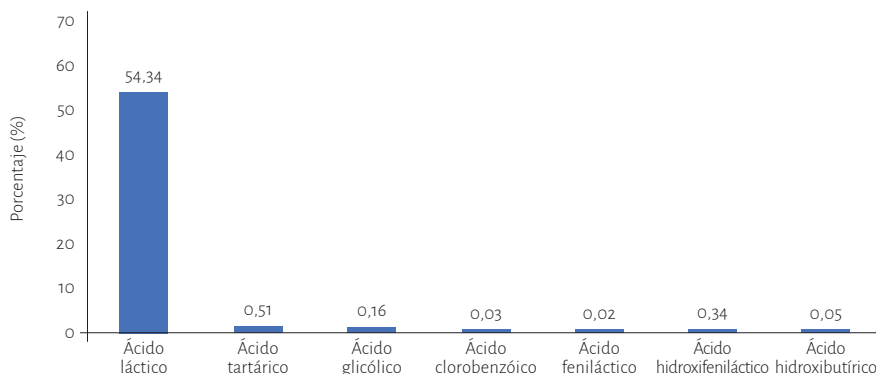
Fuente: elaboración propia.

Ácidos orgánicos

Es un compuesto orgánico con propiedades ácidas; los más comunes son los ácidos carboxílicos y los ácidos sulfónicos. Son ácidos débiles y no se disocian completamente en agua, en cambio son solubles en disolventes orgánicos. Se encuentran de forma natural en diferentes alimentos y en nuestro propio organismo. Se encuentran en frutas y verduras; tienen un papel fundamental en equilibrar el pH de nuestro organismo, así como ayudan en la señalización celular y el transporte de sustancias a través de las membranas celulares. Dentro de los ácidos orgánicos reconocidos se encuentran el ácido acético, fórmico, acetilsalicílico, cítrico, propiónico, entre otros (Juárez, 2020).

Los ácidos orgánicos tienen diferentes aplicaciones; en la industria alimentaria se usan como aditivos y conservantes con acción antimicrobiana. En la industria se emplean para tratamientos de estimulación de pozos de petróleo y gas. También se utilizan para remoción de óxido (Juárez, 2020). Este tipo de compuestos se ha encontrado en bebidas ancestrales de yuca fermentadas con kéfir y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), siendo el ácido láctico el de mayor concentración con 290,9 mg/100 ml. La concentración de este tipo de ácidos depende del proceso de fermentación, de la materia prima y de las condiciones ambientales (Chimba y Muso, 2020).

De acuerdo con los resultados de la caracterización química, un total de siete ácidos orgánicos fueron encontrados en la fariña. El ácido láctico se encontró en un mayor porcentaje (54,3 %). Los demás ácidos se encontraron en porcentajes menores al 1 % (véase la gráfica 16).



GRÁFICA 16. Ácidos orgánicos hallados en *M. esculenta* o fariña

Fuente: elaboración propia

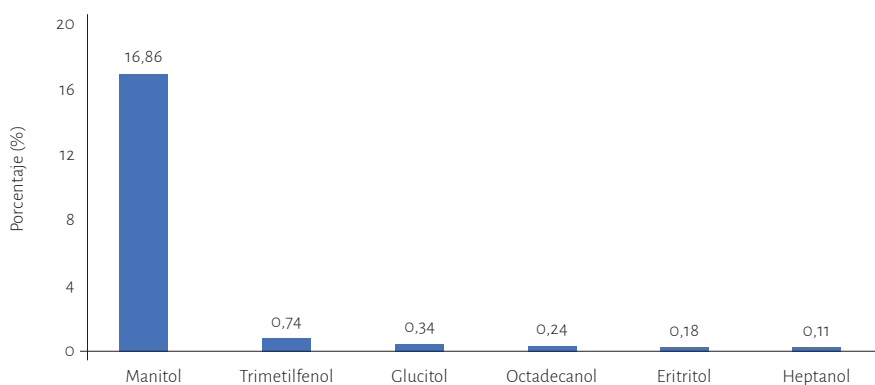
El ácido láctico ($C_3H_6O_3$) se denomina ácido 2-hidroxipropanoico y está formado por los grupos funcionales alcohol y carboxilo, para conformar un carbono asimétrico que le confiere su actividad óptica. Fue descubierto en 1780 por el sueco Karl Wilhelm cuando analizó la leche agria. La separación de este ácido se ha convertido en un tema de interés tanto para la industria alimenticia como la farmacéutica y para la producción de polilactato, un polímero biodegradable. La fermentación biotecnológica del ácido láctico está basada en la fermentación de sustratos ricos en carbohidratos, por medio de bacterias u hongos. La mayoría de las investigaciones sobre microorganismos se han llevado a cabo con bacterias ácido-lácticas y hongos del género *Rhizopus* (Coelho *et al.*, 2022; Hurtado, 2022). Se encuentra de forma natural en la leche, tomates, guayaba y también en el vino.

En la industria alimenticia el ácido láctico se utiliza como aditivo, acidificante y potenciador del sabor. Tiene propiedades antibacterianas que mejoran las propiedades de la leche, los encurtidos, la soja fermentada, la cerveza y la carne. Se utiliza como regulador de la acidez con la denominación E-270 (Clapa, 2022). En la industria cosmética se usa para ajustar el pH de la fórmula y tiene propiedades hidratantes (concentraciones de 1-10 %) y exfoliantes (concentraciones del 30-50 %). En la industria farmacéutica se usa en enfermedades de la piel, gastrointestinales y ginecológicas. Los bacilos del ácido láctico se utilizan como probióticos, los cuales afectan el tracto digestivo.

Alcoholes y fenoles

Compuestos orgánicos que contienen el grupo funcional $-OH$, donde R representa una cadena de carbono o un grupo arilo. Estos compuestos se caracterizan por tener un átomo de oxígeno unido a uno o más átomos de carbono mediante un enlace covalente. Se clasifican en primarios, secundarios o terciarios, dependiendo de cuántos grupos alquilo estén unidos al átomo de carbono con el grupo $-OH$. Los alcoholes y fenoles se pueden obtener a través de diferentes métodos, como la hidratación de alquenos, la reducción de aldehídos o cetonas y la hidrólisis de ésteres. Son ampliamente utilizados en la industria química y farmacéutica como disolventes, materias primas en la síntesis orgánica, ingredientes en productos de cuidado personal, conservantes y agentes antimicrobianos, entre otros usos (“Alcoholes y fenoles”, 2024).

Los resultados para este compuesto en la fariña indican que el alcohol prevalente es el manitol (16,9 %), también se encuentran otros compuestos como el trimetilfenol, glucitol, octadecanol, eritrol y heptanol en porcentajes menores al 1 % (véase la gráfica 17).



GRÁFICA 17. Alcoholes y fenoles presentes en *M. esculenta* o fariña

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el manitol es un hexitol derivado de la manosa o de la fructosa. Se obtiene de la hidrogenación de la manosa y de la fermentación de bacterias pertenecientes a la especie *Lactobacillus reuteri*; hace parte del grupo de edulcorantes denominados polioles o polialcoholes. Se encuentra de forma natural en alimentos como remolacha, apio, aceitunas, algas marinas, calabazas, cebollas, perejil, grano de cacao y en líquenes. Tiene varios usos (Ortiz, 2015):

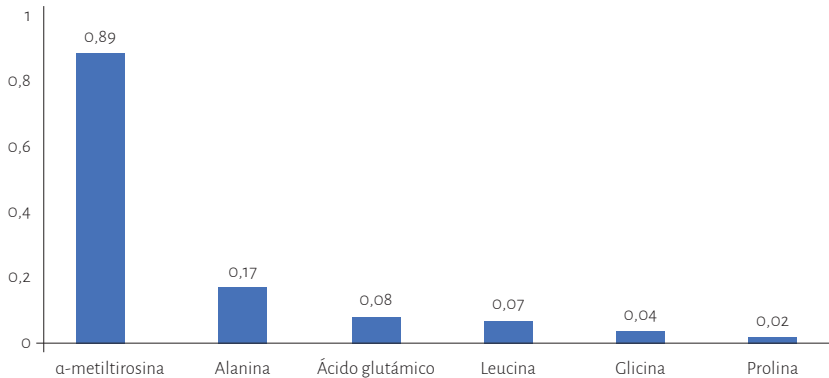
- Industria alimenticia: ha sido clasificado como un compuesto *generally recognized as safe* (GRAS) por la Administración de Fármacos y Alimentos de Estados Unidos, y como un aditivo alimentario por la Unión Europea. Se emplea como un edulcorante, debido a propiedades no carcinogénicas.
- Farmacéutica: producción de comprimidos, polvos y otras formulaciones.
- Química: fabricación de resinas artificiales y plastificantes.
- Medicina: sustituto del plasma sanguíneo, diurético osmótico en síndrome nefrótico o para aliviar la hipertensión intracraneal.

En Estados Unidos existen diferentes productores de manitol, incluidos Cargill, Ingredion y Roquette (CCA, 2024).

Aminoácidos

Un aminoácido es un compuesto orgánico que contiene un grupo funcional amino ($-\text{NH}_2$) y un grupo funcional ácido carboxílico ($-\text{COOH}$). Los aminoácidos

son los componentes básicos de las proteínas y las estructuras nitrogenadas de compuestos como los neurotransmisores y las hormonas (López y Mohiuddin, 2024). El perfil de aminoácidos en la fariña se muestra en la gráfica 18, en la que se puede observar que el compuesto α -metiltirosina exhibe el mayor valor con 0,89 %. Los demás aminoácidos exhiben valores entre 0,17 % y 0,02 %.



GRÁFICA 18. Aminoácidos encontrados en *M. esculenta* o fariña

Fuente: elaboración propia.

El aminoácido α -metiltirosina ($C_{10}H_{13}NO_3$) es un fármaco que actúa como inhibidor de la tirosina hidroxilasa, ya que bloquea la producción de catecolaminas como la dopamina, adrenalina y noradrenalina. Se utiliza en pacientes con hipertensión y taquicardia (Fallon y Clayton, 2020).

Se han realizado diferentes estudios en hojas, raíces y harina proveniente de *Manihot esculenta* con el fin de determinar su composición química. Un estudio realizado por Zekarias *et al.* (2019) reportó los siguientes aminoácidos en las raíces y hojas de la planta, lo cual es congruente con algunos aminoácidos encontrados en este estudio para la fariña (véase la tabla 17).

TABLA 17. Aminoácidos presentes en *M. esculenta* (fariña)

Aminoácido	Contenido raíces		Contenido hojas	
	Porcentaje de peso húmedo	Porcentaje de peso seco	Porcentaje de peso húmedo	Porcentaje de peso seco
Arginina	0,10	0,29	0,30	1,48
Histidina	0,02	0,07	0,13	0,66

Continúa...

Isoleucina	0,01	0,03	0,33	1,67
Leucina	0,11	0,31	0,54	2,72
Lisina	0,02	0,07	0,37	1,87
Metionina	0,01	0,03	0,07	0,36
Fenilalanine	0,01	0,03	0,18	0,92
Treonina	0,01	0,03	0,27	1,35
Triptofano	--	0,29	0,05	0,24
Valina	0,01	0,04	0,20	0,99
Alanina	0,05	0,15	0,34	1,70
Ácido aspártico	0,04	0,13	0,49	2,44
Cisteina	0,003	0,01	0,04	0,21
Ácido glutámico	0,05	0,15	0,40	1,99
Glicina	0,003	0,01	0,35	1,73
Prolina	0,01	0,03	0,18	0,88
Serina	0,01	0,04	0,34	1,68
Tirosina	0,003	0,01	0,18	0,89

Fuente: elaboración propia.

Con relación a la alanina, es un aminoácido no esencial que se encuentra en altos niveles en el plasma. Se produce a partir de piruvato por transaminación. Actúa en el metabolismo de los azúcares y ácidos, aumenta la inmunidad y proporciona energía al tejido muscular, el cerebro y el sistema nervioso central. A nivel industrial se ha utilizado como aditivo alimentario y farmacéutico (Liu *et al.*, 2021). El ácido glutámico presente también en la farinilla es un aminoácido no esencial, hidrófilo cargado negativamente debido a la presencia de un grupo de ácido carboxílico al final de su cadena lateral. Se utiliza en la composición de proteínas. En el sistema nervioso central actúa como neurotransmisor, también es precursor del GABA (ácido γ -aminobutírico) (Ubuka, 2021). Por otro lado, la leucina es uno de los nueve aminoácidos esenciales y uno de los tres aminoácidos con una cadena lateral hidrocarbonada ramificada. Tiene importancia en la síntesis de proteínas y diferentes funciones metabólicas. Contribuye a la regulación de los niveles de azúcar en sangre, la reparación del tejido muscular y óseo y la

producción de la hormona del crecimiento. Se encuentra en muchos alimentos, incluida la yuca, y su deficiencia es poco frecuente (Pedroso *et al.*, 2015). El aminoácido glicina, también denominado ácido acético, es el más pequeño de los aminoácidos, abundante en plasma y es sintetizado endógenamente por el cuerpo a partir de serina, colina, treonina y glioxilato. Se ha clasificado como un aminoácido no esencial. Posee efecto protector en los pulmones, el cerebro, el estómago y el intestino; modula el proceso del sistema inmunológico, por lo que disminuye la necrosis, y protege contra la sepsis (Aguayo-Cerón *et al.*, 2023). En cuanto a la prolina, se trata de un aminoácido proteinogénico no esencial, disponible tanto a través de la dieta como por síntesis endógena. Posee una estructura cíclica con un anillo de pirrolidina cuya cadena lateral se une al grupo amino para formar una amida secundaria. Este aminoácido es un componente estructural de las proteínas, también posee la función de osmolito, antioxidante y quelante de metales que combate y se activa bajo condiciones de estrés en las plantas. Además, puede llegar hasta el sistema nervioso central ya que contribuye a procesos excitatorios e inhibitorios de los neurotransmisores (Carvalho *et al.*, 2025; Vettore *et al.*, 2021).

A continuación, se muestra un glosario en el cual se encuentran otros compuestos presentes en la fariña, que están en un porcentaje entre el 1 y el 5 % (véase la tabla 18).

TABLA 18. Metabolitos adicionales en *M. esculenta* (fariña)

Otros metabolitos					
Compuesto	Formula	%	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Péptidos	(L-leucil-L-alanil-L-glutamina)	4,08	Cadena corta de aminoácidos (por lo general, de 2 a 50) vinculados por uniones químicas (denominados enlaces peptídicos). Se encuentran en la naturaleza y dentro de nuestro organismo.	Funciones antibióticas, hormonales y, además, operan como neurotransmisor; su función es avisar al cuerpo que es necesario producir determinadas sustancias sanadoras cuando hay heridas. También minimizan las lesiones en la piel (“¿Qué son los péptidos?”, 2024).	Cosmética: tratamientos antiarrugas, como puede ser la toxina botulínica o botox, o el ácido hialurónico.
	$C_{14}H_{26}N_4O_5$				
	(L-Treonil-L-lisil-L-prolina)	3,28			
	$C_{15}H_{28}N_4O_5$				

Continúa...

Compuesto	Formula	%	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Esterol hexósida	$C_{25}H_{38}O_6$	0,94	<p>Esteroides con 27 a 29 átomos de carbono. Se encuentran en abundancia en los organismos vivos, sobre todo en animales y en algunas algas rojas. Son solubles en los disolventes orgánicos y poseen un elevado punto de fusión. El esteroles más común en humanos es el colesterol, las plantas superiores contienen fitoesterol y los hongos y levaduras contienen ergosterol. En los alimentos se encuentran en: germen de trigo, granos enteros, frijoles, semillas de girasol, aceites vegetales (Meco López <i>et al.</i>, 2016).</p>	Se ha asociado a la disminución de la colesterolemia en especial lipoproteínas de baja densidad (LDL).	<p>Médica: uso de esteroleles vegetales en alimentos funcionales. Dosis de esteroleles y estanoles vegetales recomendadas por la Sociedad Española de Arteriosclerosis (SEA), la European Atherosclerosis Society (EAS) y el National Cholesterol Education Program (NCEP) oscilan entre 2-3 g/día.</p>
Galactosa	$C_6H_{12}O_6$	2,01	<p>Azúcar simple o monosacárido formado por seis átomos de carbono o hexosa, que se convierte en glucosa en el hígado como aporte energético. Además, forma parte de los glucolípidos y las glucoproteínas de las membranas celulares, sobre todo de las neuronas. Alimentos: leche y productos lácteos; también se encuentra en las remolachas y en otras pocas frutas y vegetales.</p>	Complemento alimenticio o sustituto del azúcar. Puede mejorar la absorción de calcio y magnesio. Tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.	<p>Farmacéutico: optimizar la producción de proteínas, ya que mitiga al mismo tiempo la formación de lactato y amoníaco.</p> <p>Alimentos: fabricación de golosinas y productos lácteos, pues a menudo se utiliza como edulcorante.</p>

Continúa...

Compuesto	Formula	%	Características	Beneficios para la salud	Aplicación industrial
Aspernidina A	$C_{24}H_{33}NO_4$	2,66	Compuestos orgánicos similares a los terpenos. El nombre se debe a que los primeros miembros de esta clase fueron derivados del aguarrás. La mayoría de los terpenoides tiene estructuras multicíclicas, las cuales difieren entre sí no solo en grupo funcional, sino también en su esqueleto básico de carbono. Usados por sus cualidades aromáticas. Alimentos: productos derivados de la soja, cereales, menta, pino, comino, perejil, zumo de cítricos ("Terpenoides", 2024).	Aumenta la fijación de algunas proteínas a las membranas celulares, lo que es conocido como isoprenilación. Los esteroides y esteroles son producidos a partir de terpenoides precursores.	Medicina tradicional y en los remedios herbolarios, y se están investigando sus posibles efectos antibacterianos y otros usos farmacéuticos. La aspernidina A es un alcaloide diterpeno con actividad antumoral y antimicrobiana.
Tocoferol/tocotrienol	$C_{29}H_{44}O_2$	5,0	Vitamina soluble en grasa relacionada con la familia de los tocoferoles. Alimentos: cereales de avena, cebada y centeno, ciertos aceites vegetales como la palma y salvado de arroz.	Funciones antioxidantes, reducción niveles de colesterol en plasma, actividad antitumoral.	Industria cosmética: pigmentación dérmica, protección solar, cáncer de piel. Farmacéutica: tratamiento del cáncer de mama. Productos comerciales cosméticos: vitamina E natural Unique E, Tocotrienols-Tocopherol, Free Liposomal Tocotrienols, Grace Company, Owegel (Sylvester y Sumit, 2004).

Fuente: elaboración propia.

Valor nutricional de la fariña

Para hablar del valor nutricional se debe tener en cuenta que los *nutrientes* son componentes presentes en los *alimentos* que el cuerpo requiere para realizar todas sus funciones y mantenerse saludable. Existen nutrientes que el cuerpo requiere en mayor cantidad y otros en menor cantidad (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF, 2025). Los nutrientes se dividen en *macronutrientes*, los cuales se requieren en mayor cantidad, y *micronutrientes*, los cuales se requieren en menores cantidades. Los macronutrientes se dividen en carbohidratos, proteínas y grasas.

- **Carbohidratos:** proporcionan al cuerpo energía para realizar actividades diarias. Los principales alimentos como fuentes de carbohidratos son: cereales, raíces, tubérculos, plátanos y azúcares.
- **Proteínas:** esenciales para la formación de células, tejidos, órganos, piel, hueso, músculos y sangre. Responsables del crecimiento y mantenimiento del cuerpo, así como de la producción de hormonas y enzimas. Las proteínas provienen de fuente animal (carnes, leches y huevos) o fuente vegetal (leguminosas, fríjol, lenteja, etc.)
- **Grasas:** fuente más concentrada de energía, cada gramo proporciona 9 calorías. Ayuda a la formación de hormonas y membranas. Se clasifican en:
 - **Origen animal:** presentes en manteca de vaca, cerdo, crema de leche y embutidos. Si se consumen en exceso pueden tener efectos negativos sobre el corazón y la circulación, generando sobrepeso y obesidad.
 - **Origen vegetal:** presente en aceites de oliva, maíz, girasol y canola. Al consumirse con moderación ofrecen un efecto protector en el organismo.

Las grasas también se clasifican de acuerdo con el tipo en saturadas o insaturadas. Las grasas saturadas son generalmente sólidas a 20 °C, pueden ser de origen animal o vegetal. Las grasas insaturadas son líquidas a temperaturas de 20 °C. En general, son de origen vegetal como los aceites de maíz, soya, oliva, girasol, algodón y canola.

Los *micronutrientes* se dividen en *vitaminas* y *minerales*.

- **Vitaminas:** elementos esenciales para el funcionamiento del cuerpo humano, su falta o exceso puede desencadenar problemas de salud. Se

encuentran en casi todos los alimentos, esencialmente en frutas, verduras y productos de origen animal. Existen vitaminas hidrosolubles que se diluyen y transportan en agua y vitaminas liposolubles diluidas y transportadas en medio graso (Giménez, 2002). En la tabla 19 se muestran algunos ejemplos de vitaminas.

TABLA 19. Ejemplos de vitaminas y sus características

Vitamina	Característica	Alimentos asociados	Déficit
A	Asociada con salud visual, desarrollo de huesos, crecimiento y reproducción. Resistencia frente a infecciones y mantiene sanos la piel y el pelo.	Hígado, pescado, yema de huevo, leche y derivados lácteos.	Ceguera nocturna, ojos inflamados y secos, piel áspera, cabello seco y menor resistencia a las infecciones.
B1, tiamina	Función de nervios, músculos, corazón, metabolismo de los hidratos de carbono.	Cereales integrales, legumbres, vísceras, carne de cerdo y huevos.	Fatiga, nerviosismo, molestias digestivas, alteraciones del sueño, dolor abdominal, estreñimiento y depresión.
B2, riboflavina	Metabolismo de hidratos de carbono, grasas y proteínas. Producción de hormonas y glándulas suprarrenales, así como se encarga de la salud de ojos y piel.	Vísceras de animal, cereales integrales, legumbres, queso, carne, pescado y vegetales de hoja verde.	Lesiones en boca, lengua, nariz, ojos inflamados y piel grasa.
B3, niacina	Metabolismo de los hidratos de carbono y las grasas, en la función del sistema digestivo, en la producción de hormonas sexuales y en el mantenimiento de la piel sana.	La carne, las vísceras, los cereales, las legumbres, los huevos, la leche, los vegetales de hoja verde y el pescado.	Enfermedad denominada pelagra: fatiga, pérdida del apetito, alteraciones digestivas, erupciones cutáneas, enrojecimiento de la lengua, depresión y pérdida de memoria.
B5, ácido pantoténico	Producción de hormonas de las glándulas suprarrenales y en el mantenimiento del sistema inmunitario.	Vísceras animales, la levadura, los vegetales crudos, los huevos y la leche y sus derivados.	Dolor de cabeza, fatiga, mala salud del cabello y alteraciones digestivas y cutáneas.

Continúa...

Vitamina	Característica	Alimentos asociados	Déficit
C, ácido ascórbico	Mejora la cicatrización de las heridas, la absorción de hierro y está implicada en el crecimiento y mantenimiento de los huesos, los dientes, las encías, los ligamentos y los vasos sanguíneos.	Frutas y los vegetales, aunque la leche materna y las vísceras de animales la contienen en pequeñas cantidades.	Inflamación, hipersensibilidad o hemorragia de las encías y hemorragias capilares. El déficit agudo puede producir anemia, a causa de la relación entre la vitamina C, el hierro y el escorbuto.

Fuente: Giménez (2002).

- **Minerales:** se requieren en pequeñas cantidades; forman parte de los tejidos. La mayoría está presente en alimentos de origen animal. Se pueden dividir en macrominerales y oligoelementos. Los macrominerales se requieren en mayor cantidad para el organismo. Se incluyen el calcio, fósforo, magnesio, potasio, azufre, cloro y sodio. Los oligoelementos se requieren en pequeñas cantidades. Los principales son: hierro, manganeso, cobre, selenio, yodo, cobalto, zinc y flúor. La tabla 20 muestra ejemplos de minerales y sus principales características.

TABLA 20. Ejemplos de minerales y sus características

Mineral	Característica	Alimentos asociados
Calcio	Salud de los dientes y los huesos; ayuda a relajar y a contraer los músculos; importante en el funcionamiento nervioso, la coagulación de la sangre, la regulación de la presión arterial y la salud del sistema inmunitario.	Leche y productos lácteos, pescado con huesos en lata (salmón, sardinas), tofu, leche de soya fortificados, verduras (brócoli o brotes de mostaza) y legumbres.
Zinc	Producir proteína y material genético; tiene una función en la percepción del gusto, la curación de heridas y el desarrollo fetal normal.	Carnes, pescado, aves, granos integrales con levadura y verduras.
Fósforo	Salud de los dientes y los huesos; se encuentra en todas las células; hace parte del sistema que mantiene el equilibrio del ácido básico.	Carne, pescado, aves, huevos, leche y alimentos procesados (incluidas las bebidas gaseosas).

Continúa...

Mineral	Característica	Alimentos asociados
Hierro	Parte de una molécula (hemoglobina) que se encuentra en los glóbulos rojos y los cuales transportan el oxígeno en el organismo; necesario para el metabolismo de la energía.	Vísceras, carnes rojas, pescado, aves, mariscos (especialmente las almejas), yemas de huevo, legumbres, frutas deshidratadas, verduras de hoja verde oscuro, panes, cereales enriquecidos con hierro y cereales fortificados.
Manganeso	Parte de muchas enzimas.	Alimentos de origen vegetal.
Potasio	Equilibrio adecuado de líquidos, la transmisión nerviosa y la contracción muscular.	Carnes, leche, frutas y verduras frescas, granos integrales y legumbres.
Sodio	Equilibrio adecuado de líquidos, transmisión nerviosa y contracción muscular.	Sal de mesa, soya y alimentos procesados.

Fuente: El personal de Ignite Healthwise, LLC (2024).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2025), los datos de composición de los alimentos constituyen la base de la mayoría de los aspectos de la nutrición. Se cree que la primera tabla de composición de un alimento fue publicada en 1818 por Percy y Vaquelin. A partir de ese momento muchos países han desarrollado sus propias bases de datos. En 1949, la FAO editó la primera tabla de composición de alimentos. En Europa se implementó la plataforma FoodExplorer, desarrollada por EuroFIR, la cual permite a diferentes países europeos así como a naciones de América del Norte, África del Sur, Asia y Oceanía tener acceso a la composición de diferentes alimentos (Kang, 2023). En Colombia, en 1947, se fundó el Instituto Nacional de Nutrición (INN) y en este año se realizó la publicación de la primera edición de la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (TCAC). Más adelante, el

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) asumió esta responsabilidad. En 1984, la FAO, en conjunto con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Universidad de las Naciones Unidas, creó la Red Internacional de Sistemas de Datos sobre Alimentos (Infofoods), a la cual pertenece la Red Latinoamericana de Composición de Alimentos (Latinfoods). Esta red tiene a su cargo la responsabilidad de desarrollar, fortalecer y difundir información sobre composición de alimentos en América del Sur. En Colombia, desde 1998, el ICBF, en conjunto con los ministerios de Salud y Protección Social, Agricultura y Desarrollo Rural, además del Instituto Nacional de Salud (INS), es el grupo encargado de generar y compilar información adecuada y confiable sobre datos de composición nutricional de los alimentos del país.

La TCAC es un instrumento que recopila el contenido de nutrientes y el aporte de energía de los alimentos que consume la población colombiana. En su última versión (ICBF, 2018) recopila datos sobre análisis químico directo e indirecto de alimentos con el fin de proporcionar al usuario una tabla confiable.

Los alimentos se clasifican en dieciséis grupos codificados desde la A hasta la T, según la clasificación descrita por Latinfoods (2024). Las harinas se clasifican dentro del grupo A, cereales y derivados, así como la yuca, se encuentran dentro del grupo B107; finalmente, la harina de yuca cruda pertenece al grupo B058. Además, en el documento formulado por el ICBF (2018) se reportan datos de composición para la harina de yuca brava o fariña con el código P059.

La tabla 21 muestra una comparación entre datos de composición nutricional de diferentes tipos de alimentos (harinas o wasaí en pulpa), versus los resultados obtenidos para la fariña analizada en este estudio. Para el caso de este proyecto se analizaron un total de treinta y un parámetros comprendidos por: humedad, pH, cenizas, fibra dietaria, carbohidratos, minerales, vitaminas y grasas (muestra analizada por laboratorio Biotrends en diciembre del 2023).

