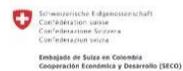




COLOMBIA + NATURAL

INNOVACIÓN AGROFORESTAL EN INGREDIENTES INTERMEDIOS Y SPECIALTIES SOSTENIBLES

@Colombia de Getty Images



Colombia + Competitiva es una iniciativa conjunta de la Embajada de Suiza en Colombia - Cooperación Económica y Desarrollo (SECO) y el Gobierno nacional que orienta sus esfuerzos a mejorar la competitividad del país y a diversificar su economía. El programa articula al sector productivo y al Gobierno nacional, alrededor de los retos y desafíos en materia de competitividad de las cadenas de valor priorizadas construyendo soluciones sistémicas con enfoque de mercado. La Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico Swisscontact es el facilitador nacional del programa y minkadev la empresa consultora que lo apoya.



COMPONENTE 4.

Desarrollar un manual de implementación de habilitadores técnicos para las especies que sean priorizadas en el estudio del componente 1.

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN	5
1 OBJETIVOS.	5
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	5
2 METODOLOGÍA	5
3 MANUAL DE HABILITADORES TÉCNICOS ASAÍ.	6
3.1 DESCRIPCIÓN Y POTENCIAL DE LA ESPECIE.	6
3.2 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y TECNIFICACIÓN.	7
3.2.1 MANEJO AGRONÓMICO SOSTENIBLE.	7
3.2.2 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	10
3.2.3 TECNOLOGÍAS Y HABILITADORES TÉCNICOS.	13
4 MANUAL DE HABILITADORES TÉCNICOS CACAY.	16
4.1 DESCRIPCIÓN Y POTENCIAL DE LA ESPECIE.	16
4.1.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	16
4.1.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	16
4.1.3 USOS TRADICIONALES Y ACTUALES	16
4.1.4 VALOR NUTRICIONAL Y APLICACIONES INDUSTRIALES	17
4.2 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y TECNIFICACIÓN.	18
4.2.1 MANEJO AGRONÓMICO Y SOSTENIBLE	18
4.2.2 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	19
4.2.3 TECNOLOGÍAS DE CULTIVO Y MECANIZACIÓN	19
5 MANUAL DE HABILITADORES TÉCNICOS SACHA INCHI.	20
5.1 DESCRIPCIÓN Y POTENCIAL DE LA ESPECIE	20
5.1.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	20
5.1.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	21
5.1.3 USOS TRADICIONALES Y ACTUALES	21
5.1.4 VALOR NUTRICIONAL Y APLICACIONES INDUSTRIALES	21
5.2 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y TECNIFICACIÓN	21
5.2.1 MANEJO AGRONÓMICO SOSTENIBLE.	21
5.2.2 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.	23
5.2.3 TECNOLOGÍAS DE CULTIVO Y MECANIZACIÓN.	23
6 MANUAL DE HABILITADORES TÉCNICOS UCHUVA.	24

6.1	DESCRIPCIÓN Y POTENCIAL DE LA ESPECIE.	24
6.1.1	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	25
6.1.2	ATRIBUTOS, CUALIDADES Y USOS PRINCIPALES	25
6.2	PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y TECNIFICACIÓN.	26
6.2.1	CLIMA Y SUELO	26
6.2.2	SEMILLERO	27
6.2.3	PRODUCCIÓN Y COSECHA	27
6.2.4	RIEGO	28
6.2.5	PODA	28
6.2.6	PLAGAS Y ENFERMEDADES	29
6.2.7	BIOTECNOLOGÍA	29
6.2.8	CONSERVACIÓN Y EMPAQUE	29
7	<u>MANUAL DE HABILITADORES TÉCNICOS MARACUYÁ.</u>	30
7.1	DESCRIPCIÓN Y POTENCIAL DE LA ESPECIE.	30
7.1.1	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	30
7.1.2	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	30
7.1.3	USOS TRADICIONALES Y ACTUALES	30
7.1.4	VALOR NUTRICIONAL Y APLICACIONES INDUSTRIALES	31
7.2	PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y TECNIFICACIÓN.	31
7.2.1	MANEJO AGRONÓMICO SOSTENIBLE	31
7.2.2	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	31
7.2.3	TECNOLOGÍAS DE CULTIVO Y MECANIZACIÓN	32
8	<u>TRANSFORMACIÓN Y OBTENCIÓN DE INGREDIENTES NATURALES.</u>	32
8.1	PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES, EXTRACTOS Y MANTECAS.	33
8.1.1	EXTRACCIÓN ACEITES ESENCIALES.	33
8.1.2	PROCESAMIENTO EXTRACTOS.	35
8.1.3	EXTRACCIÓN DE MANTECAS.	37
8.2	INNOVACIONES TECNOLÓGICAS:	39
8.2.1	CONTROL DE CALIDAD.	41
9	<u>COMERCIALIZACIÓN Y ACCESO A MERCADOS.</u>	42
9.1	ANÁLISIS DE MERCADO.	42
9.1.1	RESUMEN SUGERENCIAS DE ACCESO A MERCADOS.	42
9.1.2	RESUMEN DE CAPACIDAD PAÍS INGREDIENTES.	43
9.1.3	RESUMEN ESTRATEGIAS.	44
9.2	ESTUDIO DE TENDENCIAS INGREDIENTES PRIORIZADOS.	44
9.2.1	ANÁLISIS DE TENDENCIAS UCHUVA.	44
9.2.2	ANÁLISIS DE TENDENCIAS ASAÍ.	50
9.2.3	ANÁLISIS DE TENDENCIAS MARACUYÁ.	57
9.2.4	ANÁLISIS DE TENDENCIAS CACAY.	59
9.2.5	ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE SACHA INCHI, <i>PLUKENETIA VOLUBILIS</i>	66

9.3 REQUISITOS Y REGULACIONES.	69
---------------------------------------	-----------

10 MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN CON FICHAS TÉCNICAS Y GUÍAS DETALLADAS.	69
--	-----------

10.1 ACEITE DE SACHA INCHI LIOFILIZADO.	70
10.1.1 OBJETIVO	70
10.1.2 ALCANCE	70
10.1.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PROYECTADA.	70
10.1.4 RESPONSABILIDADES	70
10.1.5 AGENTES ENCAPSULANTES NATURALES.	71
10.1.6 FORMULACIÓN PROPUESTA PARA ACEITE DE SACHA INCHI MICROENCAPSULADO Y LIOFILIZADO.	71
10.1.7 MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN.	72
10.1.8 PLAN DETALLADO PARA EVALUAR LA COMPATIBILIDAD Y FORMULACIÓN COSMÉTICA DEL ACEITE DE SACHA INCHI LIOFILIZADO CON ALMIDÓN DE YUCA Y PROTEÍNA DE SOYA COMO ENCAPSULANTES.	82
10.1.9 FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO.	85
10.1.10 SUGERENCIAS CIRCULARIDAD.	86
10.2 OLEORRESINA DE ASAÍ PARA INDUSTRIA COSMÉTICA.	87
10.2.1 SOPORTE.	87
10.2.2 OBJETIVO.	88
10.2.3 ALCANCE.	89
10.2.4 FORMULACIÓN DEL PRODUCTO	89
10.2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.	89
10.2.6 GUÍAS TÉCNICAS.	90
10.2.7 FICHA TÉCNICA.	97

11 BIBLIOGRAFÍA.	99
-------------------------	-----------

TABLA DE GRÁFICOS, MAPAS Y TABLAS.

Tabla 1. Composición nutricional del Cacay	17
Tabla 2. Composición nutricional de la Maracuyá.....	31
Tabla 3. Métodos de extracción de aceites esenciales.....	33
Tabla 4. Mejoras extracciones para aceites esenciales.....	34
Tabla 5. Métodos de obtención extractos en polvo.....	35
Tabla 6. Sugerencias de mejora tecnológica para extractos de polvo por tipo de tecnología.....	36
Tabla 7. Tecnologías de extracción mantecas.....	38
Tabla 8. Recomendaciones de mejora por tecnología de extracción de mantecas.....	38
Tabla 9. Tecnologías innovadores extractos en polvo.....	39
Tabla 10. Extracción de aceites esenciales.....	40
Tabla 11. Extracción de mantecas.....	41
Tabla 12. Tecnologías para control de calidad.....	42
Tabla 13. Ingredientes de la uchuva propiedades, aplicaciones y sector.....	47
Tabla 14. Precios ingredientes con base en la uchuva.....	50
Tabla 15. Ingredientes, propiedades y aplicaciones del Asaí.....	52
Tabla 16. Precios del asaí en diferentes presentaciones.....	56
Tabla 17. Ingredientes del maracuyá, propiedades, aplicaciones y sectores.....	57
Tabla 18. Precios de ingredientes maracuyá.....	59

Tabla 19. Precios y mercado cacay	65
Tabla 20. Usos e ingredientes del Sacha Inchi	66
Tabla 21. Segmentos del mercado	68
Tabla 22. Importaciones y exportaciones de Sacha Inchi.....	68
Tabla 23. Crecimiento y producción de sachá inchi para los principales productores (2015-2017)	69
Tabla 24. Descripción General del Proceso de aceite de sachá inchi liofilizado.	72
Tabla 25. Fichas técnicas de equipos sugeridos.	76
Tabla 26. Fases metodológicas para pruebas como ingrediente para cosmética.	83
Tabla 27. Ficha técnica Aceite de Sacha Inchi Microencapsulado y Liofilizado	85
Tabla 28. Etapas del proceso.....	90
Tabla 29. Materias primas y requisitos.....	91
Tabla 30. Opciones de maquinaria y capacidades estimadas para procesamiento.	92
Tabla 31. Necesidades de infraestructura.....	93
Tabla 32. POE 1: Recepción y Almacenamiento de Pulpa	94
Tabla 33. POE 2: Pretratamiento de la Pulpa	95
Tabla 34. POE 3: Extracción de Aceite y Oleoresina.....	95
Tabla 35. POE 4: Filtrado y Recuperación del Solvente	95
Tabla 36. POE 5: Refinamiento y Clarificación	95
Tabla 37. POE 6: Control de Calidad	96
Tabla 38. POE 7: Envasado y Almacenamiento	96
Tabla 39. POE 8: Gestión de Residuos	96
Tabla 40. POE 9: Mantenimiento de Equipos	96
Tabla 41, Ficha técnica teórica.	97

Introducción

El sector de ingredientes naturales en Colombia presenta un gran potencial para impulsar el desarrollo económico sostenible, especialmente a través de especies como asaí, cacay, uchuva, sachá inchi, aguacate y maracuyá. Estas especies no solo destacan por sus cualidades nutricionales y beneficios para la salud, sino también por los diversos ingredientes naturales que se pueden obtener de ellas, como extractos, aceites y mantecas.

Este manual, desarrollado en colaboración con centros de investigación como AGROSAVIA y CENISACHA, tiene como objetivo fortalecer la cadena de valor de estos ingredientes naturales mediante la identificación y desarrollo de su potencial en el mercado. A través de la tecnificación, sostenibilidad e innovación en las etapas de abastecimiento, transformación y comercialización, se busca capacitar a productores, transformadores y otros actores clave para mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector.

1 Objetivos.

Desarrollar un manual de implementación de habilitadores técnicos para las especies asaí, cacay, uchuva, sachá inchi y maracuyá, orientado a fortalecer la cadena de valor de ingredientes naturales en Colombia mediante la tecnificación, sostenibilidad e innovación en las etapas de abastecimiento, transformación y comercialización de sus derivados (extractos, aceites, mantecas, etc.).

1.1 Objetivos específicos.

- Identificar prácticas agrícolas y técnicas de manejo sostenibles para cada especie, promoviendo la tecnificación y mejorando la eficiencia en la producción de ingredientes naturales.
- Describir procesos innovadores y maduros de transformación y extracción de extractos, aceites y mantecas, incorporando tecnologías que aumenten la calidad y el valor de los productos.
- Establecer lineamientos para la sostenibilidad ambiental y social, fomentando prácticas responsables en todas las etapas de la cadena de valor.
- Proporcionar estrategias de comercialización y acceso a mercados nacionales e internacionales, identificando oportunidades para ingredientes intermedios y productos especializados.
- Crear una guía práctica y resumida que facilite la adopción de habilitadores técnicos por parte de los actores involucrados, fortaleciendo la competitividad del sector.

2 Metodología

Recopilación de Información y Análisis de Contexto: En esta fase se identifica la información relevante sobre las especies priorizadas, tales como Asaí, Cacay, Uchuva, Sachá Inchi y Maracuyá. Se recopilan datos sobre las prácticas agrícolas sostenibles, tecnologías disponibles, y se realiza un análisis de tendencias del mercado. El objetivo es obtener una base sólida de conocimiento que sustente el desarrollo de los habilitadores técnicos para fortalecer la cadena de valor de estos ingredientes naturales.

a. Se realiza un análisis de las prácticas agrícolas y su tecnificación, integrando el conocimiento científico disponible. El manual no pretende crear conocimiento adicional en este sentido, ya que existe una amplia

información al respecto, por lo que cumple una función más de articulación de información. Se espera que este documento continúe enriqueciéndose con conocimientos avanzados. Para construir cada sección, se realizó una revisión online y una revisión exhaustiva de bases de datos con estudios científicos.

Desarrollo de Habilitadores Técnicos: A partir de la información recopilada, se desarrollan los habilitadores técnicos, los cuales se enfocan en mejorar la tecnificación, la sostenibilidad y la innovación en la producción y transformación de estas especies.

b. Los habilitadores técnicos se basan en la revisión de tecnologías en estado TRL mayor a 8 y 9, para brindar a los actores de interés posibilidades de tecnologías implementables inmediatamente, pero también se incluyen tecnologías más innovadoras que pueden llegar a ser el futuro del sector. Para estas tecnologías, se dan sugerencias, ventajas y desventajas de aplicación.

c. Propuestas de Productos Diferenciados: Adicionalmente, se relacionan las guías de procesamiento de dos productos diferenciados en el mercado. Para esto, se identificaron potenciales diferenciadores y se propone la producción de Aceite de Sacha Inchi Liofilizado y Oleorresinas de Asaí. En estos, se da un diseño general del proceso de procesamiento y se indican guías para su implementación. El diseño se basó en la información recopilada con las empresas locales en términos de acceso al recurso base.

3 Manual de habilitadores técnicos Asaí.

3.1 Descripción y Potencial de la Especie.

El asaí, conocido científicamente como *Euterpe oleracea* y *Euterpe precatoria*, es una palmera perteneciente a la familia *Arecaceae* que crece en las regiones tropicales de América del Sur. En Colombia, ambas especies se encuentran en diferentes zonas geográficas y presentan características botánicas y usos particulares.

Euterpe oleracea es una palmera multicaule que puede alcanzar hasta 25 metros de altura. Se caracteriza por tener múltiples tallos que emergen de una misma raíz, creciendo en áreas inundables y pantanosas, especialmente en regiones costeras y ribereñas. En Colombia, esta especie se distribuye principalmente en el Pacífico, en departamentos como Chocó y Nariño (Bernal, et al., 2015)

Por otro lado, *Euterpe precatoria*, conocida también como asaí de monte o asaí de tierra firme, es una palmera de tronco único que puede llegar a medir hasta 20 metros de altura. Crece en suelos de tierra firme no inundables, adaptándose a colinas y bosques tropicales. Esta especie predomina en la Amazonía colombiana, en departamentos como Amazonas, Vaupés y Guainía (Galeano & Bernal, 2010).

Ambas especies producen frutos en forma de bayas esféricas de color morado oscuro, de aproximadamente 1 a 2 centímetros de diámetro. Estos frutos son altamente valorados por su contenido nutricional y beneficios para la salud, ya que son ricos en antioxidantes, principalmente antocianinas, fibra dietética, ácidos grasos esenciales y vitaminas (Del Pozo-Insfran, et al., 2006).

El potencial de mercado del asaí es significativo debido a sus diversas aplicaciones en diferentes industrias. En la industria alimentaria, la pulpa de asaí se utiliza en la elaboración de jugos, batidos, helados y otros productos saludables, posicionándose como un superalimento en mercados nacionales e internacionales (Pacheco-Palencia, et al., 2009). En la industria cosmética, el aceite de asaí es apreciado por sus

propiedades antioxidantes y emolientes, siendo incorporado en productos para el cuidado de la piel y el cabello (Schauss, et al., 2006).

Además, el asaí tiene un potencial considerable en la industria nutracéutica, donde los extractos de sus frutos se emplean en suplementos dietéticos debido a sus posibles efectos antiinflamatorios y cardioprotectores (Heinrich, et al., 2011). Estudios comparativos sugieren que Euterpe precatoria puede tener niveles más altos de antioxidantes en comparación con Euterpe oleracea, lo que representa una oportunidad para diferenciar productos en el mercado (Bichara & Rogez, 2011).

El desarrollo sostenible de la cadena de valor del asaí en Colombia ofrece beneficios económicos y sociales para las comunidades locales. La implementación de prácticas de cultivo y recolección sostenibles es esencial para preservar los bosques tropicales y la biodiversidad, garantizando la conservación de los ecosistemas donde estas palmeras crecen (Instituto SINCHI, 2018). Asimismo, la obtención de certificaciones orgánicas y de comercio justo puede mejorar el acceso a mercados exigentes y asegurar prácticas éticas en la producción y comercialización del asaí (Fairtrade, 2024).

El incremento en la demanda global de productos naturales y saludables posiciona al asaí colombiano como un ingrediente de alto potencial en mercados como Estados Unidos, Europa y Asia (ProColombia, 2021). La diferenciación entre las dos especies permite ofrecer productos con perfiles nutricionales específicos, atendiendo a nichos de mercado y aumentando la competitividad de los productos colombianos.

3.2 Prácticas Agrícolas y Tecnificación.

Esta sección busca integrar información ya existente con respecto a buenas prácticas agrícolas y presentar las diferentes opciones de tecnificación que se encuentran disponibles como tecnologías en fases avanzadas de desarrollo. Para lo anterior, se utilizará información ya disponible y se articularán otros desarrollos para el desarrollo de este manual.

3.2.1 Manejo agronómico sostenible.

3.2.1.1 Cultivo

Preparación del Terreno

- Selección del sitio: El asaí se desarrolla bien en suelos húmedos y ácidos, típicos de la selva amazónica, con un pH entre 4,5 y 6,5. Es ideal elegir sitios con buen drenaje natural, ricos en materia orgánica, y una altitud entre 0-200 metros sobre el nivel del mar (Botanical-online, 2024).
- Limpieza y desmonte: Limpiar el terreno de malezas de manera manual para evitar el uso excesivo de herbicidas. Se recomienda mantener la cobertura vegetal baja y proteger árboles nativos (FCDS, 2023)
- Manejo de residuos: Los residuos vegetales deben aprovecharse para hacer compost o como cobertura muerta, reduciendo la pérdida de humedad y evitando la erosión (PICFA, 2021).
- Soluciones basadas en la naturaleza: Implementar barreras vivas, como setos de especies nativas, para prevenir la erosión y mejorar la estructura del suelo (FCDS, 2023). Utilizar cultivos de

cobertura (como leguminosas) entre los surcos del cultivo de asaí para aumentar la fertilidad del suelo y reducir la competencia de malezas (FAN, 2015).

- Rotación de cultivos: Implementar rotación de cultivos con especies que aporten nutrientes al suelo, como leguminosas, para mejorar la calidad del suelo y aumentar la biodiversidad (FAN, 2015).
- Labranza mínima: Reducir las labores de labranza para conservar la estructura del suelo y mantener la biodiversidad subterránea, lo cual es clave para la fertilidad a largo plazo (FCDS, 2023).
- Pastoreo sostenible: Integrar sistemas de pastoreo controlado en áreas aledañas puede mejorar la estructura del suelo y promover la regeneración de nutrientes, siempre que se realice de manera controlada para evitar la compactación (FCDS, 2023).

Siembra

- Elección de plántulas: Utilizar plántulas de calidad, preferiblemente seleccionadas de viveros certificados. La propagación puede realizarse por semilla o mediante hijuelos. Asegúrense de que las plántulas tengan entre 6-8 meses de edad y una altura mínima de 30 cm (Botanical-online, 2024).
- Densidad de siembra: La densidad recomendada es de 4 metros entre plantas para facilitar el crecimiento adecuado y el acceso a luz solar. Se puede optar por sistemas agroforestales que incluyan especies complementarias, promoviendo la biodiversidad y reduciendo la competencia (Botanical-online, 2024).
- Preparación del hoyo: Realizar hoyos de 40 cm de ancho y profundidad. Incorporar compost o materia orgánica en la base para asegurar un buen establecimiento de las plántulas (PICFA, 2021).
- Sistemas agroforestales: Implementar sistemas agroforestales combinando el asaí con otras especies nativas para mejorar la fertilidad del suelo y garantizar alimentos y sustento para las comunidades locales (PICFA, 2021).

Riego

- Riego inicial: Durante los primeros seis meses, el riego debe ser regular para mantener la humedad del suelo, especialmente en periodos secos (FAN, 2015).
- Frecuencia de riego: El riego puede ser semanal, asegurándose de evitar el encharcamiento. Se sugiere el uso de sistemas de riego por goteo para minimizar el desperdicio de agua y mejorar la eficiencia (FCDS, 2023).

Fertilización

Fertilizantes orgánicos: Aplicar compost o estiércol bien descompuesto cada tres meses durante los primeros dos años. Esto ayudará a mantener la fertilidad del suelo y mejorar la estructura del mismo (PICFA, 2021).

Microelementos: Realizar un análisis de suelo antes de aplicar fertilizantes. Si se encuentran deficiencias, agregar microelementos como boro y magnesio en dosis recomendadas para evitar el impacto negativo sobre la biodiversidad del suelo (FAN, 2015).

Soluciones basadas en la naturaleza: Incorporar lombrices para mejorar la aireación y estructura del suelo, lo cual facilita la absorción de nutrientes. La implementación de biofertilizantes a partir de microorganismos nativos también puede contribuir a la salud del suelo y favorecer el crecimiento del asaí.

3.2.1.2 Aprovechamiento

Cosecha.

- Época de cosecha: La cosecha del asaí generalmente ocurre entre el segundo y tercer año después de la siembra, dependiendo de las condiciones climáticas y el manejo del cultivo. Los frutos deben recolectarse cuando alcanzan un color oscuro y uniforme.
- Método de cosecha: Se recomienda una cosecha manual con técnicas que minimicen daños al árbol y a otros frutos. Utilizar arneses y escaleras para facilitar la recolección segura y reducir el impacto en la planta. De acuerdo con el "Manual de buenas prácticas de cosecha de frutos de asaí" elaborado por la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN, 2015), se debe evitar dañar las palmeras reproductivas y contribuir a la regeneración natural dejando algunos racimos sin cosechar (FAN, 2015). Además, según la "Guía de buenas prácticas para la cosecha de frutos de asaí" de la Plataforma Inter-Institucional de Articulación de Complejos Productivos de Frutos Amazónicos de Pando (PICFA, 2021), es fundamental conformar brigadas de trabajo y realizar la cosecha en horarios específicos, como después de las 8 de la mañana, para evitar riesgos debido a la humedad del tallo (PICFA, 2021).
- Limpieza de sendas y seguridad: La limpieza de sendas y caminos debe realizarse días antes de la cosecha para facilitar el transporte y la identificación de palmeras con frutos maduros. Es importante también contar con equipos de protección como arneses y cinturones de seguridad para prevenir accidentes durante la cosecha (PICFA, 2021).

Manejo Postcosecha.

- Clasificación de frutos: La calidad de los frutos de açaí puede clasificarse utilizando espectroscopía de infrarrojo cercano para evaluar el contenido de materia seca, lo que permite segregar lotes en categorías de alta y baja calidad de humedad sin daño al fruto (Júnior, et al., 2015).
- Lavado y desinfección: El lavado con soluciones de hipoclorito de sodio (15 ppm) y el uso de ozono (4 mg/L) han demostrado ser efectivos en la reducción de microorganismos en frutas sin afectar significativamente las propiedades sensoriales del producto final (Bezerra, et al., 2017). El hipoclorito es particularmente útil para inactivar virus en la superficie de productos frescos (Fraise, et al., 2011).
- Procesamiento primario (Despulpado y congelación): Temperatura y tiempo de congelación: Se recomienda el despulpado inmediato y la congelación rápida para conservar el contenido de antioxidantes y fenoles del açaí. Procesos como el uso de alta presión isostática (600 MPa a 65°C por 5 minutos) ayudan a reducir la actividad enzimática y a mantener el color sin degradar los antioxidantes (Jesus, et al., 2018).
- Almacenamiento: La refrigeración a temperaturas entre 5°C y 15°C reduce la pérdida de peso y la oxidación de antocianinas en el açaí, preservando así la calidad nutricional durante el almacenamiento corto (Pompeu, et al., 2009).

Sostenibilidad y Buenas Prácticas.

- Recolección sostenible: Evitar la recolección excesiva para asegurar la regeneración natural del árbol y permitir la dispersión de semillas por fauna local. Se recomienda mantener registros de datos de cosecha para monitorear la cantidad y calidad de frutos recolectados, lo cual facilita la

toma de decisiones informadas sobre las zonas adecuadas para la cosecha y la cantidad disponible (FAN, 2015).

- Rotación de áreas: Realizar la recolección rotativa entre árboles para evitar el agotamiento de los recursos y permitir la recuperación de la vegetación del entorno.
- Humedales artificiales: Implementar humedales artificiales en áreas cercanas al cultivo para mejorar la calidad del agua, reducir el riesgo de inundaciones y proteger los ecosistemas de agua dulce (FCDS, 2023).
- Jardines de lluvia: Crear jardines de lluvia en los alrededores del cultivo de asaí para manejar las aguas pluviales, reducir la erosión y proteger las fuentes de agua cercanas (PICFA, 2021).

Aprovechamiento Forestal

- Plan de Manejo Forestal: De acuerdo con la cartilla "Plan de manejo y aprovechamiento forestal de asaí y seje en el corregimiento El Capricho" (FCDS, 2023), el aprovechamiento del asaí debe basarse en un plan de manejo forestal que incluya una descripción de la oferta natural del bosque y las estrategias de uso sostenible, asegurando la provisión de la cosecha y la conservación de los servicios ecosistémicos (FCDS, 2023).
- Metodología de Cosecha: La cartilla describe metodologías para minimizar los impactos ambientales y garantizar la seguridad de los cosechadores. Se recomienda el uso de técnicas como el desjarretado y el empleo de herramientas adecuadas para la recolección (FCDS, 2023).
- Prácticas de Bajo Impacto: Las prácticas de bajo impacto incluyen el uso de lonas para recoger los frutos que caen durante la cosecha, el uso de caminos de desemboque para evitar la dispersión por el bosque y la minimización del ruido durante la cosecha para no perturbar la fauna local (FCDS, 2023).
- Soluciones basadas en la naturaleza: Implementar técnicas de restauración forestal con especies nativas para enriquecer la biodiversidad del área y mejorar la calidad del suelo. Fomentar la presencia de plantas fijadoras de nitrógeno, que ayudan a enriquecer el suelo y proporcionan nutrientes esenciales para el crecimiento de las palmeras de asaí.
- Techos verdes: Implementar techos verdes en instalaciones cercanas a las áreas de aprovechamiento forestal para reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la retención de agua, contribuyendo a la protección de los ecosistemas de agua dulce (FCDS, 2023).
- Monitoreo y Evaluación: Se recomienda implementar un sistema de monitoreo comunitario para evaluar el estado de las palmas y ajustar las prácticas de manejo conforme a las necesidades del ecosistema. Este monitoreo incluye la categorización de las palmas por etapas de crecimiento y la evaluación de su productividad para asegurar un aprovechamiento sostenible (FCDS, 2023).
- Silvicultura y Enriquecimiento: El plan de manejo también contempla actividades silviculturales como el deshierbe selectivo, raleos del dosel y la siembra de plántulas en áreas donde la regeneración natural es insuficiente. Estas prácticas ayudan a mantener un equilibrio en el ecosistema y aseguran la sostenibilidad a largo plazo (FCDS, 2023).

3.2.2 Control de plagas y enfermedades

3.2.2.1 Principios del Manejo Integrado de Plagas (MIP) en Cultivos de Asaí

Monitoreo y Vigilancia Regular: Realizar inspecciones semanales para identificar plagas y enfermedades desde sus primeras etapas es crucial, prestando especial atención a hojas, tallos y

frutos. La vigilancia regular permite una intervención temprana y reduce la dependencia de pesticidas, lo cual es fundamental en sistemas de manejo integrado de plagas para cultivos protegidos (Fraser, 1992).