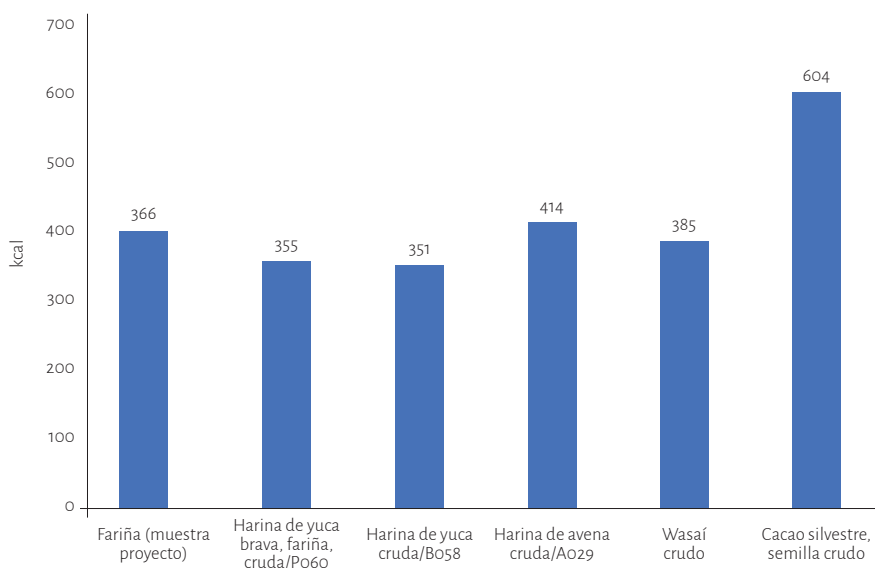
TABLA 21. Composición nutricional harina y otros alimentos

Alimento/código	Humedad (g)	Energía (kcal)	Proteína (g)	Lípidos (g)	Azúcares totales (g)	Carbohidratos totales (g)	Carbohidratos disponibles (g)	Fibra dietaria (g)	Cenizas (g)	Calcio (mg)	Hierro (g)	Sodio (mg)	Zinc (mg)	Magnesio (mg)	Potasio (mg)	Vit. A (ER)	Tiamina (mg)	Vit. B2, riboflavina (mg)	Vit. B3, niacina (mg)	Vit. B9, folato (µg)	Grasa saturada (g)	Grasa monoinsaturada (g)	Grasa poliinsaturada (g)	Grasa cis (g)	Grasa trans (g)	Omega-3 (g)	Omega-6 (g)	Omega-9 (g)	
Harina (muestra proyecto)	6,6	366	1,3	0,4	0,0	91,0	87,5	3,5	0,7	35,1	1,2	6,1	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,163	0,18	0,20	0,02	0,07	0,1428	0,00	0,00	0,00	0,07	
Harina de yuca brava, harina o mandioca, cruda/ P060	13,9	355	1,7	0,2	83,3	76,9	6,4	0,9	40	1,1	1	0,4	0,4	37	439	0	0,11	0,06	1,6	59	-	-	-	-	-	-	-	-	
Harina de yuca, cruda /B058	12,0	351	1,1	0,3	85,9	85,7	0,3	0,7	53	1,1	1	0,4	0,4	0,00	0,00	0,08	0,8												
Harina de arroz, cruda/A028	12,0	361	6,0	1,4	80,0	77,6	2,4	0,6	8	0,4	0	0,8	0,8	0	0,04	2,6	4	0,4	0,4	0,3									
Harina de avena, cruda /A029	8,6	414	14,7	8,6	66,2	59,7	6,5	2,0	54	4,0	19	3,2	3,2	0	0,13	1,5	32	1,5	2,7	3,1									
Harina de cebada, cruda/A030	11,4	378	10,5	1,6	75,4	65,3	10,1	1,1	32	5,0	2	5,0	5,0	1	0,11	6,3	8	0,3	0,2	0,8									
Harina de centeno, cruda A031	11,5	390	15,9	2,9	68,3	54,9	13,4	2,2	37	5,0	2	5,0	5,0	1	0,25	4,3	33	0,3	0,3	1,0									
Harina de maíz blanco precocida/ A034	12,0	380	9,1	3,7	73,9	66,4	7,5	1,3	4	2,7	1	1,3	1,3	0	0,12	2,7	35	0,4	0,8	1,3									
Harina de quinua, cruda/ A037.	13,7	360	11,0	4,1	69,0	67,5	1,5	2,2	44	4,9	12	2,7																	
Harina de trigo fortificada todo propósito, crudo/ A040	13,0	360	12,5	1,7	72,3	69,7	2,6	0,5	15	4,3	2	1,0	1,0	0	0,47	6,1	216	0,3	0,7	0,7									
Wasai crudo (pulpa sin semilla)	44,3	385	3,8	30,6	17,5	5,0	12,5	3,9	134	6,7	28	2,9	63	1	3,46	0,88	420												

Fuente: resultados del proyecto laboratorio basados en Biotrends (2023) e ICBF (2018).

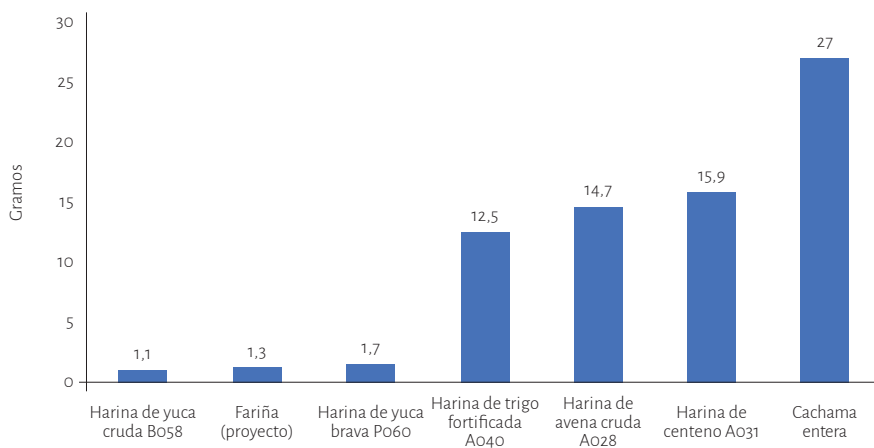
Los resultados de valor nutricional de la fariña producida por la comunidad La Libertad muestran que, en términos energéticos, la fariña presenta 366 kcal/g, lo cual se equipara a la harina de yuca brava, con 355 kcal/g y menor que la pulpa de wasái crudo (385 kcal/g). Si lo comparamos con el cacao silvestre (604 kcal/g), el valor energético de la fariña es menor. La energía corresponde al valor necesario para elevar la temperatura de un gramo de agua desde 14,5 °C a 15,5 °C, se expresa en kilocalorías y calorías. Los nutrientes que proveen energía al cuerpo son los hidratos de carbono (cada gramo aporta 4 kcal), grasas, lípidos (cada gramo de grasa aporta 9 kcal) y las proteínas (cada gramo de proteína aporta 4 kcal; véase la gráfica 19).

En cuanto a la proteína, la fariña posee un valor de 1,3 g/100g, el cual es bajo si se compara con la harina de avena (14,7 g/100 g) o con una cachama frita (27 g/100 g), pero mayor si lo equiparamos con el aceite de oliva (0,0 g/100 g; véase la gráfica 20).



GRÁFICA 19. Energía (kcal) aportada por la fariña y otros alimentos

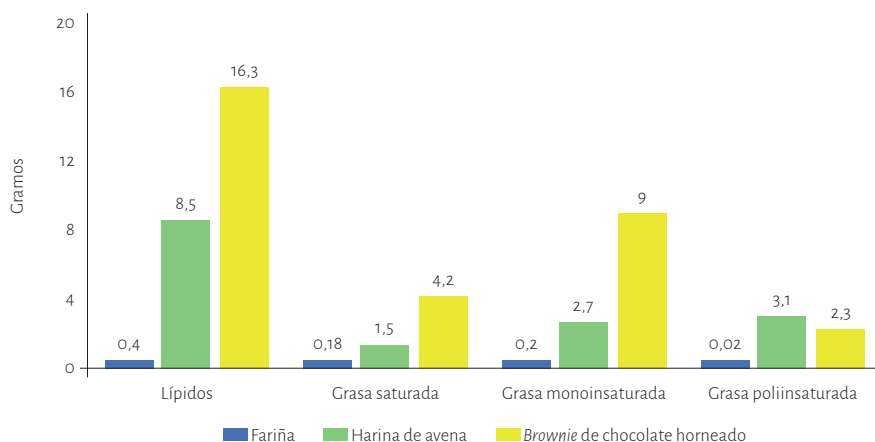
Fuente: resultados de Biotrends (2023) e ICBF (2018).



GRÁFICA 20. Proteína (g/100 g) aportada por la fariña y otros alimentos

Fuente: resultados de Biotrends (2023) e ICBF (2018).

Los lípidos y grasas constituyen la fuente más concentrada de energía, ya que cada gramo corresponde a 9 calorías. Asimismo, ayudan a la formación de hormonas y membranas, y son indispensables para la absorción de las vitaminas liposolubles (A, D, E y K). Las grasas pueden ser de origen animal o vegetal. Los ácidos grasos se dividen en saturados e insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados). Las grasas saturadas solo tienen enlaces sencillos entre átomos de carbono adyacentes, no contienen dobles enlaces, por esta razón son generalmente sólidas a temperatura ambiente (20 °C); pueden ser de origen animal como la mantequilla de vaca y queso crema, o de origen vegetal, como la manteca y algunas margarinas. Las grasas insaturadas poseen dos o más enlaces dobles que pueden reaccionar al oxígeno aumentando la posibilidad de enranciamiento. Son líquidas a temperatura ambiente y son generalmente de origen vegetal, como los aceites de maíz, soya, oliva, girasol, entre otros (ICBF, 2025). Las grasas ayudan a que la alimentación sea más agradable, influye en las características organolépticas de los alimentos como el sabor, textura, dan cuerpo y volumen, así como otorgan brillo, suavidad y lubricidad a los alimentos. La gráfica 21 muestra que, al comparar los resultados de grasas de la fariña con la harina de avena y un *brownie* horneado, la fariña posee bajos niveles de grasas saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas.



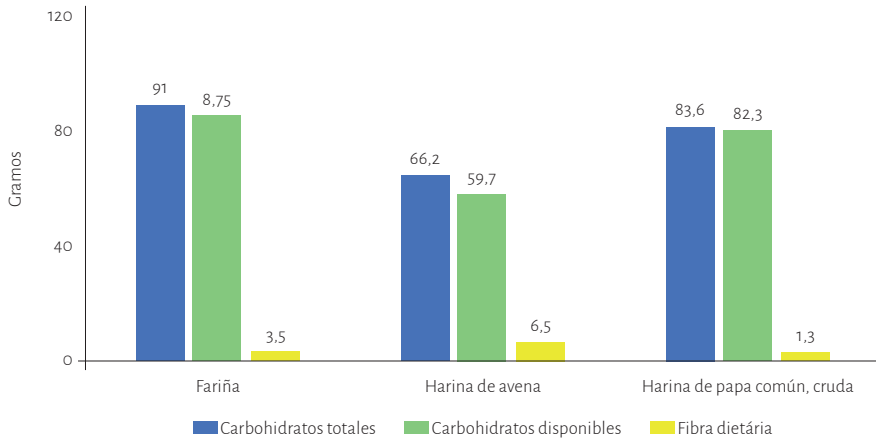
GRÁFICA 21. Grasas (g/100g) aportadas por la fariña y otros alimentos

Fuente: resultados de Biotrends (2023) e ICBF (2018).

En este aspecto es importante resaltar que la fariña es libre de gluten; puede contribuir a disminuir los niveles de azúcar en la sangre, ya que posee un buen contenido de fibra dietaria que regula la función intestinal. La fibra es un tipo de carbohidrato que se encuentra principalmente en las frutas, las verduras, los granos integrales y las legumbres, y puede ser de dos tipos: soluble o funcional e insoluble o fibra dietaria. La fibra soluble retiene el agua y se vuelve gel durante la digestión. Retarda la digestión y la absorción de nutrientes desde el estómago y el intestino. La fibra insoluble ayuda a acelerar el paso de los alimentos a través del estómago y los intestinos, por lo que agrega volumen a las heces. Además, la fibra ayuda a reducir los niveles de colesterol y disminuir la absorción de la glucosa previniendo enfermedades del corazón y la diabetes (CDC, 2024; ICBF, 2025).

En cuanto a los carbohidratos, estos proporcionan al cuerpo la energía indispensable para funcionar y realizar las actividades diarias. Aportan 4 calorías por gramo. Los principales alimentos fuentes de carbohidratos son: cereales, raíces, tubérculos, plátanos y azúcares. Los carbohidratos totales corresponden a la suma entre los carbohidratos disponibles (mono-, di-, oligo- y polisacáridos, incluidos los polialcoholes y la fibra dietética). Los carbohidratos disponibles corresponden al total de carbohidratos menos el contenido de fibra dietaria, polialcoholes y carbohidratos no glucémicos; estos contribuyen al aumento del índice glucémico (IG). El IG compara la capacidad de los alimentos para aumentar el azúcar en la sangre (glucosa).

Para el caso de la fariña, el contenido de carbohidratos disponibles es mayor si se compara con la harina de avena (87,5 g > 59,7 g) y con la harina de la papa común cruda (87,5 g > 82,3 g). Sin embargo, es importante aclarar que la fibra dietaria para la fariña es de 3,5 g/100 g, mientras que para la papa común es de 1,3 g/100 g, lo cual indica que la fariña es un alimento que puede contribuir a los procesos digestivos y la buena asimilación de alimentos (véase la gráfica 22).

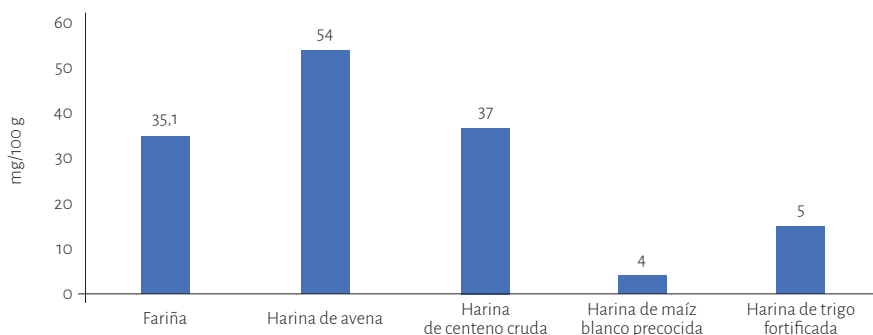


GRÁFICA 22. Carbohidratos y fibra dietaria en la fariña, harina de avena y harina de papa común

Fuente: resultados de Biotrends (2023) e ICBF (2018).

En cuanto a los minerales, se puede observar que la fariña posee calcio, hierro, sodio y zinc. El calcio es un mineral que el cuerpo necesita para formar y mantener los huesos fuertes, así como para que los músculos se muevan y los nervios transmitan mensajes desde el cerebro hacia las distintas partes del cuerpo. Los alimentos con mayor aporte de calcio son la leche, el yogur, la col rizada, el brócoli y las bebidas de soja y de almendras (National Institutes of Health, NIH, 2025).

Para el caso de la fariña, el contenido de calcio es de 35,1 mg/100 g, superior si se compara con la harina de maíz blanco precocida, la cual posee 4 mg/100 g de calcio. La harina de avena y la harina de centeno cruda poseen valores superiores a 54 mg/100 g y 37 mg/100 g, respectivamente (véase la gráfica 23).

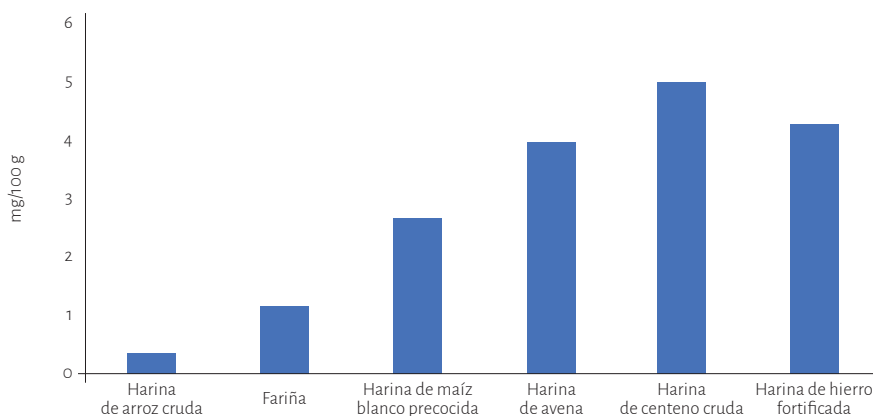


GRÁFICA 23. Calcio en diferentes tipos de harinas

Fuente: resultados de Biotrends (2023) e ICBF (2018).

El hierro es un mineral utilizado para fabricar la hemoglobina necesaria a fin de producir glóbulos rojos. El hierro se encuentra en los alimentos en dos formas: hierro hemo y hierro no hemo. El cuerpo absorbe mejor el hierro hemo; los alimentos que contienen este tipo de hierro son los de origen animal; los de origen vegetal contienen hierro no hemo (por esta razón, es recomendable consumir de los dos tipos; NIH, 2022).

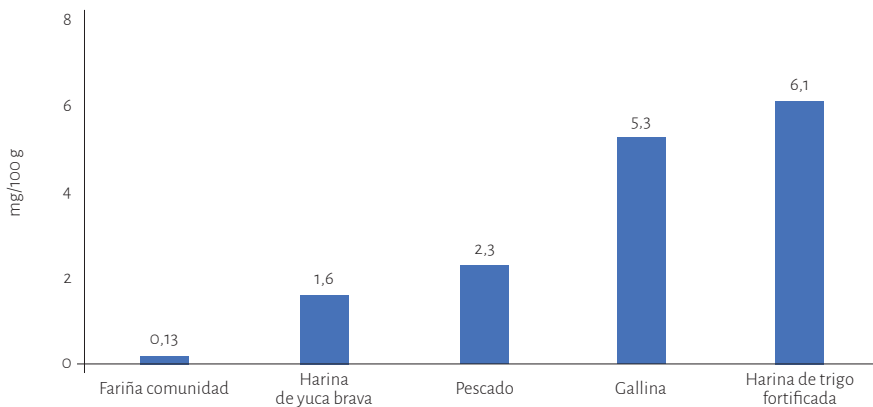
Para el caso de las harinas, la harina de avena y de centeno poseen mayor cantidad de hierro con 4 mg y 5 mg por cada 100 g, respectivamente. La fariña posee 1,2 mg/100 g, superior a la harina de arroz cruda que posee 0,4 mg/100g de hierro (véase la gráfica 24).



GRÁFICA 24. Hierro en diferentes tipos de harinas

Fuente: resultados de Biotrends (2023) e ICBF (2018).

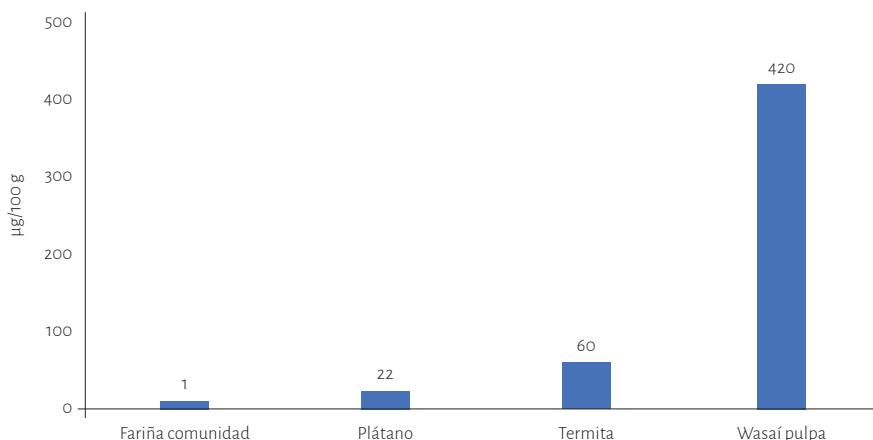
En cuanto a las vitaminas, la niacina es una vitamina del grupo B3 que el cuerpo crea y utiliza para convertir los alimentos en energía. La cantidad necesaria depende de la edad y el género; las cantidades promedio diarias recomendadas se encuentran en miligramos porque el organismo también puede producir niacina a partir del triptófano, un aminoácido en las proteínas. Los alimentos fuente de niacina son las aves de corral, carne de res, cerdo y pescado, algunas nueces, legumbres y granos, como también alimentos fortificados (panes y cereales; NIH, 2022). Los resultados indican que la fariña analizada en este estudio tiene un contenido de 0,13 mg de niacina, mientras que la harina de trigo fortificada presenta un valor de 6,1 mg, según los reportes del ICBF (2025; véase la gráfica 25).



GRÁFICA 25. Vitamina B3 o niacina en la fariña y otros alimentos

Fuente: resultados de Biotrends (2023) e ICBF (2025).

Por otro lado, la vitamina B9 o ácido fólico es una vitamina hidrosoluble necesaria para la maduración de proteínas estructurales y la hemoglobina; es esencial durante el comienzo del embarazo para reducir el riesgo de defectos de nacimiento del cerebro y la espina dorsal. Se encuentra principalmente en guisantes, fríjoles y nueces. Las frutas con alto contenido de folato son naranjas, limones, plátanos, melones y fresas. La cantidad promedio diaria recomendada dependerá de la edad. Se usa la medida de miligramos porque el organismo absorbe más ácido fólico de los alimentos fortificados y de los suplementos dietéticos que del folato que se encuentra naturalmente en los alimentos. Los resultados obtenidos para la fariña indican un contenido de 0,163 µg de vitamina B9; el registro más alto se reporta para la harina de trigo fortificada con un contenido de 216 µg, de acuerdo con el ICBF (2025; véase la gráfica 26).



GRÁFICA 26. Vitamina B9 o folato en la fariña y otros alimentos

Fuente: resultados de Biotrends (2023) e ICBF (2025).

Teniendo en cuenta que la fariña tiene algunas propiedades nutricionales y que es un producto fabricado y comercializado actualmente por la Amitli, se realizó la tabla nutricional con el fin de cumplir con la normatividad colombiana (Resolución 5109 del 2005 y Resolución 333 del 2011). Los análisis físicoquímicos y la realización de la tabla nutricional se llevaron a cabo por el laboratorio Biotrends en abril del 2025. La figura 5 muestra las tablas nutricionales para la fariña en presentación de 1000 g y 500 g.

La tabla nutricional para la fariña esta dividida por partes; en la primera parte se muestra el tamaño por porción, el cual equivale a una cucharada de 25 g aproximadamente. Las porciones por envase para el contenido neto del producto de 1000 g son de 40, y para el contenido neto de 500 g es de 20.

La segunda parte muestra el contenido por 100 g y por porción de alimento que se consume. En cuanto a la energía, este resultado indica cuántas *calorías* hay en una porción del alimento y cuántas de estas provienen de la grasa. Para el caso de la fariña una porción aporta 91 kcal y 0,1 g de estas calorías provienen de la grasa saturada. De acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social, el *valor diario de referencia* corresponde al nivel de ingesta diario de nutrientes recomendado para mantener la salud de la mayoría de las personas sanas. Para el caso de las calorías, el valor corresponde a 2000 kcal y para la grasa a 65 g en niños mayores de 4 años y adultos (Ministerio de Salud y Protección Social, 2021).

Identificación del ítem de ensayo	
Identificación	Fabricante y/o Proveedor
FARINA AMITLU MITU VAUPEES (1000 g)	AMITLU ASOCIACION MUJERES INDIGENAS TRABAJADORAS LA LIBERTAD

Información nutricional		
Tamaño de porción: 1 cucharada (25 g)		
Número de porciones por envase: 40		
Calorías (kcal)	Por 100 g	Por porción
	378	91
Grasa total	0.9 g	0 g
Grasa saturada	0.4 g	0.1 g
Grasa trans	0 mg	0 mg
Carbohidratos totales	82 g	23 g
Fibra dietaria	2.0 g	0.5 g
Azúcares totales	0 g	0 g
Azúcares añadidos	0 g	0 g
Proteína	1.5 g	0 g
Sodio	9.7 mg	0 mg
Vitamina A	0 µg ER	0 µg ER
Vitamina D	0 µg	0 µg
Hierro	2.1 mg	0.53 mg
Calcio	33 mg	0 mg
Zinc	0.70 mg	0 mg

Sello de advertencia: Límites de contenidos de nutrientes según Tabla 17, Página 13, Resolución 2492 de 2022 "Según Artículo 32, Resolución 2492 de 2022, aplica para productos alimenticios procesados e ultraprocesados. El fabricante ha de determinar si a su producto le aplica o no el etiquetado frontal de advertencia de acuerdo las definiciones e interpretación de la norma"

Sello de advertencia: Límites de contenidos de nutrientes según Tabla 17, Página 12, Resolución 2492 de 2022 "Según Artículo 32, Resolución 2492 de 2022, aplica para productos alimenticios procesados e ultraprocesados. El fabricante ha de determinar si a su producto le aplica o no el etiquetado frontal de advertencia de acuerdo las definiciones e interpretación de la norma"

Identificación del ítem de ensayo	
Identificación	Fabricante y/o Proveedor
FARINA AMITLU MITU VAUPEES (500 g)	AMITLU ASOCIACION MUJERES INDIGENAS TRABAJADORAS LA LIBERTAD

Información nutricional		
Tamaño de porción: 1 cucharada (25 g)		
Número de porciones por envase: 20		
Calorías (kcal)	Por 100 g	Por porción
	378	91
Grasa total	0.9 g	0 g
Grasa saturada	0.4 g	0.1 g
Grasa trans	0 mg	0 mg
Carbohidratos totales	82 g	23 g
Fibra dietaria	2.0 g	0.5 g
Azúcares totales	0 g	0 g
Azúcares añadidos	0 g	0 g
Proteína	1.5 g	0 g
Sodio	9.7 mg	0 mg
Vitamina A	0 µg ER	0 µg ER
Vitamina D	0 µg	0 µg
Hierro	2.1 mg	0.53 mg
Calcio	33 mg	0 mg
Zinc	0.70 mg	0 mg

Sello de advertencia: Límites de contenidos de nutrientes según Tabla 17, Página 13, Resolución 2492 de 2022 "Según Artículo 32, Resolución 2492 de 2022, aplica para productos alimenticios procesados e ultraprocesados. El fabricante ha de determinar si a su producto le aplica o no el etiquetado frontal de advertencia de acuerdo las definiciones e interpretación de la norma"

Nutriente	Límite	Relación contenido (mg/kcal)	Contenido (mg/100 g)	Aporte contenido (porcentaje de energía)	¿Requiere sello de advertencia?
Sodio	Mayor o igual a 1 mg/kcal y/o 300 mg/100 g	0,03	10		No
Azúcares	Mayor o igual a 10 % del total de energía provenientes de azúcares libres			0,00	No
Grasas saturadas	Mayor o igual a 10 % del total de energía provenientes de grasas saturadas			0,98	No
Grasa trans	Mayor o igual a 1 % del total de energía provenientes de grasa trans			0,00	No

FIGURA 5. Tablas nutricionales para la harina, presentación de 1000 g y 500 g Fuente: elaborada por laboratorio Biotrends (2025b).

En cuanto a los *carbohidratos totales*, estos corresponden a la cantidad de carbohidratos en un alimento, incluidos los azúcares, los almidones y la fibra dietaria. Para el caso de la fariña, los carbohidratos totales por porción corresponden a 23 g y la fibra dietaria corresponde a 0,5 g por porción. La fibra dietaria es la parte no digerible de las plantas, que no aporta energía, pero es importante para la salud digestiva. Los valores diarios de referencia para carbohidratos totales son de 300 mg y de fibra dietaria 25 g.

Los *azúcares* son el tipo más pequeño y simple de carbohidratos, clasificados en monosacáridos, disacáridos y alcoholes azucarados. Son fácilmente digeribles y absorbidos por el cuerpo. Los azúcares añadidos o adicionados son azúcares y jarabes que se añaden a los alimentos durante su preparación. Las principales fuentes de azúcares añadidos corresponden a refrescos, gaseosas, pasteles, galletas, jugos de fruta, dulces, entre otros. Para el caso de la fariña, el valor de azúcares totales y azúcares añadidos es 0 g, lo cual no significa que no contenga ningún tipo de azúcar, sino que su contenido es insignificante, menor a 0,5 g de azúcar por cada 100 g de alimento; por lo tanto, se puede considerar que el alimento tiene un bajo contenido de azúcares. Desde el 2014, la FAO recomienda que el consumo de azúcares adicionados sea menos del 5 % del valor calórico total y las recomendaciones de ingesta diaria indican que este consumo no debe ser mayor a 25 %, equivalentes a 125 g o 25 cucharaditas de azúcar al día (Ministerio de Salud y Protección Social, s. f.).

Las *proteínas* son los nutrientes que ejercen un mayor número de funciones a nivel celular. Forman parte de los tejidos y tienen función metabólica y reguladora. Las proteínas son de origen vegetal (frutos secos, legumbres, cereales y champiñones) y de origen animal (carnes, pescados, aves, huevos y productos lácteos) (Clínica Universidad de Navarra, 2025b). Para el caso de la fariña, el contenido de proteína por cada 100 g es de 1,5 g. El valor de requerimiento promedio estimado estipula un valor promedio de 1,05 g/kg/día para niños y niñas entre 4-13 años, así como un valor de 0,92 g/kg/día para hombres y mujeres entre 31 a 70 años (Resolución 3803 del 2016).

El *sodio* es un mineral que se encuentra de forma natural en los alimentos, en forma de sales; también se usa como condimento. El sodio equilibra los líquidos en el cuerpo y provee funcionamiento de los nervios y músculos. En la fariña se reporta un valor de 9,7 mg por cada 100 g; el valor diario de referencia corresponde a 2400 mg de sodio.

Uno de los minerales reportados en la fariña es el hierro, con valores de 2,1 mg por cada 100 g y de 0,53 mg por porción. El valor de referencia para este

mineral es de 18 mg y la recomendación de requerimiento promedio estimado, que varía con la edad para niños y niñas entre 4 y 8 años, es de 6,2 mg/día, mientras que para mujeres entre 31 y 50 años es de 11,7 mg/día; para hombres de 31-50 años es de 9,0 mg/día (Resolución 3803 del 2016). El hierro es un mineral que se encuentra en diferentes alimentos y es necesario para producir la hemoglobina y la mioglobina, proteínas que transportan el oxígeno. En los alimentos, el hierro se encuentra en dos formas: hierro hemo y hierro no hemo. El cuerpo absorbe mejor el hierro hemo (NIH, 2022).

El *calcio* en la fariña presenta un valor de 33 mg por cada 100 g; el valor de referencia para este mineral es de 1000 mg y la recomendación de requerimiento promedio estimado, que cambia con la edad para niños y niñas entre 4 y 8 años, corresponde a 800 mg/día, mientras que para hombres entre 31-70 años el valor es de 800 mg/día y para mujeres entre 31 y 50 años es de 800 mg/día. El calcio es un mineral esencial para mantener unos huesos y dientes fuertes, también es importante para el corazón, músculos y nervios. Alimentos ricos en calcio son el queso fresco, con 470 mg/100 g de porción, o yogur, con 180 a 127 mg/100 g de porción (Clínica Universidad de Navarra, 2025a).

El *zinc* en la fariña presenta un valor de 0,70 mg por cada 100 g; el valor de referencia para este mineral es de 15 mg y la recomendación de requerimiento promedio estimado, que varía con la edad para niños y niñas entre 4 y 8 años, corresponde a 3,0 mg/día, mientras que para hombres entre 31-70 años el valor es de 12,0 mg/día y para mujeres entre 31 y 50 años es de 6,5 mg/día. El zinc está presente en las células de todo el cuerpo, ayuda al sistema inmunitario a luchar contra las bacterias y los virus que lo atacan. El cuerpo utiliza el zinc para producir ADN y las proteínas.

Calidad microbiológica en la fariña

En Colombia, los parámetros microbiológicos que regulan la calidad de la harina de yuca y las harinas precocidas destinadas a consumo humano están establecidas en la Resolución 1407 del 2022, capítulo 7.7, y la Norma Técnica Colombiana (NTC) 2716 (véase la tabla 22).

Tabla 22. Parámetros microbiológicos para harinas precocidas, Resolución 1407 del 2022, cap. 7.7

Parámetro	Caso	Muestreo clase	n	c	m	M
Mohos y levaduras	2	3	5	2	10 ³ ufc/g	2 × 10 ³ ufc/g
<i>Escherichia coli</i>	NA	3	5	0	<10 ufc/g	---
<i>Bacillus cereus</i>	7	3	5	2	3 × 10 ² ufc/g	10 ³ ufc/g
<i>Salmonella spp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25 g	---

Notas:

Caso: grado de preocupación relativa a la utilidad y peligro sanitario.

Muestreo de tres clases: muestreo dado por atributos de tres clases y que es definido por los valores n, c, m; M es aplicado en los casos en los que la calidad del producto puede dividirse en tres clases de atributos, según la concentración de microorganismos.

n: número de unidades que componen la muestra a analizar.

c: número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendido entre “m” y “M” para que el alimento sea de nivel aceptable de calidad.

m: límite microbiológico máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M: concentración que separa el nivel aceptable de calidad o seguridad inaceptable.

Fuente: elaboración propia.

Los microorganismos que se evalúan en la norma pertenecen a diferentes familias y géneros. A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno.

Escherichia coli

Pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, género *Escherichia*, especie, *E. coli*. Es un bacilo gramnegativo, no formador de esporas, mide entre 0,5 µm de ancho por 3µm de largo, son móviles por poseer flagelos peritricos y oxidan los nitritos a nitratos. Este microorganismo fermenta la glucosa y la lactosa, produce gas y es anaerobio facultativo. La bacteria está presente en el intestino distal de los organismos de sangre caliente, la mayoría de sus cepas son inocuas, pero algunas pueden causar graves intoxicaciones (INS, 2019).

Se ha demostrado la presencia de más de 100 serotipos patogénicos de *E. coli* de acuerdo con su estructura antigénica: antígeno capsular (antígeno K y

antígeno O), antígeno flagelar (antígeno H) y antígenos menores como proteínas de membrana externa y fimbrias. Las variedades patogénicas están divididas en (INS, 2019):

- Enteropatógena (EPEC)
- Enterotoxigénica (ETEC)
- Enteroinvasiva (EIEC)
- Enteroagregativa (EAEC)
- Enterohemorrágica (EHEC)

En el caso de las cepas patogénicas, estas se transmiten al ser humano por varias vías:

- Consumo de alimentos contaminados (carne cruda o poco cocinada, leche cruda, derivados lácteos, frutas, verduras crudas y semillas germinadas, entre otros).
- Vía fecal y oral de los animales portadores en granjas, así como personas que padecen la infección y son portadores asintomáticos.
- Contaminación cruzada en la transformación, preparación y cocción de los alimentos.

Los síntomas de la enfermedad causada por las cepas patogénicas productoras de toxina Shiga son calambres abdominales, diarrea (en algunos casos sanguinolenta), fiebre y vómitos. El período de incubación varía entre tres a ocho días, la mayoría de los pacientes se recuperan en un término de diez días. Sin embargo, un pequeño porcentaje de los casos, en especial niños menores de cinco años, personas mayores a 65 años e inmunocomprometidos, pueden presentar infecciones complicadas por la generación del síndrome urémico hemolítico (SUH), caracterizado por generar insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia. La OMS estima que hasta un 10 % de los pacientes con *E. coli* productora de toxina Shiga pueden desarrollar SUH (OMS, 2018a).

Bacillus cereus

Es un bacilo grampositivo, anaerobio facultativo y esporulado con alta resistencia a condiciones ambientales extremas, como calentamiento, congelación, secado

y radiación. Su temperatura óptima de crecimiento es de 30 a 40 °C, el rango de pH es de 4,5 a 9,5. Este microorganismo se ha encontrado en el intestino de humanos, pero no se considera un reservorio importante; también se ha encontrado en el tracto de animales invertebrados y algunos de sangre caliente. Los alimentos crudos de origen vegetal como vegetales frescos, mínimamente procesados, cereales (arroz), especias, leche, derivados lácteos, carnes crudas y derivados se han reportado como la mayor fuente de *B. cereus*. Este microorganismo produce diferentes toxinas, la toxina emética, la hemolisina (HBL), la enterotoxina no hemolítica (NHE) y la citotoxina K (CytK). Además, produce tres tipos diferentes de fosfolipasas C (INS, 2011).

La toxina emética es la más conocida por su resistencia a altas temperaturas (90 °C), pH extremos (2 a 11) y estabilidad a tratamientos con pepsina y tripsina. Las toxinas diarreicas son: (i) HBL está conformadas por tres proteínas (L2, LI y B) que codifican para los genes *hblC*, *hblD* y *hblA*. Esta toxina se produce durante el crecimiento de *B. cereus* en el intestino delgado del huésped; (ii) NHE está compuesta por tres proteínas: NHeA, NheB y NheC. Esta enterotoxina se produce durante el crecimiento vegetativo del microorganismo en el intestino delgado del huésped, y (iii) CytK codifica para el gen *cytK*; se ha caracterizado por causar diarrea (INS, 2011).

Es importante aclarar que no todas las cepas de *B. cereus* tienen la capacidad de producir toxinas diarreicas. La intoxicación por este microorganismo puede producir los síntomas que se describen a continuación.

Síndrome emético

- Período de incubación: 1-5 horas tras la ingestión del alimento contaminado.
- Síntomas: náuseas, vómito y malestar. La diarrea se presenta en un 30 % de los casos severos. La dosis infecciosa es mayor a 10^5 *B. cereus*/g.

Síndrome diarreico

- Período de incubación: 8-16 horas después de haber ingerido el alimento contaminado.
- Síntomas: dolor abdominal, tenesmo rectal y ocasionalmente náuseas y diarrea. La dosis infecciosa corresponde entre 10^5 y 10^8 células o esporas.

Salmonella spp.

Pertenece a la familia *Enterobacteriaceae* y tiene cerca de 2700 serovares. Se divide en dos especies: *Salmonella entérica* y *Salmonella bongori* (grupo v). Es un bacilo gramnegativo que puede crecer en un rango de 7-49 °C y pH entre 4 y 9. Se clasifica como anaerobio facultativo y puede sobrevivir bien en alimentos con un alto contenido de proteína como el pollo y el huevo.

Es importante resaltar que *Salmonella entérica* se subdivide en seis subespecies y que la mayoría de los aislamientos de humanos y animales se relacionan con la subespecie 1. Debido a la diversidad de serovares, la OMS propuso una clasificación basada en las combinaciones de los antígenos que poseen somático (O), flagelar (H) y capsular (K); este sistema se conoce como Kauffman-White.

Las fuentes de *Salmonella spp.* son:

- **Humanos:** las personas infectadas pueden excretar el microorganismo hasta por tres meses.
- **Animales:** este microorganismo está presente en el intestino de pájaros, reptiles, tortugas, pollos, pavos, cerdos. El pollo y el cerdo son los principales reservorios de este microorganismo.
- **Alimentos:** la carne de pollo y otros tipos de carne son un vehículo de contaminación del microorganismo. Asimismo, los huevos, las frutas, los vegetales y las semillas germinadas.

La transmisión de *Salmonellas spp.* a los humanos se da principalmente por el consumo de alimentos contaminados (90-95%); otras rutas de transmisión son el contacto con personas y animales infectados. Se ha reportado que *Salmonella spp.* es una de las cuatro causas principales de enfermedades diarreicas en el mundo (OMS, 2018b).

La salmonelosis se caracteriza por la aparición súbita de fiebre, dolor abdominal, náuseas, vómitos y diarrea (que puede ser sanguinolenta), como se ha notificado en la mayoría de los casos del brote actual. Los síntomas aparecen normalmente entre 6 y 72 horas después de la ingestión de los alimentos o del agua contaminados con *Salmonella spp.* y duran de 2 a 7 días. Las personas con mayor riesgo de presentar síntomas severos son: niños menores de 5 años, los adultos de 65 años o más y las personas cuyo sistema inmunitario se encuentra debilitado a causa de ciertas afecciones (como diabetes, enfermedad del hígado, enfermedad de los riñones y cáncer) o sus tratamientos (CDC, 2024).

Hongos y levaduras

Los hongos son un grupo diverso de organismos que incluye los mohos, las setas y las levaduras. Pertenecen al dominio eucariota y se estima que existen hasta 1,5 millones de especies. Habitan en el suelo o en material vegetal muerto y cumplen importantes funciones en la mineralización del carbono orgánico. Existen hongos parásitos de plantas, animales y humanos.

Los hongos son aerobios, se alimentan por medio de la excreción de enzimas extracelulares para digerir compuestos complejos como polisacáridos o proteínas. En su mayoría, los hongos son multicelulares y forman filamentos denominados hifas, a partir de las cuales se forman las esporas asexuales. Las hifas crecen juntas sobre una superficie y forman masas compactas, denominadas micelios. A partir del micelio, las hifas pueden formar esporas o conidios (véase la figura 6; Madigan *et al.*, 2015). Las formas y los mecanismos de reproducción en los hongos son de carácter sexual y asexual, lo que les confiere alta diversidad taxonómica. Contrario a los hongos las levaduras, son organismos unicelulares.

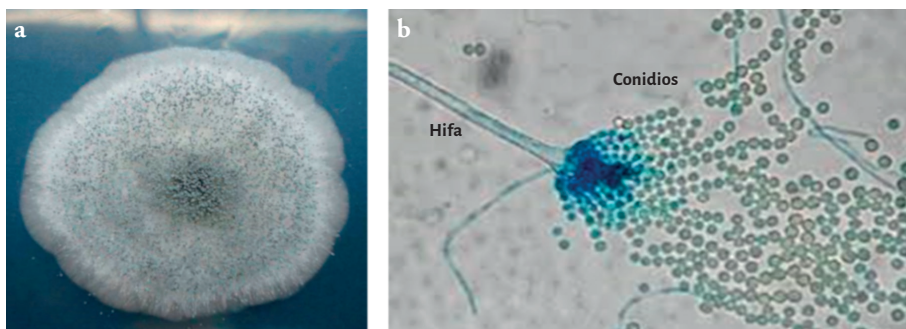


FIGURA 6. (a) Micelio de *Aspergillus spp.*; (b) *Aspergillus spp.*, hifas y conidios

Fuente: Rodríguez (2016).

En alimentos ácidos y en aquellos que tienen baja actividad de agua, los hongos filamentosos y las levaduras crecen con mayor rapidez que las bacterias. Los hongos encontrados comúnmente en alimentos son de los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Monilia*, *Manoscosus*, *Mortierella*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Thamnidium*. Algunos hongos producen micotoxinas, compuestos tóxicos que se producen de forma natural y que pueden generar enfermedades en el corto y largo plazo; se han identificado más de cien micotoxinas diferentes. Sin embargo, las más importantes reguladas a nivel mundial son (OMS, 2023):

- **Aflatoxinas:** producidas por *A. flavus* y *A. parasiticus* que pueden afectar cereales (arroz, maíz, sorgo y trigo), semillas (soja, cacahuete, girasol y algodón), especias (chile, pimienta, coriandro, cúrcuma y jengibre) y nueces de árbol (pistacho, almendra, nuez, coco y nuez de Brasil). Dosis altas de esta toxina pueden causar lesiones hepáticas, daño genotóxico y cáncer en algunos animales.
- **Ocratoxina A:** generada por varias especies de *Aspergillus* y *Penicillium* que pueden contaminar cereales, granos de café, uvas pasas, vino, jugo de uva y especias. Su efecto más notable es el daño renal; también puede tener efectos en el desarrollo fetal y el sistema inmunitario.
- **Patulina:** producida por los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Bissochlamys*. Se encuentran en manzanas dañadas y sus productos; también aparecen en frutas enmohecidas y granos. En humanos genera náuseas y trastornos gastrointestinales.

Teniendo en cuenta los parámetros microbiológicos mencionados, se realizó un análisis microbiológico en diferentes muestras de fariña preparada durante el último semestre del 2023. Por otro lado, se realizó una prueba de desinfección con luz UV y análisis microbiológicos al ambiente y las superficies del lugar en donde se empaca la fariña por parte de la asociación Amitli. La tabla 23 muestra la fecha y el tipo de análisis realizado.

TABLA 23. Fariña y parámetros microbiológicos

Fecha	Muestra/cantidad	Análisis
28 de junio del 2023	Fariña: 37	<i>E. coli</i> , <i>B. cereus</i> , hongos, levaduras y <i>Salmonella spp.</i>
26 de agosto del 2023	Fariña: 38	Desinfección luz UV y análisis de <i>E. coli</i> , <i>B. cereus</i> , hongos, levaduras y <i>Salmonella spp.</i>
28 de noviembre del 2023	Fariña: 20 (ambientes y superficies)	Fariña: aerobios mesófilos, hongos y levaduras. Ambientes y superficies: aerobios mesófilos, hongos y levaduras.

Fuente: elaboración propia.

Recuento de microorganismos

Las muestras se transportaron en neveras de poliestireno bajo condiciones de seguridad y calidad desde la ciudad de Mitú, Vaupés, hacia la Universidad de los Andes en Bogotá. Las muestras se recibieron empacadas en bolsas plásticas con su respectivo rótulo y fueron almacenadas a temperatura ambiente (como se ve en la fotografía 7).



FOTOGRAFÍA 7. (a) Proceso empaque fariña; (b) Fariña empacada

Fuente: fotografía tomada por Edwin Pérez.

Antes de iniciar la apertura de las muestras, los empaques plásticos fueron desinfectados con alcohol al 70 %. Luego, se tomaron 10 g de cada muestra y se compusieron en una sola. A partir de estas muestras se obtuvieron cinco submuestras para la realización de los análisis microbiológicos descritos a continuación.

- ***Escherichia coli***: su recuento se efectuó por el método NTC 4458:2018. Se tomaron 10 g de cada muestra y se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-6} ; después se efectuó una siembra en superficie en placas que contenían el medio de cultivo *Eosin Methylene Blue* (EMB, Sharlau). Estas cajas fueron incubadas a 37 °C por 48 horas. Se utilizó la cepa *E. coli* ATCC 5922 como control positivo.
- ***Bacillus cereus***: su recuento se efectuó por el método NTC 4679:2021. Se tomaron 10 g de cada muestra y se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-6} ; posteriormente, se efectuó una siembra en superficie en placas que contenían el medio de cultivo *Bacillus cereus* (Sharlau), suplementado con polimixina y yemas de huevo. Estas cajas fueron incubadas a 37 °C

por 48 horas. Se utilizó la cepa *Bacillus cereus* código 5, como control positivo (cepario del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes).

- **Hongos y levaduras:** su recuento se efectuó por el método NTC 5698-2:2009. Se tomaron 10 g de cada muestra y se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-6} ; a continuación, se efectuó una siembra en superficie en placas que contenían el medio de cultivo *Potato Dextrose Agar* (PDA, Sharlau), suplementado con cloranfenicol al 1 %. Estas cajas fueron incubadas a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cinco días. Se utilizó la cepa *Penicillium spp.*, código 1 como control positivo (cepario del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes).

La figura 7 muestra el procedimiento realizado en el laboratorio para la realización de diluciones y siembras de los microorganismos *E. coli*, *B. cereus*, hongos y levaduras.

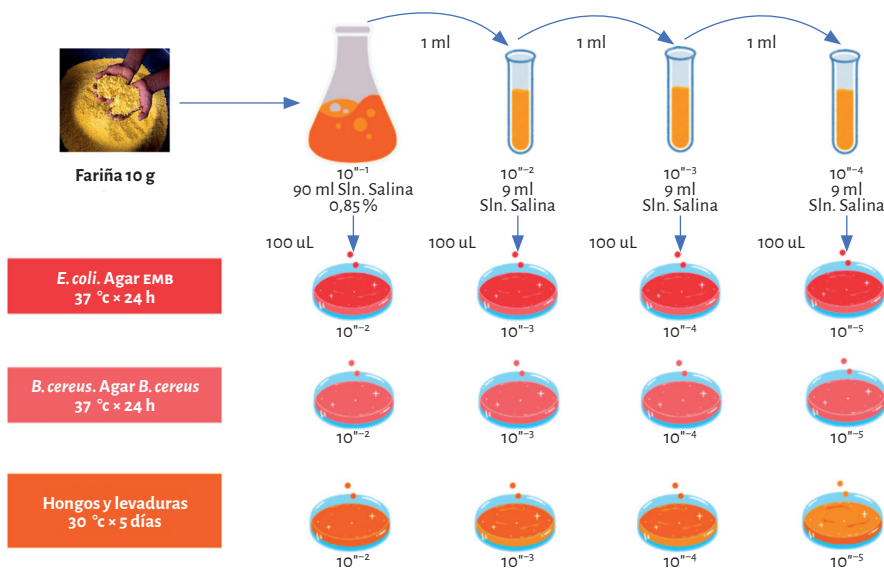


FIGURA 7. Procedimiento diluciones y siembra de *E. coli*, *B. cereus*, hongos y levaduras

Fuente: elaboración propia.

- ***Salmonella spp.***: su detección se efectuó por el método NTC 4574:2007, el cual contempla la realización de tres etapas sucesivas:
 - **Preenriquecimiento**: se tomaron 25 g de la muestra y se diluyeron en 225 ml de agua peptonada al 1 %; se incubó a 37 °C por 24 horas.
 - **Enriquecimiento**: se inoculó 1,0 ml del medio de preenriquecimiento en 10 ml del medio Rappaport Vassiliadis (rvs, Sharlau) y 1,0 ml del medio de preenriquecimiento en el medio Tetratónato Mueller Kauffmann (MKTn, Sharlau). El caldo rvs se incubó a 41 °C por 24 horas y el MKTn se incubó a 37 °C por 24 horas.
 - **Siembra**: a partir de los caldos de enriquecimiento líquido se realizó la inoculación en agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD, Sharlau). Este agar se incubó a 37 °C por 24 horas.

Se utilizó la cepa *Salmonella spp.*, código 2 como control positivo (cepario del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes). La figura 8 muestra el procedimiento realizado para el aislamiento de *Salmonella spp.*

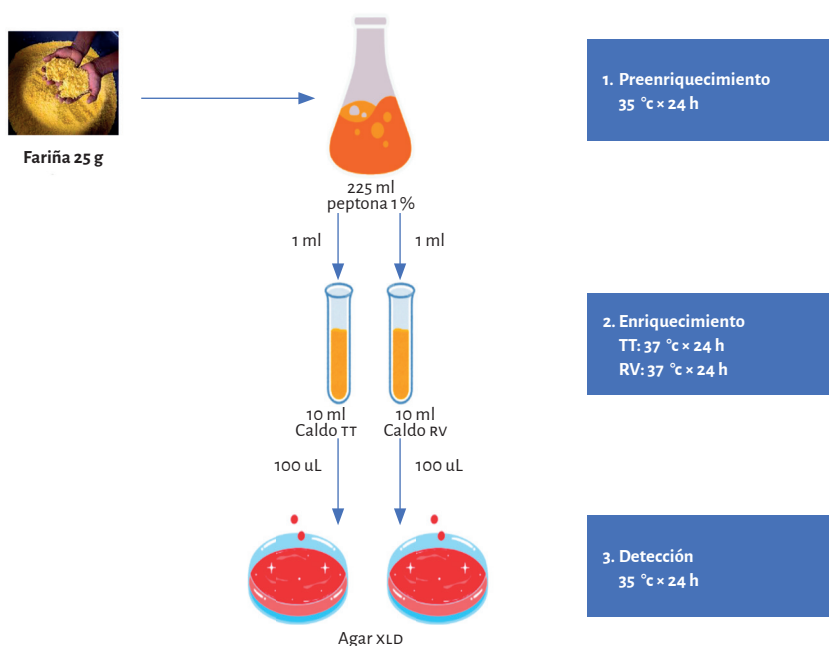


FIGURA 8. Procedimiento de aislamiento de *Salmonella spp.*

Fuente: elaboración propia.

Proceso de desinfección y recuento de microorganismos

Para realizar los ensayos de desinfección con luz UV se utilizó una lámpara con una potencia de 30 W (200-280 nm). Esta lámpara se encuentra dentro de una cabina de flujo laminar marca Labconco.

A continuación, se muestran los pasos para la realización de la desinfección con luz UV (véase la figura 9) y el montaje en la cabina de flujo laminar, clase II (véase la fotografía 8).

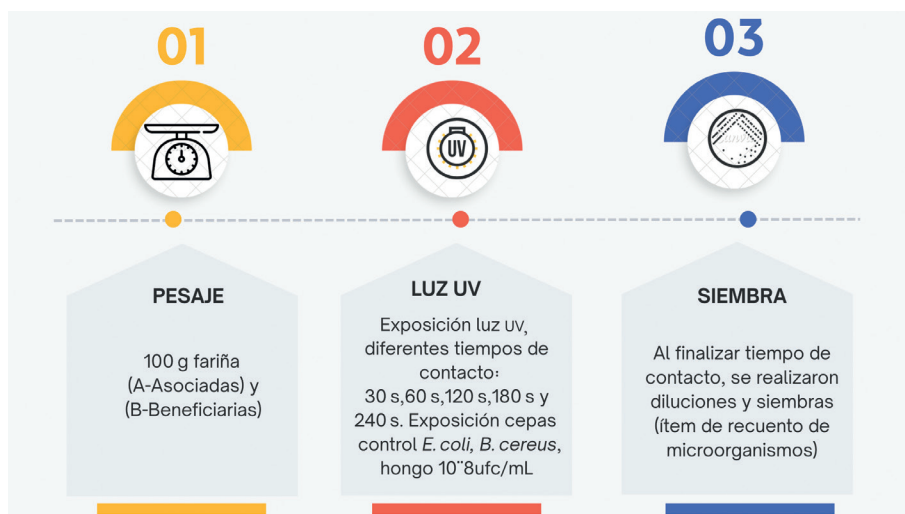
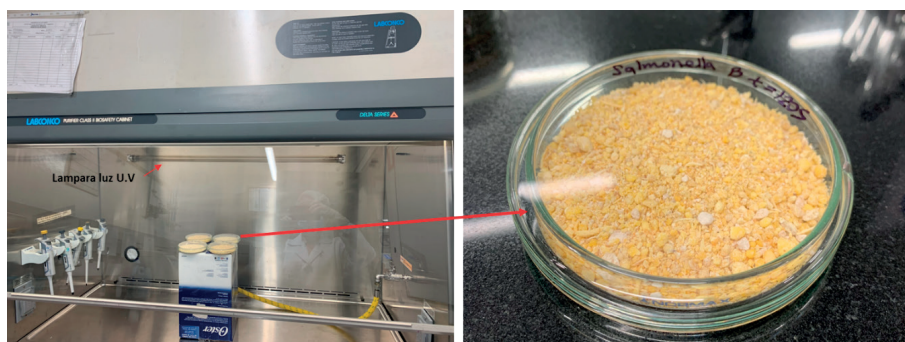


FIGURA 9. Procedimiento para desinfección de muestras de fariña con luz UV

Fuente: elaboración propia.



FOTOGRAFÍA 8. Montaje de desinfección, muestras de fariña con luz UV

Fuente: elaboración propia.

Análisis microbiológico de ambientes y superficies, empaque de farina

Se pesaron 10 g de cada muestra para la realización de los análisis microbiológicos (recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras). Además, se evaluó el recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras para ambientes y superficies en la zona de procesamiento de la harina (véase la figura 10).

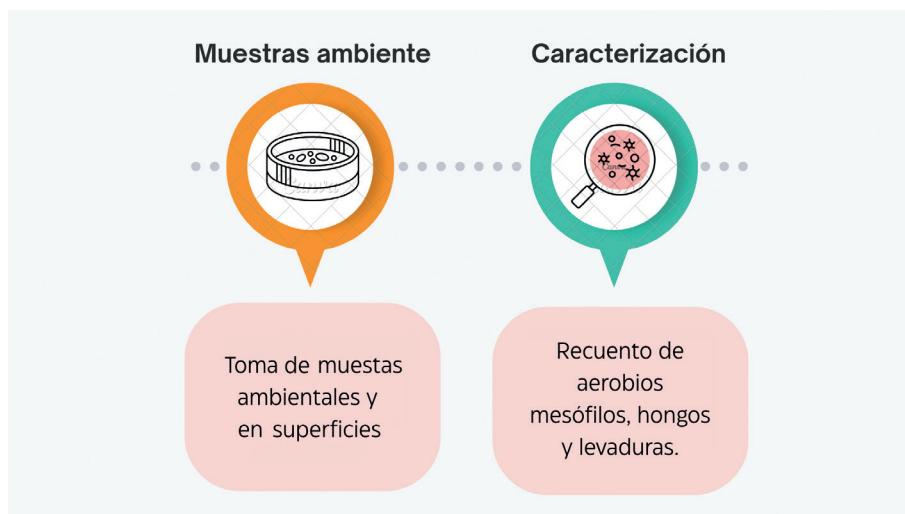


FIGURA 10. Procedimiento para análisis microbiológico de ambientes y superficies

Fuente: elaboración propia.

Para el recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras a partir de ambientes, se procedió a utilizar el método de sedimentación, en el cual se expusieron cajas de agar SPC y de PDA por 15 minutos en la zona de empaque y de pesaje.

Para el caso de las superficies se humedeció un escobillón en agua peptonada y luego se procedió a realizar un frotis sobre la superficie al utilizar una plantilla de 10 × 10 cm; luego, el escobillón fue sumergido de nuevo en el agua peptonada. De esta suspensión se tomaron 100 μ l y se sembraron en agar SPC y PDA.

Las cajas de agar SPC fueron incubadas a 37 °C por 48 horas, mientras que las cajas de agar PDA fueron incubadas a 30 °C por cuatro días. Las zonas analizadas se muestran en la tabla 24.

TABLA 24. Zonas/equipos analizados

Tipo de análisis	Zona/equipo
Ambiente	Zona de empackado
	Zona de pesado
	Platón de inicio
	Platón final
Superficie	Mesón 1
	Pala
	Mesón empaque
	Mesón 3
	Báscula 1
	Báscula 2

Fuente: elaboración propia.

Las fotografías 9 a 11 muestran las zonas evaluadas durante el empaque de la fariña.



FOTOGRAFÍA 9. Maloca La Libertad, zona de empaque de fariña

Fuente: fotografía tomada por Aida Juliana Martínez León.



FOTOGRAFÍA 10. Maloca La Libertad, zona de pesado de fariña

Fuente: fotografía tomada por Aida Juliana Martínez León.



FOTOGRAFÍA 11. Maloca La Libertad, zona de empaque de fariña

Fuente: fotografía tomada por Aida Juliana Martínez León.

Resultados de los parámetros microbiológicos

Los resultados para cada uno de los análisis realizados se presentan en las tablas 25 y 26. En ellas se muestran los recuentos obtenidos, los cuales permiten evaluar la calidad de las muestras bajo distintos escenarios, así como la calidad microbiológica del área donde se realiza el empaque del producto final.

Los resultados indican que no existe presencia de *E. coli*, *B. cereus* ni de *Salmonella spp.* en las muestras de fariña analizadas el 28 de junio del 2023 (véase la tabla 25). Sin embargo, existe un alto recuento de hongos y levaduras (25×10^5 ufc/g), valor que sobrepasa el límite permitido de 2×10^3 ufc/g, según la Resolución 1407 del 2022, capítulo 7.7. La presencia de hongos y levaduras en alimentos tiene una alta acción deteriorante y puede generar infecciones y reacciones alérgicas en personas hipersensibles a los antígenos fúngicos. Los hongos pueden sintetizar micotoxinas, compuestos tóxicos producidos de forma natural por algunos tipos de hongos. Los hongos productores de micotoxinas pueden crecer en cereales, frutas desecadas, frutos secos y especias. La mayoría de las micotoxinas son químicamente estables y pueden persistir luego del procesamiento de los alimentos. Por esta razón, es importante disminuir el crecimiento de hongos en los alimentos (OMS, 2023).

TABLA 25. Resultados de recuentos de microorganismos en fariña

Fecha	Microorganismo	Recuento	m (Resolución 1407 del 2022)	M (Resolución 1407 del 2022)
28 de junio del 2023	<i>E. coli</i>	< 10 ufc/g	<10 ufc/g	---
	<i>B. cereus</i>	< 10 ufc/g	3×10^2 ufc/g	10^3 ufc/g
	Hongos y levaduras	25×10^5 ufc/g	10^3 ufc/g	2×10^3 ufc/g
	<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g	---

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 26 se pueden observar los recuentos de los diferentes microorganismos antes y después de realizar ensayos de desinfección con luz UV. Se evidencia que para *B. cereus* los recuentos en las muestras A y B disminuyen luego de un tiempo de contacto con luz UV de 30 s, pasando de recuentos mayores de 10^4

ufc/g a 10×10 ufc/g. Para hongos y levaduras, los recuentos disminuyeron luego de un tiempo de contacto de 120 s y pasaron de 50×10^3 ufc/g a 10×10 ufc/g. Estos resultados demuestran que el uso de luz UV puede ser una alternativa para la desinfección de la fariña al asegurar la inocuidad del producto y disminuir la carga patogénica que pueda presentarse durante el proceso de producción y empaque.

TABLA 26. Resultados de recuentos de microorganismos luego de exposición a luz UV

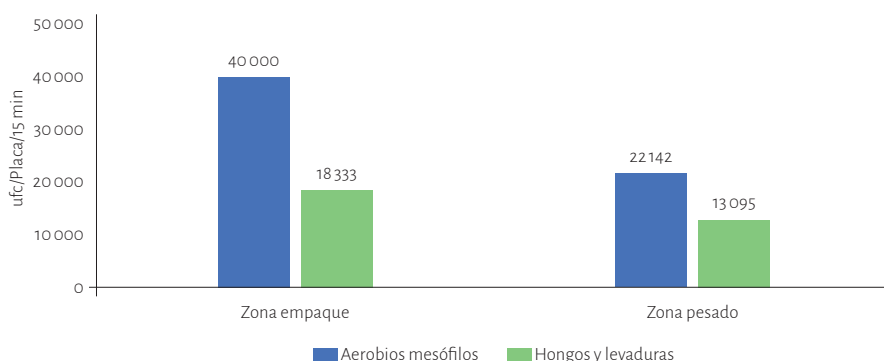
Fecha	Muestra	Microorganismo	Recuento (t = 0)	Recuento (t = 30 s)	Recuento (t = 60 s)	Recuento (t = 120 s)	Recuento (t = 240 s)
	A (asociadas a Amitli)	<i>E. coli</i>	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g	(--)	(--)
		<i>B. cereus</i>	10×10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g	(--)	(--)
		Hongos y levaduras	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g	(--)	(--)
		<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia /25 g	Ausencia /25 g	Ausencia /25 g	(--)	(--)
23 de agosto del 2023	B (beneficiarias de Amitli)	<i>E. coli</i>	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g	(--)	(--)
<i>B. cereus</i>		$>10^4$ ufc/g	10×10 ufc/g	10×10 ufc/g	10×10 ufc/g	<10 ufc/g	
Hongos y levaduras		10×10^2 ufc/g	70×10^2 ufc/g	50×10^3 ufc/g	30×10 ufc/g	10×10 ufc/g	
<i>Salmonella spp.</i>		Ausencia /25 g	Ausencia /25 g	Ausencia /25 g	(--)	(--)	

Fuente: elaboración propia.