Identificación Precisa de Plagas y Enfermedades: Reconocer las especies específicas de plagas y patógenos es esencial para tomar decisiones adecuadas en el manejo del cultivo. En el MIP, la precisión en la identificación ayuda a seleccionar métodos específicos y eficaces de control, lo que reduce la necesidad de pesticidas y minimiza el impacto ambiental (Khan, et al., 2019).

Control Cultural, Biológico y Químico: Se debe combinar la rotación de cultivos, la eliminación de plantas infectadas y el uso de enemigos naturales para reducir el impacto de plagas y enfermedades. El MIP fomenta el uso de medidas culturales como la rotación de cultivos y la eliminación de plantas infectadas, además de estrategias biológicas como el uso de enemigos naturales, para mantener el equilibrio ecológico y minimizar la dependencia de pesticidas (Chander, 2023).

Sostenibilidad y Protección del Medio Ambiente: El enfoque MIP busca soluciones sostenibles, como el uso de variedades resistentes y prácticas de cultivo ecológicas, para mantener la salud del suelo y reducir el impacto ambiental. La combinación de biocontrol y prácticas culturales en el MIP contribuye a la sostenibilidad y protege el entorno natural de las plantaciones (Xu & Fountain, 2019).

Prácticas de Monitoreo en Cultivos

El uso de trampas es fundamental en los cultivos de asaí para prevenir y controlar la presencia de plagas. En entornos controlados de cultivo, se recomienda el uso de trampas de feromonas, trampas adhesivas y trampas de luz para capturar insectos en áreas específicas. La red de trampeo es una herramienta eficiente para monitorear y reducir la incidencia de plagas comunes en los cultivos de asaí, minimizando así el uso de productos químicos y promoviendo la sostenibilidad del cultivo. Este método permite identificar y controlar oportunamente las especies presentes, contribuyendo a una gestión sostenible (AGROSAVIA, 2024).

Prácticas Culturales para Cultivos de Asaí

Rotación de Cultivos y Manejo de Densidad de Siembra: Alternar el asaí con otros cultivos y mantener una densidad de siembra adecuada ayuda a mejorar la circulación del aire, lo que dificulta la proliferación de patógenos. Estas prácticas son eficaces para gestionar patógenos del suelo y mejorar la salud general del suelo, contribuyendo así a la reducción de enfermedades en los cultivos (Abawi & Widmer, 2000).

Eliminación de Material Vegetal Infectado: La eliminación de plantas o partes infectadas es crucial para evitar que las enfermedades se propaguen a otras plantas. Esta práctica, también conocida como saneamiento, permite reducir las fuentes de infección en el cultivo, lo cual es fundamental para controlar la incidencia de enfermedades en los sistemas de cultivo (Sosnowski, et al., 2009).

Manejo Biológico y Cultural: La implementación de prácticas como el control de residuos y la rotación de cultivos ayuda a limitar la propagación de plagas, como el Bemisia tabaci, y enfermedades asociadas. Estas prácticas han demostrado ser efectivas en el contexto del manejo integrado de plagas en climas tropicales (Hilje, et al., 2001).

Prácticas Preventivas de Manejo Cultural: Las prácticas culturales preventivas, como la rotación de cultivos y el ajuste de densidad de siembra, favorecen un entorno desfavorable para patógenos, minimizando así el uso de pesticidas. Estas estrategias no solo ayudan a mantener la productividad, sino que también contribuyen a una agricultura más sostenible (Gabryś & Kordan, 2013)

Control Biológico y Químico en Cultivos de Açaí

En los cultivos de açaí, el control biológico puede implementarse de manera más estructurada que en entornos silvestres, aprovechando el uso de depredadores naturales y agentes biológicos. Algunas estrategias específicas incluyen:

Liberación de Depredadores Naturales: La introducción de insectos depredadores, como las mariquitas (Coccinellidae), es una práctica efectiva para reducir poblaciones de plagas en cultivos de açaí. Estudios han demostrado que estas mariquitas pueden combinarse de manera segura con hongos entomopatógenos como Beauveria bassiana sin efectos adversos para su supervivencia o reproducción, lo cual optimiza el control de plagas sin dañar a estos depredadores beneficiosos (Sayed, et al., 2021).

Uso de Beauveria bassiana: Este hongo entomopatógeno es especialmente útil en climas tropicales para el control de plagas agrícolas. Aplicaciones repetidas de Beauveria bassiana durante la temporada han demostrado ser eficaces para mantener bajo control poblaciones de insectos plaga, respetando a los enemigos naturales en el cultivo, como Coccinella spp. y Oxyopes javanus (Bayu & Prayogo, 2018).

Incentivar la Presencia de Aves y Murciélagos: Estos animales también actúan como depredadores de insectos en los cultivos, proporcionando un control biológico adicional que no afecta negativamente el ecosistema. En particular, los murciélagos son efectivos en la supresión de insectos plaga en diferentes tipos de agroecosistemas, y su presencia puede mejorarse proporcionando refugios y aumentando la heterogeneidad del hábitat para optimizar su eficiencia como controladores biológicos (Tuneu-Corral, et al., 2023).

Control Químico: Esta opción debe reservarse para situaciones en las que los métodos biológicos no sean suficientes. Se recomienda utilizar productos certificados y seguir las prácticas de manejo seguro, incluyendo el uso de equipo de protección personal y la comprensión adecuada de las etiquetas de los productos, que indican dosis y tiempos de carencia. Estos tiempos son críticos para evitar la presencia de residuos en el producto final y garantizar tanto la seguridad alimentaria como el respeto por el medio ambiente (Pasiani, et al., 2012). La falta de comprensión de las etiquetas y de prácticas seguras puede aumentar los riesgos de exposición a pesticidas, lo cual subraya la importancia de programas de capacitación en el manejo seguro para proteger tanto a los trabajadores como al ecosistema agrícola (Waichman, et al., 2007). Además, el manejo integrado de plagas sugiere que el control químico se use solo cuando sea absolutamente necesario, ya que un uso excesivo no solo incrementa los riesgos de contaminación, sino que también afecta la biodiversidad del entorno (Pedlowski, et al., 2012).

3.2.2.2 Control de Plagas del Asaí en Entornos Silvestres

Enfoque de Monitoreo y Manejo en el Asaí Silvestre.

El manejo de plagas y enfermedades en el asaí silvestre difiere considerablemente del entorno controlado de los cultivos. En sistemas naturales, el monitoreo es menos intensivo, pero sigue siendo esencial para evaluar la incidencia de plagas y enfermedades.

Monitoreo Ocasional: Se recomienda inspeccionar los árboles de asaí de manera periódica para detectar signos visibles de infestación, especialmente durante las épocas de mayor actividad de plagas. Un monitoreo menos intensivo pero regular es eficaz en sistemas naturales, donde se pueden observar cambios estacionales en las poblaciones de plagas y sus depredadores (Belem, et al., 2020).

Red de Trampeo Silvestre: En áreas silvestres, el uso de trampas de feromonas y trampas de luz es altamente recomendable para monitorear la actividad de insectos plaga. Estas trampas ayudan a detectar la presencia de plagas de forma oportuna, permitiendo una intervención antes de que los daños se tornen significativos, lo cual es clave para un manejo sostenible en entornos naturales (AGROSAVIA, 2022)

Control Natural y Promoción de la Biodiversidad.

En el asaí silvestre, el control de plagas depende principalmente de mecanismos naturales y de la promoción de la biodiversidad.

Depredadores Naturales: Incentivar la presencia de depredadores naturales como aves, murciélagos e insectos benéficos ayuda a controlar las poblaciones de plagas, ya que forman parte del equilibrio natural del ecosistema. Las aves y murciélagos en particular son aliados efectivos en el control de insectos plaga en estos sistemas (Tuneu-Corral, et al., 2023).

Compatibilidad con la Fauna Silvestre: En entornos naturales, se deben evitar medidas que puedan alterar la fauna local. Esto significa priorizar el manejo biológico y evitar la intervención con productos que puedan afectar la dinámica natural del bosque, protegiendo así la biodiversidad y la estructura del ecosistema (Sánchez-Bayo & Hyne, 2011).

Limitaciones del Control Químico en Entornos Silvestres.

El uso de productos químicos en el manejo de plagas en el asaí silvestre debe ser extremadamente limitado, ya que puede afectar a otras especies del ecosistema y desbalancear el equilibrio natural. En cambio, se recomienda el uso de métodos de control biológico y cultural para que los procesos naturales mantengan las plagas bajo control sin recurrir a intervenciones artificiales (Roubos, et al., 2014).

Conservación y Sostenibilidad.

El manejo de asaí silvestre debe enfocarse en la sostenibilidad y en la conservación del ecosistema. Los árboles de asaí en su entorno natural contribuyen a la estabilidad del bosque y ofrecen múltiples beneficios. Por ello, el manejo de plagas debe ser lo menos invasivo posible, promoviendo el uso racional del recurso y evitando cualquier acción que comprometa la biodiversidad local (Barbosa, et al., 2022).

3.2.3 Tecnologías y habilitadores técnicos.

3.2.3.1 Cultivo

Mecanización

Labranza y Preparación del Suelo: La utilización de maquinaria ligera para la preparación del suelo minimiza el impacto en la estructura y biodiversidad del mismo, promoviendo la conservación del ecosistema. Tecnologías como los motocultores permiten mantener una labranza mínima y proteger la vida del suelo, un principio fundamental en la agricultura de conservación (Reddy, 2016). En cultivos de olivo, el uso de plataformas elevadoras y sierras neumáticas ha demostrado mejorar la seguridad del operador y optimizar la eficacia de la poda, reduciendo el esfuerzo físico requerido (Leone, et al., 2012).

Sistemas de Riego Eficientes

Riego por Goteo: La implementación de sistemas de riego por goteo en las áreas de cultivo de açaí en Colombia es fundamental para reducir el desperdicio de agua y evitar el encharcamiento, lo que permite un suministro más preciso de agua a la zona radicular y mejora la salud de las plantas

Sensores de Humedad del Suelo: Los sensores de humedad del suelo permiten monitorear el contenido de agua en tiempo real, posibilitando un riego ajustado a las necesidades del cultivo y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema productivo. Estos sensores han demostrado ser altamente eficaces en cultivos que requieren un manejo preciso del agua (Fanigliulo, et al., 2020).

Tecnologías de Fertilización

Inyección de Fertilizantes (Fertirrigación): Los sistemas de fertirrigación automatizados permiten una mezcla precisa de nutrientes en el agua de riego, asegurando una distribución uniforme y mejorando la absorción de nutrientes en los cultivos (Ramli, et al., 2022).

Biofertilizantes y Compostaje Automatizado: El uso de biofertilizantes y compostajes producidos a partir de microorganismos nativos incrementa los microorganismos beneficiosos en el suelo, mejorando su calidad y reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos (Gao, et al., 2020).

Tecnologías para el Control de Plagas

Trampas Electrónicas y Monitoreo Digital: Implementar trampas electrónicas con sensores conectados a una aplicación móvil permite monitorear la presencia de plagas en tiempo real, mejorando la respuesta y reduciendo la dependencia de plaguicidas. La aplicación móvil PesTrapp ha demostrado efectividad en el monitoreo en campo y laboratorio, optimizando el control de plagas con datos en tiempo real (Cheong, et al., 2021).

Drones para Aplicación Dirigida: El uso de drones para la aplicación de bioplaguicidas permite una cobertura precisa y reduce el impacto en especies no objetivo. Esta tecnología ha transformado el manejo de plagas mediante la aplicación precisa y localizada, minimizando el uso indiscriminado de químicos (Iost Filho, et al., 2022).

Tecnologías para la Sostenibilidad Hídrica

Captación de Agua de Lluvia: Revisar la captación de agua de lluvia como una opción para las áreas de cultivo de açaí puede reducir la dependencia de fuentes externas. Los sistemas de almacenamiento de agua de lluvia, con tanques y filtros, permiten aprovechar este recurso de manera eficiente, promoviendo una agricultura más sostenible (Potamitis, et al., 2015).

3.2.3.2 Manejo Silvestre

Mecanización Suave

Herramientas Manuales Mejoradas: Para el manejo en entornos silvestres, se recomienda el uso de herramientas manuales mejoradas, como machetes ergonómicos y sierras portátiles de bajo impacto, que faciliten la recolección sin dañar las palmas ni el ecosistema circundante (FAN, 2015).

Arneses y Equipos de Escalada Seguros: La tecnología aplicada a los arneses y equipos de escalada permite una recolección más segura y eficiente, minimizando el riesgo para los cosechadores y el impacto en los árboles (FCDS, 2023; FAN, 2015).

Sistemas de Riego en Zonas Silvestres

Humedales Artificiales: Revisar la viabilidad de implementar humedales artificiales en las zonas donde se encuentra el asaí en Colombia, considerando las características hídricas y ecológicas específicas de estas áreas. Estos sistemas podrían ayudar a gestionar el exceso de agua y mejorar la calidad del agua disponible, manteniendo el equilibrio hídrico sin intervenir directamente en el ecosistema natural (Muñiz-Miret, et al., 1996).

Monitoreo y Tecnologías de Conservación

Cámaras de Monitoreo de Fauna: Evaluar la viabilidad del uso de cámaras trampa para el monitoreo de fauna en las zonas silvestres de asaí, considerando el acceso a tecnología y el costo de implementación. Utilizar cámaras trampa para monitorear la fauna asociada al asaí y evaluar el impacto de las actividades de recolección en la biodiversidad local. Esto permite ajustar las prácticas de manejo para minimizar perturbaciones (Potamitis, et al., 2015).

Drones para Evaluación del Estado del Bosque: Verificar la factibilidad del uso de drones en zonas silvestres de asaí para la evaluación del estado del bosque, considerando las restricciones logísticas y la normativa ambiental local. Los drones también pueden ser utilizados para evaluar el estado de las áreas de recolección, identificando zonas de alta densidad de palmas y posibles amenazas, como la deforestación o el crecimiento de especies invasoras. Estudios demuestran que los drones, equipados con sensores avanzados y técnicas de aprendizaje profundo, son eficaces para monitorear la salud del bosque y detectar especies invasoras, proporcionando datos de alta precisión y resolución, especialmente útiles en áreas de difícil acceso (Ecke, et al., 2022).

Control de Plagas y Enfermedades

Promoción de Biodiversidad Funcional: Fomentar la presencia de especies que actúen como depredadores naturales de plagas, mediante la instalación de refugios o la preservación de árboles que

ofrezcan hábitats adecuados. Este enfoque se basa en soluciones naturales para el control biológico, evitando el uso de productos químicos. La implementación de refugios en bosques silvestres contribuye a mantener la biodiversidad y protege los cultivos de plagas de forma natural (Martínez-Ballesté, et al., 2008)

Conservación de Recursos Hídricos

Jardines de Lluvia y Barreras Naturales: Revisar la viabilidad de implementar jardines de lluvia y barreras naturales en las áreas de aprovechamiento silvestre de asaí, considerando las condiciones climáticas y edáficas locales. Estas prácticas podrían ayudar a manejar el agua de lluvia, protegiendo los suelos y evitando la erosión, contribuyendo a la conservación del entorno y garantizando un suministro de agua adecuado para las palmas en su estado natural (UTP, 2023; Sharma & Malaviya, 2021).

4 Manual de habilitadores técnicos Cacay.

El Cacay (*Caryodendron orinocense*) es un árbol originario de la región amazónica, reconocido por sus múltiples beneficios, especialmente debido a sus semillas, que poseen alto valor nutricional y un amplio potencial industrial. Este manual está diseñado para proporcionar una guía técnica sobre el manejo agronómico, el control de plagas y enfermedades, y las tecnologías de cultivo aplicables para maximizar su producción sostenible. La importancia de esta especie se ha incrementado con el tiempo gracias a su rol en prácticas sostenibles y su potencial en diversas industrias, que va desde la alimentación hasta la cosmética y la farmacéutica (Pulido, 2022).

4.1 Descripción y Potencial de la Especie.

4.1.1 Descripción Botánica

Caryodendron orinocense es un árbol perenne que puede alcanzar alturas de hasta 20 metros y se caracteriza por su follaje denso y tronco recto. Su sistema radicular profundo le permite adaptarse a suelos ácidos y pobres en nutrientes, una característica que le otorga resiliencia en diversos ecosistemas amazónicos y andinos. Las flores de este árbol son pequeñas y agrupadas, mientras que sus frutos presentan una forma de cápsula que contiene las semillas conocidas como nueces de cacay. Estas semillas son especialmente valiosas por su alto contenido de aceites esenciales y proteínas, lo que ha despertado un creciente interés en su cultivo comercial (González, 2021).

4.1.2 Distribución Geográfica

El cacay se encuentra principalmente en regiones de la cuenca amazónica, incluyendo países como Colombia, Venezuela, Ecuador y Brasil. En Colombia, su presencia es notable en zonas como los departamentos de Vaupés, Guaviare y Meta, donde las condiciones climáticas y de suelo favorecen su crecimiento. La expansión de su cultivo en otras regiones ha sido limitada debido a factores como la falta de conocimiento sobre su manejo agronómico, lo cual destaca la importancia de desarrollar prácticas técnicas específicas para maximizar su productividad (Rodríguez & Martínez, 2023).

4.1.3 Usos Tradicionales y Actuales

Históricamente, las comunidades indígenas amazónicas han utilizado el cacay tanto en su dieta como en prácticas medicinales. Las semillas se consumen como fuente de energía, y su aceite es aplicado en la piel para tratar quemaduras y lesiones. En la actualidad, el cacay ha ganado popularidad en la industria cosmética debido a las propiedades antioxidantes de su aceite, utilizado en productos para el cuidado de la piel. También se emplea en la industria alimentaria y en suplementos nutricionales, gracias a su contenido de ácidos grasos esenciales, como el ácido linoleico y el ácido oleico (Pérez, 2020).

4.1.4 Valor Nutricional y Aplicaciones Industriales

Las semillas de cacay son ricas en proteínas, grasas saludables y micronutrientes como el calcio y el magnesio, lo que las convierte en un alimento con alto valor nutricional. Su aceite es especialmente apreciado en la industria cosmética por sus propiedades hidratantes y rejuvenecedoras. Además, existe un interés creciente en su aplicación en productos alimenticios saludables y en la industria farmacéutica, debido a su perfil lipídico equilibrado y sus beneficios antioxidantes (López, 2021). El valor industrial del cacay sigue en expansión a medida que se investiga más sobre sus aplicaciones y beneficios para la salud.

A continuación, se presenta una tabla nutricional promedio de las semillas de cacay por cada 100 gramos, destacando su contenido de macronutrientes, vitaminas y minerales:

Tabla 1. Composición nutricional del Cacay

NUTRIENTE	CANTIDAD POR 100 G
Energía	700 kcal
Proteínas	25 g
Grasas totales	50 g
- Grasas saturadas	10 g
- Grasas monoinsaturadas (ácido oleico)	20 g
- Grasas poliinsaturadas (ácido linoleico)	18 g
Carbohidratos	15 g
Fibra dietética	7 g
Calcio	260 mg
Magnesio	90 mg
Fósforo	400 mg
Potasio	650 mg
Hierro	4 mg
Zinc	3 mg
Vitamina E	7 mg
Vitamina B1 (Tiamina)	0.5 mg
Vitamina B3 (Niacina)	3 mg
Nutriente	Cantidad por 100 g
Energía	700 kcal
Proteínas	25 g

Adaptado de <https://mundobiotec.com/project/aceite-de-cacay/> y https://tacay.co/tienda/aceite-de-cacay/?srsId=AfmBOopr_bC7ch4EDnd63jYfuP7LnlmIH51dlgoX36vOTduCk9QbP5I5

El perfil nutricional del cacay lo convierte en un excelente complemento dietético, ya que aporta una buena cantidad de proteínas, ideales para dietas vegetarianas y veganas. Su alto contenido de grasas saludables, en especial los ácidos grasos insaturados, favorece la reducción del colesterol LDL y el

mantenimiento de niveles saludables de colesterol HDL. Además, la presencia de minerales como el calcio y el magnesio contribuye a la salud ósea, mientras que el hierro es esencial para prevenir la anemia (González, 2021). Estos beneficios, junto con sus aplicaciones en la industria cosmética y farmacéutica, refuerzan el interés en el cacay como una materia prima versátil y de alto valor en mercados globales.

4.2 Prácticas Agrícolas y Tecnificación.

El cultivo de cacay requiere prácticas agronómicas sostenibles para mantener la salud del suelo y optimizar el rendimiento. Se recomienda realizar rotación de cultivos y evitar el uso excesivo de pesticidas químicos para proteger la biodiversidad del suelo. También es esencial implementar técnicas de fertilización orgánica para promover el crecimiento de las plantas sin dañar el ecosistema circundante. Las prácticas sostenibles contribuyen no solo a la productividad del cacay, sino también a la conservación de los recursos naturales en la región amazónica (Fernández & Castro, 2022).

4.2.1 Manejo Agronómico y Sostenible

El manejo agronómico sostenible del cacay (*Caryodendron orinocense*) busca equilibrar la producción eficiente y rentable de esta especie con la conservación de los recursos naturales y la preservación de los ecosistemas amazónicos donde se cultiva. Dado que el cacay es una especie nativa de la región amazónica, su cultivo puede favorecer prácticas sostenibles que promuevan la biodiversidad y la resiliencia de los sistemas agrícolas en los que se introduce. El enfoque agronómico sostenible incluye la implementación de técnicas como la rotación de cultivos, el uso de fertilizantes orgánicos, y la promoción de la biodiversidad, que permiten mantener la fertilidad del suelo y evitar problemas como la erosión y la desertificación (Fernández & Castro, 2022).

La rotación de cultivos es una práctica esencial en el manejo del cacay. Alternar su cultivo con otras especies locales ayuda a mejorar la estructura y la composición del suelo, así como a reducir el riesgo de acumulación de plagas y enfermedades específicas de la planta. Además, la rotación contribuye a la sostenibilidad económica, ya que permite diversificar los productos de la finca y mejorar la estabilidad de los ingresos para los agricultores. El uso de cobertura vegetal, mediante la siembra de leguminosas y otras plantas fijadoras de nitrógeno, ayuda a nutrir el suelo de manera natural, al tiempo que reduce la necesidad de fertilizantes químicos que pueden afectar la salud de los suelos a largo plazo (Gómez & Ramírez, 2022).

El uso de fertilizantes orgánicos, como el compost y los abonos verdes, es otra práctica recomendada para el cultivo de cacay en sistemas sostenibles. Los fertilizantes orgánicos no solo aportan nutrientes esenciales a la planta, sino que también mejoran la capacidad de retención de agua y la estructura del suelo, lo que resulta especialmente beneficioso en áreas donde la calidad del suelo es baja. Asimismo, la incorporación de residuos vegetales y estiércol como fertilizantes ayuda a reducir la dependencia de insumos externos y a cerrar los ciclos de nutrientes dentro de la finca, haciendo el sistema de producción más autosuficiente (García, 2023).

La promoción de la biodiversidad es un aspecto clave en el manejo agronómico sostenible del cacay. La presencia de flora y fauna diversa alrededor de las plantaciones contribuye al equilibrio ecológico y reduce la dependencia de pesticidas químicos al favorecer el control natural de plagas. Por ejemplo, la integración de setos o áreas de vegetación natural alrededor de los cultivos de cacay permite la proliferación de especies beneficiosas, como polinizadores y depredadores naturales de plagas. Este enfoque no solo

apoya la salud de las plantas de cacay, sino que también contribuye a la preservación de especies nativas y a la resiliencia general del ecosistema (Ortiz et al., 2021).

4.2.2 Control de Plagas Y Enfermedades

El cacay es susceptible a diversas plagas y enfermedades, como el ataque de insectos defoliadores y hongos patógenos que afectan sus hojas y frutos. Para un control efectivo, se recomienda monitorear regularmente las plantas e implementar prácticas de manejo integrado de plagas (MIP). Esta estrategia incluye el uso de control biológico, la aplicación de bioinsecticidas y la rotación de cultivos para reducir la incidencia de plagas. Estas prácticas no solo son eficaces para proteger el cultivo, sino que también minimizan el impacto ambiental (Martínez et al., 2023).

Entre las principales plagas que atacan el cacay, se destacan los insectos defoliadores, como orugas y escarabajos, que se alimentan de las hojas, disminuyendo la capacidad fotosintética del árbol y debilitando su crecimiento. Otra plaga común es el barrenador del tallo, un insecto que perfora la corteza del árbol y se alimenta de la madera, lo que puede causar una pérdida significativa en la producción de semillas y en casos graves, incluso la muerte del árbol. Estas plagas suelen proliferar en condiciones de alta humedad, lo cual es frecuente en las regiones amazónicas (Martínez et al., 2023).

Además, el cacay es vulnerable a enfermedades fúngicas como la antracnosis y el mildiu. La antracnosis, causada por hongos del género *Colletotrichum*, se manifiesta con manchas oscuras en las hojas, tallos y frutos, lo que reduce su calidad comercial y afecta la producción. Por su parte, el mildiu es una enfermedad que provoca el amarillamiento y la caída prematura de las hojas, debilitando al árbol y reduciendo su capacidad de producir frutos. Para el control de estas enfermedades y plagas, se recomienda implementar un enfoque de Manejo Integrado de Plagas (MIP), que incluye prácticas como el monitoreo constante de las plantas, la eliminación de restos vegetales que puedan servir de reservorio para patógenos, y la aplicación de bioinsecticidas y fungicidas biológicos, los cuales son menos dañinos para el medio ambiente (Gómez & Ramírez, 2022).

El control biológico es otra técnica prometedora para el cultivo de cacay. Por ejemplo, se pueden introducir depredadores naturales de insectos plaga, como ciertas especies de avispas y mariquitas, para mantener las poblaciones de plagas bajo control sin recurrir a químicos. En casos más avanzados, se pueden utilizar trampas de feromonas para atraer y controlar a los insectos adultos antes de que pongan huevos en las plantas. Este enfoque reduce la necesidad de pesticidas químicos y contribuye a mantener la salud del ecosistema circundante (Ortiz et al., 2021).

4.2.3 Tecnologías de Cultivo y Mecanización

El avance en tecnologías de cultivo para el cacay ha facilitado la introducción de técnicas de mecanización que optimizan el proceso de plantación, cuidado y cosecha. La mecanización permite reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia del cultivo, haciendo que el cacay sea una opción económica y competitiva en el mercado. El uso de maquinaria específica para la siembra y el riego controlado contribuye a un desarrollo más uniforme de las plantas y a un mayor rendimiento en las cosechas. La adopción de tecnologías apropiadas es fundamental para escalar el cultivo del cacay y responder a la demanda creciente en el mercado internacional (García, 2023).

La implementación de tecnologías en el cultivo de cacay ha permitido aumentar la eficiencia y reducir los costos de producción, lo cual es esencial para su desarrollo comercial a gran escala. Una de las tecnologías más efectivas en este cultivo es el riego por goteo, que proporciona a cada planta la cantidad exacta de agua que necesita, minimizando el desperdicio y favoreciendo el crecimiento uniforme. Este sistema es especialmente útil en regiones con periodos secos prolongados o donde la disponibilidad de agua es limitada, ya que optimiza el recurso hídrico (García, 2023).

Además del riego, la mecanización del proceso de siembra y cosecha ha facilitado el manejo de grandes extensiones de cultivo. Actualmente, se utilizan sembradoras de precisión que permiten colocar las semillas de cacay en el suelo a una profundidad y espacio óptimos para maximizar el crecimiento de las plantas. En el proceso de cosecha, las máquinas vibradoras son una opción efectiva para la recolección de frutos sin dañar los árboles, lo cual reduce el tiempo y la mano de obra requerida. La implementación de maquinaria también permite una cosecha más rápida y uniforme, lo que es clave para garantizar que los frutos se procesen en su momento óptimo de maduración y así asegurar la calidad de las semillas (Fernández & Castro, 2022).

Por otro lado, el uso de drones y sensores ha comenzado a introducirse en el monitoreo del cultivo de cacay. Los drones equipados con cámaras de alta resolución y sensores de infrarrojo cercano permiten evaluar la salud de las plantas y detectar tempranamente signos de estrés hídrico, deficiencias nutricionales o la aparición de plagas y enfermedades. Esta tecnología proporciona datos precisos y en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informada y permitiendo intervenciones oportunas que mejoran el rendimiento del cultivo. Además, el uso de imágenes satelitales en combinación con software de análisis permite realizar mapas de rendimiento y zonificación de las áreas de cultivo, optimizando el uso de insumos y mejorando la eficiencia en la gestión de grandes extensiones (Rodríguez & Martínez, 2023).

En conjunto, estas tecnologías de cultivo y mecanización representan avances significativos para el cultivo de cacay, especialmente en términos de sostenibilidad y escalabilidad. La incorporación de sistemas de riego, maquinaria de precisión y tecnologías de monitoreo contribuyen a la eficiencia del proceso de producción y aseguran que el cacay cumpla con los estándares de calidad exigidos en los mercados nacionales e internacionales.

5 Manual de habilitadores técnicos Sacha Inchi.

5.1 Descripción y Potencial de la Especie

5.1.1 Descripción Botánica

El Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), también conocido como "maní del Inca" o "maní amazónico", es una planta trepadora perenne perteneciente a la familia Euphorbiaceae. Sus hojas son grandes, acorazonadas y alternas, con bordes dentados, lo que le proporciona una apariencia distintiva (Hamaker et al., 2015). Las flores de esta planta son pequeñas, unisexuales y de color blanco crema, y sus frutos se presentan en cápsulas estrelladas que poseen entre 4 y 7 puntas. Estas cápsulas, al madurar, cambian de color de verde a marrón oscuro, y contienen en su interior semillas oleaginosas ricas en ácidos grasos y proteínas (Guillén, et al., 2003; Fanali, et al., 2011).

5.1.2 Distribución Geográfica

Originario de la Amazonía peruana, el Sacha Inchi se ha expandido y adaptado a otras regiones tropicales de América del Sur, como Colombia, Ecuador y Brasil. En Colombia, el cultivo se ha desarrollado en departamentos como Putumayo, Caquetá, Amazonas y Meta, donde las condiciones climáticas son óptimas para su crecimiento (Follegatti-Romero, et al., 2009). La planta prospera en áreas con temperaturas cálidas y suelos bien drenados, factores comunes en estas zonas tropicales (Wang, et al., 2018).

5.1.3 Usos Tradicionales y Actuales

Las comunidades indígenas han utilizado el Sacha Inchi durante siglos por sus propiedades nutritivas y medicinales. Tradicionalmente, las semillas eran consumidas para fortalecer la dieta y mejorar la salud general debido a su alto valor nutritivo (Wang, et al., 2018). Actualmente, el aceite de Sacha Inchi es ampliamente apreciado en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica, ya que contiene una alta concentración de ácidos grasos esenciales, antioxidantes y proteínas (Fanali, et al., 2011). Su perfil de ácidos grasos, en especial el omega-3 y omega-6, lo convierte en un recurso ideal para la producción de productos saludables y naturales (Follegatti-Romero, et al., 2009).

5.1.4 Valor Nutricional y Aplicaciones Industriales

Las semillas de Sacha Inchi contienen entre un 35 y 60% de aceite y un 27% de proteínas de alta calidad, convirtiéndolas en una fuente de nutrientes muy valorada (Guillén, et al., 2003). El aceite extraído es rico en ácidos grasos omega-3 (ácido alfa-linolénico), omega-6 y omega-9, componentes que benefician la salud cardiovascular y cerebral (Fanali, et al., 2011). En la industria cosmética, el aceite se utiliza por sus propiedades hidratantes y regeneradoras, lo que contribuye a mejorar la salud de la piel (Wang, et al., 2018). Además, los subproductos del proceso de extracción, como la torta de prensado, son utilizados como fuente de proteína tanto en la alimentación animal como humana, aprovechando al máximo el valor de esta planta en diferentes sectores (Follegatti-Romero, et al., 2009).

5.2 Prácticas Agrícolas y Tecnificación

5.2.1 Manejo agronómico sostenible.

5.2.1.1 Selección del Sitio y Preparación del Terreno

Para el cultivo exitoso de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*), es fundamental elegir áreas de altitud entre 200 y 1,000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedio de 25 a 30°C y precipitaciones anuales superiores a los 1,500 mm, ya que estos factores optimizan el rendimiento y la calidad del cultivo. Los suelos recomendados son franco-arenosos, bien drenados, ricos en materia orgánica y con un pH entre 5.5 y 7.0. Estas características favorecen el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes, asegurando plantas vigorosas y productivas (Kodahl & Sørensen, 2021).

Sugerencias de mejora:

- Mejora de suelo: Realizar enmiendas periódicas con compost o estiércol, así como revisar el pH del suelo anualmente para asegurar condiciones óptimas de acidez y nutrientes para el cultivo (Kodahl & Sørensen, 2021)..
- Sistema de terrazas: En terrenos con pendiente, se recomienda construir terrazas para prevenir la erosión y conservar la humedad del suelo, optimizando también el drenaje (Bohórquez-Rivera et al., 2022).

5.2.1.2 Propagación y Establecimiento del Cultivo

El Sacha Inchi se propaga principalmente por semillas (PBD, 2009). Pasos recomendados:

- Selección de Semillas: Elegir semillas sanas y de alto vigor germinativo.
- Germinación: Remojar las semillas en agua por 24 horas para acelerar la germinación.
- Siembra: Realizar en almácigos o directamente en campo, a una profundidad de 2-3 cm.
- Espaciamento: Implementar un marco de plantación de 3x3 metros para facilitar el crecimiento y manejo.
- Tutorado: A) Tutores vivos. Los tutores vivos, como árboles o arbustos resistentes, proporcionan soporte natural para las plantas trepadoras y contribuyen a la biodiversidad del cultivo. B) Tutores muertos. Los tutores muertos son estructuras de madera o bambú instaladas para guiar el crecimiento de las plantas. Estos deben ser reemplazados periódicamente. C) Guiamiento del Sacha Inchi. El guiado de la planta a lo largo de los tutores es una práctica esencial para evitar que las ramas se enreden y para facilitar el acceso a la luz y el aire (PBD, 2009).

Sugerencias de mejora:

- Tratamiento de semillas: Aplicar bioestimulantes o fungicidas naturales en las semillas antes de la siembra para reducir el riesgo de enfermedades en la etapa inicial (Cárdenas et al., 2021).
- Mejoras en tutorado: Usar sistemas de soporte ajustables que se adapten al crecimiento de la planta para maximizar el acceso a la luz y facilitar la cosecha.

5.2.1.3 Manejo Nutricional y Fertilización

Se recomienda la lectura de “Manual de Producción de Sacha Inchi para el Biocomercio y la Agroforestería Sostenible” (PBD, 2009), donde se brinda un detalle mayor del manejo y fertilización del cultivo, se resaltan los siguientes puntos:

- Análisis de Suelo: Realizar antes de la siembra para determinar las necesidades nutricionales.
- Fertilización Orgánica: Aplicar compost o estiércol bien descompuesto para mejorar la fertilidad del suelo.
- Fertilización Química: Utilizar fertilizantes balanceados en nitrógeno, fósforo y potasio según recomendaciones técnicas.
- Podas: A) Poda de formación. Se realiza en las primeras etapas de desarrollo para dar estructura a la planta y favorecer el crecimiento lateral. B) Poda de producción. Esta poda se enfoca en eliminar ramas envejecidas o improductivas, permitiendo que la planta concentre su energía en la producción de frutos. C) Poda de brotes de los tutores vivos. Es necesario eliminar los brotes que puedan competir con la planta principal por luz y nutrientes.

Sugerencias de mejora:

- Uso de biofertilizantes: Incluir biofertilizantes con microorganismos benéficos, como micorrizas, para mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la resistencia de las plantas al estrés (Cárdenas et al., 2021).
- Rotación de cultivos: Alternar el cultivo de Sacha Inchi con otros cultivos para mantener la fertilidad del suelo y reducir la incidencia de plagas y enfermedades.

5.2.2 Control de plagas y enfermedades.

- Monitoreo: Inspección regular de plantas para detección temprana de plagas como barrenadores, áfidos y enfermedades fúngicas.
- Control Biológico: Uso de enemigos naturales como insectos benéficos y microorganismos antagonistas.
- Prácticas Culturales: Rotación de cultivos, manejo de la densidad de siembra y eliminación de plantas infectadas.
- Uso Responsable de Pesticidas: Aplicación de productos biológicos o químicos de baja toxicidad y compatibles con certificaciones orgánicas.

Sugerencias de mejora:

- Técnicas de monitoreo digital: Incorporar sensores o trampas inteligentes que envíen alertas automáticas sobre la presencia de plagas, facilitando la detección temprana (Supriyanto et al., 2022).
- Insecticidas naturales: Fomentar el uso de preparados naturales como extractos de neem, efectivos y amigables con el medio ambiente.

5.2.2.1 Cosecha y Postcosecha.

- Cosecha: Se realiza entre 8 y 9 meses después de la siembra, cuando las cápsulas adquieren un color marrón oscuro y se abren fácilmente. La recolección debe ser manual para evitar daños en las semillas.
- Secado: Las semillas deben secarse al sol o en secadores a temperaturas controladas hasta alcanzar una humedad del 8-10%.
- Almacenamiento: Guardar en recipientes herméticos y en lugares frescos y secos para mantener la calidad y prevenir la infestación de insectos.

Sugerencias de mejora:

- Secado asistido: Utilizar secadores solares de bajo costo para asegurar un secado uniforme, reduciendo el riesgo de contaminación (Wang et al., 2018).
- Control de calidad en almacenamiento: Instalar sistemas de monitoreo de temperatura y humedad en almacenes para prevenir el deterioro y mantener la calidad del producto durante el almacenamiento.

5.2.3 Tecnologías de Cultivo y Mecanización.

5.2.3.1 Tecnologías.

- Sistemas de Riego Eficientes: Implementación de riego por goteo para optimizar el uso del agua y mejorar la eficiencia hídrica.
- Sensores y Monitoreo: Utilización de tecnologías como sensores de humedad y drones para seguimiento del estado del cultivo.
- Mecanización: Empleo de maquinaria adecuada para labores de preparación del suelo, control de malezas y aplicación de insumos, reduciendo la dependencia de la mano de obra y aumentando la productividad.

Sugerencias de mejora:

- Automatización del riego: Usar sistemas de riego inteligentes que ajusten el suministro de agua según la humedad del suelo, optimizando su uso (Kodahl & Sørensen, 2021).
- Monitoreo en tiempo real: Implementar herramientas de monitoreo en tiempo real para ajustar prácticas agronómicas y mejorar el rendimiento de manera eficiente.

5.2.3.2 Sostenibilidad y Buenas Prácticas Agrícolas.

- Conservación del Suelo y Agua: Implementar técnicas como terrazas, barreras vivas y cobertura vegetal para prevenir la erosión.
- Diversificación: Asociar el Sacha Inchi con otros cultivos compatibles para mejorar la biodiversidad y optimizar el uso del terreno.
- Formación y Capacitación: Promover el entrenamiento continuo de los agricultores en técnicas sostenibles y manejo responsable de recursos.
- Certificaciones: Buscar certificaciones orgánicas y de comercio justo que agreguen valor al producto y abran nuevos mercados.

Sugerencias de mejora:

- Sistemas agroforestales: Integrar el cultivo de Sacha Inchi en sistemas agroforestales para aumentar la biodiversidad y crear beneficios ecosistémicos adicionales (Núñez-Rodríguez et al., 2021).
- Capacitaciones en sostenibilidad: Crear alianzas con organizaciones para ofrecer capacitaciones continuas en prácticas sostenibles y tecnología a los agricultores.

6 Manual de habilitadores técnicos Uchuva.

6.1 Descripción y Potencial de la Especie.

La uchuva, conocida científicamente como *Physalis peruviana L.*, es una fruta exótica perteneciente a la familia de las solanáceas, al igual que el tomate, y al género *Physalis* que se caracterizan por tener sus frutos encerrados dentro de un cáliz o capacho. Las especies de *Physalis* producen una baya y el cáliz, inflado y vesiculoso, cubre completamente el fruto durante la fructificación (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2011). Es originaria de la región de los

Andes en América del Sur, en particular Perú, Bolivia y Colombia. Crece de forma silvestre y semisilvestre en zonas entre los 1,500 y 3,000 metros sobre el nivel del mar y aunque se distribuye a lo largo de toda la cordillera andina desde Venezuela hasta Chile, su cultivo comercial se ha desarrollado únicamente en Colombia, convirtiendo al país en el principal productor a nivel mundial, seguido de Sudáfrica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2011).

Las principales regiones productoras en Colombia incluyen Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Nariño, Valle y Tolima. La uchuva colombiana es especialmente valorada en los mercados internacionales por su coloración intensa y alto contenido de azúcares, atributos que la hacen más atractiva para los consumidores, siendo exportada actualmente a países como Francia, Dinamarca, Finlandia, Alemania, Holanda, Inglaterra y Japón. Actualmente, la uchuva se cultiva en la mayoría de los altiplanos tropicales y en diversas regiones subtropicales, incluyendo Malasia, China, Australia y Nueva Zelanda, entre otros (Centro de investigación La Selva, 2008).

6.1.1 Descripción Botánica

La planta de uchuva se desarrolla como un semi-arbusto semiperenne llegando a alturas entre 1 y 1,5 m. Tiene raíces fibrosas que se extienden a más de 50 cm de profundidad en el suelo. El sistema de raíces es ramificado lo que proporciona un buen anclaje a la planta. Tiene un tallo quebradizo de color verde, cubierto de vellos finos. Las flores son hermafroditas, cuentan con cinco sépalos y una corola amarilla en forma tubular. La uchuva se reproduce de manera sexual y mediante autogamia, es decir que sus flores pueden ser polinizadas por el viento y por insectos, especialmente abejas, y también se reproduce por autopolinización (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2011; Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009; Álvarez-Herrera J, 2021).

El fruto es una baya carnosa, con forma de globo, que mide entre 1,25 y 2,5 cm de diámetro y pesa entre 4 y 10 g. La baya varía de color amarillo al ocre o amarillo naranja cuando madura, su piel es delgada y brillante. Está protegida por un cáliz formado por cinco sépalos, que la resguarda de insectos, aves, patógenos, rayos UV y condiciones climáticas extremas. A medida que el fruto alcanza su madurez, el cáliz transfiere sus carbohidratos al fruto y se transforma en una cáscara translúcida. Su pulpa tiene un sabor semiácido y puede contener hasta 300 semillas de forma lenticular. (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2011; Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009; Álvarez-Herrera J, 2021).

6.1.2 Atributos, cualidades y usos principales

La demanda de frutas exóticas como la uchuva, ha incrementado debido a su sabor agridulce, aroma, y alto contenido en nutrientes incluidos las vitaminas A, y C, vitaminas del complejo B, D y E y minerales como el calcio, el hierro, fósforo potasio y zinc, ideales para fortalecer el sistema inmunitario, además de fibra y proteínas. Además, se le atribuyen propiedades medicinales que incluyen efectos antiasmáticos y antisépticos, sedantes y analgésicos. Es considerado útil para el fortalecimiento del nervio óptico, alivio de problemas de garganta y la eliminación de parásitos intestinales y amebas (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2011; Álvarez-Herrera J, 2021)

Algunas de las propiedades medicinales de la uchuva. están asociadas con la capacidad antioxidante de los polifenoles presentes en la fruta como la quercetina, la miricetina y el kaempferol. Otros compuestos benéficos de la uchuva son las peruviosas y tienen un efecto importante en la reducción de los niveles de glucosa en la sangre. Esta fruta también cuenta con una buena cantidad de ácidos grasos, la mayoría de ellos presentes en las semillas (1,8%), y el resto (0,2%) presentes en la pulpa y la cáscara y son considerados como ácidos grasos esenciales (AGE),. Los lípidos en la dieta ricos en ácido previenen trastornos cardiovasculares como la enfermedad coronaria, la aterosclerosis y la hipertensión (Gallón M, 2020).

La uchuva es una fruta exótica muy valorada en el mercado internacional por su sabor, color, y alto contenido de antioxidantes y compuestos fenólicos, como han demostrado diversas investigaciones. Su sabor con un toque ácido le otorga versatilidad como producto gastronómico en repostería, o en preparaciones alimenticias como chutney, salsas, mermeladas, snacks, bebidas, o ensaladas. Puede ser consumida fresca, deshidratada o también puede ser utilizada como un elemento decorativo en repostería, coctelería o platos especiales debido a su llamativo y atractivo color.

6.2 Prácticas Agrícolas y Tecnificación.

Las condiciones climáticas y del suelo, así como el manejo de la plantación, influyen en el desarrollo de la planta, sus etapas de desarrollo y los volúmenes de cosecha. Según Agronet (2020) citado por (Álvarez-Herrera J, 2021), el área cultivada de uchuva en Colombia aumentó de 745 a 1,311 hectáreas entre 2010 y 2018. Sin embargo, el rendimiento disminuyó de 16.1 a 12.3 toneladas por hectárea, lo que representa una reducción del 23.63%. Esta disminución se atribuye a la falta de agua, manejo inadecuado de la fertilización, la incidencia de plagas y enfermedades y altos costos en el control de las mismas, lo que dificulta las aplicaciones oportunas y afecta la calidad de los frutos, como el cuarteamiento. Así mismo, en la última década, la variabilidad climática ha impactado negativamente el crecimiento y la producción, afectando la seguridad alimentaria.

6.2.1 Clima y suelo

El cultivo de uchuvas prospera en altitudes elevadas, entre 1500 y 3000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedio que oscilan entre 13º y 15ºC. La temperatura y la luz son factores cruciales para el tamaño, color, valor nutricional, sabor y tiempo de maduración del fruto. La planta es sensible a las temperaturas extremas; las altas temperaturas pueden afectar negativamente la floración y la fructificación, mientras que las temperaturas constantes por debajo de los 10ºC impiden su crecimiento. Para obtener un fruto de buena calidad, se requiere una intensidad lumínica de entre 1,500 y 2,000 horas de luz al año, con una humedad relativa entre el 70% y el 80%. Es necesario asegurar un suministro adecuado de agua durante los períodos secos para prevenir que los frutos se agrieten (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2011; Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009; Centro de investigación La Selva, 2008) .

El desarrollo de las raíces está relacionado con el tipo y textura del suelo, recomendándose un suelo arcillo arenoso con alto contenido de materia orgánica y un pH que oscile entre 5.5 y 6.8 (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2011; Instituto Nacional de Innovación y

Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009). Para realizar una óptima fertilización es necesario acudir al análisis de suelos, acompañada de una adecuada interpretación que permita suministrar a la planta las cantidades de nutrientes requeridos y lograr así un buen rendimiento (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica, 2016). La uchuva, exige altos contenidos de materia orgánica. El Nitrógeno (N), ayuda al crecimiento longitudinal de ramas y la producción de frutos y el fósforo (P) es fundamental para la formación y desarrollo de raíces. Se aconseja aplicar potasio (K) antes de la floración, lo cual favorece una mejor floración y cuajamiento de los frutos.

Se recomienda agregar fertilizante orgánico completamente descompuesto y libre de patógenos, además de los fertilizantes y correctivos determinados por el análisis de suelo al inicio de las lluvias o aplicar riego (Centro de investigación La Selva, 2008; Fischer, et al., 2005). Es preferible aplicar estos últimos una semana antes de la siembra, para que se establezcan en el suelo. También se recomienda el uso de estimulantes radiculares, como las micorrizas (Secretaría de Agricultura de Antioquía, 2015).¹

6.2.2 Semillero

La propagación sexual mediante semillas de *P. peruviana* es el método recomendado para el establecimiento de cultivos, principalmente por su costo y efectividad. Este método presenta un alto porcentaje de germinación, que oscila entre el 85% y el 90%. Este método también ofrece ventajas durante el desarrollo del cultivo en comparación con la propagación asexual (por estacas o esquejes). Entre estas ventajas se destacan una mayor robustez en el anclaje de las plántulas, frutos de mejor calidad y consistencia, así como una mayor longevidad del cultivo (Fischer et al., 2014) (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica - PROCOMER, S.F).

6.2.3 Producción y cosecha

La producción de uchuva en Colombia varía según las condiciones climáticas, prácticas agrícolas y manejo del cultivo. En promedio, se estima que el rendimiento oscila entre 14 y 18 toneladas por hectárea. Sin embargo, con prácticas de manejo óptimas, algunos cultivos pueden alcanzar rendimientos de hasta 20 toneladas por hectárea. Es importante destacar que estos rendimientos pueden variar según la región y las condiciones específicas de cada cultivo (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica, 2016).

En cultivos comerciales, bajo condiciones agroecológicas óptimas, los frutos de uchuva requieren entre 60 y 80 días para madurar. La recolección se realiza cuando el cáliz del fruto se torna amarillo. Este proceso de cosecha es continuo y puede extenderse de 12 a 18 meses, dependiendo del entorno agroecológico (Álvarez-Herrera J, 2021). Después de este período, la productividad y la calidad de la fruta tienden a disminuir. Se recomienda realizar la recolección de manera semanal y conservar la uchuva en su cápsula, para evitar la afectación en la apariencia del producto y para preservar el fruto durante el almacenamiento (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009). La uchuva se clasifica como una fruta climatérica, lo que significa que, una vez separada de la planta, sigue con sus procesos internos de maduración. Por esta razón,

¹ Para consultar un programa de fertilización según el estado fenológico ver Manual Técnico (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica - PROCOMER, S.F)

es fundamental identificar el momento exacto para llevar a cabo la recolección (Centro de Investigación Agropecuaria - Corpoica, Centro de investigación La Selva, 2002).

Ángulo (2005) citado por (Álvarez-Herrera J, 2021) evaluó la producción de plantas de uchuva tanto en invernaderos como a campo abierto durante un período de 40 semanas. Los resultados mostraron que la mayor producción se alcanzó en invernadero, con un rendimiento de 1.3 kg por planta, y la cosecha máxima se logró a las 17 semanas. En contraste, la producción a campo abierto comenzó ocho semanas después y alcanzó su máximo en la semana 23, con 1.0 kg por planta. Asimismo, Fischer et al. (2007) citado por (Álvarez-Herrera J, 2021) observó que la producción máxima durante el ciclo de cosecha era menor en zonas frías en comparación con regiones más cálidas. Gordillo et al. (2004) citado por (Álvarez-Herrera J, 2021) investigaron diferentes láminas de riego en el cultivo de uchuva y descubrieron que un mayor coeficiente de riego (1.2) incrementaba el rendimiento de frutos por planta, independientemente de los tratamientos de fertilización aplicados.

6.2.4 Riego

Álvarez et al. (2012, 2014) citado en (Álvarez-Herrera J, 2021) observaron que un suministro adecuado de agua reduce la incidencia de cuarteo en los frutos de uchuva. Entre todos los recursos necesarios para el crecimiento y desarrollo de una planta, está comprobado que el agua es el más importante (Taiz et al., 2015). Un déficit hídrico puede disminuir tanto el desarrollo celular (actividad meristemática) como el crecimiento de las raíces (alargamiento radicular), lo que a su vez afecta el crecimiento, la producción y la calidad de los frutos (Álvarez-Herrera J, 2021). Las aplicaciones de riego deben ser moderadas y de forma localizada, evitando la sobre-irrigación o cambios bruscos de humedad (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica - PROCOMER, S.F). En este sentido, estudiar los cultivos bajo condiciones de control de factores ecofisiológicos, como el agua, es clave en las zonas altas de los Andes, donde el cambio climático tiene un efecto más marcado que en las regiones tropicales más bajas (Álvarez-Herrera J, 2021)

6.2.5 Poda

La poda es una de las prácticas más recomendadas en el cultivo de la uchuva, ya que influye en el tamaño del fruto, mejora la estructura de la planta y optimiza el sistema de tutorado. Existen dos tipos de poda; la poda de formación implica la eliminación de brotes que aparecen en la base del tallo principal hasta los primeros 40 cm de altura. Esta práctica ayuda a reducir la humedad relativa dentro del cultivo y la incidencia de enfermedades. Por otro lado, la poda de mantenimiento o sanitaria consiste en remover ramas secas, viejas y enfermas, y es clave para disminuir la probabilidad de contaminantes y fuentes de enfermedades. (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009).

Durante su producción, las plantas de uchuva adquieren un peso considerable, por esto deben ser sostenidas con tutores y amarres para evitar volcamientos y rupturas de ramas. El sistema más utilizado es el de formación en "V", que facilita la entrada de luz y mejora la circulación de aire en el cultivo. La fertilización en la etapa de plena producción se realiza cada dos meses, aplicando 200 g de fertilizante 10-30-10 al suelo. En condiciones orgánicas, se utiliza abono compost cada dos meses para mantener la salud del cultivo (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009).

6.2.6 Plagas y Enfermedades

Dentro de las plagas más comunes se encuentra la **pulguilla** (*Epitrix* sp.), un insecto de la familia Chrysomelidae que mide 2 mm de longitud. Este insecto causa daños en las hojas, formando pequeños orificios o perforaciones en la lámina foliar. La **mosca blanca** (*Trialeurodes vaporariorum*) se alimenta succionando la savia de la planta, lo que puede debilitarla y permitir la transmisión de virus (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009). Dentro de las enfermedades más comunes es **Alternaria sp.**, que se manifiesta inicialmente con pequeñas manchas de color negro que se unen. El desarrollo adecuado del cultivo contribuye a mantener un buen control de malezas de forma natural. Se recomienda cosechar y destruir los frutos afectados por estas plagas para evitar su propagación. Así mismo, se recomienda la utilización de microorganismos benéficos al momento de la siembra de la semilla en semillero y al momento del trasplante a bolsas (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica, 2016)

6.2.7 Biotecnología

Aunque Colombia ofrece condiciones óptimas para el cultivo de la uchuva, uno de los principales desafíos es la falta de material de siembra con características morfológicas, químicas y agronómicas definidas, necesarias para el mejoramiento genético. De acuerdo con Agrosavia (2011), los productores requieren plantaciones genéticamente mejoradas, que se adapten mejor a las condiciones de cultivo en las zonas productoras del país, lo cual permitiría elevar la calidad del producto y reducir los costos de producción. Para esto, es esencial desarrollar programas de producción de variedades en el corto y mediano plazo, utilizando tanto material actualmente en cultivo para exportación como aquel obtenido a través de investigación.

La genética de la uchuva es poco conocida, y la variabilidad genética junto con su estructura poblacional están aún en fase de exploración, las variedades comerciales oficialmente registradas son muy escasas. El análisis genético de características agronómicas relevantes en la uchuva puede proporcionar información valiosa para su mejoramiento genético. El mejoramiento genético convencional ofrece posibilidades para desarrollar nuevas variedades e híbridos, aunque es un proceso largo y costoso. Como alternativa, la biotecnología permite producir plantas completas in vitro a partir de granos de polen mediante el cultivo de anteras, originando así líneas mejoradas para la obtención de híbridos comerciales. Corpoica, ahora Agrosavia, ha desarrollado una metodología para implementar un proceso de producción de nuevas variedades e híbridos comerciales de uchuva mediante el cultivo in vitro de anteras de plantas de cultivos comerciales. A diferencia de otras especies, la uchuva responde rápidamente a la producción de embriones y plantas completas a través del cultivo de anteras (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2011).

6.2.8 Conservación y empaque

Uno de los principales problemas para exportar la uchuva es su adecuada conservación. La técnica de atmósfera modificada ayuda a controlar la transpiración y la maduración de los frutos almacenados. El estudio de (Lanchero, 2007) buscó determinar la mejor mezcla de gases y tipo de empaque para conservar la uchuva, evaluado frutos con y sin cáliz, utilizando tres tipos de película de empaque y cuatro concentraciones de gas. Según el estudio, los frutos que conservaron el cáliz mantuvieron mejor su firmeza y sus propiedades al final del estudio. La película de polyolefin fue la

más efectiva para conservar las propiedades y mostrando solo un 0,75% de pérdida de peso en contraste con los frutos sin empaque perdieron un 4,58% de su peso inicial. No se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de gas.

7 Manual de habilitadores técnicos Maracuyá.

El maracuyá, científicamente conocido como *Passiflora edulis*, es una planta trepadora de origen tropical que destaca por sus frutos aromáticos y de sabor exótico. Su importancia económica y cultural se extiende desde los trópicos de América hasta regiones subtropicales, donde es apreciada no solo por su valor comercial, sino también por sus beneficios nutricionales y usos en diversas industrias. En los últimos años, la expansión de su cultivo ha impulsado el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y tecnologías de cultivo para maximizar su producción, todo en un marco de respeto ambiental y responsabilidad social (Hernández, 2021).