La aplicación de luz UV (200-280 nm) en la industria alimentaria ha evidenciado buenos resultados germicidas para inactivar diferentes patógenos (bacterias, hongos, levaduras, virus, esporas, entre otros). La luz UV es capaz de romper las hebras de ADN/ARN en las células microbianas alterando su reproducción. El uso de esta tecnología requiere el conocimiento de una longitud de onda óptima para

el alimento, características de los microorganismos, de los alimentos y tiempo de contacto (Singh *et al.*, 2021). Estudios recientes han reportado la reducción de 3 log₁₀ de *E. coli* en superficies de contacto de acero inoxidable (Sharma *et al.*, 2023). También se ha reportado la reducción de *E. coli* O157:H7 de 1,5 a 2,1 log/ufc/g en la piel de arándanos (Yemmireddy *et al.*, 2022).

Los resultados de recuentos en ambientes y superficies muestran que la zona donde se realiza el empaque (zonas de empaque y pesado) del producto presenta un alto recuento de aerobios mesófilos, con un rango de 22,142 ufc/placa/15 min-40 000 ufc/placa/15 min, respectivamente. Para estas mismas zonas el rango de hongos y levaduras fue de 13 095 ufc/placa/15 min-18 333 ufc/placa/15 min (véase la gráfica 27).

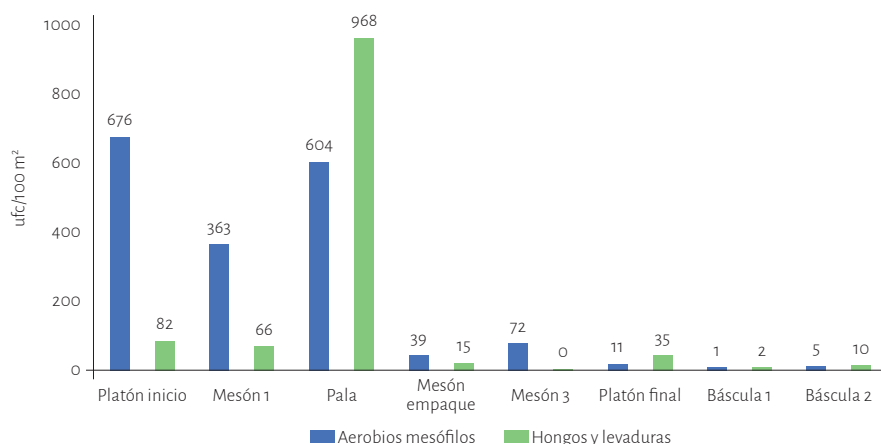


GRÁFICA 27. Recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras en ambientes maloca, 28 de noviembre del 2023

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados evidencian que la zona donde se está empackando la fariná posee una alta carga de bacterias, hongos y levaduras que pueden contaminar el producto terminado, lo que puede ocasionar un detrimento en la calidad de la fariná.

Los resultados para las superficies indican que existe un alto recuento de microorganismos en el platón de inicio donde se mezcla la fariná (aerobios mesófilos: 82 ufc/100 cm²; hongos y levaduras: 676 ufc/100 cm²), así como en la pala con la cual se recolecta la fariná para el empaque (aerobios mesófilos: 604 ufc/100 cm²; hongos y levaduras: 968 ufc/100 cm²). Las básculas, el platón final y los mesones son las superficies que contienen un menor recuento de microorganismos, debido a la limpieza que se realiza en estos utensilios (véase la gráfica 28).



GRÁFICA 28. Recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras en utensilios de empaque

Fuente: elaboración propia.

Las muestras de fariña fueron tomadas antes del empaque final, por lo cual su calidad se puede ver afectada por los microorganismos que se encuentran en las zonas de empaque y pesado, así como por utensilios que puedan tener un alto recuento de microorganismos. Aunque no existe una normatividad colombiana que indique los valores máximos permitidos de estos microorganismos en ambientes de procesamiento de alimentos, sí hay normas internacionales sobre el control ambiental que se debe ejercer en salas limpias, ya sea de procesamiento de alimentos o de farmacéuticos. La ISO 14698 del 2003 indica los principios y métodos que se deben tener en cuenta en este tipo de espacios, así como la interpretación de resultados microbiológicos. Además, el equipo Canet (2016) ha establecido límites microbiológicos basado en resultados en distintas series analíticas realizadas en industrias alimentarias. Los límites críticos sobre hongos y levaduras corresponden a los descritos. Estos límites pueden variar en función del riesgo de la planta y del alimento que se manipule en esta. Al comparar los resultados de ambientes con los descritos en la tabla 27 se podría indicar que el ambiente es muy contaminado, por lo cual es necesario contar con un espacio adecuado para el pesado y empaque de la fariña en la comunidad de La Libertad.

TABLA 27. Límites sobre hongos y levaduras en ambientes

Recuentos (ufc/m ³)	Nivel
0-100	Limpio
101-140	Aceptable
141-200	Contaminado
>201	Muy contaminado

Fuente: tomado de Canet (2016).

Asimismo, en Colombia no existe una normatividad sobre los límites máximos permitidos en superficies de contacto con alimentos. No obstante, existen disposiciones internacionales que indican cuáles son los valores máximos permitidos. El Servicio de Salud de los Estados Unidos (US Public Health) recomienda no más de 100 ufc/50 cm² y es enfático en que se deben establecer puntos críticos de control, así como planes de limpieza y desinfección para los utensilios usados.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados evidencian que existen diferentes metabolitos secundarios en los PFNM analizados, los cuales tienen un alto potencial de propiedades farmacéuticas, industriales y cosméticas. La composición fitoquímica de diferentes flavonoides en el wasái; la diversidad en ácidos grasos y carbohidratos del mirítí; el contenido de carbohidratos y ácidos carboxílicos en el copoazú, y los carbohidratos y minerales en la faríña demuestran que existe una diversidad de metabolitos con capacidad de poderse desarrollar en moléculas de alto valor agregado que puedan contribuir a la salud humana, así como al desarrollo y crecimiento económico en el departamento del Vaupés.

Así, los nutrientes encontrados en la faríña revelan que este es un producto con alto contenido de energía y carbohidratos. El etiquetado nutricional del producto trae a la asociación de mujeres Amitli ventajas como cumplimiento de normativas y regulaciones; confianza al consumidor (evita información errónea y asegura que los productos se comercialicen de manera ética y transparente); optimiza la formulación de los productos; posibilita la diferenciación en el mercado; fortalece la imagen de la marca, y desarrolla nuevas oportunidades para los productos y estrategias de *marketing*.

A nivel mundial se han utilizado estrategias de fortificación para algunos alimentos. De acuerdo con el Codex Alimentarius, la fortificación se define como la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento con el fin de mejorar su calidad y reducir o controlar la carencia de nutrientes. Esta estrategia se ha utilizado en países o comunidades donde hay un problema o unos riesgos de carencia de nutrientes. Al realizar su aplicación se deben evaluar las ventajas y desventajas, ya que se puede utilizar en exceso de nutrientes generando otro tipo de problemas nutricionales. En el caso de la fariña elaborada por Amitli se podría evaluar si es posible realizar una fortificación teniendo en cuenta una evaluación nutricional de la población (carencias de nutrientes, hábitos alimentarios, prácticas de preparación de los alimentos, entre otras). En Colombia, la Resolución 810 del 2021 y sus modificaciones permiten la fortificación voluntaria de los alimentos, es decir, que los fabricantes pueden aumentar la concentración de los nutrientes que contienen o no hacerlo. También permite añadir nutrientes adicionales mediante enriquecimiento. Las adiciones se permiten en los alimentos siempre que se busque mejorar el valor nutricional del producto. Además, la fortificación puede ser indicada en el etiquetado.

En cuanto a la calidad microbiológica de la fariña se pudo evidenciar que existe ausencia de patógenos como *E. coli* y *Salmonella spp.* Sin embargo, se detectó un alto recuento en algunas muestras de *B. cereus*, hongos y levaduras. Se pudo comprobar que el uso de la luz UV resultó ser una técnica de desinfección óptima para disminuir el crecimiento de *B. cereus* y de hongos y levaduras en las muestras que los presentaban. Luego de una exposición de 120 s con luz UV, los recuentos de *B. cereus* disminuyen a una concentración menor a 10 ufc/g. Para hongos y levaduras, una exposición de 240 s con luz UV disminuye la concentración del microorganismo a 10×10 ufg/g.

Los resultados de ambientes y superficies mostraron que existe un alto recuento de aerobios mesófilos en las zonas de empaque y pesado, con un rango de bacterias entre 22,142 ufc/placa y 40 000 ufc/placa, respectivamente. Para estas mismas zonas, el rango de hongos y levaduras fue de 13 095 ufc a 18 333 ufc. Estos recuentos muestran que existe una alta carga de microorganismos en las zonas de empaque y pesado que puede llegar a afectar la calidad microbiológica del producto terminado.

Es importante resaltar que el espacio donde se empaca y se pesa la fariña es la maloca de la comunidad, la cual no cuenta con pisos, techos ni paredes adecuadas para el proceso. Los pisos son de tierra y las paredes y techos son de paja

de palma. Esto puede estar generando una alta carga de microorganismos en el ambiente y las superficies.

Como indica la Resolución 2674 del 2013 y la NTC 4092:2016 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Icontec, 2016), es necesario cumplir con requisitos generales para poder obtener productos de alta calidad que puedan tener permisos o registros otorgados por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima). Uno de los aspectos más importantes para el adecuado procesamiento de la fariña es el diseño sanitario de las instalaciones y edificaciones. En el capítulo 1 de la Resolución 2674 del 2013 se indica que el acceso a la planta de procesamiento se deberá mantener limpio, libre de acumulación de basuras; deberá tener superficies pavimentadas con materiales que faciliten el mantenimiento sanitario e impidan la generación de polvo, el estancamiento de aguas o la presencia de otras fuentes de contaminación para el alimento. No se permite la presencia de animales, se debe contar con un área adecuada para el consumo de alimentos y descanso del personal. Se debe contar con abastecimiento de agua potable, disposición de residuos sólidos, instalaciones sanitarias y pisos y drenajes adecuados.

Por lo anterior, se hace imprescindible que la comunidad La Libertad y Amitli cuente con un espacio idóneo para el adecuado procesamiento de la fariña, el cual cumpla con la normatividad vigente y así se asegure la calidad del producto terminado.

Capítulo 3.

Modelo de transformación

Planta piloto

La planta piloto destinada al procesamiento de frutos debe cumplir con criterios estrictos de sanidad e higiene para garantizar que el producto final sea apto para el consumo humano en el caso de alimentos, o seguro para su uso en aplicaciones cosméticas. Es esencial seguir una lógica de procesos que evite tanto los reprocesos como las contaminaciones cruzadas posibles, las cuales podrían comprometer la calidad del producto final. Este proyecto se enfoca en la transformación de los frutos en productos liofilizados para la industria de alimentos y bebidas, así como en la producción de aceites y mantecas para el sector cosmético. La planta piloto, en proceso de construcción, estará ubicada en la comunidad de La Libertad. El modelo de transformación abarca diversas líneas, incluidas las de abastecimiento (recolección y transporte), producción (desde el pesaje hasta el almacenamiento), repoblamiento (desde la preparación de las semillas hasta la siembra) y potencial de comercialización (lo cual se detalla más a fondo en la sección de modelo de negocios). La línea productiva se ha sometido a pruebas de laboratorio con el fin de estandarizar los procesos que han permitido tener un flujo en términos de tiempos y capacidad de producción (véase la fotografía 12).



FOTOGRAFÍA 12. Beneficiarios del proyecto en laboratorios de la Universidad de los Andes
Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

1. Colecta: los frutos maduros tienden a caer de las palmas o los árboles. Para identificarlos, el wasaí se distingue por su color morado oscuro, el mirití por su color naranja y el copoazú por su aroma característico y fuerte. Es importante marcar las palmas o los árboles que se van a cosechar y así dejar siempre algunas sin recolección, aproximadamente una de cada cuatro. Esta acción tiene el propósito de proporcionar alimento a los animales y favorecer la regeneración natural. La cosecha de racimos requiere trepar a las palmas, una actividad que demanda destreza física alta y puede ser peligrosa. Por ello, es esencial contar con personal capacitado y utilizar equipos de protección adecuados.

2. Transporte: una vez cosechados, se seleccionan solo los frutos maduros y se colocan en un canasto o canastilla exclusiva para este propósito, con el fin de asegurar que esté libre de contaminación. Los frutos deben ser transportados a la línea de producción lo antes posible. Cuando los frutos provienen de otras comunidades para ser procesados en la planta piloto de La Libertad, se requiere el uso de dos tipos de transporte: terrestre, a través de motocargueros, y fluvial, mediante canoas, según la ubicación de cada comunidad. Es fundamental contar con un cronograma de cosecha, ya que la planta tiene una capacidad máxima de procesamiento diario. Se recomienda procesar los frutos el mismo día o, a más tardar, al día siguiente de la colecta, con el objetivo de preservar las propiedades del fruto fresco atribuible a los metabolitos presentes.

3. Pesaje: el pesaje de los frutos al ingresar a la planta es un paso clave para asegurar la trazabilidad del origen. Es necesario llevar un inventario detallado que registre tanto la procedencia como la cantidad de frutos recibidos. Esta información no solo permite mantener una trazabilidad y un control del proceso, sino que también contribuye a la planificación, optimización y evaluación de la capacidad productiva de la planta.

4. Lavado y selección: lavar los frutos con agua potable es importante para eliminar cualquier impureza. La poceta destinada para este proceso cuenta con la capacidad adecuada para introducir una canastilla, lo que permite lavar los frutos de manera eficiente con un chorro de agua. Además, durante este proceso, se puede realizar una selección de los frutos (véase la fotografía 13) a fin de descartar aquellos que no se encuentren en el estado de maduración óptimo, así como los que estén podridos, mohosos o dañados por animales.



FOTOGRAFÍA 13. Selección frutos de wasaí maduros

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

5. Remojo: sumergir los frutos maduros de wasaí o mirítí en una canastilla cerrada con agua limpia y tibia durante 20 minutos es un proceso recomendable para asegurar el ablandamiento del fruto. Este paso, sin embargo, debe ser omitido para el copoazú.

6. Desinfección: se realiza un segundo remojo con el objetivo de reducir o eliminar microorganismos en los frutos para prevenir así la contaminación. Así, los frutos deben sumergirse durante 5 minutos en una canastilla cerrada que contenga agua limpia a temperatura ambiente y un desinfectante adecuado. Es importante seguir las recomendaciones del proveedor del desinfectante en relación con la concentración (cantidad de agua y cantidad de desinfectante) y tiempo de contacto.

7. Corte: en el caso del copoazú, después del lavado, se procede a la eliminación de la cáscara. Para romperla, se debe aplicar un golpe firme utilizando un cincel y un martillo como herramientas de apoyo. Es importante asegurarse de que la cáscara se rompa por la mitad (véase la fotografía 14), lo que permitirá extraer la pulpa y las semillas con una cuchara grande y de manera más eficiente.



FOTOGRAFÍA 14. Corte frutos de copoazú

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

8. Despulpado: el proceso de despulpado varía según el tipo de fruto. El wasái y el mirití, debido a sus semillas duras, pueden ser procesados en una despulpadora de mayor capacidad, concretamente en una despulpadora horizontal en la planta de La Libertad (véase la fotografía 15). En cambio, el copoazú, que presenta una semilla más flexible y fácil de romper, se procesa en una despulpadora vertical pequeña, lo que asegura un despulpado eficiente sin dañar la semilla.

Ambas despulpadoras están equipadas con diferentes tipos de tamices, por lo que es recomendable iniciar el proceso de despulpado utilizando el tamiz más grueso (con orificios más grandes). Si es necesario, se puede repetir el proceso con el tamiz más fino.

Del proceso de despulpado se obtienen dos productos: la pulpa y la semilla. Las pulpas son sometidas a un proceso de secado mediante liofilización, mientras que las semillas, en especial las del copoazú, se dirigen al proceso de extracción de aceites y mantecas.

9. Licuado: la pulpa resultante se puede licuar para homogenizar su textura y suavizar las fibras (véase la fotografía 15), lo que favorece el proceso de secado. Sin embargo, se desaconseja añadir agua en esta etapa, ya que esto incrementa la humedad y puede afectar negativamente los tiempos y la eficiencia del liofilizado.



FOTOGRAFÍA 15. Desulpado de mirití y licuado de pulpa de wasaí

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

Obtención de liofilizados

1. Ultracongelación: la pulpa debe ser distribuida en las bandejas de liofilización. Estas bandejas, que miden 30 × 50 cm, están diseñadas para contener aproximadamente 1,5 litros de pulpa, con un espesor no superior a 1 cm. Una vez que las bandejas están llenas, se introducen en el ultracongelado durante un mínimo de 6 horas a una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este proceso es una congelación rápida que permite que toda el agua de la pulpa quede en estado sólido, lo cual es fundamental para la sublimación, proceso en el que el agua pasa de estado sólido a gas sin convertirse en líquido.

2. Liofilización: una vez que la pulpa está congelada, se deben introducir las bandejas en el liofilizador con la mayor precaución y en el menor tiempo posibles.

El liofilizador tiene una capacidad de ocho bandejas por ciclo, lo que equivale a 12 litros de pulpa aproximadamente. Al introducir las bandejas, se debe cerrar la puerta del liofilizador, asegurándose de que quede bien sellada, y seleccionar el programa de liofilización adecuado para el tipo de fruto que se está procesando. Este proceso dura alrededor de 24 horas; sin embargo, el tiempo puede variar según el fruto, ya que, a mayor cantidad de humedad, mayor será el tiempo de liofilización. La pulpa liofilizada presenta un bajo contenido de humedad, lo que contribuye a una mejor conservación y a una mayor vida útil.

3. Empaque: consiste en pasar el contenido de las bandejas de liofilización, es decir, la pulpa en polvo, a la tolva de la empacadora e iniciar de inmediato el proceso de pesaje, empaque y sellado. Este procedimiento debe llevarse a cabo pronto para evitar que el liofilizado absorba humedad y forme grumos, lo que podría deteriorar la calidad del producto final. Es importante asegurarse de que el empaque sea de grado alimenticio, además de garantizar un sellado adecuado y una barrera efectiva contra la humedad del ambiente.

4. Almacenamiento: el producto terminado debe almacenarse en cajas sobre estibas para evitar el contacto directo con el suelo. El área destinada al almacenamiento debe ser fresca, estar a la sombra y protegida de insectos, así como alejada de contaminantes (por ejemplo, productos de limpieza). Se recomienda etiquetar cada producto con información que incluya la fecha de fabricación, la cantidad, el lugar de producción y la fecha de caducidad.

Obtención de aceites y mantecas

1. Secado: para la obtención de aceites a partir de semillas, como las del copoazú, se deben colocar las semillas en la mesa de secado. La temperatura, el tiempo y el flujo de aire se ajustan según el tipo de semilla para iniciar el proceso. Una vez finalizado, las semillas se dejan enfriar y se recogen en un balde para su prensado posterior.

2. Prensado: el aceite puede extraerse de las semillas o de la pulpa deshidratada del wasái o mirití. El insumo para prensar se introduce en la tolva y se ajusta la velocidad de rotación de la prensa. Este ajuste permite reducir la temperatura generada por la fricción durante el prensado continuo.

3. Empaque: justo debajo de la prensa se debe colocar el envase que se utilizará, sobre todo en el caso de la extracción de manteca de copoazú, ya que el proceso eleva ligeramente la temperatura y produce una consistencia líquida que facilita el envasado. Si el aceite presenta sólidos, es importante utilizar una tela filtrante antes del envasado para retener los sólidos y asegurar un producto más puro. Además, se recomienda envasar el aceite o la manteca en recipientes de vidrio o plástico nuevos y debidamente sellados, y así preservar la calidad.

4. Almacenamiento: el producto terminado debe almacenarse en cajas sobre estibas para evitar el contacto directo con el suelo. El área destinada para el almacenamiento debe ser fresca, estar a la sombra y protegida de insectos, así como alejada de contaminantes (por ejemplo, productos de limpieza). Se recomienda etiquetar cada producto con información que incluya la fecha de fabricación, la cantidad, el lugar de producción y la fecha de caducidad.

Aprovechamiento de las semillas para repoblamiento

1. Preparación de las semillas: las semillas de estos frutos son recalcitrantes, es decir, que no toleran niveles bajos de humedad sin que haya una pérdida en el porcentaje de germinación. Por ello, una vez que se han procesado y despulpado los frutos, se puede disponer de las semillas para su germinación sin dejar pasar demasiado tiempo, ya que esto puede causar que se sequen. Para obtener mejores resultados de germinación, las semillas deben extraerse de frutos recién despulpados. Es importante tener cuidado al retirar los residuos de pulpa lavando las semillas, para evitar la fermentación y la proliferación de hongos. Es recomendable no dejar pasar más de 15 días (Oliveira *et al.*, 2002). Las semillas de mirití, al ser muy duras, requieren un proceso de escarificación, que consiste en debilitar o romper su cubierta exterior antes de que puedan germinar (Silva *et al.*, 1986). En el caso del copoazú, se debe tener cuidado de no dejar fermentar las semillas, ya que esto afecta la capacidad germinativa (Souza y Silva, 1999). Esto se logra realizando incisiones o rasguños en la superficie; sin embargo, es imperativo no dañar el embrión en el interior. Este procedimiento permite que el agua y el oxígeno penetren en la semilla, lo cual es necesario para activar los procesos metabólicos para la germinación.

2. Germinación: para la germinación, las semillas deben ser enterradas a una profundidad de 2 a 3 cm aproximadamente. En general, se utilizan bolsas de polietileno de color negro, perforadas en la mitad inferior, que permiten el drenaje del exceso de agua durante este proceso. La germinación más rápida se observa en las semillas de copoazú, seguidas por las de wasaí, mientras que el mirití es el más difícil de germinar. En el caso del mirití, las plántulas se deben regar a diario para mantener una humedad elevada (Silva *et al.*, 1986). Es clave mantener la humedad mediante la irrigación, siempre que sea necesario; es importante diferenciar los requerimientos de agua de cada especie, siendo el mirití la especie con mayores necesidades de agua. Se debe eliminar manualmente las hierbas invasoras que crecen en las bolsas, para evitar así la competencia por luz, agua y nutrientes. Finalmente, es crucial realizar rondas fitosanitarias periódicamente para monitorear la presencia de plagas y enfermedades (Souza y Silva, 1999).

3. Escoger zona de repoblamiento: es recomendable seleccionar áreas donde ya han crecido palmas de wasaí o mirití, ya que esto indica que las condiciones del suelo son adecuadas para el desarrollo de estas especies (véase la fotografía 16). Además, es importante evitar las zonas con vegetación primaria para no alterar el ecosistema.

Asimismo, se debe asegurar un espacio suficiente entre las plántulas para minimizar la competencia por agua y nutrientes. En sistemas agroforestales, el espaciamiento entre individuos puede ser considerablemente mayor, lo que posibilita incluso la siembra de plántulas de wasaí y copoazú; una de ellas requiere luz solar, mientras que la otra tolera bien la sombra (Oliviera *et al.*, 2002).

4. Siembra: las plántulas de wasaí y copoazú están listas para la siembra entre 6 y 12 meses después de la germinación, con una altura aproximada entre 40 y 80 cm. Las plántulas deben tener un período de aclimatación, para su futura adaptación al lugar de la siembra definitiva y situarlas gradualmente a la exposición directa del sol (Queiroz *et al.*, 2001; Souza y da Siva, 1999). La siembra de wasaí en áreas sin riego debe realizarse al inicio del período más lluvioso en hoyos, fertilizados previamente.

El método más eficiente y económico para iniciar la recuperación de pantanos degradados es esparcir semillas de mirití directamente sobre el suelo (véase la fotografía 17), en un lugar que tenga permanentemente suelo húmedo (Sampaio y Carrazza, 2012).



FOTOGRAFÍA 16. Zona de repoblamiento del mirití

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.



FOTOGRAFÍA 17. Semillas de wasái y fruto de mirití en el suelo

Fuente: fotografía tomada por Lina Sabrina Porras.

Buenas prácticas de manufactura

Liofilizados de productos forestales no maderables

Para la comercialización de un nuevo producto alimenticio es necesario cumplir con la normatividad colombiana vigente, de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Invima (artículo 34 de la Ley 1122 del 2007) y con la implementación de buenas prácticas de manufactura durante el procesamiento del producto.

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) están regidas bajo la premisa de asegurar la calidad e inocuidad de un producto alimenticio. El término *calidad* se refiere al “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos (necesidad o expectativa) establecidos, generalmente implícitos u obligatorios” (Organización Internacional de Normalización, 2015, 3.6.2). La implementación de BPM disminuye las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAS).

Para asegurar la calidad de los productos liofilizados y aceites a partir de frutos del departamento del Vaupés se deben implementar sistemas de gestión de calidad, los cuales están relacionados con actividades y técnicas encaminadas en monitorear un proceso y determinar la conformidad de los productos con las especificaciones requeridas. El control de calidad está definido por la norma ISO 22000:2018, con la cual se asegura la inocuidad de los alimentos desde su producción, distribución y consumo final.

De acuerdo con el artículo 5 de la Resolución 2674 del 2013, las BPM son un conjunto de principios básicos de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos, cuyo objetivo es garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos al consumidor por deficiencias en la cadena de producción y la distribución.

Las BPM creadas por el Codex Alimentarius incluyen diferentes condiciones y procedimientos que las empresas de alimentos deben cumplir de acuerdo con el marco legal del país. En Colombia, las BPM están regidas por el Decreto 3075 de 1997 y la Resolución 2674 del 2013. Las BPM son voluntarias y no tienen vigencia, pero sí seguimiento por parte del Invima. Es importante resaltar que si durante las actividades de seguimiento y control se comprueba el incumplimiento de la normatividad sanitaria, el Invima puede proceder a su cancelación y retiro.

De acuerdo con la Resolución 2674 del 2013, todas las actividades involucradas en la producción de un alimento deben cumplir los criterios que se indican en la figura 11. Por ello, resulta necesario implementar un sistema de gestión de

calidad al interior de la empresa con el fin de garantizar la calidad e inocuidad de los productos fabricados.

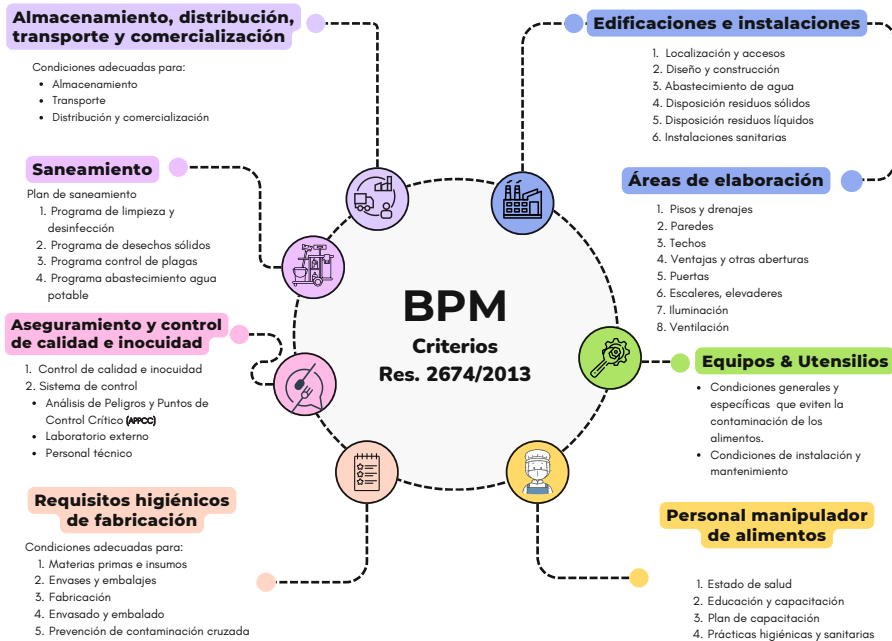


FIGURA 11. Criterios de BPM en Colombia, Resolución 2674 del 2013

Fuente: elaboración propia.

Riesgos producto y clasificación

Para la implementación de los puntos descritos en la Resolución 2674 del 2013 es necesario tener conocimiento sobre los productos que se van a procesar en la fábrica de alimentos. La Resolución 719 del 2015 tiene por objeto establecer la clasificación de alimentos para consumo humano, de acuerdo con el riesgo en salud pública. Para el caso de productos liofilizados, frescos o en pulpa provenientes de frutas, la resolución incluye la clasificación enunciada en la tabla 28, en donde se puede evidenciar que los productos en polvo y las frutas deshidratadas tienen un riesgo bajo, por lo cual requieren una notificación sanitaria. Las pulpas de fruta tienen un riesgo medio, por lo cual requieren un permiso

sanitario. Finalmente, si se comercializan frutas frescas, el riesgo es alto, por lo cual se requiere la emisión de un registro sanitario.

Tabla 28. Clasificación de alimentos de acuerdo con el riesgo, Resolución 791 del 2015

Grupo	Categoría	Subcategoría	Riesgo	Tipo de registro
3. Productos cuyo ingrediente principal es el agua destinada a ser hidratada o preparada con leche u otra bebida.	3.3. Productos en polvo: concentrados líquidos, sólidos o en gel para preparar bebidas a base de agua, leche u otra bebida; se excluyen productos tipificados en 4.2.2., 4.2.4., 4.4.2., 4.5.2., 4.9.2., 4.10.2., 5.1.1., 5.1.2., 6.8.1. y 6.8.4.	Productos en polvo para preparar bebidas cuyo componente principal no es la sacarosa.	Bajo	Notificación
	4.1. Frutas frescas	4.1.1. Frutas frescas, frutas frescas refrigeradas, frutas frescas congeladas, sin pelar y sin tratamientos químicos en la superficie.	Alto	Registro
4. Frutas y otros vegetales, incluidos hongos, setas, raíces, tubérculos, leguminosas, aloe vera, algas marinas, nueces, semillas, futas y hortalizas procesadas.	4.2. Otras frutas procesadas	4.2.2. Frutas deshidratadas o desecadas con o sin tratamientos químicos (se incluyen pieles de frutas deshidratadas o desecadas con o sin tratamiento químico); se incluyen las frutas o pieles de frutas embebidas en vinagre, aceite, salmueras o cualquier otro líquido de cobertura y las pasterizadas, esterilizadas o sometidas a cualquier tratamiento térmico; deshidratadas o no.	Bajo	Notificación
		4.2.4. Pulpas o purés de frutas; se excluyen los productos de 4.1.3. y 4.2.1.	Medio	Permiso

Fuente: elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que se puede amparar alimentos bajo un mismo registro, permiso o notificación sanitaria en los siguientes casos (artículo 42 de la Resolución 2674 del 2013):

1. Cuando se trate del mismo alimento elaborado por diferentes fabricantes, con la misma casa comercial.
2. Cuando se trate del mismo alimento, con diferentes marcas, siempre y cuando el titular y el fabricante correspondan a una misma persona natural o jurídica.
3. Los alimentos con la misma composición básica que solo difieran en los ingredientes secundarios.
4. El mismo producto alimenticio en diferentes presentaciones comerciales.
5. Los alimentos de origen vegetal con el mismo nombre específico en diferentes variedades.