7.1 Descripción y Potencial de la Especie.

7.1.1 Descripción Botánica

El maracuyá pertenece a la familia Passifloraceae y es una enredadera perenne que puede alcanzar varios metros de longitud. La planta se caracteriza por sus hojas lobuladas y flores llamativas con pétalos blancos y una estructura central compleja de filamentos morados, que atraen a polinizadores naturales como las abejas. El fruto es una baya de cáscara dura, que puede variar en color de amarillo a púrpura, dependiendo de la variedad. Su pulpa es de color amarillo-naranja, contiene semillas pequeñas y tiene un sabor característico entre ácido y dulce. Esta planta requiere un clima cálido y húmedo para crecer de manera óptima y es relativamente sensible a las heladas (Gómez & Sánchez, 2022).

7.1.2 Distribución Geográfica

Originario de América tropical, el maracuyá se cultiva ampliamente en países como Brasil, Colombia, Ecuador y Perú. En estas regiones, el clima tropical húmedo, con temperaturas promedio entre 20 y 30 grados Celsius, resulta ideal para el desarrollo de la planta. También se ha adaptado a ciertas regiones subtropicales, como algunas áreas de Australia, India y África, donde las condiciones climáticas y el manejo técnico han permitido su expansión. En Colombia, el cultivo de maracuyá es prominente en departamentos como Valle del Cauca, Huila y Tolima, donde contribuye significativamente a la economía agrícola (Torres et al., 2023).

7.1.3 Usos Tradicionales y Actuales

Desde tiempos ancestrales, el maracuyá ha sido utilizado por comunidades indígenas tanto en la alimentación como en la medicina tradicional. La pulpa del fruto se ha consumido como fuente de energía y vitaminas, mientras que sus hojas y flores han sido utilizadas en infusiones para calmar el sistema nervioso y tratar el insomnio. En la actualidad, la fruta es valorada principalmente por su uso en la industria alimentaria, donde se emplea en jugos, mermeladas, y postres, además de ser un ingrediente popular en cócteles y bebidas. En la industria cosmética, el aceite de semillas de maracuyá se utiliza en productos hidratantes y antioxidantes, debido a su alto contenido en ácidos grasos esenciales. También tiene aplicaciones en la industria farmacéutica, gracias a sus compuestos bioactivos que han mostrado propiedades antiinflamatorias y ansiolíticas (Martínez, 2021).

7.1.4 Valor Nutricional y Aplicaciones Industriales

El maracuyá es una fruta rica en nutrientes esenciales, como vitaminas, minerales y antioxidantes. A continuación, se presenta una tabla nutricional promedio de la pulpa de maracuyá por cada 100 gramos:

Tabla 2. Composición nutricional de la Maracuyá

NUTRIENTE	CANTIDAD POR 100 G
Energía	97 kcal
Proteínas	2.2 g
Grasas totales	0.4 g
Carbohidratos	23 g
Fibra dietética	10 g
Calcio	12 mg
Magnesio	29 mg
Fósforo	68 mg
Potasio	348 mg
Hierro	1.6 mg
Vitamina C	30 mg
Vitamina A	1274 IU
Vitamina B2 (Riboflavina)	0.1 mg

Gracias a su perfil nutricional, el maracuyá es utilizado en la elaboración de productos alimenticios y suplementos dietéticos. Su alto contenido de fibra ayuda a mejorar la digestión, mientras que los antioxidantes y vitaminas A y C contribuyen al fortalecimiento del sistema inmunológico y a la salud de la piel. Estas propiedades han hecho que el maracuyá sea un componente atractivo en el desarrollo de productos funcionales en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (García, 2023).

7.2 Prácticas Agrícolas y Tecnificación.

7.2.1 Manejo Agronómico Sostenible

El cultivo de maracuyá requiere prácticas de manejo sostenible que permitan maximizar el rendimiento sin comprometer la salud del suelo ni los recursos naturales. El manejo sostenible implica la rotación de cultivos para evitar la degradación del suelo y el uso de abonos orgánicos, como compost y estiércol, que mejoran la fertilidad del suelo sin causar daños ambientales. Además, el control de malezas mediante métodos mecánicos o biológicos ayuda a evitar el uso excesivo de herbicidas. Este enfoque permite mantener la biodiversidad y la calidad de los suelos, factores clave para un cultivo exitoso y a largo plazo (Pérez et al., 2022).

7.2.2 Control de Plagas y Enfermedades

El maracuyá es susceptible a varias plagas y enfermedades que pueden afectar su rendimiento y calidad. A continuación, se describen las principales:

- Trips: Estos pequeños insectos perforan las hojas y los frutos, causando manchas y malformaciones. Los trips pueden reducir la calidad del fruto, lo cual impacta negativamente en su valor comercial (López et al., 2021).
- Ácaros: Los ácaros se alimentan de las hojas, provocando decoloración y reducción en la fotosíntesis, lo que disminuye la producción de la planta. Su control se realiza mediante aplicaciones de acaricidas orgánicos y la introducción de depredadores naturales.
- Antracnosis: Esta enfermedad, causada por hongos del género *Colletotrichum*, afecta las hojas, tallos y frutos, provocando manchas negras que limitan la calidad y comercialización del fruto. Se recomienda la eliminación de restos vegetales y el uso de fungicidas biológicos para su manejo (Gómez, 2023).
- Bacteriosis: Infección bacteriana que causa manchas acuosas en las hojas y frutos. El control se realiza mediante el uso de variedades resistentes y la desinfección del suelo y herramientas de cultivo.

7.2.3 Tecnologías de Cultivo y Mecanización

La tecnificación del cultivo de maracuyá ha permitido mejorar la eficiencia en el manejo de las plantas y optimizar los recursos. Algunas tecnologías agrícolas sostenibles incluyen:

- Riego por goteo: Este sistema permite administrar el agua de manera eficiente y controlada, entregándola directamente a las raíces de las plantas. El riego por goteo reduce el consumo de agua y evita el estrés hídrico, lo que mejora el rendimiento del cultivo (Torres, 2023).
- Uso de sensores de humedad: Estos sensores permiten monitorear el nivel de humedad del suelo en tiempo real, lo cual facilita la toma de decisiones para evitar el exceso o la falta de riego. Esta tecnología ayuda a optimizar el uso del agua y reduce el riesgo de enfermedades causadas por humedad excesiva (Rodríguez & Martínez, 2023).
- Drones para monitoreo: Los drones equipados con cámaras de alta resolución permiten observar el estado de las plantas, detectar enfermedades o deficiencias nutricionales y realizar evaluaciones de crecimiento. Esto permite identificar problemas a tiempo y aplicar medidas correctivas específicas.
- Maquinaria de cosecha selectiva: La introducción de maquinaria para la recolección de frutos facilita el proceso de cosecha, reduce el tiempo y esfuerzo humano, y mejora la calidad del producto final. La cosecha selectiva asegura que los frutos se recojan en su punto óptimo de maduración (García, 2023).

8 Transformación y Obtención de Ingredientes Naturales.

Los procesos de extracción de aceites, extractos y mantecas son fundamentales en la cadena de valor de ingredientes naturales, y su comprensión es clave para mejorar la calidad y eficiencia de los productos derivados. En esta sección, se presentan diferentes tecnologías de extracción con el objetivo de brindar conocimiento a actores que se encuentran en distintas etapas de desarrollo dentro de la cadena de valor. Esta guía busca ser un recurso práctico para orientar a productores, procesadores y empresarios hacia la adopción de tecnologías que se adapten mejor a sus necesidades y capacidades actuales, ya sea en fases iniciales o en etapas avanzadas de desarrollo. Al proporcionar un panorama de las opciones disponibles, se facilita la toma de decisiones informadas sobre cuál tecnología implementar para alcanzar los estándares de calidad y sostenibilidad requeridos en el mercado.

8.1 Procesos de extracción de aceites, extractos y mantecas.

8.1.1 Extracción aceites esenciales.

- Extracción Supercrítica con CO₂ (TRL 9): Es la tecnología más sofisticada y se utiliza ampliamente en la industria para obtener aceites esenciales de alta calidad sin el uso de solventes tóxicos. Es aplicable también para Maracuyá, Asaí, Cacay, y Aguacate, preservando al máximo los compuestos bioactivos.
- Extracción Ultrasónica (TRL 8-9): Un método innovador que mejora la eficiencia al liberar los compuestos de las células vegetales mediante ultrasonido. Utilizada en aceites esenciales de Maracuyá, Asaí, y Cacay, pero su éxito depende del ajuste correcto de los parámetros.
- Extracción con Solventes Orgánicos (TRL 9): Este método es muy utilizado a nivel industrial, empleando solventes como etanol o hexano. Es un método muy efectivo, pero requiere etapas adicionales para purificar el aceite y eliminar residuos de solventes. Aplicable a Aguacate, Maracuyá, y Cacay.
- Prensado en Frío (TRL 9): Es un método tradicional y eficiente para obtener aceites esenciales de Sacha Inchi y otras semillas como Aguacate, Sésamo, y Girasol. La ventaja de este método es que no requiere calor, preservando los nutrientes del aceite.
- Extracción con Enzimas (TRL 8): Utiliza enzimas específicas para romper la matriz celular, mejorando la extracción de aceites esenciales. Aunque es menos utilizado a nivel comercial que otros métodos, está en fase avanzada y se usa también para Maracuyá y Aguacate.
- Extracción por Arrastre de Vapor (TRL 9): Método tradicional para la extracción de aceites esenciales mediante vapor de agua. Utilizado en Sacha Inchi y otras materias vegetales como Maracuyá y Canela. Es un método muy probado, aunque puede no ser ideal para compuestos termosensibles.
- Maceración (TRL 9): Aunque es el método menos sofisticado, está muy extendido debido a su simplicidad. Se deja la materia prima en un solvente durante un periodo prolongado para extraer los compuestos, pero es menos eficiente y tiene un rendimiento bajo. Aun así, es aplicable para Maracuyá, Asaí, y Cacay.

Tabla 3. Métodos de extracción de aceites esenciales.

Método de Extracción de Aceites Esenciales	TRL	Descripción del TRL	Materias Primas Aplicables	Ventajas	Desventajas
Extracción Supercrítica con CO₂	TRL 9	Tecnología probada y utilizada en la industria para aceites esenciales de alta calidad.	Sacha Inchi, Maracuyá, Asaí, Cacay, Aguacate	Alta pureza y selectividad, sin residuos de solventes.	Costoso, requiere alta presión y equipo especializado.
Extracción Ultrasónica	TRL 8-9	Utilizada a nivel comercial, mejora la eficiencia mediante ultrasonido.	Sacha Inchi, Maracuyá, Asaí, Cacay, Uchuva	Aumenta la eficiencia y reduce el tiempo de extracción.	Requiere ajustes precisos y equipos adicionales.
Extracción con Solventes Orgánicos	TRL 9	Tecnología madura utilizada a nivel industrial, requiere eliminación de solventes residuales.	Sacha Inchi, Maracuyá, Aguacate, Cacay	Alto rendimiento en la extracción de aceites.	Presencia de residuos de solventes, afecta la pureza.

Método de Extracción de Aceites Esenciales	TRL	Descripción del TRL	Materias Primas Aplicables	Ventajas	Desventajas
Prensado en Frío	TRL 9	Método tradicional ampliamente utilizado para obtener aceites sin alterar compuestos sensibles.	Sacha Inchi, Aguacate, Cacay, Sésamo, Girasol	Conserva nutrientes y no requiere solventes ni calor extremo.	Rendimiento bajo comparado con otros métodos.
Extracción con Enzimas	TRL 8	Tecnología avanzada que mejora la extracción minimizando residuos.	Sacha Inchi, Maracuyá, Aguacate, Asaí	Menor impacto ambiental y buena selectividad.	Costos más altos y necesidad de control enzimático preciso.
Extracción por Arrastre de Vapor	TRL 9	Método tradicional y bien probado para aceites esenciales.	Asaí, Sacha Inchi, Maracuyá, Cacay, Canela	Eficiente y sin uso de solventes, adecuado para aceites volátiles.	Puede degradar compuestos sensibles al calor.
Maceración	TRL 9	Tecnología básica y madura, adecuada aunque con bajo rendimiento y eficiencia.	Sacha Inchi, Maracuyá, Asaí, Cacay	Económico y fácil de realizar, no requiere tecnología avanzada.	Lento y menor eficiencia en la extracción.

La siguiente tabla, presenta recomendaciones de mejora dadas las tecnologías base de la tabla anterior.

Tabla 4. Mejoras extracciones para aceites esenciales.

Tecnología	Mejora con Maquinaria/Equipo	Mejora en Procesos	Consideraciones Adicionales
Extracción Supercrítica con CO₂	Uso de extractores supercríticos de última generación con control preciso de presión, temperatura, y sistemas de recirculación de CO ₂ .	Ajuste de presión y temperatura de acuerdo con la naturaleza del producto (ej. grasas vs compuestos volátiles).	Pre-tratamiento de molienda para aumentar la exposición del material al CO ₂ .
Extracción Ultrasónica	Uso de sondas ultrasónicas de alta potencia con sistemas de regulación automática y enfriamiento para evitar sobrecalentamiento.	Ajustar la frecuencia y duración del ultrasonido según el tipo de producto para maximizar la eficiencia.	Controlar la temperatura para prevenir la degradación térmica de compuestos sensibles durante el ultrasonido.
Extracción con Solventes Orgánicos	Uso de equipos con recirculación y recuperación de solventes para reducir el consumo y mejorar la eficiencia de extracción.	Optimizar la relación material/solvente y el tiempo de contacto para mejorar la eficiencia de extracción.	Selección de solventes adecuados según las características químicas del material, considerando solventes verdes para minimizar impacto ambiental.
Extracción por Arrastre de Vapor	Implementar destiladores con flujo de vapor controlado y sistemas de condensación mejorados.	Ajustar el tamaño de las partículas del material para maximizar el área de contacto con el vapor.	Utilizar material fresco o bien almacenado para evitar la pérdida de compuestos volátiles antes de la extracción.
Prensado en Frío	Uso de prensas hidráulicas con control automatizado de presión para asegurar una extracción eficiente sin aplicar calor.	Aplicar presión de manera gradual para maximizar la recuperación de aceites esenciales sin dañar compuestos.	Mantener las temperaturas bajas para evitar la degradación de compuestos volátiles y bioactivos.
Maceración	Implementación de tanques con agitación controlada y temperatura regulada para mejorar la eficiencia del proceso.	Realizar múltiples ciclos de maceración con sustitución periódica del solvente para una mayor extracción.	Evitar la exposición prolongada al calor y al aire para prevenir la oxidación de los compuestos extraídos.

8.1.2 Procesamiento extractos.

- Extracción Supercrítica con CO₂ (TRL 9): Es la tecnología más sofisticada y se utiliza ampliamente en la industria para obtener aceites esenciales de alta calidad sin el uso de solventes tóxicos. Es aplicable también para Maracuyá, Asaí, Cacay, y Aguacate, preservando al máximo los compuestos bioactivos.
- Extracción Ultrasónica (TRL 8-9): Un método innovador que mejora la eficiencia al liberar los compuestos de las células vegetales mediante ultrasonido. Utilizada en aceites esenciales de Maracuyá, Asaí, y Cacay, pero su éxito depende del ajuste correcto de los parámetros.
- Extracción con Solventes Orgánicos (TRL 9): Este método es muy utilizado a nivel industrial, empleando solventes como etanol o hexano. Es un método muy efectivo, pero requiere etapas adicionales para purificar el aceite y eliminar residuos de solventes. Aplicable a Aguacate, Maracuyá, y Cacay.
- Prensado en Frío (TRL 9): Es un método tradicional y eficiente para obtener aceites esenciales de Sacha Inchi y otras semillas como Aguacate, Sésamo, y Girasol. La ventaja de este método es que no requiere calor, preservando los nutrientes del aceite.
- Extracción con Enzimas (TRL 8): Utiliza enzimas específicas para romper la matriz celular, mejorando la extracción de aceites esenciales. Aunque es menos utilizado a nivel comercial que otros métodos, está en fase avanzada y se usa también para Maracuyá y Aguacate.
- Extracción por Arrastre de Vapor (TRL 9): Método tradicional para la extracción de aceites esenciales mediante vapor de agua. Utilizado en Sacha Inchi y otras materias vegetales como Maracuyá y Canela. Es un método muy probado, aunque puede no ser ideal para compuestos termosensibles.
- Maceración (TRL 9): Aunque es el método menos sofisticado, está muy extendido debido a su simplicidad. Se deja la materia prima en un solvente durante un periodo prolongado para extraer los compuestos, pero es menos eficiente y tiene un rendimiento bajo. Aun así, es aplicable para Maracuyá, Asaí, y Cacay.

La siguiente tabla describe las tecnologías utilizadas para mejorar la eficiencia en la extracción de extractos en polvo. Incluye mejoras en equipos y procesos para garantizar un secado homogéneo y minimizar la pérdida de compuestos valiosos. Las tecnologías mencionadas, como el secado por atomización, liofilización, y secado al vacío, se benefician de un control preciso de temperatura y humedad, lo que permite optimizar la calidad del producto final.

Tabla 5. Métodos de obtención extractos en polvo.

Método de Obtención de Extracto en Polvo	TRL	Descripción del TRL	Frutas Aplicables	Ventajas	Desventajas
Secado por Liofilización (Freeze-Drying)	TRL 9	Tecnología probada en un entorno operativo comercial. Utilizada comúnmente para productos de alta calidad.	Asaí, Maracuyá, Cacay, Uchuva, Sacha Inchi, Aguacate	Conserva la mayoría de nutrientes y compuestos bioactivos.	Costoso, requiere equipos especializados.

Secado por Atomización (Spray Drying)	TRL 9	Tecnología completamente comercializada y ampliamente utilizada.	Asaí, Maracuyá, Cacay, Uchuva, Sacha Inchi	Proceso rápido y continuo, adecuado para grandes volúmenes.	Pérdida parcial de compuestos sensibles al calor.
Secado por Lecho Fluido	TRL 8-9	Utilizada en aplicaciones industriales, requiere ajuste según el tipo de materia prima.	Asaí, Maracuyá, Aguacate, Cacay	Proceso eficiente y homogéneo.	Costos relativamente altos y ajustes necesarios.
Secado al Vacío	TRL 8	Tecnología madura para conservar características organolépticas.	Asaí, Maracuyá, Aguacate, Uchuva	Preserva sabor y compuestos sensibles.	Proceso más lento y menor capacidad de producción.
Secado por Tambor (Drum Drying)	TRL 8	Tecnología bien establecida, aunque afecta compuestos sensibles.	Asaí, Maracuyá, Aguacate	Menor costo y adecuado para ciertos productos.	Puede degradar nutrientes debido a altas temperaturas.
Secado Solar o al Aire	TRL 9	Método de secado tradicional y económico.	Asaí, Maracuyá, Uchuva	Económico y sencillo, no requiere tecnología avanzada.	Pérdida significativa de nutrientes, depende del clima.

Fuente: elaboración propia.

La siguiente tabla describe las tecnologías utilizadas para mejorar la eficiencia en la extracción de extractos en polvo. Incluye mejoras en equipos y procesos para garantizar un secado homogéneo y minimizar la pérdida de compuestos valiosos. Las tecnologías mencionadas, como el secado por atomización y al vacío, se benefician de un control preciso de temperatura y humedad, lo que permite optimizar la calidad del producto final.

Tabla 6. Sugerencias de mejora tecnológica para extractos de polvo por tipo de tecnología.

Tecnología	Mejora con Maquinaria/Equipo	Mejora en Procesos	Consideraciones Adicionales
Secado por Atomización (Spray Drying)	Uso de atomizadores con control de temperatura del aire y del tamaño de las gotas para garantizar una evaporación homogénea.	Añadir agentes portadores (ej. maltodextrina) para evitar la aglomeración y mejorar la eficiencia del secado.	Ajustar la humedad del material de entrada para mejorar la atomización y evitar pérdidas.
Secado por Lecho Fluido	Uso de lechos fluidizados con control de flujo de aire y temperatura para lograr un secado uniforme y efectivo.	Realizar mezclas homogéneas para asegurar una distribución uniforme del calor y una mayor eficiencia.	Reducir el tamaño de las partículas del material antes del secado para mejorar la exposición al flujo de aire.
Secado al Vacío	Uso de secadores al vacío con control preciso de presión y temperatura para minimizar la pérdida de compuestos volátiles.	Secado a temperaturas más bajas de forma escalonada para evitar la degradación de nutrientes.	Reducción del tamaño de las partículas para facilitar un secado más eficiente y uniforme.
Liofilización (Freeze-Drying)	Uso de liofilizadores de última generación con control automatizado de temperatura y presión.	Optimizando la velocidad de congelación para evitar formación de cristales grandes.	Uso de protectores criogénicos para preservar compuestos sensibles.
Secado Solar o al Aire	Implementación de paneles solares con ventiladores para mejorar el secado.	Cubrir el producto para reducir la contaminación y mejorar la uniformidad del secado.	Uso de desecantes naturales para reducir la humedad ambiental.
Secado por Tambor (Drum Drying)	Uso de tambores dobles para un secado más uniforme y eficiente.	Ajustar la velocidad del tambor para evitar sobrecalentamiento.	Selección de materiales con menor contenido de humedad inicial.

8.1.3 Extracción de mantecas.

- Extracción Supercrítica con CO₂ (TRL 9): El método más sofisticado, permite obtener mantecas con un nivel de pureza alto, sin necesidad de solventes tóxicos y manteniendo los compuestos bioactivos. También es aplicable a Cacao, Karité, y Aguacate.
- Prensado en Frío (TRL 9): Método ampliamente utilizado para obtener manteca de Copoazú sin afectar las propiedades bioactivas por la falta de calor. Es ideal para mantecas como las de Cacao y Karité donde se prioriza la calidad.
- Extracción Ultrasónica (TRL 8-9): Un método innovador que utiliza ultrasonido para liberar los lípidos de la matriz celular. Mejora la eficiencia del proceso, pero requiere equipos especializados y ajustes precisos.
- Extracción con Solventes Orgánicos (TRL 9): Utilizado a nivel industrial, permite un alto rendimiento, aunque debe eliminarse cualquier residuo del solvente. Es aplicable a Cacao y Sacha Inchi, aunque los solventes pueden afectar la calidad del producto.
- Extracción por Calor y Presión (Prensado en Caliente, TRL 9): Método bien establecido, adecuado para obtener altos volúmenes de manteca. Utiliza presión y calor, lo que incrementa el rendimiento, pero a costa de la degradación de compuestos sensibles.
- Maceración y Filtrado (TRL 8): Es una técnica tradicional, que implica macerar la materia prima en aceite caliente y luego filtrarla. Es económico, pero menos eficiente y puede resultar en la pérdida de compuestos volátiles.

Consideraciones:

- Extracción Supercrítica con CO₂ y Prensado en Frío son los métodos más recomendados si se busca alta calidad, con una manteca que mantenga todos los compuestos nutricionales y organolépticos del Copoazú.
- Extracción con Solventes Orgánicos y Extracción por Calor y Presión tienen un mayor rendimiento, pero pueden comprometer la calidad debido a los residuos de solventes o a la exposición al calor.
- Maceración y Filtrado es adecuado cuando los recursos son limitados, pero no es eficiente si se busca alta calidad o alto rendimiento.

La siguiente tabla presenta mejoras en la extracción de mantecas, enfocándose en técnicas como la extracción supercrítica, ultrasónica y el prensado en frío. El uso de equipos avanzados con control preciso de presión y temperatura es clave para maximizar la eficiencia y preservar los compuestos volátiles. Además, se recomienda el ajuste de parámetros específicos y el uso de pretratamientos para mejorar la calidad del producto final.

Tabla 7. Tecnologías de extracción mantecas.

Método de Extracción de Manteca	TRL	Descripción del TRL	Materias Primas Aplicables	Ventajas	Desventajas
Extracción Supercrítica con CO₂	TRL 9	Tecnología probada y utilizada para la extracción de mantecas de alta calidad sin residuos de solventes.	Copoazú, Cacao, Karité, Aguacate	Alta pureza, sin residuos tóxicos, mantiene propiedades bioactivas.	Costoso y requiere equipos especializados de alta presión.
Prensado en Frío	TRL 9	Método ampliamente utilizado para obtener mantecas sin aplicar calor que pueda afectar los compuestos sensibles.	Copoazú, Cacao, Karité, Sésamo, Girasol	Mantiene la calidad sensorial, sabor y nutrientes intactos.	Bajo rendimiento comparado con métodos de extracción con solventes.
Extracción Ultrasónica	TRL 8-9	Utiliza ultrasonido para mejorar la liberación de grasas y mantecas. Común en procesos industriales.	Copoazú, Cacao, Karité, Aguacate	Aumenta la eficiencia, reduce tiempo de extracción.	Requiere ajuste de parámetros y equipamiento especializado.
Extracción con Solventes Orgánicos	TRL 9	Tecnología madura para la extracción de grasas, se utiliza etanol, hexano, entre otros solventes.	Copoazú, Cacao, Karité, Sacha Inchi	Alto rendimiento, eficiente para grandes volúmenes.	Necesita purificación posterior para eliminar residuos de solventes.
Extracción por Calor y Presión (Prensado en Caliente)	TRL 9	Técnica tradicional en la que se aplica presión y calor para extraer manteca.	Copoazú, Cacao, Karité, Palmiste	Rendimiento alto, proceso rápido.	Puede degradar nutrientes debido al calor.
Maceración y Filtrado	TRL 8	Método tradicional donde la materia prima se macera en aceite caliente y se filtra para extraer la manteca.	Copoazú, Cacao, Karité	Económico, no requiere equipos avanzados.	Baja eficiencia y posible pérdida de compuestos volátiles.

Partiendo de la tabla anterior, se dan recomendaciones generales de mejora para el rendimiento de la tecnología específica utilizada.

Tabla 8. Recomendaciones de mejora por tecnología de extracción de mantecas.

Tecnología	Mejora con Maquinaria/Equipo	Mejora en Procesos	Consideraciones Adicionales
Extracción Supercrítica con CO₂	Uso de extractores supercríticos con control preciso de presión y temperatura para garantizar la extracción eficiente de manteca.	Ajustar presión y temperatura según la composición de la manteca para maximizar la recuperación.	Pre-tratamiento de molienda para mejorar la exposición del material al CO ₂ .
Prensado en Frío	Implementación de prensas hidráulicas con control automatizado de presión y sistemas de refrigeración para mantener bajas temperaturas.	Aplicar un pretratamiento térmico leve para ablandar el material y mejorar la extracción de lípidos.	Mantener el equipo limpio y realizar mantenimiento preventivo para evitar residuos que puedan afectar la calidad del producto.
Prensado en Caliente	Uso de prensas hidráulicas con control preciso de temperatura para garantizar una presión homogénea durante el proceso.	Ajustar la presión y la temperatura según el tipo de material para optimizar la extracción sin degradación.	Evitar temperaturas excesivas que puedan afectar la calidad final del producto.
Extracción con Solventes Orgánicos	Uso de equipos con recirculación y recuperación de solventes para reducir el consumo y mejorar la eficiencia de extracción.	Optimizar la relación material/solvente y el tiempo de contacto para mejorar la eficiencia de extracción.	Realizar una purificación exhaustiva para evitar residuos de solvente en la manteca final.

Tecnología	Mejora con Maquinaria/Equipo	Mejora en Procesos	Consideraciones Adicionales
Maceración y Filtrado	Implementación de tanques con agitación controlada y temperatura regulada para mejorar la eficiencia del proceso.	Realizar múltiples ciclos de maceración con sustitución periódica del solvente para una mayor extracción.	Evitar la exposición prolongada al calor y al aire para prevenir la oxidación de los compuestos extraídos.

8.2 Innovaciones tecnológicas:

La adopción de tecnologías innovadoras puede impulsar la competitividad del sector de ingredientes naturales en Colombia. Aunque algunas de ellas aún se encuentran en etapas tempranas de desarrollo (niveles TRL bajos), representan oportunidades para mejorar la eficiencia de los procesos, obtener productos de mayor calidad y reducir el impacto ambiental. Es fundamental evaluar la viabilidad económica y técnica de cada tecnología, así como considerar las regulaciones y estándares de calidad aplicables.

Las innovaciones tecnológicas en la obtención de extractos en polvo representan un avance significativo para el sector de ingredientes naturales en Colombia. Tecnologías como la **extracción asistida por campos eléctricos pulsados (PEF)** y la **extracción asistida por alta presión hidrostática (HHP)** ofrecen métodos más eficientes y respetuosos con los compuestos sensibles al calor. Estas técnicas permiten extraer mayores cantidades de compuestos bioactivos, preservando sus propiedades nutricionales y funcionales. Aunque actualmente se encuentran en niveles de madurez tecnológica (TRL) intermedios, se espera que, en el futuro, su implementación se amplíe gracias a la inversión en investigación y desarrollo. Esto potenciará la competitividad y sostenibilidad de productos derivados de especies como asaí, maracuyá, cacay, uchuva, sachá inchi y aguacate.

Tabla 9. Tecnologías innovadoras extractos en polvo.

Tecnología	Nivel TRL	Descripción	Aplicable a	Ventajas	Desventajas
Extracción asistida por campos eléctricos pulsados (PEF).	6	Utiliza pulsos eléctricos de alta intensidad para permeabilizar las membranas celulares, facilitando la liberación de compuestos bioactivos sin aumentar la temperatura.	Asaí, Uchuva, Maracuyá	Preserva compuestos sensibles al calor; eficiencia energética; mejora el rendimiento de extracción.	Requiere inversión en equipos especializados; limitado conocimiento industrial.
Extracción asistida por alta presión hidrostática (HHP).	5	Aplica altas presiones para romper estructuras celulares y extraer compuestos termo-sensibles sin afectar su integridad.	Asaí, Cacay, Sacha Inchi	Mantiene la calidad de compuestos sensibles; proceso sin calor; mejora la seguridad microbiológica.	Altos costos operativos; necesidad de equipos de alta presión.
Microencapsulación avanzada.	7	Técnicas como spray freeze-drying o nanoencapsulación para proteger compuestos activos, mejorando su estabilidad y biodisponibilidad en extractos en polvo.	Todas las especies	Aumenta la vida útil; mejora la liberación controlada de ingredientes activos; protección contra degradación.	Complejidad del proceso; posible incremento en costos de producción.

Tecnología	Nivel TRL	Descripción	Aplicable a	Ventajas	Desventajas
Fermentación sólida.	4	Utiliza microorganismos en sustratos sólidos para aumentar la concentración de compuestos bioactivos y mejorar propiedades funcionales.	Uchuva, Maracuyá, Aguacate	Mejora el perfil nutricional; desarrollo de nuevos sabores y aromas; proceso más sostenible.	Control estricto de condiciones fermentativas; riesgo de contaminación microbiana.

En la extracción y mejora de aceites naturales, tecnologías emergentes como la **extracción con líquidos presurizados (PLE)** y la **extracción con fluidos supercríticos alternativos** están redefiniendo los procesos tradicionales. Estas innovaciones permiten obtener aceites de alta pureza y calidad, reduciendo el uso de solventes tóxicos y mejorando la eficiencia y selectividad de la extracción. La aplicación de **lipasas enzimáticas** y la **biotransformación microbiana** abre nuevas posibilidades para enriquecer el perfil nutricional de los aceites, adaptándose a las demandas del mercado global. Aunque algunas de estas tecnologías están en etapas tempranas de desarrollo (TRL 3 a 6), se prevé que su adopción futura impulsará la innovación y sostenibilidad en la producción de aceites de especies como cacay, sacha inchi y aguacate.

Tabla 10. Extracción de aceites esenciales.

Tecnología	Nivel TRL	Descripción	Aplicable a	Ventajas	Desventajas
Extracción con líquidos presurizados (PLE)	6	Utiliza solventes como agua o etanol a altas presiones y temperaturas moderadas para extraer aceites de forma eficiente y sostenible, reduciendo el uso de solventes tóxicos.	Cacay, Sacha Inchi, Aguacate	Proceso más ecológico; alta eficiencia de extracción; preserva compuestos sensibles.	Requiere equipamiento especializado; control preciso de condiciones de operación.
Extracción con fluidos supercríticos alternativos	5	Emplea fluidos como propano o butano en estado supercrítico, ofreciendo ventajas en selectividad y eficiencia frente al CO ₂ tradicional.	Asaí, Maracuyá	Mayor selectividad; posible reducción de costos operativos; alta pureza del aceite extraído.	Manejo de gases inflamables; consideraciones de seguridad adicionales; regulaciones más estrictas.
Uso de lipasas enzimáticas	4	Aplicación de enzimas para catalizar la extracción selectiva de ácidos grasos específicos, mejorando la calidad y funcionalidad de los aceites.	Sacha Inchi, Cacay, Aguacate	Mejora el perfil de ácidos grasos; proceso a bajas temperaturas; reduce el uso de solventes químicos.	Costos asociados a enzimas; requiere control preciso de condiciones enzimáticas.
Biotransformación microbiana	3	Utiliza microorganismos para modificar componentes del aceite, mejorando propiedades nutricionales y funcionales.	Todas las especies	Desarrollo de aceites funcionales; posibilidad de crear productos con valor agregado.	Complejidad en el control del proceso; necesidad de aprobación regulatoria.

La producción de mantecas a partir de ingredientes naturales se beneficia de tecnologías innovadoras como la extracción con líquidos iónicos y los solventes eutécticos profundos (DES). Estas técnicas proporcionan alternativas ecológicas a los métodos convencionales, permitiendo una extracción más selectiva y sostenible de lípidos. Además, la modificación enzimática de grasas y el cultivo de tejidos vegetales ofrecen oportunidades para desarrollar mantecas con perfiles de ácidos grasos personalizados y una producción más controlada y sostenible. Aunque actualmente estas tecnologías tienen niveles TRL

entre 2 y 5, se espera que su implementación futura contribuya significativamente a mejorar la calidad, funcionalidad y sostenibilidad de las mantecas derivadas de especies como cacay y aguacate.

Tabla 11. Extracción de mantecas.

Tecnología	Nivel TRL	Descripción	Aplicable a	Ventajas	Desventajas
Extracción con líquidos iónicos	4	Uso de líquidos iónicos como solventes ecológicos para extraer lípidos, minimizando el impacto ambiental y mejorando la pureza de las mantecas.	Cacay, Aguacate	Solventes reutilizables; alta eficiencia y selectividad; proceso a temperaturas moderadas.	Costos de los líquidos iónicos; necesidad de estudios sobre toxicidad y biodegradabilidad.
Extracción con solventes eutécticos profundos (DES)	5	Emplea solventes verdes biodegradables para extraer compuestos lipídicos de manera eficiente y sostenible.	Asaí, Maracuyá, Uchuva	Bajo impacto ambiental; compatibles con productos orgánicos; mejora la selectividad de extracción.	Tecnología emergente; limitada disponibilidad comercial de solventes DES.
Modificación enzimática de grasas	3	Uso de enzimas como lipasas para alterar el perfil de ácidos grasos de las mantecas, mejorando propiedades físicas y nutricionales.	Cacay, Aguacate	Mejora punto de fusión y estabilidad; posibilidad de crear productos personalizados.	Requiere control estricto de condiciones; costos de enzimas; posible necesidad de etiquetado especial.
Cultivo de tejidos vegetales	2	Producción de lípidos en sistemas controlados mediante el cultivo de células vegetales, reduciendo dependencia de recursos naturales y mejorando consistencia del producto.	Todas las especies	Producción sostenible; control total de condiciones; posibilidad de producción durante todo el año.	Tecnología en desarrollo; altos costos iniciales; requiere investigación adicional.

8.2.1 Control de calidad.

La tabla 12, introduce tecnologías emergentes que están emergiendo en el campo del control de calidad:

- Análisis Espectroscópicos Avanzados (como NIR y RMN) permiten realizar análisis rápidos y no destructivos de la composición química, detectando contaminantes y adulteraciones con mayor precisión y rapidez. Aunque requieren inversión en equipos y personal capacitado, mejoran significativamente el control de calidad.
- La Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático optimizan procesos al analizar grandes volúmenes de datos para detectar anomalías y mejorar la eficiencia. Si bien necesitan infraestructura tecnológica y capacitación en nuevas tecnologías, garantizan consistencia y reducen desperdicios.
- Blockchain para Trazabilidad ofrece transparencia en la cadena de suministro, registrando cada paso de manera inmutable. Aumenta la confianza del consumidor y facilita el cumplimiento regulatorio, aunque su implementación requiere adopción por parte de todos los actores y puede ser costosa.

- Biosensores y Sensores en Línea permiten el monitoreo continuo de la producción, detectando contaminantes o desviaciones en tiempo real. Mejoran la seguridad alimentaria y permiten acciones correctivas inmediatas, aunque implican costos de desarrollo, calibración y mantenimiento.

Tabla 12. Tecnologías para control de calidad.

Tecnología	Descripción	Aplicabilidad	Ventajas	Desafíos
Análisis Espectroscópicos Avanzados	Uso de NIR, RMN y MS para análisis rápidos y no destructivos de la composición química, identificando adulteraciones y garantizando pureza.	Monitoreo de calidad en la producción de extractos, aceites y mantecas.	Mayor precisión y rapidez; control en tiempo real; detección de contaminantes y adulteraciones.	Inversión en equipos de alta tecnología; necesidad de personal altamente capacitado.
Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático	Sistemas que analizan datos complejos para predecir y detectar anomalías en la producción y calidad del producto.	Optimización de procesos y control de calidad en tiempo real.	Mejora eficiencia; reduce desperdicios; garantiza consistencia; detección temprana de problemas.	Infraestructura tecnológica; manejo de grandes volúmenes de datos; capacitación en nuevas tecnologías.
Blockchain para Trazabilidad	Tecnología que registra y verifica cada paso en la cadena de suministro de manera inmutable y transparente.	Trazabilidad desde el cultivo hasta el producto final; garantiza autenticidad y origen.	Aumenta confianza del consumidor; facilita cumplimiento regulatorio; previene fraudes y adulteraciones.	Implementación técnica compleja; requiere adopción por todos los actores de la cadena; costos iniciales.
Biosensores y Sensores en Línea	Dispositivos que detectan y cuantifican en tiempo real contaminantes o compuestos específicos durante la producción.	Monitoreo continuo en la producción de extractos, aceites y mantecas.	Mejora seguridad alimentaria; reduce tiempos de respuesta; permite acciones correctivas inmediatas.	Desarrollo y calibración de sensores específicos; costos de implementación; mantenimiento regular.

9 Comercialización y Acceso a Mercados.

9.1 Análisis de mercado.

Durante el desarrollo del Componente 1. Se realizó un análisis de mercado para los productos relacionados en este documento. A continuación, se relacionan las secciones específicas relacionadas con los productos, pero se invita al lector a revisar el documento “Componente 1.”

9.1.1 Resumen sugerencias de acceso a mercados.

En cuanto al acceso a mercados, se sugiere enfocarse en nichos diferenciados, evitando los mercados de grandes volúmenes. Las entrevistas destacaron la relevancia de preservar la relación entre la especie y el ingrediente, promoviendo el origen colombiano como una característica distintiva. La producción diversificada y la implementación de prácticas circulares son sinónimos de sostenibilidad y representan

factores clave para diferenciar la producción nacional. Específicamente, se aconseja dirigir la extracción de aceites hacia productos con alta capacidad productiva como el maracuyá, la uchuva y el aguacate. Los segmentos de mercado más prometedores son aquellos centrados en el bienestar y el anti-envejecimiento, así como los que valoran lo natural y sostenible. Estratégicamente, es crucial atraer actores interesados en el desarrollo de cadenas productivas.



Diagrama 1. Resumen estrategias.

9.1.2 Resumen de capacidad país ingredientes.

En el desarrollo de la consultoría, se basaron las estimaciones de capacidad del país en la producción primaria de las especies base. Se analizó la oferta disponible de diversos ingredientes naturales intermedios y se evaluaron distintas tecnologías de extracción. Esto permitió determinar las capacidades máximas, medias y mínimas para cada uno de los ingredientes con mayor potencial de las cinco especies priorizadas, que incluyen el asaí, el maracuyá, el cacay, el aguacate y la uchuva.



Diagrama 2. Capacidad país 5 especie-ingrediente.

9.1.3 Resumen estrategias.

El diagrama adjunto condensa los hallazgos del estudio, destacando especialmente las mejoras tecnológicas viables y accesibles adaptadas a situaciones específicas, las cuales son las bases de las estrategias propuestas. Se recomienda una estrategia de procesamiento inicial o local que englobe tanto la producción como un procesamiento diversificado, abarcando distintos productos y enfoques de economía circular, todo ello organizado en clústeres regionales. Además, se aconseja segmentar la estrategia de acceso al mercado según la oferta, teniendo en cuenta los variados niveles de desarrollo y sofisticación de los productos presentados. Así, el acceso al mercado debería enfocarse en la propuesta de valor de cada empresa.



Diagrama 3. Resumen factores claves en la mejora de la competitividad-.

9.2 Estudio de tendencias ingredientes priorizados.

9.2.1 Análisis de tendencias Uchuva.

La uchuva es una fruta exótica perteneciente al género de las solanáceas, al igual que el tomate, y es originaria de América del Sur. También comúnmente llamada physalis, aguaymanto y *golden berry*, se caracteriza por su sabor dulce con un toque ácido, lo que le otorga versatilidad como producto gastronómico en repostería, bebidas, mermeladas o ensaladas. Puede ser consumido crudo y también ser utilizado simplemente como un elemento decorativo debido a su llamativo y atractivo color.

Su composición se caracteriza por tener cerca de un 80% de agua, valor bajo comparado a otras frutas. Por este motivo, presenta más hidratos de carbono que alcanzan cerca del 14% de su peso total. La fibra aporta un 5%, mientras que su contenido de proteínas es escaso y las grasas prácticamente nulas (Fruterías el Naranjo, 2017). Entre sus nutrientes destacan la vitamina A y C, que cumplen roles esenciales en el organismo debido a su actividad antioxidante y participación en procesos metabólicos como el sistema inmunológico. Por su parte, los minerales con mayor presencia son el fósforo, el calcio y el hierro. Debido a su alto contenido en carotenos y actividad antioxidante, se considera a la uchuva como una fruta

beneficiosa para la salud que fortalece el sistema inmunológico y la vista. También posee propiedades diuréticas que ayudan al aparato digestivo y ayudan en la reducción del colesterol.

La uchuva es relativamente conocida en el mercado europeo y es comercializada en mayores volúmenes que otras frutas consideradas exóticas durante todo el año. La transición en la percepción de los frutos exóticos desde un producto de lujo hacia una fuente de nutrientes esenciales y beneficios para la salud representa una oportunidad para el crecimiento de este mercado y la popularización de sus productos (CBI, 2024).

9.2.1.1 PRINCIPALES COMPONENTES

Physalis peruviana L.: (1800 y 3600 msnm | Andina, Cordillera Central)

- **Actividad antioxidante y antimicrobiana:** Presencia de carotenoides, fenoles, flavonoides, taninos, alcaloides, y vitaminas C, B3 y B6, que confieren actividad antioxidante y antimicrobiana (El-Beltagi et al., 2019)
- **Anti Hepatotoxicidad:** Extractos de agua, etanol y hexano que muestran actividades anti hepatotóxicas contra la hepatotoxicidad inducida por CCl4 (Arun & Asha, 2007).
- **Flavonoides y fenoles:** La uchuva exhibe concentraciones elevadas de estos compuestos que poseen fuertes actividades antioxidantes y antiinflamatorias (Wu et al., 2006). Destaca el ácido gálico, identificado como el compuesto fenólico predominante en esta especie (Muñoz et al., 2021).
- **Ácidos grasos:** Presencia de ácidos grasos esenciales, donde predomina el ácido linoleico (Rodrigues et al., 2009). También están presentes ésteres de sacarosa que muestran actividad antiinflamatoria (Franco et al., 2014).

9.2.1.2 Productos Priorizados

Aceite de semilla de uchuva: Se obtiene el aceite de la semilla mediante el lavado, despulpado y prensado a 180°C. La filtración y centrifugación permiten obtener el aceite. Los principales usos son:

- Posee una mezcla de vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos esenciales que mejora la luminosidad de la piel y revitaliza la vitalidad del cabello, aportando funciones a las rutinas de cuidado personal.
- Su versatilidad para congeniar con otros aceites naturales le hacen un gran transportador en la industria cosmética y un gran ingrediente para restaurar la flexibilidad de la piel. Tiene además propiedades humectantes, suavizantes y que mejoran la barrera lipídica revitalizando la piel madura.

9.2.1.3 Tendencias de Mercado

La uchuva está ganando popularidad no sólo debido a su versatilidad gastronómica, sino también debido a las propiedades nutricionales y los beneficios para la piel que aporta el aceite obtenido mediante procesos de extracción a partir de sus semillas. Su alta concentración en vitaminas y propiedades antioxidantes es una de sus características más importantes, lo que le otorga aplicaciones en el campo cosmético del cuidado de la piel y de la salud.

La creciente conciencia sobre los beneficios de los ingredientes naturales y la disposición de los consumidores a encontrar productos de cuidado personal y belleza más saludables han impulsado la demanda de aceites vegetales en la industria cosmética. El aceite de uchuva se posiciona como una alternativa valiosa debido a sus propiedades hidratantes, antioxidantes y regenerativas de la piel. Estas características lo hacen útil en la formulación de productos como cremas hidratantes, sueros faciales, lociones corporales y rutinas antienvjecimiento.

Ante el creciente interés por nuevas formulaciones que incluyan ingredientes, exóticos, novedosos y de un alto valor nutricional, existe un aumento en la investigación y desarrollo de técnicas y métodos de extracción y obtención de aceites naturales. Esto permite obtener mejores rendimientos y hacer el proceso más efectivo, mejorando los volúmenes obtenidos, su calidad y su costo.

Además de su uso en la industria cosmética, el aceite de uchuva también se está utilizando en la industria alimentaria en productos como aderezos para ensaladas, salsas, condimentos y en suplementos dietéticos. Más allá de su sabor característico, su perfil nutricional incluye altos niveles de antioxidantes, vitaminas y ácidos grasos esenciales lo que lo hace valioso para los consumidores preocupados por la salud y el bienestar. También su alto contenido de antioxidantes y potencial actividad anticancerígena han sido motivo de estudios en laboratorio para evaluar su uso en medicamentos y terapias (Badr & Naeem, 2019).

9.2.1.4 Mercado Potencial

Colombia se posiciona como el principal productor y exportador de uchuva a nivel mundial, representando aproximadamente el 90% de la producción mundial y exportando 7.393 toneladas en 2020, de las cuales el 100% corresponde a producto fresco (Wong, 2021). En 2022, las ventas externas de uchuva alcanzaron una cifra récord de USD 38,2 millones y a las 8,541.2 toneladas netas, un incremento del 8,5% respecto a 2021 (Analdex, 2023). Tras Colombia se posicionan Perú y Ecuador, los cuales priorizan la venta de uchuva deshidratada. Estos países poseen la ventaja de poder producir la uchuva durante todo el año, al contrario que otros productores que dependen de la estacionalidad. Entre los mercados de destino destacan Estados Unidos, Canadá y países de la Unión Europea como Francia, Países Bajos y Alemania.

El interés que se ha registrado por los llamados súper alimentos se refleja en una creciente demanda por estos productos con características naturales, orgánicas y saludables. En este sentido, el mercado mundial de alimentos orgánicos superó los US\$100 mil millones por primera vez en el 2018, liderado por EE UU, Alemania y Francia. Mercados emergentes como Asia y Oriente Medio presentan también un enorme potencial y diversifican la demanda por distintos formatos como snacks saludables, pulpa, cereales y mermelada (RedAgricola, 2021). Asia pacífico representa una región de interés debido a su rápido crecimiento poblacional y al aumento del poder adquisitivo y de la demanda por productos saludables en cosméticos, alimentos y bebidas. Por su parte, el Medio Oriente ha aumentado su consumo de alimentos saludables, presenta un PIB creciente y consumidores cada vez más conscientes de su salud (Wong, 2021).

Tabla 13. Ingredientes de la uchuva propiedades, aplicaciones y sector.

Ingrediente	Propiedades	Aplicación	Sector/Industria
Ácido oléico (Omega 9)	Emulsionante, lubricante y emoliente	Brinda estabilidad a los productos, se utiliza como intermediario de otras sales.	Cosmética y cuidado personal
Ácido palmítico	Tensioactivo, emulsionante y emoliente	Reduce la tensión superficial entre la grasa y la suciedad de la piel, proporcionando estabilidad y mejorando la consistencia del producto.	Cosmética y cuidado personal
Ácido linoleico (Omega 3,6)	Antioxidante, hidratante, cicatrizante, antiinflamatorio	Protege la piel contra los rayos UVA, estimula la regeneración cutánea y capilar, e hidrata la membrana celular. Es útil en productos para pieles secas y propensas al acné.	Cosmética y cuidado personal
Vitamina A - Beta caroteno	Antioxidante	Carotenoide precursor de la vitamina A, empleado en productos rejuvenecedores, que además hidrata la piel seca y escamosa.	Cosmética y cuidado personal
Fitoesteroles	Antiinflamatorio, regulador de lípidos de la sangre	Uso en cremas antienvjecimiento, lociones solares y productos infantiles. Muestran efectividad contra la alopecia androgenética.	Cosmética y cuidado personal
		Fomentan la salud cardiovascular. Bloquean la absorción de colesterol en el intestino y lo neutralizan.	Farma y suplementos
Flavonoides	Antioxidantes, antiinflamatorios y antihistamínicos	Utilizados en cremas antienvjecimiento para mejorar la calidad de la piel, aumentar la producción de colágeno y tratar infecciones cutáneas.	Cosmética y cuidado personal
		Se incluyen en medicamentos para la salud cardiovascular, trastornos del sistema nervioso y trastornos gastrointestinales. Su actividad antioxidante y antiinflamatoria también ayuda a prevenir enfermedades.	Farma y suplementos
Pectina	Hidratante, ayuda al tránsito intestinal	Se emplea en formulaciones para el cuidado de la piel y el cabello como mascarillas faciales, cremas y acondicionadores.	Cosmética y cuidado personal
		Se utiliza como agente de recubrimiento para tabletas y cápsulas, facilitando su ingestión y digestión.	Farma y suplementos
Polifenoles	Antioxidantes, antiinflamatorios	Productos para el cuidado de la piel, protectores solares y antienvjecimiento. Reducen la inflamación y mejoran la apariencia general de la piel.	Cosmética y cuidado personal
		Se incluyen en la formulación de medicamentos para la prevención y el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, cáncer y trastornos metabólicos. Los suplementos dietéticos que los incluyen se utilizan para promover la salud general y el bienestar.	Farma y suplementos
Vitamina C	Antioxidante	Se emplea en sueros y cremas para fomentar la regeneración celular y mitigar problemas de pigmentación y acné.	Cosmética y cuidado personal

Ingrediente	Propiedades	Aplicación	Sector/Industria
		Apoya la salud inmunitaria y es esencial para la formación de vasos sanguíneos, cartílagos, músculos y colágeno óseo. Dado que el cuerpo no lo produce, debe obtenerse a través de la dieta.	Farma y suplementos
Vitamina E - Tocoferoles	Antioxidante, antiinflamatorio, anti manchas e hidratante.	Se combina frecuentemente con la vitamina C, ácido ferúlico o niacinamida en sérums para reducir arrugas, mejorar el tono y brindar hidratación y firmeza a la piel.	Cosmética y cuidado personal
		Sirve para proteger la salud ocular, reproductiva, sanguínea, cerebral y cutánea. Además, fortalece el sistema inmunitario al actuar como antioxidante.	Farma y suplementos
Vitamina K	Importante para la coagulación sanguínea y la salud ósea.	Utilizada en cremas y sueros para reducir ojeras y bolsas debajo de los ojos debido a su capacidad para fortalecer los capilares sanguíneos y reducir hematomas.	Cosmética y cuidado personal
		Se utiliza como suplemento o por vía intravenosa para el tratamiento de trastornos de la coagulación de la sangre.	Farma y suplementos
Vitaminas del complejo B	Esenciales para el metabolismo, la función nerviosa y la producción de energía.	Promueven el crecimiento del cabello y fortalecen las uñas. La niacinamida también mejora la barrera cutánea y la apariencia de los poros.	Cosmética y cuidado personal
		Se utilizan en suplementos vitamínicos para promover la salud general y también en medicamentos para tratar deficiencias y algunas condiciones médicas.	Farma y suplementos
Withanólidos	Adaptogénico, pueden ayudar a reducir el estrés y la ansiedad.	Utilizados en suplementos para ayudar al cuerpo a adaptarse al estrés y mejorar su resistencia física y mental.	Farma y suplementos

Fuente: elaboración propia.

9.2.1.5 Segmento De Mercado

Por tipo

La uchuva se comercializa en distintas presentaciones, donde predomina la fruta en su estado natural (56%), seguido por mermelada (15%) y néctar (11%). Entre los canales de compra, lideran supermercados y mercado tradicional (Sierra y selva exportadora, 2021). Colombia y Sudáfrica se han especializado en la exportación del producto en su estado fresco, mientras que Perú y Ecuador exportan fundamentalmente uchuva deshidratada.

Por aplicación

Estudios de la composición físico química de la uchuva y los valores nutricionales encontrados le otorgan aplicaciones como ingredientes en distintos campos. En su potencial destacan las siguientes áreas:

Industria de alimentación

- Consumo de fruta natural y decoración en repostería
- Uchuva deshidratada para el mercado de snacks y frutos secos
- Productos elaborados naturales como mermeladas, jaleas y jugos
- Aceite para ensaladas y aderezos

Industria de cosmética

- Ingredientes para productos cosméticos
- Mascarillas faciales, cremas, sueros, rutinas antienvjecimiento, acondicionadores, champús entre otros productos

Ingredientes de industria farmacéutica

- Suplementos dietéticos y alimentos saludables
- Medicamentos para fortalecer el sistema inmune y la salud cardiovascular.

9.2.1.6 Consumo Local

Colombia posee condiciones climáticas y ambientales favorables para la producción de la uchuva a lo largo de todo el año. Sus requerimientos se ubican en temperaturas entre los 18 a 24 grados centígrados en alturas desde los 2.000 a 2.900 m.s.n.m, con lluvias abundantes durante gran parte del año. La producción se concentra en los departamentos de Antioquía, Boyacá, Cundinamarca y Santander, que concentran cerca del 81% de la producción total, mientras que se estima que aproximadamente el 90% de las exportaciones de la uchuva provienen de Boyacá (Sierra y selva exportadora, 2021).

El mercado interno colombiano estaba bastante limitado debido a la poca familiaridad de la población local con la fruta y al desabastecimiento existente. Sin embargo, la demanda interna se ha ido desarrollando al igual que ha aumentado el total de hectáreas plantadas de uchuva. Esto ha significado un aumento importante en el consumo de esta fruta en Colombia, que pasó de 0,001 kg per cápita en 1995 a 0,16 kg en 2003 y llegando a menos de un kilo en 2019 (Sierra y selva exportadora, 2021).

Desde el 2018, existe una campaña llamada ‘Origen que emociona’ guiada por la Asociación Nacional de Comercio Exterior junto con Procolombia que ha visibilizado y fomentado el consumo de uchuva tanto a nivel local como exterior. Esta campaña busca resaltar los beneficios para la salud, las características y las propiedades de la uchuva además de la importancia de los pequeños productores locales (Sierra y selva exportadora, 2021).

9.2.1.7 Exportaciones

Como se ha mencionado, el principal exportador de uchuva a nivel mundial es Colombia, que concentra cerca del 90% de la producción y exporta la uchuva de forma fresca y natural. El principal mercado para este producto son los Países Bajos, que concentraron el 64,6% de las exportaciones en 2020 con 4.762 toneladas. Le siguen los Estados Unidos con una participación del 11,6% y un crecimiento del 52,8% en el volumen de las importaciones entre 2015 y 2019, siendo el con mayor crecimiento y posicionándose como un mercado clave a futuro. A continuación, otros mercados en orden de importancia son Canadá, Bélgica, Alemania, Brasil y Francia. Estos volúmenes ubican a la uchuva como la quinta fruta fresca de

mayor exportación en Colombia después del banano, aguacate, plátano y gulupa. A nivel de latinoamérica, Perú y Ecuador siguen como los principales exportadores, enfocándose casi exclusivamente en uchuva deshidratada.

Por su parte, el mercado general de aceites esenciales estuvo valorado en 8,8 billones de dólares en 2022, con una tasa de crecimiento anual estimada del 11,8% en el periodo 2022-2027 hasta alcanzar los 15,3 billones. Este crecimiento está impulsado por el auge en las terapias alternativas como la aromaterapia y en la demanda por productos orgánicos, innovadores y sostenibles. Estos tienen aplicaciones en las industrias de alimentos, cosméticos, aromaterapia, cuidado del hogar entre otros, y su origen proviene principalmente de frutas, vegetales, hierbas y flores (Scott, 2024).

9.2.1.8 Precios ingredientes de uchuva.

Tabla 14. Precios ingredientes con base en la uchuva.