Para el caso de los productos del proyecto se podría solicitar un solo permiso sanitario teniendo en cuenta que es el mismo producto alimenticio en diferentes presentaciones comerciales. Es importante tener en cuenta que si se comercializan frutas frescas o pulpas de frutas, se debe solicitar un registro y permiso sanitario, y es necesario cumplir con los siguientes requisitos estipulados en el artículo 38 de la Resolución 2674 del 2013:

- Formato de solicitud que establezca el Invima, debidamente suscrito por el representante legal.
- Ficha técnica del producto, según el formato establecido por el Invima.

El registro sanitario tendrá una vigencia de cinco (5) años, mientras que el permiso sanitario tendrá una vigencia de siete años. Estos podrán ser renovados sucesivamente por períodos iguales. La solicitud de renovación la deberá realizar el titular del registro, tres meses antes de la fecha de su vencimiento.

Para el caso de la comercialización de frutas deshidratadas o en polvo se requiere la expedición de una notificación sanitaria, la cual solicita los siguientes documentos estipulados en el artículo 40 de la Resolución 2674 del 2013:

- Formato de solicitud de notificación sanitaria que establezca el Invima, debidamente suscrito por el representante legal.
- Ficha técnica del producto, según el formato establecido por el Invima.

La notificación sanitaria tendrá una vigencia de diez años y podrá ser renovada sucesivamente por períodos iguales. La solicitud de renovación la deberá realizar el titular de la notificación tres meses antes de la fecha de su vencimiento.

Para poder implementar adecuadamente las BPM es necesario seguir estos pasos:

1. Implementar un manual de buenas prácticas de manufactura en el cual se incluyan los siguientes puntos:
 - a. Procedimientos de saneamiento.
 - b. Sistema de control y aseguramiento de la calidad.
 - c. Prevención de contaminación cruzada.
2. Usar la matriz de inspección elaborada por Luna (2024): formato de inspección, Resolución 2674; es importante completar la información solicitada en cada una de las pestañas dentro del aplicativo.
 - a. La primera pestaña corresponde a los datos generales de la empresa: tipo de producto, categoría y subcategoría del producto a evaluar (figura 12).

	INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL	INSPECCIÓN
	INSPECCIÓN SANITARIA CON ENFOQUE DE RIESGO A FÁBRICAS DE ALIMENTOS	
Ciudad y departamento	Mitú, Vaupes	Acta n.º
	Fecha	
DATOS GENERALES		
Código de inscripción en planta	Dirección	
Razón social	Teléfonos	
NIT o CC	Correo electrónico	
Representante legal	Fax	
GTT	Oficio comisario	
Objetivo de la visita		
DATOS DE PRODUCCIÓN		
N.º de empleados	¿La actividad industrial realizada en el establecimiento es acorde con lo establecido en Cámara de Comercio?	
Maquilas		
SUBCATEGORÍAS EVALUADAS	Liofilizados de frutos amazónicos	
LÍNEAS DE SUBCATEGORÍA DE ALIMENTO	Liofilizado de wasái	Cantidad/unidad de tiempo
	Lifilizado de moriche	
	Liofilizado de copoazú	

FIGURA 12. Formato de inspección sanitaria, datos generales

Fuente: tomado de Luna (2024).

- b. Las pestañas posteriores corresponden a los requerimientos solicitados por el Invima y entidades regulatorias para evaluar la fábrica de alimentos, así como del producto a comercializar. Para este proyecto se evaluarán las condiciones iniciales de la planta de liofilizados, junto con el producto de wasái liofilizado, esto con el objetivo de poder tener un perfil para conocer la evaluación de cada uno de los requerimientos evaluados y así establecer el plan operativo (tabla 29).

TABLA 29. Requisitos sanitarios y ambientales

3. Requisitos sanitarios y ambientales						
N.º	Criterios evaluados	Evaluación	Calificación	Crítico	Observaciones	Tarea
3.1	Programa y registros de control de calidad de agua potable. Resolución 2674 del 2013, art. 6, núm. 3, art. 26, núm. 4.	Aprobado con revisión menor (Ar)	12,5	Sí	El agua debe ser potable y cumplir con las normas del Ministerio de Salud (nivel cloro, turbidez). Contar con tanque de almacenamiento con capacidad para un día de trabajo. Solo se permite agua no potable para generación de vapor indirecto. Se debe contar con sistema contra incendios o refrigeración indirecta; las tuberías deben ir por un sistema diferente al de agua potable.	Realizar el plan de saneamiento, en el que se documentó el proceso de abastecimiento de agua (fuente de captación, tratamiento, manejo, diseño, capacidad del taque, mantenimiento, limpieza y desinfección). Controles para realizar análisis, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Verificar materiales y capacidad tanque. Verificar tipo de tubería.
3.2	Programa documentado e implementado para el manejo integral de residuos sólidos. Resolución 2674 del 2013, art. 6, núm. 5, art. 26, núm. 2.	Ar	12,5	No	Evitar contaminación de los alimentos, las áreas, las dependencias, los equipos y el deterioro del medioambiente.	Formular y realizar el plan de saneamiento. Infraestructura, elementos, áreas para la recolección, conducción, manejo, almacenamiento interno, clasificación, transporte y disposición final.

Continúa...

N.º	Criterios evaluados	Evaluación	Calificación	Crítico	Observaciones	Tarea
3.3	Programa de control integral de plagas, Resolución 2674 del 2013, art. 6., núm. 2.1, 5.3; art. 7, núm. 6,3; art. 26, núm 3; art. 28, núm 7.	Ar	12,5	No	Diseño y construcción para impedir el ingreso y refugio de plagas y animales domésticos. Diseño adecuado de instalaciones eléctricas y mecánicas; prevención de incendios para evitar suciedad y albergue plagas. Espacio adecuado para sustancias y etiquetado.	Formular y realizar el plan de saneamiento que incluya un programa de control para plagas. Rotular adecuadamente plaguicidas, detergentes, desinfectantes y otras sustancias (el rótulo debe tener toxicidad, empleo, almacenarse en áreas independientes con separación física, manipulación, personal idóneo, señalización, orden y aireación).
3.4	Programa de limpieza y desinfección de áreas, equipos y utensilios, Resolución 2674 del 2013, art. 6, núm. 3.2; art. 26, núm. 1; art. 28, núm. 7.	Ar	12,5	No	Agua potable, agentes de limpieza y desinfección. Espacio adecuado para sustancias y etiquetado.	Formular y realizar el plan de saneamiento que incluya el ítem de limpieza y desinfección. Procedimientos de LVD que incluya agentes y sustancias utilizadas, concentraciones, formas de uso, tiempos de contacto, equipos e implementos requeridos, periodicidad.

Fuente: tomado de Luna (2024).

- c. La calificación inicial para cada ítem muestra la calificación máxima, el porcentaje de cumplimiento y el porcentaje al cual se quiere llegar.

TABLA 30. Inspección sanitaria

	Calificación	Máximo	Porcentaje de cumplimiento	Porcentaje que se quiere obtener
1. Diseño y características de las instalaciones	7	20	35 %	90 %
2. Equipos requeridos	15	15	100 %	100 %
3. Requisitos sanitarios y ambientales	10	20	50 %	80 %
4. Requisitos para el personal manipulador de alimentos	5	10	50 %	85 %
5. Operaciones clave en el proceso	11	20	55 %	80 %
6. Verificación sobre el producto	4	15	29 %	75 %
Porcentaje de cumplimiento de subcategoría	52	100	53 %	

Fuente: tomado de Luna (2024).

Se puede observar que, en principio, se debe dar cumplimiento al ítem de diseño y características de las instalaciones para poder cumplir con los requerimientos estipulados en la Resolución 2674 del 2013 (tabla 30).

En el ítem de requisitos sanitarios y ambientales es necesario formular y realizar el plan de saneamiento, en el cual se incluya control de calidad de agua potable, manejo integral de residuos sólidos, programa de control integral de plagas y programa de limpieza y desinfección.

Para los requisitos del personal manipulador de alimentos se estipularán los procedimientos y las políticas que son necesarios seguir para el cumplimiento normativo. Para el ítem de operaciones clave en el proceso se debe establecer un sistema de control que asegure la calidad de las materias primas, flujo de producción secuencial, manuales e instructivos para el manejo de equipos y procesos.

En el ítem de verificación sobre el producto se realizará un programa de muestreo, cuarentena y liberación del producto, así como los lineamientos que debe realizar la organización beneficiaria para la obtención del permiso sanitario, rotulado del producto, condiciones del transporte trazabilidad y manejo de devoluciones. En este ítem se debe asegurar el espacio adecuado para el almacenamiento del producto, materia prima y de los productos que se devuelvan a la empresa.

- d. El plan operativo consiste en poder estipular para cada requerimiento y programa los objetivos, las metas, las actividades, el responsable, el cronograma y la inversión. Es importante aclarar que aún no se ha establecido el responsable, el cronograma ni la inversión, ya que se debe garantizar la inspección y el diagnóstico inicial del sitio asignado. En el plan operativo se puede evidenciar el programa evaluado junto con el objetivo y la meta a la cual se quiera llegar. Asimismo, se detallan las actividades que se deben realizar con el fin de cumplir los objetivos propuestos y así asegurar el desempeño de cada programa y de los requerimientos establecidos por las resoluciones.

Aceites de copoazú y mirití

El proyecto contempla la producción de aceites a partir de la semilla o la pulpa de frutos como el copoazú y el mirití. Para el caso de los productos cosméticos, el Invima se basa en el marco normativo expedido por la Comunidad Andina. El marco normativo está basado en la Decisión 833 del 2018, “Armonización de legislaciones en productos cosméticos”, así como en sus reglamentos técnicos andinos (Resolución 1905 del 2017, Resolución 2108 del 2019, Resolución 2025 del 2018, Resolución 2108 del 2019, Resolución 2120 del 2019, Resolución 2206 del 2020, Resolución 2214 del 2020 y Resolución 2310 del 2022).

Para su correcta producción y comercialización se debe contemplar el reglamento técnico andino de buenas prácticas de manufactura en productos cosméticos (Resolución 2206 del 2020), el cual tiene como finalidad asegurar su calidad y seguridad sanitaria. Los requisitos de BPM están basados en el cumplimiento de diferentes criterios, como se observa en la figura 13.

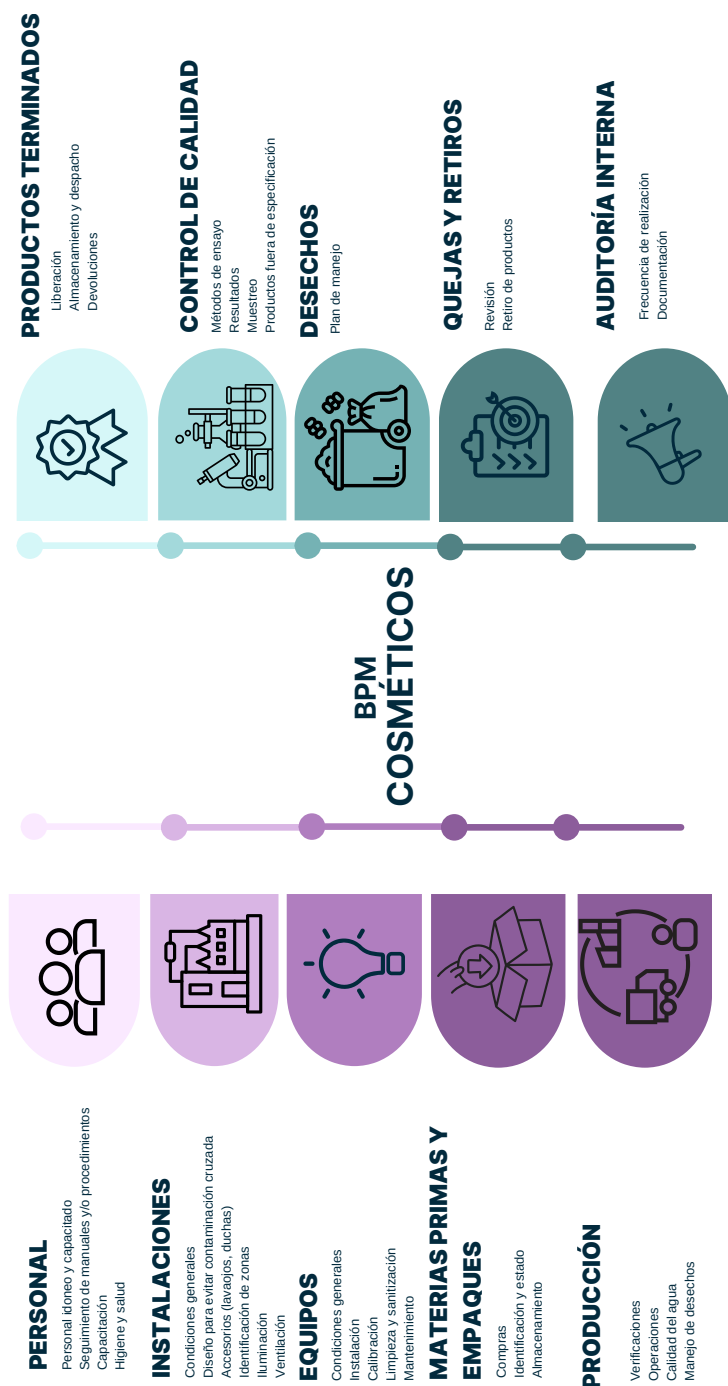


FIGURA 13. Requisitos de BPM en cosméticos (Resolución 2206 del 2020)

Fuente: elaboración propia.

En primera instancia, se debe realizar una descripción del producto indicando su fórmula cualitativa; se deberá cumplir con los listados internacionales sobre ingredientes que pueden incorporarse o no a los productos cosméticos:

- Las listas y disposiciones emitidas por la Food & Drug Administration de los Estados Unidos (FDA) que sean aplicables.
- Los listados de ingredientes cosméticos propuestos por Personal Care Products Council.
- Las directrices o los reglamentos de la Unión Europea que se pronuncien sobre ingredientes cosméticos.
- Los listados de ingredientes cosméticos de Cosmetics Europe, The Personal Care Association.

La formulación del producto se debe presentar de forma cualitativa por cada ingrediente al declarar la denominación del ingrediente en nomenclatura International Nomenclature of Cosmetic Ingredients (INCI) y se debe reportar la composición cuantitativa (concentración de los ingredientes en porcentaje de peso o volumen).

Se deben realizar análisis organolépticos y fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con los artículos 4 y 5 de la Resolución 2120 del 2019. Para el caso de productos cosméticos que contengan componentes vegetales, es necesario indicar lo siguiente:

- Concentración del ingrediente proveniente del material vegetal en la formulación del producto terminado.
- Ficha técnica del ingrediente proveniente del material vegetal con su nomenclatura INCI. Además, se debe respetar las funciones cosméticas y las restricciones que se encuentran en los listados internacionales del artículo 4 de la Decisión 833 del 2018.

Luego, se debe solicitar una Notificación Sanitaria Obligatoria (NSO), con la cual se informa a las autoridades nacionales competentes, bajo declaración jurada, que un producto cosmético será comercializado. Se deben seguir los pasos estipulados en la página web del Invima, en particular en la *Guía de trámites. Dirección de Cosméticos, Aseo, Plaguicidas y Productos de Higiene Doméstica* del 2024.

La etiqueta o el rotulado del producto se debe entregar a la autoridad nacional competente al momento de haber iniciado su comercialización, siguiendo la Resolución 2310 del 2022. La figura 14 muestra la documentación obligatoria para solicitar el código NSO en Colombia.

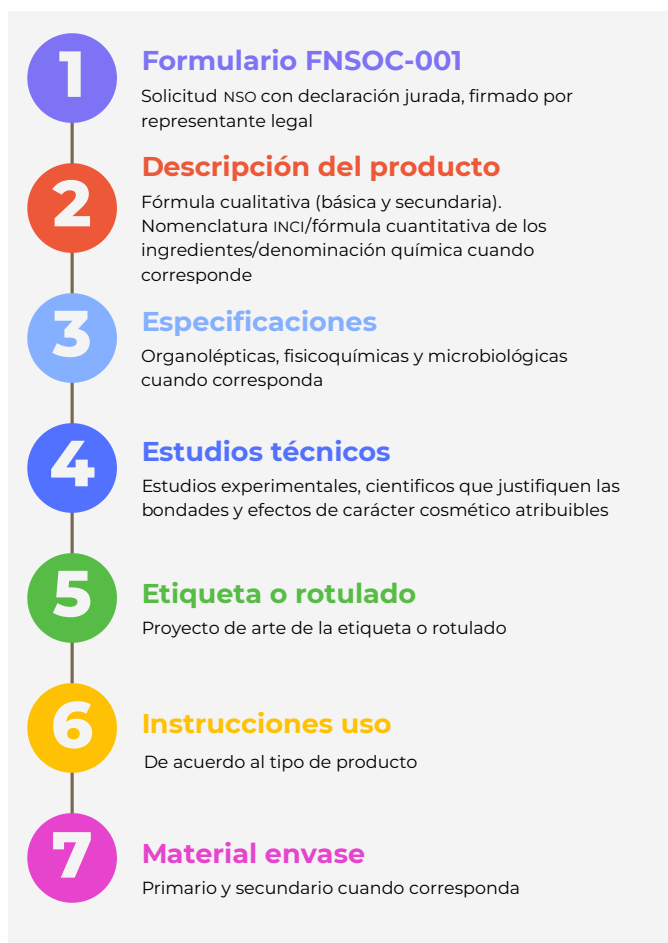


FIGURA 14. Pasos y documentación para solicitar el código NSO

Fuente: elaboración propia.

Desarrollo del modelo de negocios

La ruta de codesarrollo, liderada por la Oficina de Transferencia de la Universidad de los Andes, se fundamenta en los resultados de una investigación con alto potencial, en este caso, los productos forestales no maderables (PFNM) del Vaupés. Su objetivo es llevar estos productos al mercado mediante el desarrollo de su perfil comercial. A lo largo de esta ruta, se busca acercar la tecnología al ámbito de la comercialización. Los procesos abordados durante este codesarrollo,

orientados a identificar los productos con potencial comercial en el Vaupés, en especial para la comunidad indígena La Libertad, se describen a continuación. Estos incluyen la evaluación del mercado potencial, la estrategia de desarrollo de producto y el modelo de negocio.

Evaluación del mercado potencial

El propósito de evaluar el mercado es comprender las interacciones entre los actores clave involucrados en los procesos de adopción y comercialización de productos. Se llevó a cabo la identificación de los ecosistemas de mercado para cada uno de los productos potenciales que podrían generarse a partir de los PFNM seleccionados, como resultado de los procesos de transformación y producción propuestos en el proyecto.

Ecosistemas de mercado

Se identificaron los ecosistemas de mercado para los siguientes productos: liofilizados de copoazú, mirití y wasaí; aceites esenciales de copoazú, wasaí y mirití; moléculas extraídas de copoazú, wasaí y mirití, y manteca de copoazú. A continuación, se presentan los resultados de los ecosistemas de mercado de los productos más promisorios, que son los liofilizados y aceites de los PFNM (véanse las figuras 15 y 16).

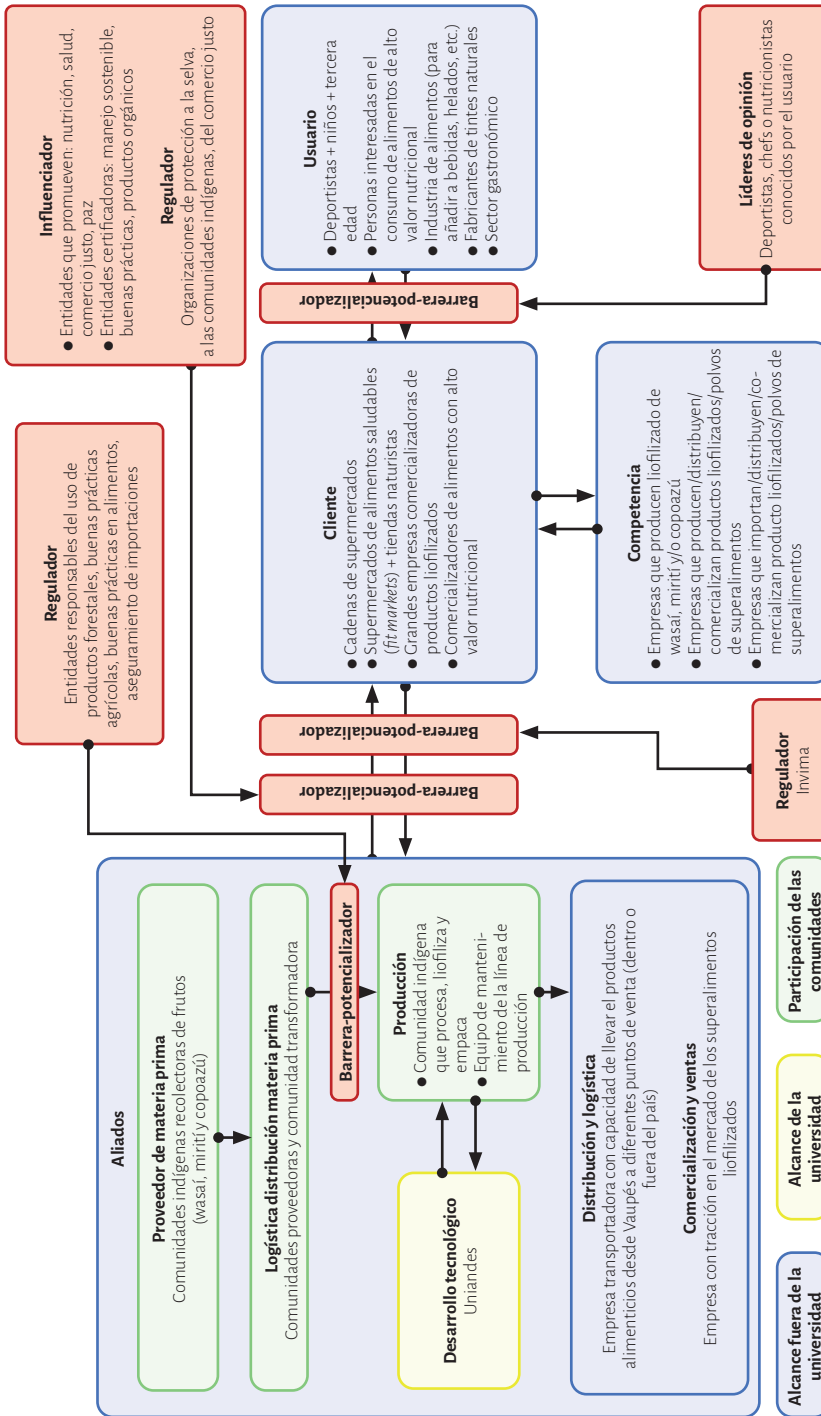


FIGURA 15. Ecosistema de mercado para liofilizados de wasaí, mirití y copoazú
Fuente: elaboración propia.

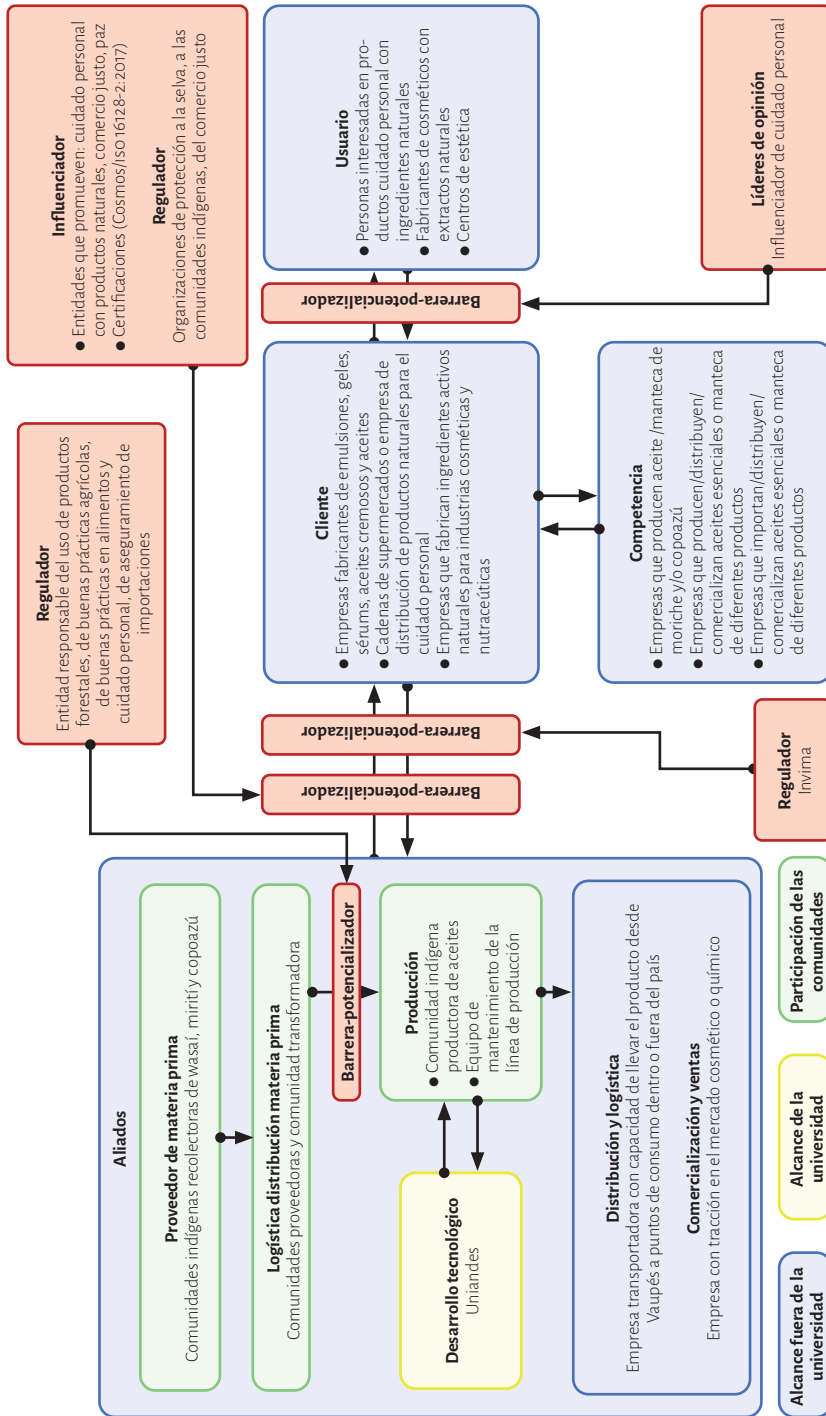


FIGURA 16. Ecosistema de mercado para aceites de wasaí, mirití y copozú
Fuente: elaboración propia.

Cuantificación de la oportunidad de mercado

La cuantificación de la oportunidad de negocio se basa en la necesidad de comprender el tamaño del mercado potencial de los productos de alto valor agregado (PAVA). Además, es fundamental evaluar si la magnitud del mercado potencial es lo suficientemente atractiva como para justificar el establecimiento de un negocio en torno a estos productos. Los resultados del proceso de cuantificación del potencial de mercado incluyen:

- **Estrategia de cuantificación:** se desarrollaron diagramas que sintetizan la estrategia utilizada para llevar a cabo la cuantificación del impacto y del mercado. Este incluye el indicador considerado, el perfil de los actores presentes en el mercado, la territorialidad y los supuestos tenidos en cuenta (véase la figura 17).

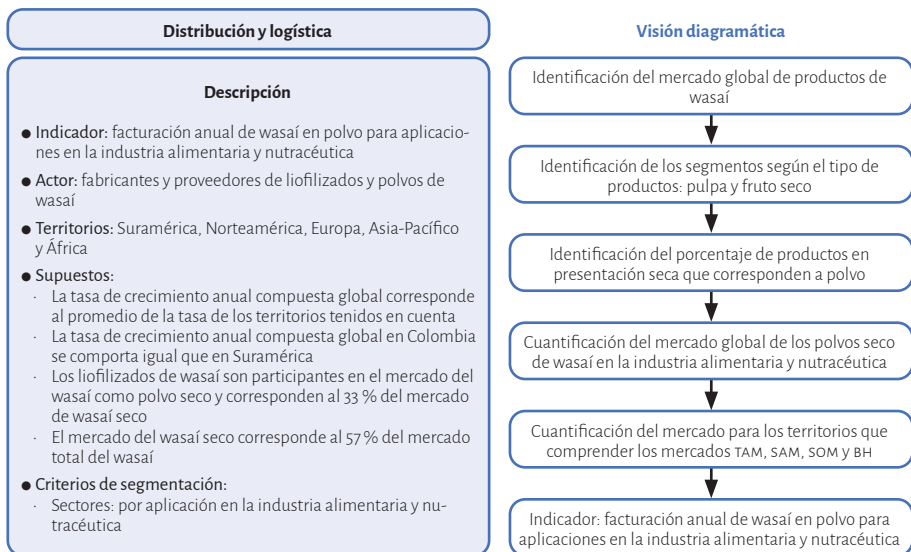


FIGURA 17. Estrategia de cuantificación de liofilizados de wasaí

Fuente: elaboración propia.

- **Cuantificación de mercado:** esquema que sintetiza los tamaños de mercado potencial (mercado total o *Total Addressable Market*, TAM), (mercado disponible o *Serviceable Addressable Market*, SAM) y (mercado objetivo o *Serviceable Objective Market*, SOM), como también la participación

porcentual de los segmentos que componen el mercado. Esto permite obtener una primera aproximación al entendimiento de la oportunidad de mercado disponible para los productos o servicios derivados de la tecnología. Puede servir como apoyo para determinar si la oportunidad es lo suficientemente atractiva como para establecer un negocio basado en la tecnología (véase la figura 18).

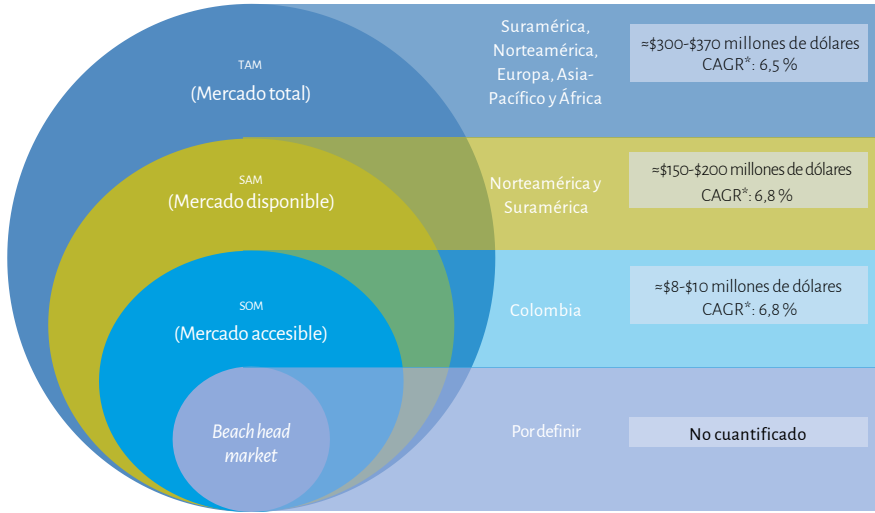


FIGURA 18. Estimación del mercado potencial de liofilizados de wasaí

Fuente: elaboración propia.