Presentación	Formato	Marca	Características	Precio
Aceite de physalis	Aceite	Insumos naturales	1 L	US \$6,36 - \$29,68
Óleo frutal bifásico de uchuva	Aceite	Olé	60 mL	€ 7,33
Inca Berry Bar	Barra	Smart Organic	600 g	€ 17,89
Organic Inca Berry Capsules	Cápsulas	Tonga Herbs	30 g	€ 7,34
Golden Berry	Cápsulas	Ener Green de Monterrey	60 g	€ 10,18
Coenzima Q10	Cápsulas	FLOW	60 g	€ 14,41
Urban Eco Golden Berry C	Crema	The SAEM	1,01 oz	US \$24,00
Anti-Aging Cream (Golden Berry)	Crema	Aypa	50 mL	US \$60,00
Golden Berry Mistletoe	Crema	Bath & Body Works	8 oz	US \$15,50
Urban Eco Golden Berry C Toning Water	Crema	The SAEM	130 mL	US \$17,36
Physalis & Orange Blossoms Uniforming BB	Crema	Delidea	30 mL	€ 8,91
Dried Golden Berries	Fruta Deshidratada	Terrasoul	6 oz.	US \$7,99
Skincare Organic Dried Incaberries	Fruta Deshidratada	Nature's Delight	225 g	AU \$37,35
Goldenberry Fruit Powder - Organic	Polvo	Prescribed For Life	1 kg	US \$79,99
Polvo orgánico de bayas doradas	Polvo	Food to Live	454 g	A consultar
Organic Goldenberry Powder	Polvo	Wild Foods	454 g	US \$49,99

9.2.2 Análisis de tendencias Asaí.

El mercado potencial para el asaí es muy prometedor y ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. El asaí es un fruto originario de la Amazonia y se ha convertido en un súper alimento muy valorado por sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud.

Los frutos tienen un contenido de humedad bajo, una alta cantidad de fibra cruda y bajo contenido de proteína. Gracias a su bajo contenido de carbohidratos, son ideales para desarrollar productos hipocalóricos o con bajo contenido de azúcares.

La presencia de flavonoides y carotenoides confirma su potencial para la extracción de estos compuestos beneficiosos. Además, la presencia de saponinas, cumarinas y taninos sugiere que podrían ser una fuente de compuestos con actividad biológica, como antimicrobianos o citotóxicos. El alto contenido de cianidina 3-glucósido (antocianina) y beta-caroteno (precursor de la vitamina A) respalda su capacidad antioxidante, lo que sugiere su utilidad en la obtención de ingredientes naturales como pigmentos.

Asimismo, pueden ser utilizados para extraer aceite, como subproducto del despulpado, para aplicaciones alimenticias, cosméticas y nutraceuticas. Los frutos también pueden utilizarse para elaborar jugos, helados, mermeladas y otros productos alimenticios a partir de su pulpa.

9.2.2.1 Principales Componentes

Euterpe oleracea Mart: (0-200 msnm | Pacífico, Valle del Magdalena)

- **Esterol:** El consumo de extracto de *Euterpe oleracea* reduce el desarrollo de aterosclerosis disminuyendo la absorción y síntesis de colesterol (Feio et al., 2012).
- **Antocianinas y fenoles:** El jugo de *Euterpe oleracea* es rico en antocianinas y compuestos fenólicos, que son conocidos por sus propiedades antioxidantes y anti-radicales (Coisson et al., 2005).
- **Cianidina 3-O-glucósido y cianidina 3-O-rhamnósido:** Estos compuestos se encontraron en fracciones de *Euterpe oleracea* que inhiben la producción de óxido nítrico y la expresión de la enzima óxido nítrico sintasa inducible (Matheus et al., 2006).
- **Ácidos grasos, aminoácidos y esteroides:** Un análisis completo de la composición nutricional del asaí revela la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados y saturados, 19 aminoácidos y esteroides como B-sitosterol, campesterol y stigmasterol (Schauss et al., 2006).
- **Proantocianidinas:** Los extractos de semillas de *Euterpe oleracea* de diferentes variedades son una fuente de proantocianidinas y tienen actividad de inhibición de la corrosión ecológica (Martins et al., 2021).
- **Ácidos cafeoilquínicos y derivados de apigenina y luteolina:** Se identificaron estos compuestos en extractos de raíces y hojas de *Euterpe oleracea* con alta actividad antioxidante (Brunschwig et al., 2016).

Euterpe precatoria: (0-450 msnm | Amazonía, Guyana y la Serranía de la Macarena, Orinoquia)

- **Antocianinas ricas en antioxidantes:** Un extracto rico en antocianinas de *Euterpe precatoria* puede proteger contra el estrés oxidativo y mejorar la acumulación de especies reactivas de oxígeno in vivo, aunque no se observó un efecto prolongador de la vida (Peixoto et al., 2016).
- **Lignano con actividad antiplasmodial:** De las raíces de *Euterpe precatoria* se aisló un lignano, el cual mostró actividad antiplasmodial moderada (Jensen et al., 2002).

- **Capacidad antioxidante y antiinflamatoria superior:** En comparación con Euterpe oleracea, la pulpa de fruta de Euterpe precatoria mostró una capacidad antioxidante superior en varios ensayos químicos, incluyendo la inhibición dependiente de la dosis del daño oxidativo (Kang et al., 2012).
- **Actividad antioxidante y citotóxica:** Los extractos de Euterpe precatoria y flavonoides aislados de sus raíces y tallos de hojas mostraron actividad antioxidante y fueron menos citotóxicos que el lapachol, un control conocido (Galotta et al., 2008).
- **Compuestos fenólicos y estabilidad térmica:** Una caracterización detallada de los compuestos polifenólicos presentes en los frutos de Euterpe precatoria incluye antocianinas, flavonas, derivados de flavanol y ácidos fenólicos, los cuales mostraron estabilidad térmica moderada (Pacheco-Palencia et al., 2009).

9.2.2.2 Presentaciones Priorizados

Polvo de pulpa de asaí: polvo obtenido del secado por convección con maltodextrina de la pulpa. Principales usos:

- Pigmento natural en productos cosméticos
- Pigmento natural en productos alimenticios

Polvo microencapsulado de asaí: polvo obtenido del secado del secado por aspersión con maltodextrina de la pulpa. Principales usos:

- Pigmento natural en productos cosméticos
- Pigmento natural en productos alimenticios
- Ingrediente en productos nutracéuticos

Otros productos que también se obtienen de la fruta y tienen una buena aceptación en el mercado son: **Aceite de asaí y Extracto de pulpa de asaí.**

Principales Ingredientes

Entre los principales compuestos encontrados en el polvo de asaí que lo hacen interesante para la industria de ingredientes son:

Tabla 15. Ingredientes, propiedades y aplicaciones del Asaí.

Ingrediente	Propiedades	Aplicación	Sector / Industria
Vitamina E - Tocoferoles	Antioxidante, antiinflamatorio, anti manchas e hidratante.	Se combina frecuentemente con la vitamina C, ácido ferúlico o niacinamida en sérums para reducir arrugas, mejorar el tono y brindar hidratación y firmeza a la piel.	Cosmética y cuidado personal
		Sirve para proteger la salud ocular, reproductiva, sanguínea, cerebral y cutánea. Además, fortalece el sistema inmunitario al actuar como antioxidante.	Farma y suplementos

Ingrediente	Propiedades	Aplicación	Sector / Industria
Ácido palmítico	Tensioactivo, emulsionante y emoliente	Reduce la tensión superficial entre la grasa y la suciedad de la piel, proporcionando estabilidad y mejorando la consistencia del producto.	Cosmética y cuidado personal
Vitamina A - Beta caroteno	Antioxidante	Carotenoide precursor de la vitamina A, empleado en productos rejuvenecedores, que además hidrata la piel seca y escamosa.	Cosmética y cuidado personal
Ácido linoleico (Omega 3,6)	Antioxidante, hidratante, cicatrizante, antiinflamatorio	Protege la piel contra los rayos UVA, estimula la regeneración cutánea y capilar, e hidrata la membrana celular. Es útil en productos para pieles secas y propensas al acné.	Cosmética y cuidado personal
Vitamina B3 - Niacina	Antioxidante, hidratante, antiinflamatorio	Antocianidina que se emplea para disminuir el acné y la rosácea, regular la sensibilidad a la luz solar y mejorar el tono y textura de la piel.	Cosmética y cuidado personal
		Manutención de la piel, nervios y digestión saludable. Control del nivel de colesterol.	Farma y suplementos
Ácido oléico (Omega 9)	Emulsionante, lubricante y emoliente	Brinda estabilidad a los productos, se utiliza como intermediario de otras sales.	Cosmética y cuidado personal
Fito- esteroides y Esteroides	Antiinflamatorio, regulador de lípidos de la sangre	Usado en cremas antienvjecimiento, lociones solares y productos infantiles. Muestran efectividad contra la alopecia androgenética.	Cosmética y cuidado personal
		Fomentan la salud cardiovascular. Bloquean la absorción de colesterol en el intestino y lo neutralizan.	Farma y suplementos

Fuente: elaboración propia.

9.2.2.3 Tendencias De Mercado

El asaí ha ganado popularidad en todo el mundo debido a sus beneficios para la salud y su versatilidad en la cocina. Este súper alimento es rico en antioxidantes, vitaminas, minerales y ácidos grasos esenciales. También se le atribuyen propiedades antiinflamatorias, energizantes y beneficios para el sistema inmunológico

El crecimiento en la demanda de bayas de asaí en la industria de la cosmética se proyecta como un impulso para el desarrollo del mercado global. Se considera que estas bayas ofrecen una gama amplia de ventajas para la piel, tales como fomentar una apariencia juvenil y resplandeciente, mejorar la textura y el tono cutáneo, y disminuir la visibilidad de líneas finas y arrugas. El notable potencial de las bayas de asaí ha impulsado su popularidad en el ámbito de la cosmética, lo cual ha motivado a numerosas empresas a innovar en sus productos, propiciando así el incremento en el crecimiento del mercado.

Otro factor de crecimiento que estimula el mercado global es el aumento en la demanda de bayas de asaí como suplemento nutricional. Esto se atribuye a sus elevados niveles de antioxidantes, fibra y grasas saludables. La fibra presente en las bayas de asaí puede contribuir a promover la salud

digestiva al regular los movimientos intestinales y favorecer el desarrollo de bacterias benéficas en el intestino. La ingesta de suplementos nutricionales ha experimentado un incremento en muchos países. Por ejemplo, según investigaciones, casi el 77% de los estadounidenses consume al menos un suplemento. El alto contenido nutritivo de las bayas de asaí y sus potenciales beneficios para la salud las han convertido en un suplemento nutricional muy popular en los últimos años. Esto ha elevado la popularidad de las bayas de asaí como suplemento nutricional, fortaleciendo aún más el crecimiento del mercado.

Así mismo, es importante destacar que la exportación se realiza principalmente en forma de polvo en lugar de pulpa congelada cuando no se dispone de la logística necesaria para mantener la cadena de frío (menos 20°C). Sin embargo, el mercado tiende a preferir la pulpa sobre el polvo debido a que el proceso de liofilización es costoso, siendo Brasil el principal exportador de pulpa. Europa suele priorizar la calidad del producto sobre el precio, a diferencia del mercado americano. Es interesante notar que a partir de 500 toneladas de pulpa se pueden obtener hasta 130 toneladas de polvo.

Un importante desafío en el mercado de las bayas de asaí radica en su elevado costo. Otro factor significativo es la falta de conocimiento sobre los beneficios y contraindicaciones de esta fruta también se prevé como un obstáculo para el crecimiento del mercado durante el período de pronóstico (2024-2030).

9.2.2.4 Mercado Potencial.

La principal fuente mundial de asaí proviene de las poblaciones naturales y cultivadas de *Euterpe oleracea* en el noreste de la Amazonia brasileña (Homma, 2006). Además, una pequeña, pero aún no cuantificada contribución proviene de poblaciones naturales de *Euterpe precatoria* en el norte y noroeste de Brasil (Wallace, 1999; Rocha, 2002; WWF, 2013). Aunque la especie tiene un impacto limitado en el mercado internacional en la actualidad, sigue siendo un recurso significativo para satisfacer las necesidades de autoconsumo en la Amazonía, incluida Colombia.

Según un estudio realizado por Tridge, se prevé que el mercado mundial de asaí congelado alcance un valor de **USD 1.2 billones de dólares en el año 2027**, y se estima que el mercado mundial registrará una **Tasa de Crecimiento Anual Compuesta (CAGR) del 12.2%**. Este crecimiento se debe en gran medida a la creciente demanda de productos alimenticios saludables y a la popularidad del asaí como ingrediente en la industria de los alimentos y bebidas.

Además, a nivel global, el segmento centrado en la pulpa lidera el mercado de las bayas de asaí. Debido a su breve vida útil, es esencial procesar rápidamente la pulpa de estas bayas para prevenir su deterioro, generalmente mediante la liofilización para conservar su valor nutricional y extender su durabilidad. Los productos derivados de la pulpa de bayas de asaí representaron la mayor parte del mercado mundial de este producto en el año 2023 y se espera que mantengan un crecimiento anual compuesto (CAGR) del 5.9% durante el período proyectado (2024-2030). Esta notable tasa de crecimiento se vincula con la demanda en los sectores de cosméticos orgánicos y atención médica especializada. Dado que ciertos fármacos y cremas requieren pulpa de bayas de asaí como ingrediente primordial, se anticipa que los productos derivados de la pulpa de estas bayas sean los que experimenten el mayor CAGR en el período mencionado anteriormente.

9.2.2.5 Segmento De Mercado

Por aplicación

Según el estudio realizado por Cluster Development para la *construcción de un plan de acción destinado a cerrar las brechas de competitividad en la cadena de valor de ingredientes naturales para cosméticos*, la baya de asaí destaca como un fruto con un gran potencial para su transformación en ingrediente para diversas industrias, entre las que se incluyen:

Industria de alimentación (novel food)

- Ingredientes saludables
- Suplementos dietarios

Industria de cosmética

- Cosmética natural

Así mismo, en 2023, el sector de alimentos y bebidas se posicionó como el de mayor participación en el mercado global de bayas de asaí, impulsado principalmente por su creciente uso en ensaladas, jugos, vinos y otros productos consumibles. Por otro lado, se anticipa que el sector cosmético experimentará una destacada tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 5.4% durante el período de pronóstico (2024-2030). Este aumento se atribuye a la creciente integración de las bayas de asaí en perfumes, ambientadores, velas y productos similares. La preferencia de los consumidores por productos cosméticos orgánicos también impulsa la demanda de estas bayas en este sector.

Por región

El informe de Cluster Development también identifica los siguientes mercados prioritarios:

- En el corto plazo: Consumo nacional e internacional: Estados Unidos
- En el mediano plazo: Alemania, Francia, España
- En el largo plazo: Corea del Sur, México, Suiza y China

Analizando por regiones, en el 2023, América del Norte lideró el mercado mundial de bayas de asaí. Esta predominancia puede atribuirse a las significativas importaciones realizadas en comparación con otras regiones. Solo Estados Unidos importó productos por un valor de US \$707 millones en 2022, mientras que Canadá importó productos por un valor de US \$156 millones en el mismo año.

Por su parte, China ocupó la mayor parte del mercado de bayas de asaí en la región de Asia-Pacífico en 2023 y se espera que esta región experimente la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) más alta durante el período de pronóstico (2024-2030). En 2022, China importó productos por un valor de US \$395 millones, y Japón fue otro país de la región de Asia-Pacífico que tuvo un papel destacado, con importaciones por un valor de US \$160 millones.

En Europa, Alemania lideró el mercado de bayas de asaí en 2022, con importaciones por un valor de US \$300 millones, seguido por Francia con US \$208 millones y los Países Bajos con US \$158 millones, respectivamente.

9.2.2.6 Consumo Local

En cuanto al consumo local, se menciona que este es aún incipiente en Colombia debido a la falta de promoción de la fruta en el país. Así mismo, no existe un mercado local consolidado y no se cuenta con datos oficiales sobre su uso en la industria nacional y se estima que, en el 2020, el consumo interno de asaí fue de apenas 1 tonelada.

Como información provisional CorpoCampo, una empresa colombiana dedicada al cultivo y exportación de este fruto a más de 12 países de Europa, Asia y Oceanía, procesándolo en plantas ubicadas en Tumaco, Guapi y Putumayo. De los 5 millones de toneladas únicamente el 2% se queda en territorio nacional.

9.2.2.7 Exportaciones

El asaí proveniente de Colombia ha logrado conquistar mercados internacionales. Asimismo, hay oportunidades de exportación hacia otros países, como Corea del Sur, que se ha identificado como un posible mercado para el asaí colombiano.

A pesar de la falta de datos oficiales sobre las exportaciones de asaí, según información proporcionada por la empresa Corpocampo en 2017, se estima que actualmente se exportan unas 5.000 toneladas del producto anualmente a Europa y Estados Unidos. Este fruto está ganando popularidad entre los colombianos, al igual que ha sucedido con los consumidores europeos, estadounidenses y chilenos, a donde se enviaron 5.000 toneladas del alimento el año 2016.

9.2.2.8 Precios Asaí en diferentes presentaciones.

Tabla 16. Precios del asaí en diferentes presentaciones.

Presentación	Marca	Características	Precio
Asaí fresco	Tridge	1 kg	1.77 US\$
Asaí liofilizado en polvo	EcoAndes	10 kg	925.20 €
Asaí Liofilizado en Polvo Bio	Isuari	1 kg	103.55 €
Asaí en polvo	Grans de la Terra	50 gr	7.00 €
Pulpa Asaí BIO 14% Premium	Almalibre	400 gr	6.90 €
Asaí Liofilizado	Almalibre	70 gr	10.90 €
Asaí en polvo ECO	Salud Vida	50 gr	11.16 €
Aceite de Asaí Virgen Bio	Qerlan	125 ml	14.95 €
Aceite de asaí virgen BIO	Camassia	1 l	107.00 €
Aceite de asaí	Nature in bottle	20 kg	725.00 €

Fuente: elaboración propia.

9.2.3 Análisis de tendencias Maracuyá.

El maracuyá (*Passiflora edulis*), también conocido como fruta de la pasión, es originario de las regiones tropicales y subtropicales, en particular de América del Sur. Esta fruta es apreciada por su balance nutricional y beneficios para la salud. Se ha identificado una amplia gama de más de 110 fitoquímicos en distintas partes de la planta, entre los que destacan los flavonoides y triterpenoides, que contribuyen a sus diversas propiedades biológicas y efectos sobre la salud, incluyendo actividades antioxidantes, antihipertensivas, antitumorales, antidiabéticas y hipolipemiantes (He et al., 2020).

Por lo tanto, el maracuyá es una fruta altamente valorada no solo por su sabor único y aplicaciones culinarias, sino también por sus diversos beneficios para la salud, lo que la convierte en un ingrediente natural destacado tanto en la dieta como en aplicaciones terapéuticas. En la siguiente sección, se profundizará en los componentes identificados para el producto.

9.2.3.1 Principales componentes.

Las partes del maracuyá con análisis de sus componentes son: hojas, cascara del fruto, semilla y pulpa.

- C-glucosilflavonas, responsables de efectos antiinflamatorios (Zucolotto et al., 2009).
- Flavonoides C-glicosídicos, que mejoran el control glucémico y reducen la agregación plaquetaria en ratas diabéticas (Salles et al., 2019).
- Metabolitos secundarios, incluyendo O-flavonoides, C-flavonoides, glicósidos cianogénicos y ácidos grasos, con efectos ansiolíticos (Otify et al., 2015).
- Fitoesteroles, que pueden tener actividad neurofarmacológica (Sena et al., 2009).
- Compuestos fenólicos, que actúan como antioxidantes y podrían ser considerados como nuevas fuentes de antioxidantes naturales (Zeraik et al., 2011).
- Piceatannol, que inhibe la melanogénesis y promueve la síntesis de colágeno (Matsui et al., 2010).
- Isoorientin, vicenin-2 y spinosin, identificados en las fracciones activas del extracto de hojas, con potenciales efectos antiinflamatorios y antioxidantes (Zucolotto et al., 2009).

9.2.3.2 Presentaciones priorizadas.

En los estudios previos se menciona el extracto de maracuyá, pero, además, según la revisión realizada el aceite de maracuyá también está siendo utilizado en

Tabla 17. Ingredientes del maracuyá, propiedades, aplicaciones y sectores.

Ingrediente	Propiedades	Aplicación	Sector / Industria
Extracto de maracuyá.	El extracto de maracuyá se obtiene a partir de la pulpa y las	Utilizado en cremas, lociones, mascarillas faciales y productos para el cabello.	Cosmética.

Ingrediente	Propiedades	Aplicación	Sector / Industria
	semillas de la fruta. Es rico en vitaminas A y C, antioxidantes, minerales como potasio y magnesio, y compuestos bioactivos incluyendo flavonoides y carotenoides.	Componente de suplementos dietéticos y productos naturales para la salud.	Alimentos y bebidas.
		Sus propiedades antiinflamatorias y calmantes son aprovechadas en productos que ayudan a manejar el estrés, mejorar la calidad del sueño y apoyar la función inmunológica.	Nutraceútica.
Aceite de maracuyá.	El aceite de maracuyá es especialmente rico en ácidos grasos esenciales, destacándose el ácido linoleico (Omega 6) por sus reconocidas propiedades hidratantes y regenerativas de la piel. Además, este aceite contiene altos niveles de vitaminas A y C, ambos poderosos antioxidantes que contribuyen a la salud y vitalidad de la piel.	El aceite de maracuyá se utiliza en productos para el cuidado de la piel, como cremas hidratantes, serums, aceites faciales, y productos para el cuidado del cabello, como acondicionadores y mascarillas.	Cosmética.
		Integrado en formulaciones de productos tópicos para tratar condiciones de la piel como psoriasis, eczema, y dermatitis debido a sus propiedades antiinflamatorias.	Farmacéutica.

Fuente: elaboración propia.

9.2.3.3 Tendencias de mercado.

Según Transparency Market Research, el aceite de semilla de maracuyá tiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes que son útiles para el cuidado de la piel y el cabello. Es el que permite el crecimiento del mercado en todo el mundo. Además, el creciente uso de aceite de semilla de maracuyá en aplicaciones de cosmetología se ve reflejado en el crecimiento del mercado. La creciente popularidad del aceite de semilla de maracuyá, saludable y rico en vitaminas, impulsará el mercado (Transparency Market Research, 2020). En este mismo análisis se menciona la preferencia por el aceite refinado con una participación del total de mercado del 60.4 %. El aceite orgánico para 2020, todavía tenía una menor participación en el mercado con el 15 %.

9.2.3.4 Mercado potencial.

Según Transparency Market Research, el mercado del aceite de maracuyá, para 2030, es probable que el mercado supere los 3.700 millones de dólares para 2030. A lo largo del período de previsión, es probable crecerá a una tasa compuesta anual del 5,4% (Transparency Market Research, 2020).

Según Future Market Insights Se espera que el tamaño del mercado del extracto de fruta de la pasión global sea de US \$ 634.9 millones en 2023. Se prevé que la demanda mundial de extractos de pasión fruta aumente a una tasa compuesta anual de 8.4% de 2023 a 2033. Se proyecta que el valor de mercado total alcance US \$ 1,420.3 millones para 2033 (Future Market Insight, 2023).

9.2.3.5 Segmento de mercado.

Mercados de aceites refinados para cosmética. Los aceites refinados para cosmética representan un segmento de mercado en el que se enfoca en la utilización de aceites procesados y purificados, como el

de maracuyá, para formulaciones cosméticas. Estos aceites son apreciados por sus propiedades emolientes, hidratantes y regenerativas. Se utilizan en productos como cremas, serums, lociones y productos para el cabello. Este mercado valora altamente la pureza y la calidad debido a su impacto directo en la efectividad y la sensación de los productos cosméticos.

Mercados de bebidas funcionales. El mercado de bebidas funcionales incluye productos diseñados para ofrecer beneficios de salud adicionales más allá de la nutrición básica. Estas bebidas pueden incluir ingredientes como extractos de maracuyá, vitaminas, minerales, antioxidantes, y otros compuestos que promueven la salud como probióticos. Se comercializan para apoyar la energía, la digestión, el rendimiento deportivo, y el bienestar general. Este segmento ha crecido rápidamente, impulsado por consumidores que buscan conveniencia y funcionalidad en sus opciones de bebida. El uso de el extracto de maracuyá además puede ofrecer propiedades nutricionales de la fruta, adicional al sabor exótico que ha sido reconocido en el exterior.

9.2.3.6 Precio de Maracuyá en diferentes presentaciones.

Tabla 18. Precios de ingredientes maracuyá.

Presentación	Marca	Características	Precio
Aceite líquido.	Nature In Bottle	Aceite de semilla extraído por presión en frío. Precio por 1 kg. Precio Al por menor (Origen Perú).	37.05 USD
Aceite líquido.	Nature In Bottle	Aceite de semilla extraído por presión en frío. Precio por 1 kg. Precio Al por mayor. Origen Perú-.	17.23 USD
Aceite líquido.	Katyani	Precio por Kilogramo, orden mínima 2 kilogramos.	38.00 USD
Extracto de Maracuyá	Healthcare Factory.	Extracto en polvo de maracuyá. Por kilogramo. Vietnam.	2 USD.

Fuente: elaboración propia. Revisión de páginas web.

9.2.4 Análisis de tendencias Cacay.

El aceite de cacay, conocido también como aceite de kahai, es altamente valorado en el mercado de productos naturales para el cuidado de la piel. Se extrae de los árboles de cacay en América del Sur, especialmente en Colombia. Es un proceso, donde las vainas de semillas verdes, son sometidas a una extracción en frío que preserva sus propiedades naturales y beneficios nutricionales. Lo que resulta es un aceite que, aparte de su riqueza en vitamina E y ácido linoleico, también alberga una gama impresionante de nutrientes como grasas, proteínas, hierro, fósforo, sodio, potasio, vitamina C y carotenos.

Se utiliza en una variedad de productos de cuidado personal y también en la industria alimentaria. La alta concentración de vitamina E y ácido linoleico lo hace excepcionalmente nutritivo, rejuvenecedor y revitalizante para la piel, mientras que sus nutrientes adicionales son interesantes para productos alimenticios.

Con un mercado global segmentado por aplicaciones, canales de distribución y regiones, el aceite de cacay está en auge gracias a su enfoque en ingredientes naturales y al creciente interés de los consumidores por productos de cuidado personal y alimentos saludables. Sin embargo, a pesar de su crecimiento, enfrenta desafíos como la competencia con otros aceites faciales y su precio relativamente alto, pero su potencial y versatilidad lo colocan en una posición destacada en el mundo de los productos naturales y de cuidado personal.

9.2.4.1 Principales Componentes.

Caryodendron orinocense: (350 - 1300 m | Amazonía, Andes, Orinoquia, llanos orientales)

- **Actividad antioxidante:** La caracterización química del aceite de semillas de *Caryodendron orinocense* revela un destacado contenido de compuestos como β -sitosterol, campesterol, estigmasterol, escualeno y vitamina E. La capacidad antioxidante evaluada por el ensayo DPPH resalta el desempeño del aceite de semillas de *C. orinocense*, lo que podría sugerir su uso en nutrición y otras aplicaciones industriales (Radice et al., 2014).
- **Alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados:** El aceite de *Caryodendron orinocense* tiene un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido linoleico (75.13%), lo cual lo hace potencialmente beneficioso para la salud humana. Su relación de ácidos grasos poliinsaturados a saturados es de 6.50, lo que cumple con las normas venezolanas para aceites vegetales comestibles, excepto por el contenido de humedad y el índice de acidez (AlfaroMde & de Padilla Fc, 1994).
- **Potencial en cosmética:** Evaluaciones físicas, químicas y toxicológicas indican que el aceite de *Caryodendron orinocense* es adecuado para formulaciones cosméticas. Sus propiedades organolépticas, viscosidad, densidad específica, extensibilidad y absorción UV, junto con su perfil de ácidos grasos y bajo índice de peróxidos, respaldan su uso en la industria cosmética (Pérez de R, Alfaro & Padilla, 1999).

9.2.4.2 Productos Priorizados²

Aceite de semilla de cacay³: aceite extraído de las semillas del árbol de cacay mediante un proceso de prensado en frío. Principales usos:

- Hidratante natural para la piel y el cabello
- Ingredientes en productos de cuidado personal como lociones, cremas y sueros

Aceite de nuez de cacay⁴: aceite obtenido de las nueces del árbol de cacay mediante un proceso de prensado en frío. Principales usos:

- Nutriente rico para la piel y el cabello, gracias a su alto contenido de ácidos grasos esenciales y antioxidantes

² Clúster Development 2.2.2 Anexo 1 Información para la priorización de especies

³ INCI: CARYODENDRON ORINOCENSE SEED OIL | CAS: 1453469-52-7

⁴ INCI: CARYODENDRON ORINOCENSE NUT OIL

- Ingrediente en productos de cuidado personal como aceites corporales, acondicionadores y mascarillas capilares.

9.2.4.3 Principales Ingredientes.

Entre los principales compuestos encontrados en el aceite de cacay que lo hacen interesante para la industria de ingredientes son:

Ingrediente	Propiedades	Aplicación	Sector / Industria
Vitamina E - Tocoferoles	Antioxidante, antiinflamatorio, anti manchas e hidratante.	Se combina frecuentemente con la vitamina C, ácido ferúlico o niacinamida en sérums para reducir arrugas, mejorar el tono y brindar hidratación y firmeza a la piel.	Cosmética y cuidado personal
		Sirve para proteger la salud ocular, reproductiva, sanguínea, cerebral y cutánea. Además, fortalece el sistema inmunitario al actuar como antioxidante.	Farma y suplementos
Ácido esteárico y palmítico	Tensioactivo, emulsionante y emoliente	Reduce la tensión superficial entre la grasa y la suciedad de la piel, proporcionando estabilidad y mejorando la consistencia del producto.	Cosmética y cuidado personal
Escualeno	Antioxidante, antiinflamatorio, emoliente, hidratante, analgésico	Utilizado como escualeno a partir de la hidrogenación del escualeno. Usado para tratar pieles saturadas o maduras, y afectaciones como acné, eczema y psoriasis.	Cosmética y cuidado personal
		Se usa como adyuvante en vacunas para potenciar la respuesta inmunitaria y en el transporte de fármacos para aumentar su biodisponibilidad.	Farma y suplementos
Ácido linoleico (Omega 3,6)	Antioxidante, hidratante, cicatrizante, antiinflamatorio	Protege la piel contra los rayos UVA, estimula la regeneración cutánea y capilar, e hidrata la membrana celular. Es útil en productos para pieles secas y propensas al acné.	Cosmética y cuidado personal
Vitamina B1 - Tiamina	Hidratante, cicatrizante	Refuerza la barrera epitelial, proporcionando hidratación y protección contra agentes externos. También estimula la renovación celular.	Cosmética y cuidado personal
		Vital para el crecimiento y la función saludable de los órganos.	Farma y suplementos
Vitamina B3 - Niacina	Antioxidante, hidratante, antiinflamatorio	Antocianidina que se emplea para disminuir el acné y la rosácea, regular la sensibilidad a la luz solar y mejorar el tono y textura de la piel.	Cosmética y cuidado personal
		Manutención de la piel, nervios y digestión saludable. Control del nivel de colesterol.	Farma y suplementos
Vitamina B6 - Piridoxina	Nutriente y metabolizador	Ayuda a producir nuevos glóbulos rojos, síntesis de neurotransmisores, y ayuda a fortalecer el sistema inmunitario.	Farma y suplementos

Ingrediente	Propiedades	Aplicación	Sector / Industria
Vitamina B9 - Ácido fólico	Regenerativo. Producción de ADN y material genético	Regenerador celular, refuerza la densidad de la piel. Se utiliza en productos antienvjecimiento.	Cosmética y cuidado personal
		Utilizado durante el embarazo para reducir riesgo de defectos de nacimiento.	Farma y suplementos
Ácido oléico (Omega 9)	Emulsionante, lubricante y emoliente	Brinda estabilidad a los productos, se utiliza como intermediario de otras sales.	Cosmética y cuidado personal
Fito- esteroles y Esteroles	Antiinflamatorio, regulador de lípidos de la sangre	Usado en cremas antienvjecimiento, lociones solares y productos infantiles. Muestran efectividad contra la alopecia androgenética.	Cosmética y cuidado personal
		Fomentan la salud cardiovascular. Bloquean la absorción de colesterol en el intestino y lo neutralizan.	Farma y suplementos

9.2.4.4 Tendencias De Mercado.

El aceite de cacay ha experimentado un notable crecimiento en el mercado global en los últimos años, impulsado por diversos factores. Este aceite, rico en vitamina E, retinol y ácidos grasos esenciales, se ha convertido en un ingrediente destacado en productos antienvjecimiento, gracias a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, que protegen la piel contra el daño ambiental y reducen la inflamación. Además, el aceite de cacay es reconocido por su capacidad para mejorar la hidratación, elasticidad y luminosidad de la piel.

Como fuente natural de vitamina E y ácido linoleico, el aceite de cacay también ofrece beneficios para la salud cardiovascular y cerebral, además de contribuir a la reducción del colesterol, la mejora de la salud capilar y el aumento de la energía.⁵

El aumento de la demanda de productos naturales y sostenibles ha fomentado la innovación en el mercado del aceite de cacay. Los fabricantes están desarrollando nuevos productos que incorporan este aceite, como cremas faciales, serums, aceites capilares y suplementos nutricionales, para diversas aplicaciones en las industrias farmacéutica, alimentaria y del cuidado personal.⁶

El mercado del aceite de cacay enfrenta desafíos como su precio relativamente alto debido al proceso laborioso y la cantidad de materia prima requerida, así como la falta de conocimiento sobre sus beneficios entre los consumidores. Sin embargo, existen oportunidades significativas para su crecimiento, como la creciente demanda de productos naturales y sostenibles, la popularidad creciente del aceite de cacay en cosméticos y suplementos nutricionales, así como la continua innovación en productos y aplicaciones.⁷

9.2.4.5 Mercado Potencial.

⁵ [Cacay, un buen negocio - ABC del Finkero \(finkeros.com\)](#)

⁶ [Cacay, la nuez colombiana para cosméticos que fascina al mundo | PROCOLOMBIA](#)

⁷ [Kahai Oil Market Size, Share & Growth Report 2032](#)

El producto pertenece a la categoría de grasas y aceites vegetales fijos, así como a otras preparaciones capilares, de las cuales Colombia exporta aproximadamente \$53 millones al año. A nivel global, las compras de estos productos alcanzan los \$17 mil millones, lo que indica una considerable oportunidad en el mercado mundial para este tipo de aceites.⁸

En lo que respecta al mercado de este fruto, se ha puesto especial atención en las nueces, de las cuales se extraen aceites y harinas altamente nutritivos, ampliamente utilizados en las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria. El aceite de cacay de Colombia presenta un prometedor potencial de mercado tanto para el consumo interno como para la exportación a Estados Unidos y Europa. La agricultura del cacay en Colombia está generando oportunidades económicas sostenibles en toda la región de Orinoquía. La posibilidad de obtener ingresos más estables y robustos provenientes del árbol de cacay puede incentivar a las comunidades agrícolas a intensificar sus esfuerzos en la preservación del entorno local.

Adicionalmente, para fortalecer el sector, el programa nacional en colaboración con la Iniciativa sobre Paisajes Forestales Sostenibles del Fondo del Biocarbono del Banco Mundial busca fomentar la producción agrícola sostenible, incluyendo la del cacay, con el objetivo de reducir las emisiones derivadas del sector vinculado al uso de la tierra.⁹

Se espera que el mercado del aceite de cacay continúe expandiéndose en los próximos años, especialmente en regiones clave como América del Norte, Europa, Asia Pacífico y América Latina, donde se espera un crecimiento particularmente rápido en Asia Pacífico debido al aumento de la conciencia sobre la salud y el bienestar, junto con el crecimiento de la clase media.

9.2.4.6 Segmento De Mercado.

Por aplicación

El aceite de cacay se destaca como un producto natural con un gran potencial para su transformación en ingrediente para diversas industrias, entre las que se incluyen:

Industria cosmética:

- Cuidado de la piel: El aceite de cacay es rico en vitamina E, retinol y ácido linoléico, lo que lo convierte en un ingrediente ideal para productos antienvjecimiento, hidratantes y regeneradores.
- Cuidado del cabello: Su alto contenido en ácidos grasos esenciales nutre y fortalece el cabello, combatiendo la sequedad, el frizz y la caída del cabello.

Industria farmacéutica:

- Productos antiinflamatorios: El aceite de cacay posee propiedades antiinflamatorias gracias a su contenido en ácido linoléico, lo que lo hace útil para el tratamiento de afecciones como la artritis y la psoriasis.

⁸ [El cacay, la nuez de moda que construye paz – Kahai](#)

⁹ [Agricultores colombianos presentan el «oro amazónico» al mundo \(bancomundial.org\)](#)

- Productos antienvjecimiento: Sus propiedades antioxidantes y su alto contenido en vitamina E lo convierten en un aliado para combatir los signos del envejecimiento y proteger la piel del daño solar.

Industria alimentaria:

- Suplementos dietéticos: El aceite de cacay es una fuente natural de vitamina E, retinol y ácidos grasos esenciales, lo que lo convierte en un complemento ideal para una dieta saludable.
- Ingrediente funcional: Su alto contenido en antioxidantes y su sabor neutro lo hacen ideal para su uso en la elaboración de productos como aderezos, salsas y bebidas.

Por región ¹⁰

El informe de Cluster Development también identifica los siguientes mercados prioritarios:

- En el corto plazo: Consumo nacional e internacional: Estados Unidos
- En el mediano plazo: Alemania, Francia, España
- En el largo plazo: Corea del sur, México y Japón

En 2022, América del Norte lideró el mercado global de aceites naturales con exportaciones valuadas en US \$573,000. Esta posición predominante se debe principalmente a la creciente demanda de productos naturales y saludables en la región, motivada por la alta incidencia de enfermedades crónicas como la obesidad y las enfermedades cardíacas. Estados Unidos, en particular, ha visto un incremento significativo en la popularidad de este aceite debido a sus beneficios reconocidos para la salud y la estética.

En Europa, Francia encabezó el mercado de aceites naturales en 2022 con importaciones valoradas en aproximadamente US \$208,000. La creciente demanda de productos naturales y orgánicos está impulsando su mercado en Europa. Se anticipa que este sector seguirá en expansión en los próximos años debido a la creciente popularidad de los productos para el cuidado de la piel y el cabello elaborados con este ingrediente.¹¹

CONSUMO LOCAL

En Colombia, el sector naturista engloba a diversos actores, como cultivadores de plantas, distribuidores y comercializadores de plantas aromáticas y medicinales, laboratorios de productos fitoterapéuticos, homeopáticos, cosméticos y alimenticios, así como comercializadores e importadores de productos naturales, tiendas naturistas y farmacias homeopáticas. Esta industria representa una fuerza significativa en la economía del país, generando alrededor de 50,000 empleos directos y contando con aproximadamente 9,000 tiendas, 250 distribuidores autorizados y 37 laboratorios en todo el territorio nacional. Las ventas estimadas alcanzan los \$3,000 millones, mientras que las contribuciones fiscales

¹⁰ Clúster Development 2.2.2 Anexo 1 Información para la priorización de especies

¹¹ [Plan de exportación de aceite de cacay \(eia.edu.co\)](http://eia.edu.co)

ascienden a \$16,000 millones entre fabricantes y consumidores, y más de \$22,000 millones por parte de los comercializadores.¹²

Por otra parte, la industria cosmética en general registra ventas anuales cercanas a los \$10,000 millones de dólares, con un crecimiento anual del 8%. Este sector se distingue por su constante búsqueda de nuevas sustancias y la diferenciación de insumos que permitan la incorporación de nuevos ingredientes ofrecidos por la diversidad biológica. Aunque el mercado cosmético colombiano está maduro, presenta oportunidades para grandes, medianos y pequeños productores interesados en un mercado en crecimiento y expansión, caracterizado por una oferta limitada y una demanda creciente, lo que representa una oportunidad para el crecimiento de la industria y el desarrollo científico del país.

El aceite de cacay ha despertado el interés de empresas nacionales dedicadas a la fabricación de cosméticos y otros productos a base de materias primas naturales. A pesar de que en el 2020 solo había 750 hectáreas cultivadas en Colombia, el emprendimiento de la finca Arlés tiene como objetivo liderar el sector para alcanzar unas 1,000 hectáreas en todo el país, utilizando tecnología e inteligencia artificial.¹³

Según un informe de la Gobernación del Meta, las empresas de este departamento exportaron 2.5 toneladas de aceite de cacay en el 2021 a mercados de Europa, sudeste asiático, países árabes, Norteamérica y Australia. A nivel nacional, el mercado se concentra en ciudades capitales como Bogotá, Medellín, Cali y Villavicencio, donde se pueden encontrar productos como aceites, nueces, cremas faciales y corporales, jabones y proteína vegetal. Aunque la producción de 2023 fue limitada, la capacidad instalada para procesar oscila entre 200 y 300 toneladas de aceite.¹⁴

EXPORTACIONES

El aceite de cacay colombiano se encuentra actualmente presente en diversos mercados internacionales, incluyendo Estados Unidos, el Reino Unido, Corea del Sur, Francia, España, Australia, Canadá y Tailandia. Este aceite, conocido por su alta calidad, puede llegar a tener precios significativos, llegando a superar los USD 30 por botella de casi 30 mililitros en tiendas minoristas de Estados Unidos.

Colombia lidera la producción a gran escala de aceite de cacay a nivel mundial, lo que le proporciona una ventaja competitiva en el mercado internacional. Sin embargo, para aumentar las exportaciones en los próximos años, será crucial incrementar los volúmenes de producción, ampliar la capacidad de procesamiento y asegurar nuevos mercados.¹⁵

9.2.4.7 Precios del cacay en diferentes presentaciones.

Tabla 19. Precios y mercado cacay.

Presentación	Marca	Características	Precio
--------------	-------	-----------------	--------

¹² Estudio de viabilidad para la producción y comercialización de aceite esencial de Cacay en el municipio de Puerto Gaitán Meta, Universidad el Bosque (Paez Gonzalez, 2023)

¹³ [El cacay, el oro líquido de Colombia para la industria cosmética mundial | Vanguardia.com](#)

¹⁴ [El cacay del Meta: árbol endémico que revoluciona la economía \(radionacional.co\)](#)

¹⁵ [Alianza entre Gobernación y empresas privadas se firmó acuerdo por el cacay del Meta \(villavicenciadiaadia.com\)](#)

CACAY OIL	Nature in bottle	20 kg	US \$900.00
CACAY (Kahai) OIL	BELENOS SKIN BOTANIQUE	50 ml	11 libras GBP
Aceite de Cacay Orgánico	La Tortuga y la Liebre	30 ml	\$96.134 COL
Aceite de Cacay	Nativus	1 kg	

9.2.5 Análisis de tendencias de Sacha Inchi, *Plukenetia volubilis*

El sacha inchi es un cacahuete salvaje, una planta oleaginosa, semi leñosa y perenne, una enredadera o trepadora originaria de la Amazonía con presencia en gran parte de Suramérica y el caribe. La primera mención científica que se tiene registrada del sacha inchi, fue hecha en 1980 a en razón a su contenido graso y proteico realizados por la Universidad de Cornell de EEUU, quienes realizaron análisis, en los que encontraron que las semillas del sacha inchi tienen alto contenido de proteínas (33%) y aceite (49%).

La cuota de mercado del sacha inchi está creciendo y su uso es cada vez más popular en el mercado de alimentos saludables, donde se vende en diversas formas, como semillas tostadas, aceite y proteína en polvo. A menudo se utiliza como fuente de proteína vegetal o vegana, tentempié saludable o ingrediente de batidos, ensaladas y otras recetas, y este gradual consumo de sacha inchi por parte de consumidores preocupados por su salud está cambiando los patrones de demanda a escala mundial. Además, la alta comercialización de sacha inchi y el comercio estandarizado proyectan un aumento de las exportaciones de Perú y Colombia a Estados Unidos en los próximos años, según analizan el ITC y la ONU (EMR ACLAIGHT Enterprice, 2023).

Tabla 20. Usos e ingredientes del Sacha Inchi

Usos	Industria de destino	Producto bruto	Producto transformado	Ingrediente específico final
Preparación de snacks, confitería, panadería y repostería. Mayor aporte de proteína que la soya y menor cantidad de grasas saturadas que el maní y las semillas de girasol	Alimenticia	Almendra		Aceites (41.4%, a-linolénico y linoleico) y proteína (24.7%), potasio (5563.5 ppm), magnesio (3210 ppm) y calcio (2406 ppm)
Aceite con alta estabilidad oxidativa omegas 3, 6 y 9, como suplemento dietario. Se usa en tratamiento de de pacientes con ADHD	Alimenticia		Aceite de almendra	Aceites (41.4%, a-linolénico (omega 3), linoleico (omega 6) y oléico (Omega 9)), con significativas cantidades de tocoferoles y fitoesteroles, Vitaminas E y A
Aceite con alta estabilidad oxidativa, regula la queratinización de la piel y presenta propiedades regeneradoras, como humectante de rápida absorción	Cosmética		Aceite de almendra	Aceites (41.4%, a-linolénico (omega 3), linoleico (omega 6) y oléico (Omega 9)), con significativas cantidades de tocoferoles y fitoesteroles

Adaptado de: (Gutiérrez, Rosada, & Jiménez, 2011)

Del cuadro anterior se extrae la importancia del Sacha inchi como fuente de aceites esenciales, especialmente el ácido alfa linoleico (ALA), perteneciente a la familia de los Omega 3, siendo de cadena corta, pero precursor de omegas 3 de cadena larga como son el eicosapentaenoico (EPA) y el ácido

docosahexaenoico (DHA). Es por ello que el sacha inchi tiene grandes proyecciones en industria alimenticia y cosmética.

Cabe aclarar, que para los usos en la industria alimenticia se deben tener en cuenta que, si bien no contiene compuestos que por su concentración se consideren tóxicos en las concentraciones presentes en la planta, si son considerados no alimenticios por sus efectos en el metabolismo, estos son saponinas (Plukenetia saponinas A, B y C) y alcaloides (Estimina, Plukenetina, Plukenetidina). Tanto el aceite, como la proteína, deben pasar por un proceso de refinamiento para la eliminación de dichos compuestos, en especial por requerimientos del mercado.

9.2.5.1 Segmentos de Mercado

Se anticipa que los principales impulsores de la industria del sacha inchi, como la creciente concienciación sobre la salud, el aumento de la demanda de las industrias de uso final y la creciente demanda de superalimentos, contribuyan al crecimiento del mercado.

Los factores más relevantes para el crecimiento del mercado del Sacha inchi, son varios, pero entre ellos resaltan:

- Mayor exigencia de superalimentos: La demanda de superalimentos, incluido el sacha inchi, ha seguido creciendo en los últimos años debido a su alto valor nutricional y sus posibles beneficios para la salud. A medida que los consumidores se preocupan más por su salud, buscan alimentos naturales y ricos en nutrientes como el sacha inchi para incorporarlos a su dieta, lo que impulsa la demanda de sacha inchi.
- Creciente concienciación sobre los beneficios del sacha inchi: A medida que se realizan más investigaciones sobre las propiedades nutricionales y medicinales del sacha inchi, los consumidores son más conscientes de sus posibles beneficios para la salud. Esta mayor concienciación se traduce en un auge de la demanda de productos de sacha inchi en los mercados nacionales e internacionales.
- Expansión de la industria de productos naturales: La industria de productos naturales está experimentando un rápido crecimiento, impulsada por la creciente demanda de productos naturales y orgánicos por parte de los consumidores. Como resultado, el sacha inchi está ganando popularidad como ingrediente natural y nutritivo en una variedad de productos, incluyendo suplementos, alimentos saludables y cosméticos.
- Sostenibilidad y medio ambiente: El sacha inchi es un cultivo sostenible que crece bien en la selva amazónica, proporcionando oportunidades económicas a los agricultores locales y ayudando a preservar la biodiversidad de la región. Los consumidores, cada vez más concienciados con el medio ambiente, buscan productos sostenibles como el sacha inchi, que apoyan a las comunidades locales y protegen el medio ambiente.
- Mayor disponibilidad de productos sacha inchi: Como el crece la demanda de sacha inchi, más empresas entran en el mercado y ofrecen diversos productos sacha inchi, como aceites, semillas y proteínas en polvo. Esta mayor disponibilidad facilita a los consumidores la incorporación del sacha inchi a sus dietas e impulsa el crecimiento del mercado del sacha inchi a escala mundial.

Las principales tendencias que guían el crecimiento del mercado del sacha inchi son el aumento de la demanda de productos ecológicos y la creciente adopción de dietas veganas. (EMR ACLAIGHT Enterprice, 2023). Principalmente el aporte de omegas 3, 6 y 9, en especial el alto contenido del ácido graso α -linoleico, equivalente al 50,8% (+/- 0,03) de la serie de omega 3 y linoleico de la serie de omega 6 con un 33.4% (+/- 0,04) del total de los ácidos grasos (Gutiérrez, Rosada, & Jiménez, 2011).

Tabla 21. Segmentos del mercado

División del mercado	Tipos
Tipo	Natural
	Orgánico
Forma	Polvo
	Aceite
	Semillas
	Otros
Función de la aplicación	Productos Farmacéuticos
	Cosméticos
	Cuidado Personal
	Alimentación y Bebidas
	Suplementos Dietéticos
	Otros

Adaptado de: (EMR ACLAIGTH Enterprice, 2023)

Los segmentos de alimentos y bebidas y suplementos dietéticos son los tipos dominantes en el mercado de sachá inchi.

9.2.5.2 Comportamiento del mercado del sachá inchi

Informes de Expertos, realizan un análisis a partir de datos de 2018 a 2023 y prevé que el mercado mundial de sachá inchi crezca a una CAGR del 4% en el periodo de pronóstico 2024-2032 (EMR ACLAIGTH Enterprice, 2023).

Tabla 22. Importaciones y exportaciones de Sachá Inchi.

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
Exportaciones (Ton)	44	4	78	40	169	239
Importaciones (Ton)	0	0	0	0	0	0

* Datos estimados para el 2018

Tomado de Procolombia – siicex, citado por (Montero Gómez, 2019)

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la balanza comercial del sachá inchi es positiva para el sachá inchi. Si bien la producción se presenta por toneladas de nuez, es importante señalar que, en la mayoría de los casos, según información entregada en encuestas realizadas por el presente estudio, tiene como finalidad la producción es la obtención de aceite. Por ello, es probable que, las exportaciones sean mayores en términos de aceite de sachá inchi.

9.2.5.3 Competencia

Las principales empresas de sachá inchi están reformando continuamente sus departamentos de investigación y desarrollo para obtener conocimientos futuristas que les permitan mejorar sus productos y servicios y generar ingresos a largo plazo en la región objetivo, estas son:

- Imlak' esh Organics Inc.
- Maï Savanh Lao
- Herbs America, Inc.

- NP Nutra

Al 2022 La región latinoamericana es la primera en el mercado de sachá inchi, siendo Perú el mayor productor, seguida de Ecuador, Bolivia y Colombia (EMR ACLAIGHT Enterprice, 2023).

Tabla 23. Crecimiento y producción de sachá inchi para los principales productores (2015-2017)

País	Producción (Ton)		Crecimiento (%)
	2015	2017	
Perú	12.000	14.250	18,75
Ecuador	1.500	1.687,5	12,5
Bolivia	1.275	1.462,5	14,71
Colombia	150	1.170	680
Brasil	450	562,5	25

Adaptado de: (Montero Gómez, 2019).

Si bien Colombia se encuentra en el cuarto lugar de producción de sachá inchi, cabe señalar que también es el país que presenta mayor crecimiento de producción entre los principales cinco países productores.

Perú, en la región latinoamericana, es actualmente el principal productor y exportador de sachá inchi, con la mayor parte de la producción mundial. Dentro de Perú, la región de San Martín es la mayor productora de sachá inchi, seguida de Ucayali y Loreto. Estas regiones presentan condiciones favorables para el cultivo, como un clima tropical, abundantes precipitaciones y suelos fértiles. Aunque, Perú es actualmente el actor dominante en la industria del sachá inchi, otros países como Colombia, Ecuador y Bolivia también están empezando a cultivar y exportar sachá inchi, y podrían convertirse en competidores en el futuro (EMR ACLAIGHT Enterprice, 2023).

9.3 Requisitos y regulaciones.

Con respecto a los requisitos de acceso a mercado, se ha generado una base de datos que se anexa a este manual, que le permitirá a actores interesados en la exportación conocer los requerimientos tanto de mercado como legales exigidos por clientes potenciales.

10 Manual de implementación con fichas técnicas y guías detalladas.

El presente manual de implementación tiene como objetivo servir como una guía integral para la producción de productos derivados del aceite de sachá inchi y la oleorresina de asaí, con un enfoque especial en los procesos de microencapsulación y liofilización del aceite, así como en la extracción de oleorresina para la industria cosmética. Este documento está diseñado para apoyar a actores clave dentro de la cadena de valor, como empresas productoras, personal operativo, responsables de calidad, e instituciones académicas y de investigación, brindando instrucciones detalladas sobre cada etapa de producción, desde la recepción de la materia prima hasta el envasado del producto final.

La intención es proporcionar conocimientos prácticos y técnicos que promuevan la diversificación y valorización de productos, contribuyendo al desarrollo económico de las regiones involucradas y fomentando la sostenibilidad en los procesos productivos. Con esta guía, los actores podrán comprender y ejecutar cada uno de los pasos necesarios para obtener productos de alta calidad que cumplan con las normativas vigentes, y que a la vez, respondan a las demandas del mercado local e internacional.

Este manual también contempla el uso de tecnologías y metodologías innovadoras, así como recomendaciones para fomentar la circularidad y sostenibilidad dentro de los procesos. Se han incluido fichas técnicas, guías operativas, y sugerencias para aprovechar los subproductos, permitiendo a los productores no solo ser más eficientes, sino también reducir su impacto ambiental. En conjunto, esta guía busca facilitar la implementación de prácticas productivas de calidad que, además de generar valor agregado a la oferta actual, abran nuevas oportunidades de mercado en los sectores de alimentos funcionales y cosméticos.

10.1 Aceite de Sacha Inchi Liofilizado.

10.1.1 Objetivo

Desarrollar un protocolo detallado para la producción de aceite de sachá inchi microencapsulado y liofilizado, con el propósito de apoyar a la empresa Sumasacha en la diversificación y valorización de sus productos, garantizando la calidad, inocuidad y cumplimiento de las normativas vigentes.

10.1.2 Alcance

Este protocolo abarca todas las etapas partiendo desde la producción del aceite de sachá inchi por parte de Sumasacha hasta la obtención del producto final microencapsulado y liofilizado. Incluye procesos de preparación, emulsificación, liofilización, control de calidad, empaque y almacenamiento.

10.1.3 Capacidad de producción proyectada.

El liofilizador necesario para estabilizar ciertos componentes del aceite debería tener una capacidad de carga de al menos **20 a 50 kg por ciclo**, permitiendo una producción continua o semi-continua que asegure volúmenes adecuados.

10.1.4 Responsabilidades

- Gerente de Producción: Coordinar y supervisar todas las etapas del proceso, asegurando el cumplimiento del protocolo y los estándares de calidad de Sumasacha.
- Personal Operativo: Ejecutar las tareas asignadas siguiendo los procedimientos establecidos.
- Personal de Control de Calidad: Realizar pruebas y análisis en cada etapa para garantizar la calidad e inocuidad del producto.
- Técnico de Mantenimiento: Mantener y calibrar los equipos utilizados, asegurando su correcto funcionamiento.
- Gerente de Calidad: Verificar el cumplimiento de las normativas y certificaciones aplicables, y gestionar la documentación requerida.

- Personal Administrativo: Gestionar registros, trazabilidad y documentación necesaria para la operación y cumplimiento regulatorio.

10.1.5 Agentes encapsulantes naturales.

En el estudio de mercado realizado con anterioridad, se identificó que el uso de ingredientes adicionales, como el caso de la maltodextrina, puede causar rechazo en los mercados. Por lo anterior, se proponen dos opciones, la opción tradicional que utiliza una formulación tradicional con maltodextrina y goma arábica, con una versión más innovadora, utilizando harina de yuca y soya.

10.1.5.1 *Opción 1.*

Utilizar Almidón de Yuca como Agente Encapsulante Principal

Ventajas:

- Ingrediente natural y familiar para los consumidores.
- Excelente disponibilidad y producción nacional.
- Buenas propiedades para formar una matriz protectora alrededor del aceite.

Considerar una Combinación con Proteína de Soya

Ventajas:

- Mejora las propiedades emulsificantes y la estabilidad de la emulsión.
- Aporta valor nutricional adicional al producto.