Al considerar el notable crecimiento que ha experimentado el wasaí en el mercado de alimentos y nutraceuticos, y dado que los frutos copoazú y mirití serían nuevos participantes, se estima que los mercados de liofilizados de copoazú y mirití representarán un porcentaje del mercado total del wasaí. En otras palabras, se anticipa que estos mercados serán más pequeños en comparación con el del wasaí. Al tener en cuenta que el wasaí tiene una participación y significativa en los mercados actuales, se utiliza el mercado de liofilizados de wasaí como punto de referencia. El mercado de los liofilizados de wasaí se divide en dos segmentos según su aplicación: alimentos (utilizados como ingredientes que aportan beneficios nutricionales, aromatizantes y colorantes) y nutraceuticos (suplementos dietarios que incluyen antioxidantes, flavonoides y vitaminas), pues representan el 60 y el 40 % del mercado, respectivamente. Así, se estima

que el mercado potencial de los liofilizados de wasái alcanza cientos de millones de dólares (entre 300 y 370 aproximadamente) en Suramérica, Norteamérica, Europa, Asia-Pacífico y África (Technavio, 2023).

Por su parte, los aceites esenciales de copoazú, wasái y mirití se obtienen a partir del prensado de la pulpa liofilizada de los frutos o de las semillas (en el caso del copoazú). El mercado de estos aceites se compone de tres segmentos según su aplicación: 44 % en comidas y bebidas (como saborizantes, con adición de beneficios terapéuticos y prolongación de la vida útil gracias a sus propiedades antioxidantes), 18 % en cuidado personal y cosméticos (para la elaboración de cremas faciales, aceites calmantes, bálsamos labiales y lociones corporales) y 38 % en la industria farmacéutica. De esta forma, se estima que el mercado potencial de los aceites esenciales de copoazú, wasái y mirití alcanza cientos de millones de dólares (entre 400 y 600) en Europa, Norteamérica, Asia-Pacífico, Suramérica y África (Technavio, 2023; véase la figura 19).

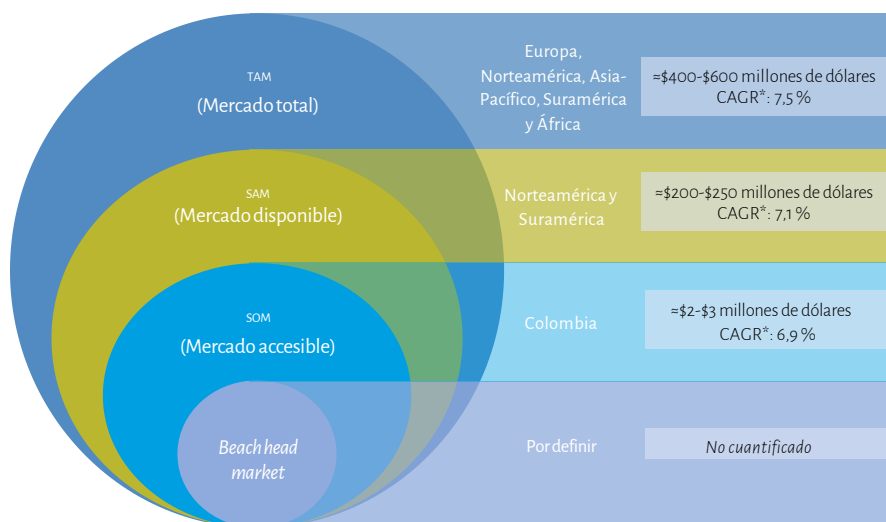


FIGURA 19. Estimación del mercado potencial de aceites esenciales de copoazú, wasái y mirití

Fuente: elaboración propia.

- **Oportunidades de negocio identificadas:** en este punto se sintetiza el tamaño de mercado potencial (mercado total), la capacidad y la motivación del equipo técnico-científico para llevar a cabo los procesos productivos y

la potencial facilidad de entrada al mercado de cada uno de los productos identificados. Esto permite obtener una visión global de la oportunidad de negocio para cada producto.

Con base en el entendimiento del mercado potencial de cada producto potencial PAVA, así como la validación con actores del ecosistema de mercado y la motivación y capacidad técnica para fabricar cada producto, se identificó que los liofilizados de wasaí y la manteca de copoazú son los productos con las oportunidades negocio más atractivas para generar las primeras líneas de negocio. A continuación, en la figura 20 se presentan las conclusiones para cada producto.

















Análisis de oportunidades de negocio para los productos potenciales identificados					
Producto	Oportunidad de mercado	¿Pueden hacerlo?	¿Quieren hacerlo?	Rapidez	Conclusión
Liofilizados (miriti, copoazú y wasaí)	 = \$300-\$370 millones de dólares				Es un mercado de nicho, se tiene la capacidad técnica para producirlos y el liofilizado de wasaí ya cuenta con participación en el mercado. Podría representar una oportunidad para los liofilizados miriti y copoazú.
Aceites (miriti, copoazú y wasaí)	 = \$400-\$600 millones de dólares				Es un mercado de nicho, se tiene la capacidad técnica para producirlos y cuentan con participación en el mercado. Se requiere el cumplimiento de requisitos regulatorios, que varían según el mercado de interés y que se deben cumplir para su comercialización.
Moléculas (miriti, copoazú y wasaí)	 = \$5000-\$6500 millones de dólares				Es la oportunidad más grande, pero requiere la superación de retos técnicos que suponen investigación aplicada y pueden demandar equipos avanzados.
Manteca de copoazú	 = \$35-\$45 millones de dólares				Es un mercado de nicho que está emergiendo. Ha surgido demanda como materia prima para la fabricación de productos cosméticos para exportación. Se espera que la demanda aumente de 250 kg a 12 toneladas. Hay oportunidad latente en Colombia.

FIGURA 20. Análisis de oportunidades de negocio

Fuente: elaboración propia.

Identificación de diferenciadores

Es fundamental comprender el entorno de mercado del producto potencial al identificar tanto a los competidores existentes y posicionados como a aquellos en desarrollo. Además, es esencial reconocer la propuesta de valor y los atributos que son valorados por los clientes y usuarios, para asegurar que los productos se desarrollen de acuerdo con los requerimientos del mercado. Dado que identificar los atributos valiosos para el mercado y determinar cómo un producto potencial podría satisfacerlos con un mejor desempeño que la competencia, esta oportunidad otorga una ventaja competitiva posible.

Los resultados del proceso de identificación y validación de los diferenciadores y la ventaja competitiva incluyen:

- **Identificación de potenciales competidores:** se analizaron las principales marcas y los productos disponibles en el mercado que abordan el mismo problema que la solución derivada de la investigación, incluyendo información sobre el sector industrial y su territorialidad. Esto permite identificar los potenciales competidores y sus propuestas de valor (véase tabla 31).

TABLA 31. Productos identificados como potenciales competidores de liofilizados de wasaí

Empresa	Sector	País	Producto	Características
Empresa 1	Alimentos y cosméticos	Se produce en Colombia, se vende en Colombia e Italia.	Wasaí en polvo con potenciales aplicaciones en alimentos (malteadas, barras, repostería y <i>snacks</i>) y cosmética (cremas y tratamientos capilares).	Fruta con alto contenido de antioxidantes y beneficios en el sistema inmune, sistema digestivo, sistema cardiovascular, piel, cabello y aporte de energía. Potenciales aplicaciones en alimentos (malteadas, barras, repostería, <i>snacks</i>) y cosmética (cremas y tratamientos capilares). Presentación comercial de 25 kg.
Empresa 2	Alimentos	Venta en Colombia, Centroamérica y Norteamérica.	Wasaí en polvo de la pulpa.	Polvo fino con gran capacidad antioxidante y contiene altos niveles de ácidos grasos esenciales, aminoácidos y fibra dietética. Presentación comercial de 50 g, 100 g y 10 kg.

Continúa...

Empresa	Sector	País	Producto	Características
Empresa 3	Alimentos y cosméticos	Se produce en Colombia. Se vende en Colombia e Italia.	Mango en polvo con potenciales aplicaciones en alimentos (malteadas, barras, repostería y <i>snacks</i>) y cosmética (cremas y tratamientos capilares).	Polvo fino, fluido y homogéneo. Ideal para la producción de bebidas, concentrados de fruta, jugos, mermeladas, gelatinas, salas, cremas, aderezos, repostería, entre otros. Se recomienda dosificación para cada tipo de producto. Presentación comercial de 25 kg.
Empresa 4	Alimentos	Se produce en Colombia (Cumaral, Meta), se vende en Colombia.	Wasái en polvo para batidos, jugos o recetas de repostería o panadería.	Alto contenido de antioxidantes, mejora de salud digestiva, fuente de fibras y nutrientes. Se destaca la colecta por parte de indígenas del Guaviare y su contenido vegano. Presentación comercial de 60 g.

Fuente: elaboración propia.

- Análisis competitivo:** se presenta mediante un cuadro que resume los principales productos o servicios competidores y sus características (véase la tabla 32). Este análisis relaciona el desempeño de la competencia en aspectos funcionales claves valorados por el mercado, en comparación con la tecnología en cuestión. Esto facilita la identificación de si el producto o servicio derivado de la tecnología ofrece una ventaja significativa en alguno de estos aspectos funcionales.

TABLA 32. Atributos valorables por el mercado

Liofilizados de wasaí	Manteca de copoazú
Aporte nutricional	Estabilidad y funcionalidad
Preservación del sabor	Ser inodoros
Disponibilidad	Disponibilidad

Fuente: elaboración propia.

Se identificaron los atributos valorables por el mercado para los liofilizados de wasaí en el sector de alimentos y por el mercado para la manteca de copoazú en el sector cosmético. Al compararlos con los principales competidores, se

determinó que el aporte nutricional de los liofilizados de wasaí representa un potencial atributo diferenciador. Por su parte, con los principales competidores de la manteca del copoazú, se determinó que la estabilidad y funcionalidad representan un potencial atributo diferenciador.

Validación de la oportunidad

Los resultados del proceso de identificación y validación de la oportunidad de negocio incluyen:

- **Hipótesis de oportunidad:** se presenta a través de una frase que sintetiza cómo la solución derivada de la tecnología aborda el problema del mercado para un perfil de cliente específico. Esta hipótesis incluye la identificación de los beneficios y ventajas, lo que permite comprender la oportunidad de negocio y su impacto desde una perspectiva estratégica (véase la figura 21).

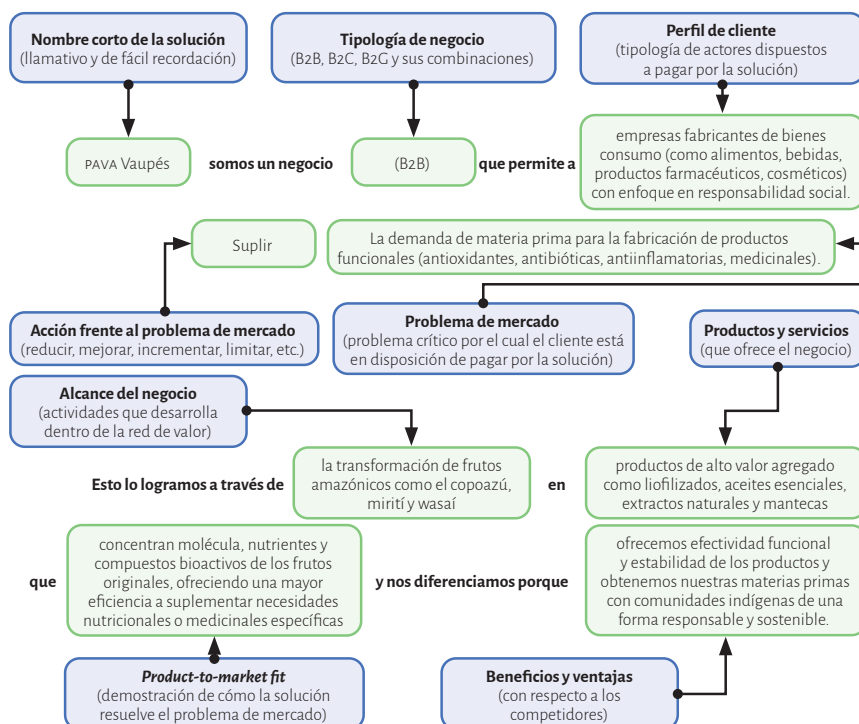


FIGURA 21. Hipótesis de negocio

Fuente: elaboración propia.

- **Validación de la oportunidad de negocio:** se realiza mediante un análisis de hallazgos, que incluye los perfiles de los actores clave entrevistados durante el proceso de validación. Este análisis abarca cuatro enfoques principales, que son producto, mercado, cliente y competencia. Esto permite identificar las percepciones, las experiencias, los aprendizajes y las oportunidades expresadas por los actores involucrados en el ecosistema de mercado. Se identificó que los productos con una oportunidad de negocio más prometedora para iniciar líneas de negocio en la comunidad indígena de La Libertad son los liofilizados de wasaí y la manteca de copozú. Estos productos se obtienen mediante la transformación de PFNM de la región y se destacan por su tamaño de mercado, la capacidad técnica para producirlos y la facilidad de entrada al mercado.
 - Liofilizados de wasaí: pueden incursionar en dos mercados según su aplicación: alimentos y nutracéuticos. Este mercado se estima en cientos de millones de dólares, aproximadamente entre 300 y 370.
 - Manteca de copozú: tiene el potencial de participar en tres mercados según su función en los sectores cosmético y alimenticio: agente hidratante, agente emoliente y potenciador de sabor. Este mercado se estima en decenas de millones de dólares, alrededor de 35 a 45.
 Además, se identificó que las moléculas bioactivas obtenidas de PFNM como el wasaí, copozú y mirití representan una oportunidad de mercado atractiva, que podría generar productos de alta rentabilidad gracias a sus aplicaciones en mercados con portafolios especializados y funcionales. Esto sugiere una línea de negocio potencialmente interesante.

Estrategia de desarrollo de producto

Se definieron técnicamente dos productos mínimos viables (PMV) con un enfoque innovador: el liofilizado de wasaí (PMV1), obtenido de la pulpa de un fruto amazónico, destinado a la industria alimenticia, y la manteca de copozú (PMV2), extraída de la semilla del mismo fruto, orientada hacia la industria cosmética. Para ambos PMV se ha establecido una estrategia de desarrollo que abarca un análisis integral y que incluye criterios y etapas que evidencian: la capacidad de escalabilidad en la producción, la funcionalidad del producto y el cumplimiento de las regulaciones y normativas necesarias para su comercialización en los respectivos mercados.

Producto mínimo viable (PMV)

Mediante fichas se resumieron los requisitos funcionales y no funcionales esenciales para abordar las problemáticas y necesidades identificadas durante las validaciones con actores clave del mercado. Estas fichas permiten definir la presentación comercial, la composición y la ruta regulatoria de los PMV (véanse las figuras 22 y 23).

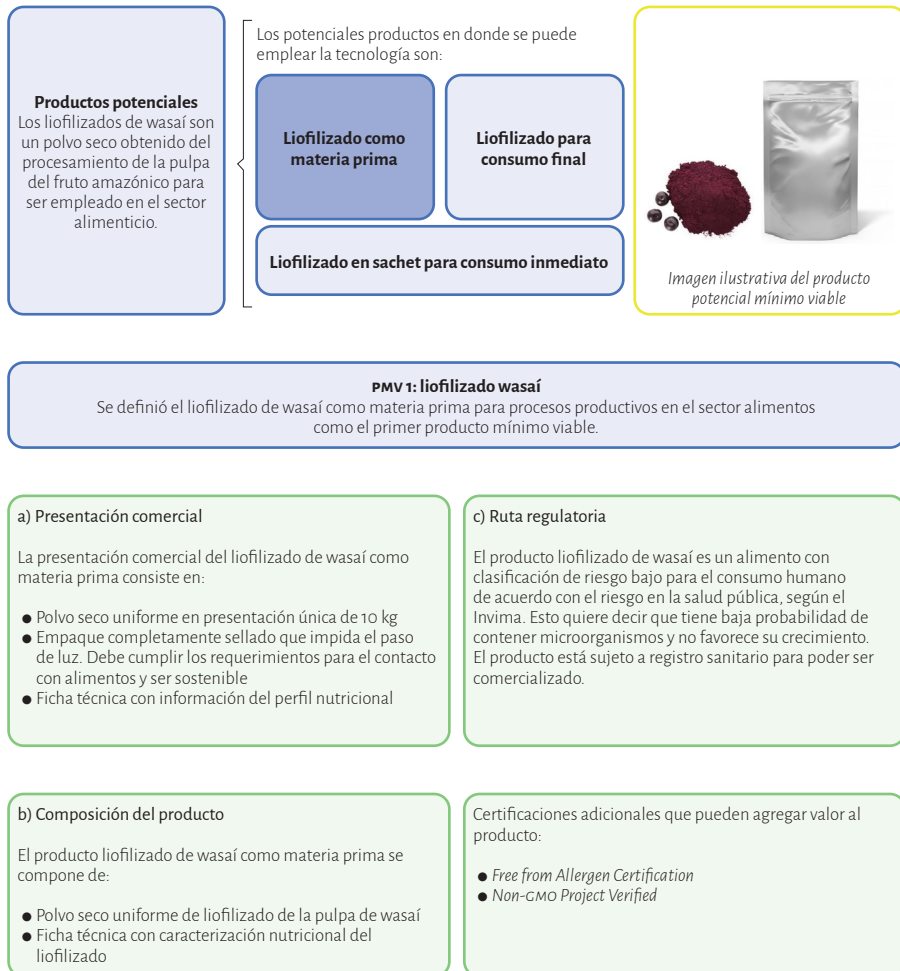


FIGURA 22. Ficha del producto mínimo viable de liofilizados de wasaí

Fuente: elaboración propia.

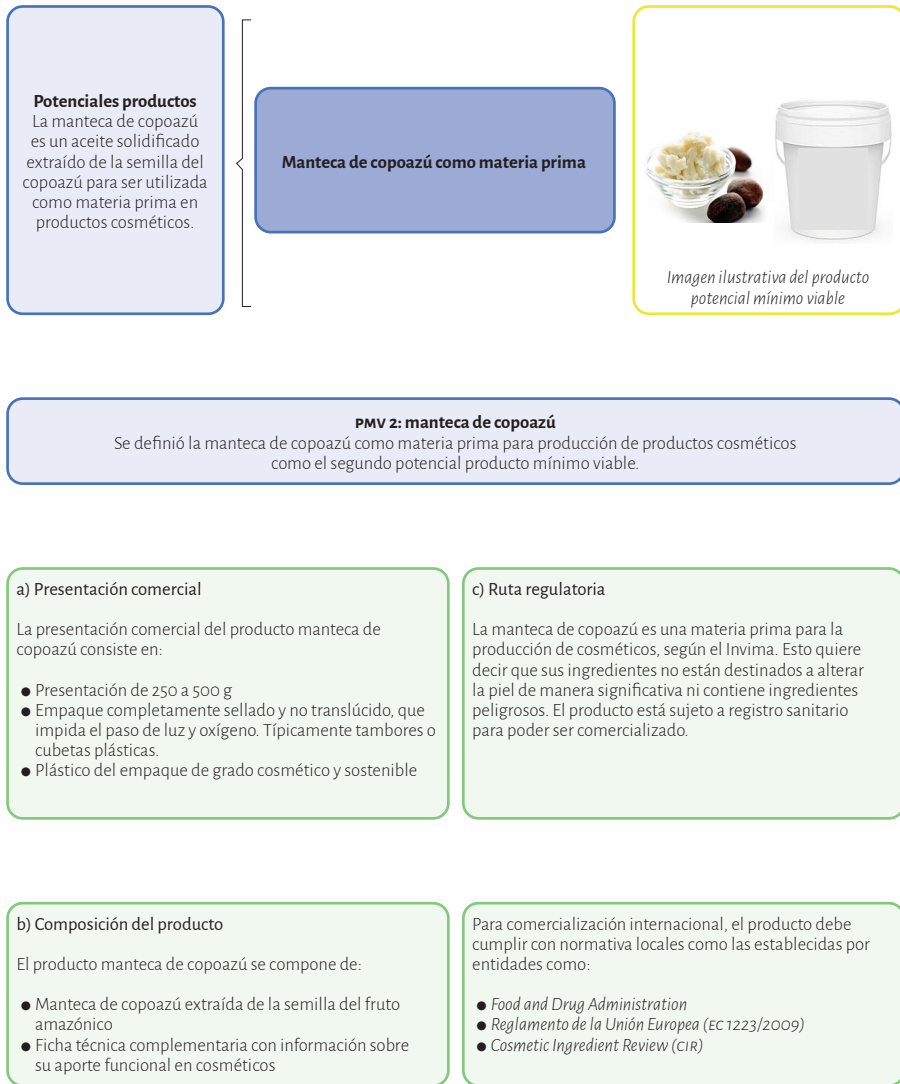


FIGURA 23. Ficha del producto mínimo viable de la manteca de copoazú

Fuente: elaboración propia.

Criterios de manufactura

- Etapa 1, producción a escala de laboratorio: en esta fase es fundamental considerar aspectos básicos como la capacidad de producción y la funcionalidad del producto. Se deben detallar y optimizar los parámetros del

proceso de obtención del liofilizado PMV1 y obtención de la manteca PMV2, así como realizar análisis nutricionales y caracterización del producto para anticipar las exigencias establecidas por entes regulatorios.

- Etapa 2, producción a escala piloto (lotes de prueba): el plan de pruebas piloto para el escalamiento de la producción de liofilizados de wasá debe incluir:
 - Verificación de la funcionalidad, capacidad y eficiencia de los equipos necesarios para el proceso.
 - Validación de la escalabilidad del proceso de extracción (en el caso de PMV2).
 - Verificación de la calidad y seguridad alimentaria, lo que incluye análisis microbiológicos, estabilidad y pruebas sensoriales (en el caso de PMV1).
 - Pruebas iniciales de análisis de vida útil, empaque y etiquetado.
 - Ajustes al proceso productivo.

Por otro lado, es importante considerar un plan de flujos de personal, como también la cadena de suministros de materia prima e insumos y las cadenas de valor requeridas para la comercialización.

- Etapa 3, producción a escala industrial: el plan de producción a escala industrial para el escalamiento de la producción de PMV1 y PMV2 debe contemplar:
 - Verificación de la funcionalidad, capacidad y eficiencia de los equipos requeridos para el proceso a escala industrial.
 - Optimización, automatización y estandarización del proceso productivo.
 - Implementación de un sistema de control de calidad que garantice el cumplimiento normativo y de certificaciones.
 - Verificación de la vida útil bajo condiciones industriales.
 - Implementación de estrategias de empaquetado, etiquetado y distribución.

Criterios técnicos

Dentro de los requerimientos mínimos de PMV1 se requieren pruebas orientadas a demostrar: calidad, seguridad y estabilidad (la degradabilidad de los nutrientes

en el tiempo a condiciones específicas). Después, es necesario construir un perfil nutricional completo que incluya: macronutrientes y micronutrientes, contenido de antioxidantes, índice ORAC, entre otros, así como debe contemplarse su efectividad y estabilidad en el tiempo requerido para su comercialización.

Por su parte, los requerimientos de PMV2 para tener un valor agregado consisten en pruebas orientadas a demostrar la funcionalidad del producto en cuanto a su capacidad de absorción de radicales libres y valorar su potencial antioxidante; el efecto de la humectación reiterada sobre la epidermis humana; propiedades emulsificantes; identificación y concentración de ácidos grasos esenciales y concentración de vitaminas de interés (como vitamina A y E).

Criterios de ruta regulatoria

Los productos, para poder ser comercializados, deben responder a los requerimientos exigidos por las entidades regulatorias correspondientes:

- Comercialización en Colombia: la entidad regulatoria es el Invima, a través de los decretos que regulen los alimentos y cosméticos. Además, los alimentos envasados y empacados para consumo humano deben cumplir con la normativa de etiquetado (Ley 2120 del 2021 y Resolución 2492 del 2022), al igual que los productos cosméticos (Resolución 2310 del 2022).
- Comercialización en otro país: es imperativo validar los requerimientos regulatorios correspondientes a las exigencias del país de comercialización. Considerar listados internacionales sobre ingredientes que pueden incorporarse o no como los de Food and Drug Administration, The Personal Care Products Council, Cosmetics Europe-The Personal Care Association, entre otros.

Por último, es clave contar con criterios de BMP e implementar un sistema de seguridad y calidad del producto (análisis microbiológico, fisicoquímicos, estabilidad, entre otros aspectos).

Modelo de negocio

Se ha identificado que un modelo de negocio *Business to Business* (B2B) podría facilitar la comercialización y monetización de los potenciales productos

alimenticios y cosméticos. Este enfoque considera el liofilizado de wasaí materia prima en el sector alimentario, lo que posibilita su incorporación en líneas de productos con sabores exóticos y opciones funcionales y nutritivas. Por otro lado, la manteca de copozú se presenta como materia prima en el sector cosmético, destinada a productos que integren la responsabilidad social como un valor corporativo esencial.

El modelo de negocio propuesto, bajo la metodología *Business Model Canvas*, incorpora elementos comunes para ambas líneas de negocio, lo cual permite ofrecer propuestas de valor, generar ingresos y operar de manera eficiente. Esta estrategia puede potenciar la escalabilidad del negocio al compartir procesos y recursos clave. No obstante, es importante considerar que los procesos productivos específicos para cada manufactura pueden diferir notablemente y requerir recursos especializados para cumplir con los requisitos técnicos de cada PMV. En este sentido, el modelo de negocio representa una primera versión de la infraestructura operativa y de la interacción con el mercado, ya que facilita el intercambio de valor estratégico (véase la figura 24). Si se producen cambios en los segmentos de clientes o en las propuestas de valor que el negocio implementará, será fundamental analizar cómo estos ajustes afectarían los elementos del modelo.

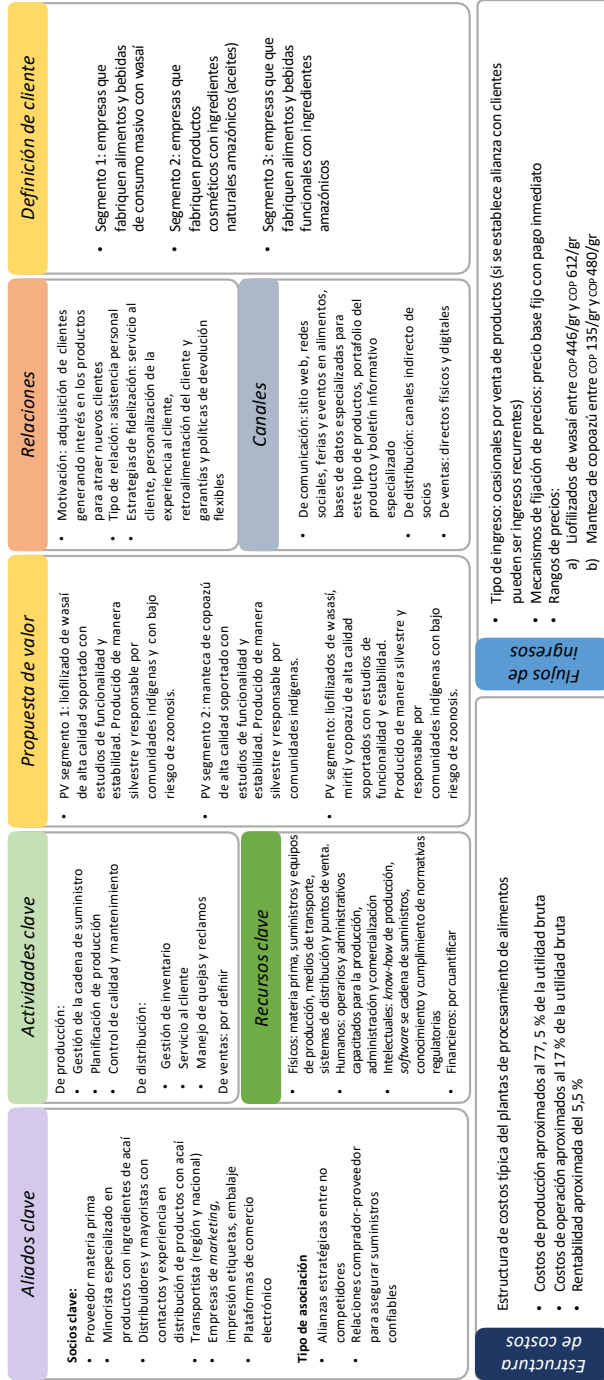


FIGURA 24. Modelo de negocio Canvas, transformación de PFNM en Vaupés

Fuente: elaboración propia.

Epílogo

Esta obra permitió conciliar eficazmente el conocimiento ancestral de la comunidad indígena de La Libertad con técnicas sofisticadas de investigación científica, como la metabolómica, con el propósito de transformar productos forestales no maderables propios de la región en elementos con valor agregado. Tres frutos fueron identificados por la comunidad como aquellos con mayor potencial para la generación de liofilizados (wasái y mirití) y aceites (copoazú), dadas sus características nutricionales y de uso en cosmética, la cantidad de cultivos de estas especies presentes cerca de las viviendas de los pobladores y su facilidad de acceso.

Estos frutos maduros, junto con la fariña obtenida históricamente a partir de la yuca brava, fueron caracterizados metabolómicamente con el propósito de establecer el contenido de moléculas con características interesantes para las industrias de alimentos, del cuidado personal y farmacéutica. Diferentes tipos de moléculas con alto valor agregado (como flavonoides y compuestos fenólicos) fueron encontrados, algunos de ellos reportados por primera vez en la literatura científica.

Una vez corroborado metabolómicamente el interés de estos frutos, se planteó un modelo de transformación que demostró que la producción de liofilizados y de aceite (manteca) eran las mejores opciones comerciales para generar productos con valor agregado. Dicho modelo de transformación incluyó ensayos en laboratorio, propuestas de buenas prácticas de manufactura, modelo de negocios discriminado y una estrategia de desarrollo de los productos.

De esta forma, se logró transformar una sospecha de alto potencial de transformación de tres productos forestales no maderables en dos líneas productivas propuestas: liofilizados de wasái y mirití y aceite de copoazú. Esto demuestra el potencial de generación de productos con valor agregado a partir de frutos de zonas como la Orinoquia y la Amazonia colombianas, como alternativa de negocio sostenible para las comunidades indígenas locales.

Anexos

Anexo 1. Fichas de las comunidades



Ceima Cachivera

Comunidad de la Asociación Tradicional AATICAM

Julio - 2023
No. familias encuestadas: 11



Se encuentra a 10 km del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **motocarro** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar de 20 minutos a 1 hora, usualmente van 1 a 2 veces por semana

FAMILIAS

Compuesta por 2 a 9 integrantes
Lenguas: b'arúcubeo, ma'cuna, piratapuyo, desano, siriano, tucano



10 km

CHAGRAS

Las familias tienen entre 2 a 4 chagras y el producto predominante es la **yuca**

1 a 105 min

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie y en promedio gastan alrededor de 30 minutos

La yuca y los frutos se consumen en:

Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

Wasai
5 a 120 min

Mirití
1 a 120 min

Copoazú
1 a 60 min

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000

Frutos (wasai y mirití)

\$12.000

Copoazú (frutos)



Cubay

Comunidad de la Asociación Tradicional
AATIZCEM

Junio - 2023

No. familias encuestadas: 10



Se encuentra a 400m por el río del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **canoas** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar entre 5 a 15 minutos, y usualmente van cada 15 días

FAMILIAS

Compuesta por 4 a 6 integrantes
Lenguas: cubeo, guanano



400 m

CHAGRAS

La mayoría de familias tienen 2 chagras y el producto predominante es la **yuca**

60 a 180 min

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen en canoa, una familia en promedio gasta alrededor de 120 minutos

La yuca y los frutos se consumen en:

Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

Wasai 5 a 20 min

Mirití 5 a 15 min

Copoazú 60 a 120 min

SELVA / PATIO

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$2.000

Chicha - cuyu

\$5.000

Casabe

San Juan de Cucura
Comunidad de la Asociación Tradicional AATAC

Junio - 2023
No. familias encuestadas: 14



Se encuentra a 15 km del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **moto** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido es de 45 minutos y viajan según la necesidad, cada 15 días.

FAMILIAS

Compuesta por 3 a 8 integrantes
Lenguas: desano (predominante),
y guanano



CHAGRAS

Las familias tienen entre 2 a 3 chagras
y el producto predominante es la **yuca**

10 a 120 min

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie, solo tres familias reportan ir a la chagra en moto

SELVA

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

Wasái 60 min


Copoazú 45 min

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000 Wasai (fruto) - bolsa 1kg	\$10.000 Copoazú (jugos) - bolsa 1kg
---	--



Guama 1
Comunidad de la Asociación Tradicional AATIZCEM

Junio - 2023
No. familias encuestadas: 15



Se encuentra a 1.3 km por el río del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **canoas** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar 20 minutos, y usualmente van todos los días

FAMILIAS

Compuesta por 4 a 8 integrantes
Lenguas: cubeo



CHAGRAS



Las familias tienen 1 chagra y el producto predominante es la **yuca**









Las chagras se encuentran en otros territorios de comunidades indígenas dadas las condiciones del suelo

SELVA

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

La yuca y los frutos se consumen en: **Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha**

- Wasai** 60 min 
- Mirití** 60 min 
- Copoazú** 1 día

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
											
											
											

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$10.000 Wasai (pago) - 2L	\$15.000 Mirití (papa)	\$2.000 Copoazú (pago) - vaso
--------------------------------------	----------------------------------	---



Mitú Cachivera

Comunidad de la Asociación Tradicional AATIZCEM

Julio - 2023
No. familias encuestadas: 12



Se encuentra a 2 km del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **moto** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar 25 minutos, usualmente cada 15 días

FAMILIAS

Compuesta por 4 a 5 integrantes
Lenguas: guanano, tucano, cubeo, desano



2 km

CHAGRAS

La mayoría de familias tienen 2 chagras y el producto predominante es la **yuca**

40 a 120 min

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie y en promedio gastan alrededor de 75 minutos

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

Wasai

20 a 40 min

Miriti

5 a 20 min

SELVA

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000

Casabe



Mituseño Urania

Comunidad de la Asociación Tradicional AATIZCEM

Junio - 2023
No. familias encuestadas: 12



Se encuentra a 6 km del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **moto** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar 15 minutos, usualmente van 1 a 2 veces por semana

FAMILIAS

Compuesta por 2 a 6 integrantes
Lenguas: cubeo, bará, desano



CHAGRAS

La mayoría de familias tienen 2 chagras y el producto predominante es la **yuca**

20 a 60 min 

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie, una familia reportó hacer en canoa, en promedio gastan alrededor de 40 minutos

SELVA

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

Wasai 15 a 90 min 

Mirití 15 a 90 min 

Copoazú 20 a 60 min 

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
											
											
											

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000 <small>Wasai - bolsa (1kg)</small>	MIRITÍ - bolsa (1kg)	\$10.000 <small>Copoazú - bolsa (13kg)</small>
--	-----------------------------	--

Puerto Corroncho
 Comunidad de la Asociación Tradicional AATAC
 Junio - 2023
 No. familias encuestadas: 10



Se encuentra a 13 km por el río del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **canoas** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido es de 30 minutos y van cada ocho días.

FAMILIAS

Compuesta por 3 a 6 integrantes
 Lenguas: siriano (predominante) y cubeo



CHAGRAS

Las familias tienen entre 1 y 2 chagras y el producto predominante es la **yuca**

60 a 150 min

Tiempo de recorrido a las chagras
 El trayecto lo hacen en canoa

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

SELVA

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

- Wasai** 30 a 35 min
- Mirití** 60 a 150 min
- Copoazú** 45 a 120 min

Enf	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$3.000 Mirití (Baza)	\$5.000 Wasai (Frutos) - boliva (1kg)	\$10.000 Copoazú (Guajal) - boliva...	\$40.000 Yuca (Bulbo)
---------------------------------	---	---	---------------------------------

Puerto Vaupés
 Comunidad de la Asociación Tradicional AATIZCEM
 Junio - 2023
 No. familias encuestadas: 15



Se encuentra a 9 km por el río del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **canoas** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido es de 15 a 20 minutos y 1 o 2 veces a la semana.



FAMILIAS

Compuesta por 4 a 7 integrantes
 Lenguas: cubeo

CHAGRAS

Las familias tienen entre 2 a 3 chagras y el producto predominante es la **yuca**

20 a 60 min

Tiempo de recorrido a las chagras
 El trayecto lo hacen en canoa, 3 familias hacen el trayecto a pie

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva o los patios usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

- Wasai** 3 a 10 min
- Mirití** 3 a 15 min
- Copoazú** 35 min

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000 Fruto (wasai y mirití) - bolsa (1kg)	\$7.000 Yuca (casabe) - 1/4 torta	\$7.000 Yuca (fariña) - bolsa (1kg)
--	---	---



San Francisco

Comunidad de la Asociación Tradicional
AATAC

Junio - 2023

No. familias encuestadas: 9



Se encuentra a 2 km por del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **moto** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido es de 10 minutos y viajan con frecuencia o cada 15 días.

FAMILIAS

Compuesta por 3 a 7 integrantes
Lenguas: siriano (predominante), tucano, desano y bará



2 km

CHAGRAS

Las familias tienen entre 2 a 3 chagras y el producto predominante es la **yuca**

120 min

🚶

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chive, juco, fariña, casabe y chicha

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha


Wasái	3 a	120 min	🚶
Mirití	3 a	120 min	🚶
Copoazú	5 a	120 min	🚶

Eno	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
											
											
											

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000 Fruto (wasai y mirití)	\$8.000 Copoazú (fruto)	\$10.000 Pulpa (wasai, mirití, copoazú)
--	-----------------------------------	---



Timbó
Comunidad de la Asociación Tradicional AATAC

Julio - 2023
No. familias encuestadas: 13



Se encuentra a 55 km del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **chiva** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar 3 horas, usualmente van cada 15 días o 1 a 2 veces por semana

FAMILIAS

Compuesta por 4 a 13 integrantes
Lenguas: desano, guanano, siriano



CHAGRAS

Las familias tienen entre 2 a 4 chagras y el producto predominante es la **yuca**




5 a 75 min 

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie, una familia reportó hacerlo en canoa, en promedio gastan alrededor de 35 minutos

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva o los patios de las casas y usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

La yuca y los frutos se consumen en: **Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha**

- Wasai** 1 a 120 min 
- Miriti** 3 a 180 min 
- Copoazú** 1 a 60 min 

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
											
											
											

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000	\$6.000	\$7.000
Wasai (gupa - frutos...)	Miriti (gupa) - botas... Copoazú (gupa)	Casabe Fariña - botas (kg)



Trece de Junio

Comunidad de la Asociación Tradicional AATIZCEM

Junio - 2023
No. familias encuestadas: 9



Se encuentra a 3.5 km por el río del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **canoas** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar entre 5 a 10 minutos, y usualmente van a diario

FAMILIAS

Compuesta por 3 a 5 integrantes
Lenguas: cubeo



3.5 km

CHAGRAS

Las familias tienen entre 1 y 2 chagras y el producto predominante es la **yuca**

30 a 120 min

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie, una familia en promedio gasta alrededor de 45 minutos

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

Wasái

5 a 20 min

Mirití

8 a 13 min

Copoazú

10 a 25 min

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000
Wasai (fruto) - taza

\$3.500
Mirití (fruto) - taza

\$6.000
Copoazú (pulpa)

\$4.000
Casabe



Tucandira

Comunidad de la Asociación Tradicional AATAC

Julio - 2023

No. familias encuestadas: 12



Se encuentra a 24 km del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **chiva** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido puede durar 1 hora, usualmente van 1 a 2 veces por semana

FAMILIAS

Compuesta por 2 a 6 integrantes
Lenguas: guanano, cubeo y bará



CHAGRAS

Las familias tienen entre 2 a 3 chagras y el producto predominante es la **yuca**

3 a 60 min

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie, y en promedio gastan alrededor de 28 minutos

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva o los patios de las casas y usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

Wasai 20 a 60 min

Miriti 8 a 60 min

Copoazú 10 a 60 min

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000	\$10.000	\$7.000
Wasai (Frutos) - bolsa (1kg)	Miriti (Frutos) - bolsa (1kg)	Copoazú (Frutos)
		Casabe



Valencia Cano

Comunidad de la Asociación Tradicional AATIZCEM Julio - 2023
No. familias encuestadas: 9



Se encuentra a 1.4 km por el río del casco urbano. Los indígenas usualmente usan **canoas** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido es de 15 minutos y 1 o 2 veces a la semana.

FAMILIAS

Compuesta por 3 a 6 integrantes
Lenguas: cubeo, tucano y siriano



CHAGRAS

Las familias usualmente tienen 2 chagras y el producto predominante es la **yuca**

5 a 120
min
🚶

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie, 3 familias hacen el trayecto a pie y en promedio gastan 60 minutos

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chive, jujo, fariña, casabe y chicha

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva o los patios usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

Wasai 10 a 20 min 🚶

Miriti 10 a 20 min 🚶

Copoazú 5 a 120 min 🚶

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000

Pupe (wasai y miriti) - bolsa... Fruta (popoazú) Yuca (casabe) - 1/4 torta

\$2.000

Fruto (miriti) - taza



Yararaca

Comunidad de la Asociación Tradicional AATAC

Junio - 2023

No. familias encuestadas: 10



Se encuentra a 21 km aprox. del casco urbano. Los indígenas usualmente usan la **chiva** para desplazarse hasta Mitú, el recorrido es de 1 a 2 horas y van una vez a la semana o según la necesidad.

FAMILIAS

Compuesta por 4 a 7 integrantes
Lenguas: cubeo (predominante), baré, desano, guanano y tucano



21 km

CHAGRAS

Las familias tienen entre 2 y 3 chagras y el producto predominante es la **yuca**

20 a 120 min

Tiempo de recorrido a las chagras
El trayecto lo hacen a pie y en promedio puede durar un poco más de 45 minutos

La yuca y los frutos se consumen en:
Mingao, chivé, jugo, fariña, casabe y chicha

SELVA / PATIO

Los frutos que recolectan de la selva usualmente los usan para consumo propio durante la temporada de cosecha

Wasai 5 a 60min

Miriti 8 a 20min

Copoazú 5 a 10min

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

COMERCIO

Las familias llevan sus productos a Mitú para la venta

\$5.000	\$6.000	\$10.000
Fruta (wasai y miriti) Yuca (casabe)	Pulpa (wasai y miriti) Yuca (fariña)	Copoazú (pulpa)

Los frutos y las pulpas se venden en bolsas (1kg aprox.)
El casabe se vende por 1/4 de torta

Anexo 2. Metodología del Centro de Metabolómica (MetCore), Universidad de los Andes

Profesor

Manuel Rodríguez

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia

Referencia: Entrega de resultados servicio 22M021.

Nos permitimos enviar los resultados de los análisis realizados a las muestras recibidas en el Centro de Metabolómica.

1. Información del servicio solicitado.
2. Caracterización por LC-QTOF-MS.
3. Lipidómica por LC-QTOF-MS.
4. Caracterización por GC-QTOF-MS.
5. Enlace de descarga de archivos originales.

Cordial saludo,

1. Información del servicio

Servicio solicitado: caracterización por LC-QTOF-MS, lipidómica por LC-QTOF-MS y caracterización por GC-QTOF-MS.

- Código del servicio: 22M021.
- Número de muestras enviadas: 13.
- Tipo de muestra: frutos.

Códigos de los grupos de muestras: n. a.

Nombre de la muestra
Wasái maduro
Wasái pintón 3
Wasái sabanero verde
Wasái sabanero verde maduro
Mirití maduro
Mirití muy maduro
Mirití pintón
Mirití pintón 4
Copoazú 1 y 2
Copoazú 3
Copoazú 4
Semillas 3
Semillas 4

2. Caracterización por LC-QTOF-MS**2.1. Extracción de metabolitos**

Se pesaron 10 mg de cada muestra y se mezclaron con 400 μ l de metanol MeOH:Agua (1:3). Después de agitar las muestras en vórtex a 3200 rpm durante 15 minutos, se sometieron a 10 minutos de ultrasonido. Finalmente, se centrifugaron a 14 000 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se filtró con membranas de PTFE a 0,22 μ m.

2.2. Condiciones instrumentales

Se utilizó un sistema de cromatografía de líquidos Agilent Technologies 1260, acoplado a un analizador de masas de cuadrupolo con tiempo de vuelo Q-TOF 6545 e ionización por electrospray. Se inyectaron 1 μ l de cada muestra en una columna InfinityLab Poroshell 120 EC-C18 (3,0 \times 100 mm 2,7 μ m) a 30 °C y una elución en gradiente compuesta de: 0,1 % (v/v) de ácido fórmico en agua Milli-Q (fase A) y 0,1 % (v/v) de ácido fórmico en acetonitrilo (fase B), con un flujo constante de 0,4 ml/min. La detección por espectrometría de masas se realizó en modo ESI

positivo y ESI negativo en modo *full scan* de 50 a 1100 m/z y MS/MS de 100 a 1700 m/z. Durante todo el análisis, para la corrección de masas se emplearon los valores de referencia: m/z 121.0509 ($C_5H_4N_4$), m/z 922.0098 ($C_{18}H_{18}O_6N_3P_3F_{24}$) para modo positivo y 112.9856 [$C_2O_2F_3(NH_4)$] y m/z 1033.9881 ($C_{18}H_{18}O_6N_3P_3F_{24}$) para modo negativo. El instrumento QTOF fue operado en modo 4 GHz (*high resolution*). El gradiente de elución cromatográfico comenzó con 30 % de B hasta 15 minutos y fue incrementado hasta el 98 % de B en 2 minutos, por lo que permaneció en estas condiciones hasta el minuto 19. Transcurrido este tiempo regresó a las condiciones iniciales en 1 minuto al durar 5 minutos en reequilibrio. Las condiciones del análisis de MS/MS se muestran en la tabla A.1.

TABLA A.1. Condiciones de adquisición de MS/MS para caracterización por RP-LC/MS-QTOF (+/-).

Fuente dual AJS ESI	
<i>Vcap (V)</i>	3000
<i>Drying Gas (L/min)</i>	8
<i>Gas Temp (°C)</i>	325
<i>Nebulizer (psi)</i>	50
<i>Sheat Gas Temp (°C)</i>	350
<i>Sheat Gas Flow (L/min)</i>	11
MS TOF	
<i>Fragmentor (V)</i>	175
<i>Skimmer (V)</i>	65
<i>OCT RF Vpp (V)</i>	750

3. Lipidómica por LC-QTOF-MS

3.1. Extracción de metabolitos para análisis lipidómico

Se pesaron 8 mg de cada muestra y se mezclaron con 1280 μl de una mezcla de MTBE:MeOH (3:1). Después de agitar las muestras en vórtex a 3200 rpm durante 10 minutos, se sometieron a 10 minutos de ultrasonido. Luego, se agregaron 400 μl de agua para facilitar la separación de las fases. Las muestras se incubaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 15 minutos y, finalmente, se centrifugaron a 12000 rpm, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 10 minutos. El sobrenadante se filtró con membranas de PTFE a $0,22\text{ }\mu\text{m}$.

3.2. Condiciones instrumentales

Se utilizó un sistema de cromatografía de líquidos Agilent Technologies 1260, acoplado a un analizador de masas de cuadrupolo con tiempo de vuelo Q-TOF 6545 e ionización por electrospray. Se inyectaron 3 μl de cada muestra en una columna InfinityLab Poroshell 120 EC-C18 ($3,0 \times 100\text{ mm } 2,7\mu\text{m}$) a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una elución en gradiente compuesta por 10 mM de acetato de amonio en ACN:Agua (80:20), con 0,1 % de ácido fórmico (fase A) y 10 mM de acetato de amonio en IPA:ACN, con 0,1 % de ácido fórmico (90:10) (fase B), con un flujo constante de 0,6 ml/min. La detección por espectrometría de masas se realizó en modo ESI positivo, en modo *full scan* de 65 a 1700 m/z y MS/MS de 65 a 1700 m/z. Durante todo el análisis, para la corrección de masas se emplearon las masas de referencia: m/z 121.0509 ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4$), m/z 922.0098 ($\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{O}_6\text{N}_3\text{P}_3\text{F}_{24}$) para modo positivo. El instrumento QTOF fue operado en modo 4 GHz (*high resolution*). El gradiente de elución cromatográfica se inició con un 15 % de B y se aumentó gradualmente al 30 % de B en 2 minutos. Luego, continuó su incremento hasta alcanzar el 48 % de B en 2,5 minutos; así, siguió un aumento constante hasta llegar al 82 % de B en 11 minutos. Después prosiguió con el aumento hasta alcanzar el 99 % de B en 11,5 minutos y mantuvo estas condiciones hasta el minuto 12. Transcurrido este tiempo, regresó a las condiciones iniciales de 0,1 minutos, por lo que duró 6 minutos en reequilibrio. Las condiciones del análisis de MS/MS se muestran en la tabla A.2.

Tabla A.2. Condiciones de adquisición de MS/MS para lipídica por RP-LC/MS-QTOF (+/-).

Fuente dual AJS ESI	
<i>V_{cap}</i> (V)	3500
<i>Drying Gas</i> (L/min)	8
<i>Gas Temp</i> (°C)	325
<i>Nebulizer</i> (psi)	50
<i>Sheat Gas Temp</i> (°C)	350
<i>Sheat Gas Flow</i> (L/min)	11
MS TOF	
<i>Fragmentor</i> (V)	120
<i>Skimmer</i> (V)	65
<i>OCT RF V_{pp}</i> (V)	750

4. Caracterización por GC-QTOF-MS

4.1. Preparación de muestras para análisis por GC-QTOF-MS

La extracción se realizó a partir de 5 mg de muestra, se adicionaron 200 µl de MeOH. Luego, se agitaron en vórtex por 10 minutos, se sometieron a ultrasonido durante otros 10 minutos y, finalmente, se centrifugaron 10 minutos a 15 000 rpm. El sobrenadante se recolectó y se filtró por membranas de PTFE a 0,2 µm.

4.2. Proceso de derivatización

De los extractos preparados previamente, 30 µl fueron llevados a sequedad en SpeedVac durante 1 hora a 35 °C. A continuación, se adicionaron 20 µl de O-metoxiamina en piridina (15 mg/ml), se agitaron en vórtex a 3200 rpm durante 5 minutos y se incubaron en oscuridad a temperatura ambiente durante 16 horas. El proceso de sililación se llevó a cabo al adicionar 20 µl de BSTFA con 1 % de TMCS, agitación en *vortex* durante 5 minutos e incubación a 70 °C durante 1 hora. Finalmente, las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente, se agregaron 100 µl de estearato de metilo en heptano como estándar interno (5 mg/L) y se agitaron en *vortex* durante 5 minutos a 3200 rpm.

4.3 Condiciones instrumentales

Para la adquisición de los datos se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890B, acoplado a un detector selectivo de masas con tiempo de vuelo Agilent Technologies GC/Q-TOF 7250, equipado con un puerto de inyección *split/splitless* (250 °C, relación de *split* 30) y un inyector automático Agilent Technologies 7693^a. La fuente de ionización electrónica fue operada a 70 eV. Se empleó una columna Agilent Technologies J&W HP-5MS (30 m, 0,25 mm, 0,25 μ m); el de gas de arrastre fue helio a flujo constante de 0,7 ml/min. La temperatura del horno se programó desde 60 °C (1 minuto) 10 °C/min hasta 325 °C (10 minutos). La temperatura de la línea de transferencia al detector, del filamento de la fuente y del cuadrupolo se mantuvieron a 280 °C, 230 °C y 150 °C, respectivamente. La detección por espectrometría de masas se realizó entre 50 a 600 m/z, a una velocidad de 5 espectros/s.

4.4. Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos obtenidos por GC-QTOF-MS, la deconvolución e identificación de metabolitos se realizó empleando el *software* Agilent MassHunter Unknowns Analysis B.10.00. La identificación se realizó mediante la búsqueda en dos bibliotecas específicas: “Fiehn GC-MS Metabolomics RTL Library”, versión 2013, y NIST Mass Spectral Reference Library (National Institute of Standards and Technology), versión 2017. Para ello, se tuvo en cuenta la coincidencia en el tiempo de retención, el espectro de masas y los índices de retención de FAMES (ésteres metílicos de ácidos grasos) o alcanos C7 a C20. Los resultados obtenidos para cada muestra se exportaron en reportes individuales en formato PDF.

Referencias

- Abreu-Naranjo, R., Paredes-Moreta, J. G., Granda-Albuj, G., Iturralde, G., González-Paramás, A. M. y Álvarez-Suárez, J. M. (2020). Bioactive compounds, ecupera ecuper, antioxidant capacity and effectiveness against lipid peroxidation of cell membranes of *Mauritia flexuosa* L. fruit extracts from three biomes in the Ecuadorian Amazon. *Helijon*, 6(10), e05211. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2020.e05211>
- Aceite de açai virgen orgánico*. (2024). MyLottush. <https://www.mylottush.com/products/aceite-de-açai-virgen-organico>
- Aguayo-Cerón, K. A., Sánchez-Muñoz, F., Gutierrez-Rojas, R. A., Acevedo-Villavicencio, L. N., Flores-Zarate, A. V., Huan, F., Giacomani-Martínez, A., Villafaña, S. y Romero-Nava, R. (2023). Glycine: The Smallest Anti-Inflammatory Micronutrient. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(14), 11236. <https://doi.org/10.3390/ijms241411236>
- Alcoholes y fenoles (R-OH)*. (2024). Formulae. <https://formulae.app/quimica-organica/alcoholes-y-fenoles-r-oh#top>
- Amarowicz, R. y Pegg, R. B. (2019). Chapter one: Natural antioxidants of plant origin. *Advances in Food and Nutrition Research*, 90, 1-81. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.011>
- Anguita-Ruiz, A., Vatanparast, H., Walsh, C., Barbara, G., Natoli, S., Eisenhauser, B., Ramirez-Mayans, J., Anderson, G. H., Guerville, M., Ligneul, A.

- y Gil, A. (2025). Alternative biological functions of lactose: A narrative review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2470394>
- Araújo, B. J., Frota, C. R., Aparecido, S. E., Lamarao, C. V., Stringheta, P. C., Martins, E., Campelo, P. H. (2024). “Cupuaçu” (*Theobroma grandiflorum*): A brief review on chemical and technological potential of this Amazonian fruit. *Food Chemistry Advances*, 5, 100747. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100747>
- Ates, G., Goldberg, J., Currais, A. y Maher, P. (2020). CMS1Z1, a fatty acid synthase inhibitor, protects against excess lipid peroxidation and inflammation and alleviates cognitive loss in a transgenic mouse model of Alzheimer’s disease. *Redox Biology*, 36, 101648. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101648>
- Ayyadurai V. A. S., Deonikar P. y Fields C. (2023). Mechanistic understanding of D-glucaric acid to support liver detoxification essential to muscle health using a computational systems biology approach. *Nutrients*, 15(3), 733. <https://doi.org/10.3390/nu15030733>
- Bae, J., Kim, N., Shin, Y., Kim, S-O., Kim y Y-J. (2020). Activity of catequinas and their applications. *Biomedical Dermatology*, 4, art. 8. <https://biomeddermatol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41702-020-0057-8>
- Barbas, C. (2018, diciembre). La metabolómica: un cambio en la aproximación a la investigación bioquímica. *SEBBM Divulgación*. <https://sebbm.es/acercate-a/la-metabolomica-un-cambio-en-la-aproximacion-a-la-investigacion-bioquimica/>
- Barboza, N. L., dos Anjos Cruz, J. M., Correa, R. F., Lamarao, C. V., Ramos, A., Mayumi, N., Aparecido, E., Araújo, J. y Campelo, P. H. (2022). Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.): An Amazonian fruit with potential health benefits. *Food Research International*, 159, 111654. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111654>
- Basulto Maset, J., Comas, M. T., Manera Bassols, M. y Baladía Rodríguez, E. (2009). Ácido esteárico y salud cardiovascular. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 13(4), 161-172. [https://doi.org/10.1016/S1138-0322\(09\)73428-5](https://doi.org/10.1016/S1138-0322(09)73428-5)
- Bataglion, G. A., da Silva, F. M. A., Eberlin, M. Z. y Koolen, H. H. F. (2014). Simultaneous quantification of phenolic compounds in buriti fruit (*Mauritia flexuosa* L. f.) by ultra-high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Food Research International*, 66, 396-400. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.035>

- Bento, C. M., da Silva, W., Lázara, R., Honório, A. y Becker, P. (2020). Buriiti (*Mauritia Flexuosa* L.) pulp oil as an immunomodulator against enteropathogenic *Escherichia coli*. *Industrial Crops and Products*, 149, 112330. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112330>
- Best, I., Casimiro-Gonzales, S., Portugal, A., Olivera-Montenegro, L., Aguilar, L., Muñoz, A. M., Ramos-Escudero, F. (2020). Phytochemical screening and DPPH radical scavenging activity of three morphotypes of *Mauritia flexuosa* L. f. from Peru, and thermal stability of a milk-based beverage enriched with carotenoids from these fruits. *Heliyon*, 6(10), e05209. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05209>
- Biotrends. (2023). *Informe de análisis n.º F-23-134954-0*.
- Biotrends. (2025a). *Informe especial n.º TN-25-282-0*.
- Biotrends. (2025b). *Informe especial n.º TN-25-283-0*.
- Bochkov, D., Sysolyatin, S. V., Kalashnikov, A. I. y Survacheva, I. A. (2012). Shikimic acid: Review of its analytical, isolation, and purification techniques from plant and microbial sources. *Journal of Chemical Biology*, 5(1), 5-17. <https://doi.org/10.1007/s12154-011-0050-9>
- Bolívar, G. (2022, 10 de agosto). Ácido carboxílico: qué son, nomenclatura, estructura, propiedades, usos. *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/acido-carboxilico/>
- Calabrese, E. J., Pressman, P., Hayes, A. W., Dhawan, G., Kapoor, R., Agathokleous, E. y Calabrese, V. (2024). RUTIN, a widely consumed flavonoid, that commonly induces ecupera effects. *Food and Chemical Toxicology*, 187, 114626. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2024.114626>
- Calorie Control Council (CCA). (2024). *Poliioles-Manitol*. <https://datossobrelos-poliioles.com/ecuper/>
- Câmara, J. S., Perestrelo, R., Ferreira, R., Berenguer, C. V., Pereira, J. A. M. y Castilho, P. C. (2024). Plant-derived terpenoids: A Plethora of bioactive compounds with several health functions and industrial applications. A comprehensive overview. *Molecules*, 29(16), 3861. <https://doi.org/10.3390/molecules29163861>
- Canet, J. (2016, 17 de junio). Control de la contaminación ambiental en industrias alimentarias y farmacéuticas. *Cristeyns Blog*. <https://www.christeyns.com/es-es/control-de-la-contaminacion-ambiental-en-industrias-alimentarias-y-farmaceticas-2/#:-:text=En%20este%20art%C3%Adculo%20se%20presenta%20la%20t%C3%A9cnica%20y,los%20an%C3%A1lisis%20de%20ambientes.%20Medida%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n>

- Cantu-Jungles, T. M., de Almeida, P. C., Lacomini, T. R. y Cordeiro, L. M.C. (2015). Arabinan-rich pectic polysaccharides from buriti (*Mauritia flexuosa*): An Amazonian edible palm fruit. *Carbohydrate Polymers*, 122, 276-281. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.12.085>
- Cantu-Jungles, T. M., Iacomini, M., Cipriani, T. R. y Cordeiro, L. M. C. (2017). Extraction and characterization of pectins from primary cell walls of edible açai (*Euterpe oleraceae*) berries, fruits of a monocotyledon palm. *Carbhidrato Polymers*, 158, 37-43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.11.090>
- Cárdenas-López, D., Arias-García, J.C., Vanegas Liévano, J. A., Jiménez-Montoya, D. A., Vargas-Romero, O. y Gómez Rodríguez, L. (2007). *Plantas útiles y promisorias en la comunidad de Wacurabá (Caño Cuduyari) en el departamento de Vaupés (Amazonia colombiana)*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).
- Carvalho, G. A., Cavalcante, D. P., Parreira, R. C., Chiareli, R. A., Ortiz Leoncini, G., Gomez, R. S., Ulrich, H., Ferreira Caixeta, L., Oliveira-Lima, O. C. y Pinto, M. C. X. (2025). Neurobiology of L-proline: From molecules to behavior. *Neuroscience*, 568, 116-129. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2025.01.036>
- Carvalho, J. E. U., Muller, C. H., Alves, R. M. y Nazaré, R. F. R. (2004). *Cupuaçuzeiro* [folleto]. Comunicado técnico, 115. Embrapa Amazônia Oriental.
- Casadas, G., González-Burgos, E., Benett, A. C., Gómez-Serranillos, M. P., Smith, C. y López, V. (2018). *Inflamación y estrés oxidativo: papel de la cianidina en modelos neuronales humanos* [Comunicación]. XI Congreso de Fitoterapia, Ciudad de Oviedo, España.
- Castro-Rodríguez, S. Y., Barrera-García, J. A., Carrillo-Bautista, M. P. y Hernández-Gómez, M. S. (2015). *Asái (Euterpe precatoria): cadena de valor en el sur de la región amazónica*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2024, 15 de mayo). *Fibert: The carb that helps you manage diabetes*. https://www.cdc.gov/diabetes/healthy-eating/fiber-helps-diabetes.html?utm_source=chatgpt.com
- Chávez, Z. D. (2023, 7 de marzo). Los inositoles como tratamiento no hormonal en el síndrome de ovario poliquístico: 5 aspectos clave. *Medscape*. <https://espanol.medscape.com/verarticulo/5910531?form=fpf>
- Chen, S., Wang, X., Cheng, Y., Gao, H. y Chen, X. (2023). A review of classification, biosynthesis, biological activities and potential applications

- of flavonoids. *Molecules*, 28(13), 4982. <https://doi.org/10.3390/molecules28134982>
- Chen, Z., Chen, J., Zhang, W., Zhang, T., Guang, C. y Mu, W. (2018). Recent research on the physiological functions, applications, and biotechnological production of D-allose. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(10), 4269-4278. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8916-6>
- Chimba, E. G. y Muso, P. S. (2020). *Evaluación y caracterización de ácidos orgánicos presentes en tres bebidas ancestrales de yuca (Manihot esculenta Crantz) fermentadas con Kéfir y Levadura (Saccharomyces cerevisiae)* [tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e1fc00d8-31c0-48e2-bb61-0b774ca56c35/content>
- Choi, M. N., Shin, K-C., Kim, D. W., Kim, B-J., Park, C-S., Yeom, S-J. y Kim, Y-S. (2021). Production of D-allose from D-allulose using commercial immobilized glucose isomerase. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 681253. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2021.681253/full>
- Clapa, D. (2022, 12 de septiembre). *¿Qué es la fructosa en polvo? Usos comunes de la fructosa*. Foodcom. <https://foodcom.pl/es/que-es-la-fructosa-en-polvo-usos-comunes-de-la-fructosa/#:~:text=En%20la%20industria%20alimentaria%2C%20la,el%20pan%20y%20los%20embutidos>
- Clapa, D. (2022, 15 de noviembre). *Ácido láctico: propiedades y aplicaciones en alimentación y medicina*. Foodcom. <https://foodcom.pl/es/acido-lactico-propiedades-y-aplicaciones-en-alimentacion-y-medicina/>
- Clínica Universidad de Navarra. (2025a). *Alimentos ricos en calcio*. <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/ecuperac/alimentos-ricos-calcio>
- Clínica Universidad de Navarra. (2025b). *Proteínas en la dieta*. <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/proteinas>
- Coelho, M. C., Malcata, F. X. y Silva, C. C. G. (2022). Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions. *Foods*, 11(15), 2276. <https://doi.org/10.3390/foods11152276>
- Comité de Medicamentos de la Asociación Española de Pediatría. (2020, 20 de noviembre). Lactulosa. *Pediamécum*. <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/lactulosa>
- Core Facility en Metabolómica (MetCore). (2023). *Informe resultados servicio 23M031*. Vicerrectoría de Investigación y Creación, Universidad de los Andes.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico (CDA). (2016). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río*

- Cuduyari*. <https://cda.gov.co/apc-aa-files/3b54676f59185c940cba8d2be53b4695/2016.documento-tecnico-pomca-cuduyari.pdf>
- de Franca, L. F., Reber, G., Meireles, M. A. A., Machado, N. T. y Brunner, G. (1999). Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. *The Journal of Supercritical Fluids*, 14(3), 247-256. [https://doi.org/10.1016/S0896-8446\(98\)00122-3](https://doi.org/10.1016/S0896-8446(98)00122-3)
- de la Iglesia, R. (2023, 13 de noviembre). Diferencias entre los ácidos grasos saturados e insaturados. *FontActiv*. <https://www.fontactiv.es/blog/diferencias-entre-los-acidos-grasos-saturados-e-insaturados>
- de la Rosa Reyna, X. F., García León, I., Hernández Mendoza, J., Morales Baquera, J. y Quiroz Velásquez, J. D. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 155-163. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426374726001/html/>
- de Sousa, W. C., Morais, A. R. y Giraldo, Z. A. D. (2024). Buriti (*Mauritia flexuosa*) shell flour: Nutritional composition, chemical profile, and antioxidant potential as a strategy for valuing waste from native Brazilian fruits. *Food Research International*, 190, 114578. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114578>
- de Souza Silva, A. P., de Camargo, A. C., Goldoni Lazarini, J., Franchin, M., Orlandi Sardi, J. D. C., Rosale, P. L. y de Alencar, S. M. (2022). Phenolic profile and the antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties of açai (*Euterpe oleracea*) meal: A prospective study. *Foods*, 12(1), 86. <https://doi.org/10.3390/foods12010086>
- del Campo-Pérez, M., Sosa-Morales, M. E., Ozuna-López, C., Díaz-Cervantes, E. y Abraham Juárez, M. R. (2021). Cuantificación de fisetina y resveratrol en diferentes grados de madurez de fresa (*Fragaria ananassa*), arándano (*Vaccinium cyanococcu*) y uva (*Vitis vinifera*) en madurez comercial. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 6, 145-150. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume6/6/9/22.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023, 23 de agosto). *Proyecciones de población municipal por área y pertenencia étnico-racial, periodo 2018-2035*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Dominici, S., Marescotti, F., Sanmartin, C., Macaluso, M., Taglieri, I., Venturi, F., Zinnai, A. y Facioni, M. S. (2022). Lactose: Characteristics, food and drug-related applications, and its possible substitutions in meeting the needs of people with lactose intolerance. *Foods*, 11(10), 1486. <https://doi.org/10.3390/foods11101486>

- El personal de Ignite Healthwise, LLC. (2024, 7 de octubre). *Minerales: funciones y fuentes*. Cigna Healthcare. <https://www.cigna.com/es-us/knowledge-center/hw/minerales-ta3912>
- Endress, B. A., Horn, C. M. y Gilmore, M. P. (2013). *Mauritia flexuosa* palm swamps: Composition, structure and implications for conservation and management. *Forest Ecology and Management*, 302, 346-353. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.051>
- Ercan, L. y Dogru, M. (2022). Antioxidant and antimicrobial capacity of quinic acid. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(4), 1018-1025. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.1167047>
- Escobar, C. J., Criollo, D. y Herrera, W. (2009). *Copoazú (Theobroma grandiflorum, Willd. Ex Spreng Schum): variabilidad y manejo del cultivo en el piedemonte amazónico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Fallon, R. y Clayton, R. (2020). Recognition and management of phaeochromocytoma. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 21(11), 572-577. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2020.08.006>
- Freire, J. y Lerner, A. (2023). Malic acid for the treatment of rheumatic diseases. *Mediterranean Journal of Rheumatology*, 34(4), 592-593. <https://doi.org/10.31138/mjr.301223.mar>
- Gagneten, A. M., Imhof, A., Marini, M. D. R., Zabala, J. M., Tomas, P., Amavet, P., Ravera, L. y Ojea, N. (2015). *Biología. Conceptos básicos. Unidad 3. Metabolismo*. http://www.unl.edu.ar/ingreso/cecuperaologia/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/BIO_03.pdf.pdf
- Galactosa rich foods*. (2024). MedIndia. <https://www.medindia.net/nutrition-data/nutrients/galactosa-rich-foods.htm>
- Galacturonic acid, (D)-isomer*. (s. f.). Pharmacompass. <https://www.pharmacompass.com/chemistry-chemical-name/galacturonic-acid-d-isomer>
- Gámez-Villazana, J. (2020). Avances en la determinación de compuestos bioactivos en alimentos. *Revista de Ciencia y Tecnología Agrollanía*, 19(1), 81-94 <http://revistas.unelz.edu.ve/index.php/agrollania/article/view/960>
- Garzón, G. A., Narváez-Cuenca, C. E., Vincken, J. P. y Gruppen, H. (2017). Polyphenolic composition and antioxidant activity of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) from Colombia. *Food Chemistry*, 217, 364-372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.107>
- Gavicho-Uarrota, V., Moresco, R., Coelho, B., da Costa Nunes, E., Martins Peruch, L. A., Oliveira Neubert, E., Rocha, M. y Marschin, M. (2014).

- Metabolomics combined with chemometric (PCA, HCA, PLS-DA and SVM) for screening cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots during postharvest physiological deterioration. *Food Chemistry*, 161, 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.110>
- Giménez, S. (2002). Vitaminas. Componentes esenciales. *Farmacia Profesional*, 16(6), 62-67. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-vitaminas-componentes-esenciales-13033569>
- Gordon, A., Cruz, A. P., Cabral, L. M., de Freitas, S. C., Taxi, C. M., Donangelo, C. M., de Andrade Mattietto, R., Friedrich, M., da Matta, V. M. y Marx, F. (2012). Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of açai fruits (*Euterpe oleraceae* Mart.) during ripening. *Food Chemistry*, 133(2), 256-263. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.150>
- Guerrero, J. (2021, 7 de mayo). Qué es la gluconolactona y por qué es el activo estrella para las pieles sensibles. *Revista GQ*. <https://www.revistagq.com/cuicuperaleria/que-es-gluconolactona-pieles-sensibles>
- Harborne, J. B. y Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), 481-504. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00235-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00235-1)
- Henderson, A., Galeano G. y Bernal, R. (1995). *Field guide to the palms of the Americas*. Princeton University Press.
- Hernández-Gómez, M. S., Castro-Rodríguez, S. Y., Giraldo Benavides, B. y Barrera-García, J. A. (2018). *Seje, moriche, asaí: palmas amazónicas con potencial*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).
- Ho, A., Sinick J., Esko, T., Fischer, K., Menni, C., Zierer, J., Matey-Hernandez, M., Fortney, K. y Morgen, E. K. (2019). Circulating glucuronic acid predicts healthspan and longevity in humans and mice. *Aging*, 11(18), 7694-7706. <https://doi.org/10.18632/aging.102281>
- Hogan, S., Chung, H., Zhang, L., Jianrong, L., Yongwoo, L., Yumin, D. y Kequan, Z. (2010). Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin-rich extract from açai. *Food Chemistry*, 118(2), 208-214. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.099>
- Hunter, J. E., Zhang, J. y Kris-Etherton, P. M. (2010). Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with *trans*, other saturated, and unsaturated fatty acids: A systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(1), 46-63. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27661>
- Hurtado, H. (2022). *Propuesta de modelos estadísticos para la evaluación de condiciones de fermentación de melaza con Rhizopus oryzae* [tesis de pregrado].

- Universidad del Valle de Guatemala. <https://repositorio.uvg.edu.gt/entities/publication/35143488-36bc-4ba2-9556-85174f24178f>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). (2018). *Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (TCAC)*. https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). (2025). *Guía operativa de recuperación nutricional en el hogar (versión 1)*. https://www.icbf.gov.co/system/files/procesos/go1.mt6_.pp_guia_operativa_del_servicio_recuperacion_nutricional_en_el_hogar_v1.pdf
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2016). *NTC 4092:2016. Microbiología de alimentos y productos para alimentación animal. Requisitos generales y directrices para análisis microbiológicos*.
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2011). *Perfil de riesgo Bacillus cereus en alimentos listos para consumo no industrializados*. <https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/Publicaciones%20ERIA%20y%20Plaguicidas/PERFIL%20BACILLUS%20CEREUS.pdf>
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2019). *Evaluación de riesgos de Escherichia coli STEC en carne bovina molida y Trimming (recortes)*. <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/evaluacion-de-riesgos-de-escherichia-coli-stec-en-carne.pdf>
- Instituto Nacional del Cáncer (INC). (s. f). *Inositol*. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/inositol>
- Isaza, C. A., Galeano, G. y Bernal, R. (2014). Manejo actual del asaí (*Euterpe precatoria* Mart.) para la producción de frutos en el sur de la Amazonia colombiana. *Colombia Forestal*, 17(1), 77-99.
- Isaza, C., Galeano, G. y Bernal, R. (2013). Manejo actual de *Mauritia Flexuosa* para la producción de frutos en el sur de la Amazonia colombiana. En C. A. Lasso, A. Rial y V. González-Boscán (Eds.), *VII. Morichales y canan-gunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela* (pp. 243-273). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- ITW Reagents. (s. f.). *D(+)-Galactosa BioChemica (código A1131)*. Consultado el 8 de septiembre del 2025. [https://www.itwreagents.com/iberia/es/product/d\(%20\)-galactosa%20biochemica/A1131](https://www.itwreagents.com/iberia/es/product/d(%20)-galactosa%20biochemica/A1131)
- Jankowska, B. y Zujko, M. E. (2023). The effectiveness of pyruvic acid peeling in improving the quality of life of patients with acne vulgaris. *Journal of Clinical Medicine*, 12(10), 3592. <https://doi.org/10.3390/jcm12103592>

- Juárez, C. (2020, 7 de mayo). Ácidos orgánicos presentes en la vida cotidiana. *FoodTech*. <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/acidos-organicos-presentes-en-la-vida-cotidiana/>
- Kang, J., Xie, C., Li, Z., Nagarajan, S., Schauss, A. G., Wu, T. y Wu, X. (2011). Flavonoids from acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and anti-inflammatory activities. *Food Chemistry*, 128(1), 152-157. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.011>
- Kedare, S. B. y Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidante assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 412-422. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0251-1>
- Kim, D. S. y Lida, F. (2023). Nutritional composition of Cassava (*Manihot esculenta*) and its application to elder-friendly food based on enzyme treatment. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 1311-1323. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2213410>
- Kövilin, A., Kubisch, C., Cai, L. y Ochsenreither, K. (2019). Malic acid production from renewables: A review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95(3), 513-526. <https://doi.org/10.1002/jctb.6269>
- Latinfoods. (2024). *Composición de Alimentos. Red Latinoamericana de Composición de Alimentos (Latinfoods)*. Versión 1.0. <https://www.latinfoodsportal.net/latinfoods.php>
- Lee, J. (2019). Anthocyanins of açai products in the United States. *NFS Journal*, 14-15, 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.05.001>
- Liu, P., Xu, H. y Zhang, X. (2021). Metabolic engineering of microorganisms for L-alanine production. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 49(2), kuab057. <https://doi.org/10.1093/jimb/kuab057>
- Lobit, P., Genard, M., Soing, P. y Habib, R. (2006). Modelling malic acid accumulation in fruits: relationships with organic acids, potassium, and temperature. *Journal of Experimental Botany*, 57(6), 1471-1483. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj128>
- López, M. J. y Mohiuddin, S. S. (2024, 30 de abril). Biochemistry, essential amino acids. *StatPearls*. Consultado el 7 de julio del 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557845/>
- López, R. y Murcia, G. O. (2020). *Productos forestales no maderables (PFNM) en Colombia: consideraciones para su desarrollo*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Lucas, B. F., Zambiazzi, R. C. y Costa, J. A. 2018. Biocompounds and physical properties of açai pulp dried by different methods. *LWT, Food Science and Technology*, 98, 335-340.
- Luna, J. C. (2024). *Formato de inspección sanitaria con enfoque de riesgo a fábricas de alimentos*. Universidad del Quindío.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M. y Stahl, D. A. (2015). *Brock biology of microorganisms* (14.^a ed.). Pearson.
- Maldonado, D. S. (2023, 17 de julio). Conozca los beneficios de la lactasa para la industria de alimentos. *Ialimentos*. <https://www.revistaialimentos.com/es/noticias/conozca-los-beneficios-de-la-lactasa-para-la-industria-de-alimentos>
- Martínez-Navarrete, N., Camacho Vida, M. D. M. y Martínez Lahuerta, J. J. (2008). Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Actividad Dietética*, 12, 64-68. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1138032208756232>
- Mateos, S. L. (2024). *Stearic acid*. <https://mateossl.es/stearic-acid-2/?lang=en>
- Meco López, J. F., Fuster, V. P. y Alberich, R. S. (2016). La utilización de los esteroides vegetales en la práctica clínica: de la química a la clínica. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, 28(6), 283-294. <https://www.elsevier.es/es-revista-clinica-e-investigacion-arteriosclerosis-15-articulo-la-utilizacion-esteroides-vegetales-practica-S0214916816300274>
- Melgarejo, L. M., Hernández, M. S., Barrera, J. A. y Carrillo, M. (Eds.). (2006). *Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género Theobroma en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi) y Universidad Nacional de Colombia (UNAL).
- Ministerio de Salud y Protección Social. (s. f.). *Documento técnico. Azúcares adicionados*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/documento-tecnico-azucare-adicionados.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). *Abecé para la aplicación de la Resolución 2942 de 2022 y 810 de 2021. Requisitos de etiquetado nutricional, frontal y sellos de advertencia en alimentos envasados o empacados para consumo humano*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/abece-aplicacion-resolucion-2492-2022-y-810-2021.pdf>
- Narváz-Ortiz, I., Ortiz-Paz, R.A., Lopez-Patarroyo, E. (2021). Regeneración pasiva de morichales (*Mauritia flexuosa* L. f.) en los llanos orientales de Colombia. *Ecosistemas*, 30(3), 2230. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2230>

- National Center of Biotechnology Information. (2022). *Niacin-Health Professional Fact Sheet*. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/niacin-healthprofessional/>.
- National Center for Biotechnology Information. (2024a). *Glutaconic acid*. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glutaconic-acid>
- National Center for Biotechnology Information. (2024b). *Pyruvic acid*. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pyruvic-Acid>
- National Center for Biotechnology Information. (2024c). *Compound summary. N-propyl arachidonoyl amine*. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5283394>
- National Institutes of Health (NIH). (2022). *Office of dietary supplements. Datos sobre el hierro*. <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Iron-DatosEnEspanol.pdf>
- National Institutes of Health (NIH). (2025, 11 de julio). *Calcium-Health Professional Fact Sheet*. https://ods.od.nih.gov/factsheets/calcium-HealthProfessional/?utm_source=chatgpt.com
- Ohmori, H., Fujii, K., Kadochi, Y., Mori, S., Nishiguchi, Y., Fujiwara, R., Kishi, S., Sasaki, T. y Kuniyasu, H. (2017). Elaidic acid, a trans-fatty acid, enhances the metastasis of colorectal cancer cells. *Pathobiology*, 84(3), 144-151. <https://doi.org/10.1159/000449205>
- Olano, D. A. (2000, 22 de noviembre). *La lactulosa, un carbohidrato singular*. Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. <https://www.racve.es/publicaciones/la-lactulosa-un-carbohidrato-singular/>
- Oleoyl ethyl amide*. (2013). ApexBio. <https://www.apexbt.com/oleoyl-ethylamide.html>
- Oliveira, M. do S. P., Carvalho, J. E. U., do Nascimento, W. M. O. y Müller, C. H. (2002). Cultivo do açaizeiro para produção de frutos. *Circular Técnica*, 26, 1-18. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/405768/1/Circ.tec.26.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2025). *Food composition*. <https://www.fao.org/nutrition/food-composition/en/>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2015). *ISO 9000. Norma internacional. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. 4.ª ed. <http://www.umc.edu.ve/pdf/calidad/normasISO/ISO%209000-2015.pdf>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2018). *ISO 22 000. Norma internacional. Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos*

- para cualquier organización en la cadena alimentaria*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:22000:ed-2:v2:es>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018a, 7 de febrero). *Escherichia coli (E. coli)*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018b, 20 de febrero). *Salmonella (no tifoidea)*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023, 2 de octubre). *Micotoxinas*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
- Ortiz, M. E. (2015). *Producción de manitol por bacterias lácticas* [tesis doctoral]. Universidad Nacional de Tucumán. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/80076#:~:text=El%20manitol%20es%20un%20poliol,diet%C3%A9ticos%20y%20aptos%20para%20diab%C3%A9ticos>
- Panoff, L. (2020, 25 de septiembre). What is sorbitol? Benefits, uses, side effects and more. *Healthline*. <https://www.healthline.com/nutrition/what-is-sorbitol>
- Pedroso, J. A. B., Zampieri, T. T. y Donato, Jr., J. (2015). Reviewing the effects of L-Leucine supplementation in the regulation of food intake, energy balance, and glucose homeostasis. *Nutrients*, 7(5), 3914-3937. <https://doi.org/10.3390/nu7053914>
- Peñarrieta, J. M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., Bravo y J. A. (2014). Phenolic compounds in food. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68-81. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602014000200006#:~:text=Las%20catequinas%20est%C3%A1n%20presentes%20en,en%20parte%20a%20su%20presencia
- Pérez-Mora, W., Jorrián-Novo, J. V. y Melgarejo, L. M. (2018). Substantial equivalence analysis in fruits from three *Theobroma* species through chemical composition and protein profiling. *Food Chemistry*, 240, 496-504. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.128>
- Plunk, E. C., Chambers, W. S. y Richards, S. M. (2022). Chapter 1. System biology. En J. Troisi (Ed.), *Metabolomics perspectives* (pp. 3-25). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85062-9.00001-5>
- Pugliese, A. G., Tomas-Barberan, F. A., Truchado, P. y Genovese, M. I. (2013). Flavonoides, proanthocianidins, vitamin C, and antioxidant activity of *Theobroma grandiflorum* (Cupuassu) pulp and seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11), 2720-2728. <https://doi.org/10.1021/jf304349u>

- Qué es la gluconolactona y para qué sirve. (2023, 15 de noviembre). *Primor Blog*. <https://www.primor.eu/blog/gluconolactona/>
- Queiroz, J. A. L., Mochiutti, S. y Bianchetti, A. (2001). Produção de mudas de açaí. *Comunicado Técnico*, 54, 1-6. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/347321/1/comunicado2001054.PDF>
- Ramachandran, S., Fontanille, P., Pandey, A. y Larroche, C. (2006). Gluconic acid: Properties, applications and microbial production. *Food Technology and Biotechnology*, 44(2), 185-195. <https://hrcak.srce.hr/file/161891>
- Resolución 3803 del 2016 (22 de agosto), por la cual se establecen las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN) para la población colombiana y se dictan otras disposiciones. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%203803%20de%202016.pdf
- Rodríguez, B. (2016, 22 de junio). *Atlas de identificación micológica. Galería virtual de hongos de importancia para el ser humano, con un enfoque morfológico. Aspergillus spp.* <https://atlasdemicologia.wordpress.com/2016/06/22/aspergillus-spp/>
- Ryle, S. (2025, 5 de mayo). ¿Qué son la vitexina y la isovitexina? Guía de los flavonoides. *Leafwell*. <https://leafwell.com/es/blog/que-es-la-vitexina-y-la-isovitexina-guia-de-los-flavonoides>
- Sampaio, M. B. y Carrazza, L. R. (2012). *Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do buriti (Mauritia flexuosa)*. Instituto Sociedade, População e Natureza.
- Sánchez, T. E., Salgado, I. P., Mustafa, M. A., Jamil, N. Y., Alaraj, M., Atiyah, K. K., Qasin, M., Hammody, M. A., Alkhafaji, A. T., Shakir, M. N., Alshahrani, M. Y. y Alawadi, A. (2025). Kaempferol: Unveiling its anti-inflammatory properties for therapeutic innovation. *Cytokine*, 186, 156846. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2024.156846>
- Santos-Buelga, C. y Tomás-Barberán, F. A. (2011). Sustancias fitoquímicas de frutas y hortalizas, su posible papel beneficioso para la salud. *Horticultura*. <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/108217-Sustancias-fitoquimicas-de-frutas-y-hortalizas-su-posible-papel-benficioso-para-la-salud.html>
- Sharifuzzaman, M., Mun, H-S., Ampode, K. M. B., Lagua, E. B., Park, H-R., Kim, Y-H., Hasan, Md. K. y Yang, C-J. (2025). Optimizing broiler growth, health, and meat quality with citric acid-assessing the optimal dose and environmental impact: Citric acid in Broiler Health and Production. *Poultry Science*, 104(2), 104668. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104668>

- Sharma, A., Mahmoud, H., Pendyala, B., Balamurugan, S. y Patras, A. (2023). UV-C inactivation of microorganisms in droplets on food contact surfaces using UV-C light-emitting diode devices. *Frontiers in Food Science and Technology*, 3. <https://doi.org/10.3389/frfst.2023.1182765>
- Showing metabocard for N-Stearoyl Valine.* (2021). HMDB. <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0241952>
- Silva, J. A., Ribeiro, J. F. y Albino, J. C. (1986). *Germinação de sementes de buriti: escarificar pode ser a solução* [folleto]. EMBRAPA-CPAC.
- Silveira, J. T. D., Rosa, A. P. C. D., Morais, M. G., Victoria, F. N. y Costa, J. A. V. (2023). An integrative review of Açai (*Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*): Traditional uses, phytochemical composition, market trends, and emerging applications. *Food Research International*, 173(Pt. 1), 113304. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113304>
- Singh, H., Bhardwaj, S. K., Khatri, M., Kim, K-H. y Bhardwaj, N. (2021). uvc radiation for food safety: An emerging technology for the microbial disinfection of food products. *Chemical Engineering Journal*, 417, 128084. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.128084>
- Singh, S. K., Kaldate, R. y Bisht, A. (2022). Chapter 4.5. Citric acid, antioxidant effects in health. En S. Mohammad Nabavi y A. Sanches Silva (Eds.), *Antioxidants effects in health. The bright and the dark side* (pp. 309-322). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819096-8.00045-8>
- Souza, A. das G. C., Berni, R. F., Souza, M. G., Sousa, N. R., Silva, S. E. L. y Tavares, A. M. (2007). *Boas práticas agrícolas da cultura do cupuaçuzeiro*. Embrapa Amazônia Ocidental.
- Souza, A. y Silva, S. E. L. (1999). *Produção de mudas de cupuaçu (Theobroma grandiflorum [Willd. ex Spreng. Schum.])* [folleto]. Embrapa Amazônia Ocidental.
- Sravan, T. y Spandana, K. (2021). Sorbitol-its applications in different fields. *Agriculture & Food: E-Newsletter*, 3, 197-198.
- Sun, J., Ren, Y., Raza, M., Sun, X. y Yuan Q. (2017). Microbial production of glutaconic acid via extradiol ring cleavage of catechol. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 93(6), 1677-1683. <https://doi.org/10.1002/jctb.5540>
- Sylvester, P. W. y Sumit, S. (2004). Posibles beneficios médicos de los tocotrienoles de la palma en la prevención y tratamiento del cáncer de mama. *Palmas*, 25(especial), 233-244. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1038>

- Technavio-Global Industry Research (2023a). *Global Açai Berry Products Market 2023-2027*. Consultado en la plataforma EMIS (año base 2022).
- Technavio-Global Industry Research (2023b). *Global Organic Essential Oils Market 2023-2027*. Consultado en la plataforma EMIS (año base 2022).
- Terpenoides*. (2024). Química.es. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Terpenoides.html#:~:text=Los%20terpenoides%20tambi%C3%A9n%20cumplen%20una,usados%20por%20sus%20calidades%20arom%C3%A1ticas.%20https://www.medchemexpress.com/spiramine-a.html?locale=es-ES>
- Tonon, R. V., Brabet, C. y Hubinger, M. D. (2010) Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, 43(3), 907-914. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.foodres.2009.12.013>
- Trujillo-González, J. M., Torres Mora, M. A. y Santana-Castañeda, E. (2011). La palma de Moriche (*Mauritia flexuosa* L. f.), un ecosistema estratégico. *Orinoquia*, 15(1), 62-70. <https://doi.org/10.22579/20112629.43>
- Ubuka, T. (2021). Subchapter 132A. Glutamic acid. En H. Ando, K. Ukena y S. Nagata (Eds.), *Handbook of Hormones* (pp. 1063-1065). Academic Press.
- Varón, E. H., Rojas, S., Pereira, A. E. y Zapata, J. (2001). Copoazú, *Theobroma grandiflorum*, (Wilidenow ex Sprengel) Schumann. En S. Rojas (Ed.), *Especies promisorias de la Amazonia: Conservación, manejo y utilización del germoplasma* (pp. 112-119). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Vettore, L., Westbrook, R. L. y Tennant, D. A. (2021). Proline metabolism and redox; maintaining a balance in health and disease. *Amino Acids*, 53(12), 1779-1788. <https://doi.org/10.1007/s00726-021-03051-2>
- Vriesmann, L. C., Oliveira, P. C.L. 2009. Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): Structural characterization of a pectic fraction. *Carbohydrate Polymers*, 77(1), 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.12.007>
- Walaszek, Z., Szemraj, J., Hanausek, M., Adams, A. K. y Sherma, U. (1996). D-glucaric acid content of various fruits and vegetables and cholesterol-lowering effects of dietary D-glucarate in the rat. *Nutrition Research*, 16(4), 673-681. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0271531796000450>
- Wang, X., Wang, T. y Wang, X. (2012). An improved method for synthesis of N-stearoyl and N-palmitoyl ethanolamine. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(7). <https://doi.org/10.1007/s11746-012-2017-y>

- Xiao, L., Cao, S., Shan, X., Xie, X., Zeng, W., Lu, L., Kong, Q. y Yan, H. (2021). Metabolomic and transcriptomic profiling reveals distinct nutritional properties of cassavas with different flesh colors. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 2, 100016. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100016>
- Yanes, O. (2015). Metabolómica: la ciencia ómica más multidisciplinaria. *SEBBM*, 186, 7-10. <https://sebbm.es/wp-content/uploads/186-la-metabolomica-un-dej-vu-por-la-historia-de-la-bioquimica.pdf>
- Yemmireddy, V., Adhikari, A. y Moreira, J. (2022). Effect of ultraviolet light treatment on microbiological safety and quality of fresh produce: An overview. *Frontiers in Nutrition*, 9, 871243. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.871243>
- Yuan, W., Du, Y., Yu, K., Xu, S., Liu, M., Wang, S., Yang, Y., Zhang, Y. y Sun, J. (2022). The production of pyruvate in biological technology: A critical review. *Microorganisms*, 10(12), 2454. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122454>
- Zekarias, T. Z., Basa, B. y Herago, T. (2019). Medicinal, nutritional and anti-nutritional properties of cassava (*Manihot esculenta*): A review. *Academic Journal of Nutrition*, 8(3), 34-46.
- Zhu, Y., Soroka, D. N. y Sang, S. (2012). Synthesis and inhibitory activities against colon cancer cell growth and proteasome of alkylresorcinols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(35), 8624-8631. <https://doi.org/10.1021/jf302872a>

Esta publicación se compuso en la tipografía Adobe Garamond Pro.
Se publicó en Bogotá, en marzo del 2026.



Todos los libros de Ediciones Uniandes
a un clic de distancia

Conoce nuestra página web



Escanea el código o visita
ediciones.uniandes.edu.co



Universidad de
los Andes
Colombia

Ediciones Uniandes
Vicerrectorado de Investigación y Creación