Consideraciones:

- Asegurar el cumplimiento de regulaciones sobre alérgenos.
- Realizar pruebas sensoriales para garantizar que no afecta el sabor.

Desarrollar Investigación y Desarrollo en Otros Agentes Locales

Explorar el potencial de fibras de cáscara de arroz o goma de tamarindo.

Colaborar con universidades o centros de investigación para innovar en encapsulación con ingredientes autóctonos.

10.1.5.2 *Opción 2.*

Es la versión tradicional, con la que normalmente se realiza el proceso de liofilización. Este proceso no requiere análisis adicionales. Por lo que las recomendaciones detalladas se darán para la opción 1.

10.1.6 Formulación Propuesta para Aceite de Sacha Inchi Microencapsulado y Liofilizado.

Ingredientes:

- Aceite de Sacha Inchi (Sumasacha): 25% (p/p)
- Almidón de Yuca: 50% (p/p)

- Proteína de Soya: 25% (p/p)
- Agua Purificada: Cantidad suficiente para lograr la emulsión (aproximadamente 100% respecto al peso de sólidos)
- Total de Sólidos (excluyendo el agua): 100% (p/p)

10.1.7 Manual de implementación.

10.1.7.1 *Objetivo del Manual*

El presente manual tiene como objetivo proporcionar una guía detallada para la implementación del proceso de producción de aceite de sachá inchi micro encapsulado y liofilizado en la empresa Sumasacha. Incluye fichas técnicas, procedimientos operativos, especificaciones de equipos y guías para asegurar la calidad e inocuidad del producto final.

10.1.7.2 *Alcance*

Este manual abarca todas las etapas del proceso, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento del producto final. Está dirigido al personal operativo, de mantenimiento, control de calidad y administración involucrado en el proyecto.

10.1.7.3 *Descripción General del Proceso*

El proceso consiste en: a) Preparación de una emulsión estable del aceite de sachá inchi con agentes encapsulantes; b) Homogeneización para reducir el tamaño de las gotas de aceite; c) congelación rápida de la emulsión.; d) Liofilización para obtener un polvo seco con el aceite encapsulado. e) Molienda y tamizado para lograr un tamaño de partícula uniforme; f) empaque en condiciones que eviten la oxidación y absorción de humedad; g) almacenamiento bajo condiciones controladas.

Tabla 24. Descripción General del Proceso de aceite de sachá inchi liofilizado.

Proceso.	Estado de la Materia Prima	Equipo Utilizado	Responsable
6.1 Preparación de la Emulsión	Aceite mezclado con agentes encapsulantes	Mezcladores de alta velocidad, homogeneizadores	Personal Operativo
Materias Primas: Aceite de sachá inchi de alta pureza, agentes encapsulantes (p. ej., harina de yuca y soya).	Aceite líquido y polvos encapsulantes separados	Básculas, recipientes de mezcla	Personal Operativo
Preparación de la Solución Encapsulante: Disolver agentes encapsulantes en agua destilada calentada a 40-50°C.	Solución homogénea de encapsulantes	Mezclador con control de temperatura	Personal Operativo
Emulsificación: Añadir el aceite gradualmente a la solución encapsulante bajo agitación constante para formar una emulsión estable.	Emulsión preliminar aceite-agua	Mezclador de alta velocidad	Personal Operativo
6.2 Homogeneización	Emulsión finamente dispersa	Homogeneizador de alta presión	Personal Operativo

Proceso.	Estado de la Materia Prima	Equipo Utilizado	Responsable
Pasar la emulsión a través del homogeneizador a 100-300 bares para reducir el tamaño de gota (<1 µm).	Emulsión homogénea y estable	Homogeneizador	Personal Operativo
6.3 Congelación	Emulsión distribuida y congelada	Congeladores industriales, bandejas de acero inoxidable	Personal Operativo
Verter la emulsión en bandejas formando una capa uniforme (5-10 mm de espesor).	Emulsión en bandejas	Dosificadores, bandejas	Personal Operativo
Congelar rápidamente a -40°C o inferior para evitar la formación de cristales grandes.	Emulsión solidificada	Congeladores de ultra congelación	Personal Operativo
6.4 Liofilización	Emulsión congelada sometida a liofilización	Liofilizador industrial	Personal Operativo y Técnico de Mantenimiento
Cargar las bandejas en el liofilizador previamente enfriado.	Emulsión congelada en liofilizador	Liofilizador	Personal Operativo
Ajustar parámetros: Presión: 0.1 1.0 mbar Temperatura de placa: Iniciar a -40°C, incrementar gradualmente hasta 30°C Tiempo: 24/48 horas, según carga y equipo	Proceso de liofilización en curso	Controles del liofilizador	Técnico de Mantenimiento
Monitorear temperatura y presión para asegurar la sublimación adecuada del agua.	Emulsión perdiendo agua por sublimación	Sensores y sistemas de monitoreo	Técnico de Mantenimiento
6.5 Molienda y Tamizado	Producto liofilizado convertido en polvo fino	Molino de cuchillas o pernos, tamizadoras vibratorias	Personal Operativo
Moler el producto liofilizado en atmósfera controlada (baja humedad).	Producto molido grueso	Molino	Personal Operativo
Tamizar para obtener tamaño de partícula uniforme (<100 µm).	Polvo fino y homogéneo	Tamizadoras	Personal Operativo
6.6 Empaque	Polvo de aceite listo para ser empacado	Equipos de empaque al vacío o atmósfera modificada, materiales de empaque	Personal Operativo
Empacar inmediatamente en envases con barrera al oxígeno y humedad (bolsas aluminizadas, envases de vidrio ámbar).	Polvo siendo empacado	Máquina de empaque al vacío o con gas inerte	Personal Operativo
Incluir desecantes si es necesario para controlar humedad residual.	Productos con desecantes	Desecantes certificados	Personal Operativo
Sellar herméticamente y etiquetar con información de lote, fecha de producción y vencimiento.	Productos sellados y etiquetados	Selladora térmica, impresora de etiquetas	Personal Operativo

Proceso.	Estado de la Materia Prima	Equipo Utilizado	Responsable
6.7 Almacenamiento	Producto final almacenado en condiciones óptimas	Almacén con control de temperatura y humedad	Personal de Almacén
Almacenar en lugar fresco (15-25°C), seco (humedad relativa <50%) y protegido de la luz.	Productos en almacenamiento	Estanterías, sistema HVAC	Personal de Almacén
Implementar sistema FIFO (First In, First Out) para rotación de inventario.	Gestión eficiente de stock	Software de gestión de inventario	Personal Administrativo
7. Control de Calidad	Producto siendo analizado	Equipos de laboratorio	Tercerizado.
Análisis Físicoquímicos:	Muestras de polvo	Analizadores de humedad, cromatógrafos	Tercerizado.
Contenido de humedad (<5%)			
Actividad de agua (Aw)			
Contenido de aceite total y libre			
Perfil de ácidos grasos	Muestras en placas de cultivo	Equipos microbiológicos	Tercerizado.
Análisis Microbiológicos:			
Recuento total de mesófilos			
Hongos y levaduras			
Ausencia de patógenos (Salmonella, E. coli)	Muestras de aceite extraído	Espectrofotómetros	Tercerizado.
Pruebas de Estabilidad Oxidativa:			
Índice de peróxidos			
Anisidina			
TOTOX			
8. Seguridad e Higiene	N/A	EPP, estaciones de lavado, señalización	Todo el Personal
Uso obligatorio de EPP: guantes, mascarillas, gorros, batas.	Personal protegido	Equipos de protección	Todo el Personal
Higiene personal y de áreas de trabajo, lavado de manos frecuente.	Áreas limpias y desinfectadas	Productos de limpieza aprobados	Personal de Limpieza
Manejo adecuado de sustancias y materiales para evitar contaminación cruzada.	Procedimientos seguros	Protocolos de manipulación	Todo el Personal
9. Documentación	Registros y trazabilidad completos	Sistemas de gestión documental	Personal Administrativo
Registro de lotes de producción, insumos utilizados y condiciones de proceso.	Documentación actualizada	Software ERP	Personal Administrativo
Certificados de análisis y conformidad.	Archivos organizados	Sistemas de archivo	Personal Administrativo
Trazabilidad desde materia prima hasta producto final.	Sistema de trazabilidad implementado	Etiquetado y códigos de barras	Personal Administrativo
10. Normativas y Certificaciones	N/A	N/A	Gerente de Calidad

Proceso.	Estado de la Materia Prima	Equipo Utilizado	Responsable
Cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).	Auditorías internas y externas	Listas de verificación	Gerente de Calidad
Implementación de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).	Plan HACCP documentado	Manuales y registros	Gerente de Calidad
Certificaciones relevantes (ISO 22000, orgánico, otros).	Certificados obtenidos	Organismos certificadores	Gerente de Calidad
11. Capacitación	Personal capacitado y actualizado	Materiales y equipos de formación	Gerente de Recursos Humanos
Programas de formación en procesos, seguridad y calidad.	Registros de capacitación	Salas y equipos de entrenamiento	Gerente de Recursos Humanos
Actualización en normativas y tecnologías emergentes.	Personal informado	Seminarios, talleres	Gerente de Recursos Humanos
12. Consideraciones Ambientales	N/A	Sistemas de gestión ambiental	Gerente de Planta
Gestión adecuada de residuos líquidos y sólidos generados.	Residuos tratados correctamente	Plantas de tratamiento, contratos con gestores autorizados	Personal de Mantenimiento
Implementación de prácticas de eficiencia energética (uso racional de equipos, iluminación LED, etc.).	Consumo energético optimizado	Sistemas de monitoreo energético	Gerente de Planta
Uso de materiales reciclables o biodegradables en empaque cuando sea posible.	Empaques sostenibles	Proveedores certificados	Gerente de Producción

10.1.7.4 Guías Técnicas

10.1.7.4.1 Materias Primas e Insumos

Aceite de Sacha Inchi (Sumasacha):

- Calidad: Aceite virgen, prensado en frío, sin refinar.
- Especificaciones:
- Acidez (% ácido oleico): Máximo 2%.
- Índice de peróxidos: Máximo 10 meq O₂/kg.
- Perfil de ácidos grasos: Omega-3 (>45%), Omega-6 (>35%), Omega-9 (>10%).

Agentes Encapsulantes

Almidón de Yuca:

- Origen: Producción local certificada.
- Especificaciones:
- Humedad: Máximo 12%.
- Contenido de almidón: Mínimo 85%.
- Granulometría: 100% pasa por malla 100.

Proteína de Soya.

- Origen: Aislado proteico de soya.
- Especificaciones:
- Contenido proteico: Mínimo 90%.
- Humedad: Máximo 7%.
- Libre de organismos genéticamente modificados (opcional).

Aqua Purificada

- Conductividad: <10 μ S/cm.
- Libre de cloro y otros desinfectantes.
- Cumplimiento con normas de agua para uso alimentario.

10.1.7.4.2 Equipos y Maquinaria

Tabla 25. Fichas técnicas de equipos sugeridos.

Categoría de Equipo	Equipo	Marca	Modelo	Características Clave
Equipos de Mezcla y Emulsificación	Mezclador de Alta Velocidad / Homogeneizador	Silverson	L5M-A	Mezclador de laboratorio de alta velocidad, escalable a modelos industriales.
Equipos de Mezcla y Emulsificación	Mezclador de Alta Velocidad / Homogeneizador	IKA	Magic LAB	Equipo modular para mezclado y homogeneización a nivel de laboratorio y producción piloto.
Equipos de Mezcla y Emulsificación	Mezclador de Alta Velocidad / Homogeneizador	Stephan Machinery	Universal Machine UM/SK Series	Mezclador industrial versátil para emulsificación y homogeneización.
Homogeneizador de Alta Presión	Homogeneizador de Alta Presión	GEA Niro Soavi	GEA Ariete Homogenizer Series	Homogeneizadores industriales hasta 1,500 bares, para emulsiones finas y estables.
Homogeneizador de Alta Presión	Homogeneizador de Alta Presión	APV/SPX FLOW	APV Rannie y Gaulin Series	Homogeneizadores de pistón de alta presión, reconocidos por su fiabilidad.
Homogeneizador de Alta Presión	Homogeneizador de Alta Presión	Microfluidics	M-700 Series Microfluidizer	Tecnología de microcanales para homogeneización eficiente a escala nanométrica.

Categoría de Equipo	Equipo	Marca	Modelo	Características Clave
Equipos de Congelación	Ultra Congelador	Thermo Fisher Scientific	Forma 900 Series -86°C Freezers	Control de temperatura preciso, sistemas de alarma y eficiencia energética.
Equipos de Congelación	Ultra Congelador	PHCbi (Panasonic)	MDF-U76V -86°C Upright Freezer	Alta capacidad de almacenamiento y diseño ergonómico.
Equipos de Congelación	Ultra Congelador	Eppendorf	CryoCube F740 Series	Sistemas de refrigeración avanzados y controladores intuitivos.
Liofilizador Industrial	Liofilizador Industrial	Telstar	LyoQuest o LyoBeta	Liofilizadores para escalas piloto e industriales, con control avanzado de procesos.
Liofilizador Industrial	Liofilizador Industrial	Martin Christ	Epsilon 2-10D LSCplus	Tecnología de condensación eficiente y control preciso de temperatura y presión.
Liofilizador Industrial	Liofilizador Industrial	SP Scientific	Virtis Genesis Pilot Lyophilizer	Diseñado para producción piloto y pequeña escala, con flexibilidad en configuraciones.
Molino y Tamizadora	Molino	Fritsch	PULVERISETTE 14 Premium Line	Molino de rotor variable para molienda rápida y efectiva.
Molino y Tamizadora	Molino	IKA	MultiDrive Control	Molino universal con control de velocidad y temperatura.
Molino y Tamizadora	Molino	Hosokawa Micron	Mikro ACM Air Classifying Mill	Molino con clasificación de aire integrado para polvos finos.
Molino y Tamizadora	Tamizadora	Retsch	AS 200 Control	Tamizadora analítica con control electrónico de amplitud y tiempo.
Molino y Tamizadora	Tamizadora	Russell Finex	Vibrasonic Deblinding System	Sistema que evita el bloqueo de mallas para tamizado eficiente.
Molino y Tamizadora	Tamizadora	Sweco	Vibro-Energy Separator	Tamizadora vibratoria industrial para clasificación eficiente.
Equipos de Empaque	Máquina de Empaque al Vacío/Gas Inerte	Multivac	T 200	Termoselladora de campana compacta para empaque al vacío y atmósfera modificada.
Equipos de Empaque	Máquina de Empaque al Vacío/Gas Inerte	Ulma Packaging	VTI 200 Series	Máquina vertical de empaque en bolsa, con opciones para atmósfera modificada.
Equipos de Empaque	Máquina de Empaque al Vacío/Gas Inerte	Henkovac	Henkovac D1	Máquina de empaque al vacío de sobremesa, fácil de operar.

Categoría de Equipo	Equipo	Marca	Modelo	Características Clave
Equipos de Empaque	Selladora Térmica	Audion Elektro	Sealboy Magneta	Selladora manual de impulso para pequeñas y medianas producciones.
Equipos de Empaque	Selladora Térmica	Bosch Packaging Technology	Doboy CBS-D	Selladora de banda continua para sellados de alta calidad.

10.1.7.5 *Infraestructura y Requerimientos de Instalación*

10.1.7.5.1 Áreas de Producción:

- Sala de preparación y emulsificación.
- Área de congelación y liofilización.
- Sección de molienda y tamizado.
- Zona de empaque y almacenamiento.

10.1.7.5.2 Condiciones Ambientales.

- Temperatura: 20-25°C.
- Humedad Relativa: <50%.
- Presión positiva en áreas críticas.

10.1.7.5.3 Servicios

- Electricidad: Voltaje y amperaje adecuados para equipos industriales.
- Agua: Sistema de purificación y almacenamiento.
- Aire Comprimido: Calidad de aire grado alimentario.
- Sistemas de Extracción y Ventilación.

10.1.7.5.4 Cumplimiento Normativo.

Diseño acorde con BPM y normativas locales.
Señalización y rutas de evacuación.

10.1.7.6 *Procedimientos Operativos Estándar (POE)*

10.1.7.6.1 Preparación de la Solución Encapsulante

Objetivo: Obtener una solución homogénea de agentes encapsulantes lista para la emulsificación con el aceite.

Procedimiento

Verificación de Insumos:

Confirmar que los agentes encapsulantes cumplen con las especificaciones.
Registrar lote y fecha de vencimiento.

Pesaje de Ingredientes:

Almidón de Yuca: 50 kg
Proteína de Soya: 25 kg
Agua Purificada: 75 litros (ajustar según necesidad)

Disolución de la Proteína de Soya:

- Calentar el agua purificada a 50°C en el mezclador.
- Añadir la proteína de soya lentamente bajo agitación constante.
- Mezclar hasta obtener una solución homogénea.

Adición del Almidón de Yuca:

- Incorporar el almidón gradualmente, evitando la formación de grumos.
- Continuar la agitación hasta lograr una mezcla uniforme.

Control de Calidad Intermedio:

Verificar pH (debe estar entre 6.5 y 7.5).
Ajustar si es necesario.

10.1.7.6.2 Formación de la Emulsión

Objetivo: Incorporar el aceite de sachu inchi a la solución encapsulante para formar una emulsión estable.

Procedimiento:

- Preparación del Aceite:
 - Verificar que el aceite cumpla con las especificaciones.
 - Registrar lote y fecha de producción.
- Incorporación del Aceite:
 - Aceite de Sachu Inchi: 25 kg
 - Añadir el aceite lentamente al mezclador bajo agitación intensa.
 - Mantener la temperatura a 40-45°C.
- Agitación:
 - Continuar mezclando durante 15-20 minutos hasta obtener una emulsión preliminar.

10.1.7.6.3 Homogeneización

Objetivo: Reducir el tamaño de las gotas de aceite para mejorar la estabilidad de la emulsión.

Procedimiento:

- Preparación del Homogeneizador:
 - Verificar limpieza y calibración del equipo.
 - Ajustar la presión a 200 bares.
- Proceso de Homogeneización:
 - Pasar la emulsión por el homogeneizador.
 - Realizar dos pasos si es necesario para alcanzar el tamaño de partícula deseado (<1 μm).

Control de Calidad Intermedio:

- Tomar muestra y analizar el tamaño de partícula mediante microscopía.

10.1.7.6.4 Congelación.

Objetivo: Congelar rápidamente la emulsión para preservar su estructura.

Procedimiento:

- Preparación de Bandejas:
 - Limpiar y sanitizar las bandejas de acero inoxidable.
 - Verificar que estén secas.
- Distribución de la Emulsión:
 - Verter la emulsión en las bandejas formando una capa uniforme de 5-10 mm.
 - Evitar burbujas y superficies irregulares.
- Proceso de Congelación:
 - Introducir las bandejas en el ultra congelador a -40°C .
 - Tiempo estimado de congelación: 2-3 horas.
 -
- Almacenamiento Temporal:

Mantener las bandejas en congelación hasta su transferencia al liofilizador.

10.1.7.6.5 Liofilización

Objetivo: Eliminar el agua de la emulsión congelada mediante sublimación.

Procedimiento:

- Preparación del Liofilizador:
 - Verificar limpieza y calibración.
 - Pre-enfriar el liofilizador a -40°C.
- Carga del Liofilizador:
 - Transferir las bandejas con la emulsión congelada al liofilizador.
 - Asegurar el cierre hermético de la cámara.
- Ajuste de Parámetros:
 - Presión inicial: 0.5 mbar.
 - Temperatura de las placas: Iniciar a -40°C.

Programa de Liofilización:

- Etapa de Sublimación:
 - Incrementar gradualmente la temperatura hasta 0°C en 10 horas.
 - Etapa de Desorción:
 - Aumentar la temperatura hasta 30°C en las siguientes 10 horas.
 - Tiempo Total: 24-36 horas.
- Monitoreo:
 - Registrar temperatura y presión cada hora.
 - Verificar la ausencia de condensación en la cámara.
- Descarga del Liofilizador:
 - Una vez finalizado el ciclo, descargar las bandejas.
 - Transferir el producto a un área de atmósfera controlada.

10.1.7.6.6 Molienda y Tamizado

Objetivo: Obtener un polvo fino y homogéneo del producto liofilizado.

Procedimiento:

- Preparación del Molino:
 - Verificar limpieza y ajuste de cuchillas.
 - Operar en ambiente con humedad controlada (<30%).
- Molienda:
 - Introducir el producto liofilizado en el molino.

- Controlar la temperatura para evitar calentamiento excesivo.
- Tamizado:
 - Pasar el polvo molido por la tamizadora con malla de 100 micras.
 - Repetir si es necesario para uniformidad.
- Control de Calidad Intermedio:
 - Verificar tamaño de partícula y humedad residual.

10.1.7.6.7 Empaque y Almacenamiento

Objetivo: Empacar el producto bajo condiciones que aseguren su estabilidad y calidad.

Procedimiento:

- Preparación de Materiales de Empaque:
 - Bolsas aluminizadas o frascos de vidrio ámbar.
 - Desecantes (si aplica).
- Empaque:
 - Llenar los envases con el polvo, evitando la exposición prolongada al aire.
 - Utilizar la máquina de empaque al vacío o con inyección de nitrógeno.
- Sellado y Etiquetado:
 - Sellar herméticamente los envases.
 - Etiquetar con información de lote, fecha de producción y vencimiento.
- Almacenamiento:
 - Almacenar en área con temperatura de 15-25°C y humedad <50%.
 - Proteger de la luz directa.

10.1.8 Plan Detallado para Evaluar la Compatibilidad y Formulación Cosmética del Aceite de Sacha Inchi Liofilizado con Almidón de Yuca y Proteína de Soya como Encapsulantes.

10.1.8.1 *Objetivo General*

Evaluar la compatibilidad y funcionalidad del almidón de yuca y la proteína de soya como agentes encapsulantes del aceite de sachu inchi liofilizado para aplicaciones cosméticas, asegurando que las formulaciones resultantes cumplan con los estándares de estabilidad, eficacia y propiedades sensoriales requeridos en cosmética.

10.1.8.2 *Resumen del Plan*

El plan se divide en seis fases principales, cada una con actividades específicas:

- Preparación de Microencapsulados
- Estudios de Compatibilidad y Estabilidad
- Desarrollo de Formulaciones Cosméticas
- Evaluación de Propiedades Sensoriales y Eficacia
- Pruebas de Estabilidad de las Formulaciones
- Cumplimiento Normativo y Seguridad

10.1.8.3 Metodología y responsables.

La siguiente tabla integra los pasos necesarios para validar la formulación para uso cosmético.

Tabla 26. Fases metodológicas para pruebas como ingrediente para cosmética.

Fase	Actividades Principales	Responsable(s)	Recursos Necesarios	Entregables
1. Preparación de Microencapsulados	Recolección de materiales y reactivos. Preparación de soluciones encapsulantes (almidón de yuca y proteína de soya). Emulsificación del aceite de sachá inchi liofilizado con los encapsulantes. Secado y obtención de microencapsulados (liofilización o spray-drying).	Químico Cosmético. Ingeniero Químico. Técnico de Laboratorio	Aceite de sachá inchi liofilizado. Almidón de yuca. Proteína de soya. Equipos de laboratorio (homogeneizador, liofilizador/spray-dryer).	Muestras de microencapsulados con almidón de yuca, proteína de soya y combinaciones.
2. Estudios de Compatibilidad y Estabilidad	Caracterización físico-química de los microencapsulados (microscopía, tamaño de partícula, FTIR, DSC). Pruebas de estabilidad oxidativa (índice de peróxidos, DPPH). Evaluación de solubilidad y dispersabilidad en medios cosméticos.	Ingeniero Químico. Químico Cosmético. Técnico de Laboratorio.	Equipos analíticos (microscopio, FTIR, DSC). Reactivos para análisis químico. Medios cosméticos para pruebas.	Informes de análisis y datos de compatibilidad y estabilidad. Conclusiones sobre la idoneidad de los encapsulantes.
3. Desarrollo de Formulaciones Cosméticas	Selección de formulaciones base (cremas, lociones, mascarillas). Incorporación de microencapsulados	Químico Cosmético. Técnico de Laboratorio	Ingredientes cosméticos (excipientes, emulsionantes, conservantes).	Prototipos de formulaciones cosméticas con microencapsulados Documentación de formulaciones y procedimientos.

Fase	Actividades Principales	Responsable(s)	Recursos Necesarios	Entregables
	<p>en diferentes concentraciones. Ajuste y optimización de formulaciones (emulsionantes, pH, conservantes). Ensayos preliminares de estabilidad.</p>		<p>Equipos de mezcla y formulación.</p>	
<p>4. Evaluación de Propiedades Sensoriales y Eficacia</p>	<p>Organización de panel de evaluadores para pruebas sensoriales. Evaluación sensorial de las formulaciones (textura, absorción, apariencia, olor). Evaluación de eficacia cosmética (hidratación cutánea, elasticidad). Análisis de datos y resultados.</p>	<p>Químico Cosmético. Ingeniero Químico. Técnico de Laboratorio. Profesional Médico (si es necesario)</p>	<p>Panel de evaluadores. Equipos de medición (corneómetro, cutómetro). Formularios y herramientas para recolección de datos.</p>	<p>Informes de evaluación sensorial y eficacia. Recomendaciones para mejoras en las formulaciones.</p>
<p>5. Pruebas de Estabilidad de las Formulaciones</p>	<p>Estabilidad física y química (centrifugación, ciclos de temperatura, análisis de pH y viscosidad). Estabilidad microbiológica (challenge test). Monitoreo y registro periódico de resultados.</p>	<p>Tercerización laboratorios.</p>	<p>Equipos de laboratorio para estabilidad.</p>	<p>Informes de estabilidad con resultados y gráficas.</p>
<p>6. Cumplimiento Normativo y Seguridad</p>	<p>Revisión de normativas y regulaciones (INVIMA, internacionales). Evaluación de seguridad (pruebas de irritación cutánea, evaluación toxicológica). Elaboración del Expediente de Información del Producto (PIF). Diseño de etiquetas y material de empaque conforme a normativas.</p>	<p>Especialista en Regulaciones Cosméticas. Profesional Médico / Toxicológico. Diseño Gráfico</p>	<p>Documentación normativa. Materiales para pruebas de seguridad. Software y recursos para diseño de etiquetas.</p>	<p>Expediente completo del producto para registro. Etiquetas y material de empaque listos para producción.</p>

10.1.9 Ficha técnica del producto.

Tabla 27. Ficha técnica Aceite de Sacha Inchi Microencapsulado y Liofilizado

Elemento	Descripción
Nombre del Producto	Aceite de Sacha Inchi Microencapsulado y Liofilizado
Marca Comercial	Sumasacha
Descripción	
Polvo fino obtenido mediante la microencapsulación y liofilización del aceite de sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>), rico en ácidos grasos esenciales Omega-3, Omega-6 y Omega-9. El aceite está encapsulado en una matriz natural de almidón de yuca y proteína de soya, lo que protege sus propiedades nutricionales y facilita su incorporación en diversas aplicaciones alimentarias y nutraceuticas.	
Ingrediente	Porcentaje (%)
Aceite de Sacha Inchi	25%
Almidón de Yuca	50%
Proteína de Soya	25%
Características Físicas y Organolépticas	
Propiedad	Descripción
Apariencia	Polvo fino, homogéneo, de color crema a amarillo claro.
Olor	Característico, suave, sin olores rancios.
Sabor	Neutro a ligeramente oleoso, sin sabores extraños.
Textura	Libre de grumos, con fluidez adecuada.
Tamaño de Partícula	Menor a 100 micras.
Características Físicoquímicas	
Parámetro	Valor
Contenido de Humedad	Máximo 5%
Actividad de Agua (Aw)	≤ 0.3
pH (solución al 10%)	6.5 - 7.5
Índice de Peróxidos	Máximo 10 meq O ₂ /kg de grasa
Contenido de Aceite Total	≥ 25%
Perfil de Ácidos Grasos:	
- Omega-3 (Ácido Alfa-Linolénico)	≥ 45%
- Omega-6 (Ácido Linoleico)	≥ 35%
- Omega-9 (Ácido Oleico)	≥ 10%
Información Nutricional Aproximada (por 100 g de producto)	
Nutriente	Cantidad
Energía	450 kcal
Grasas Totales	25 g
- Grasas Saturadas	2 g
- Grasas Monoinsaturadas	5 g
- Grasas Poliinsaturadas	18 g
Carbohidratos Totales	55 g
- Azúcares	<1 g
Proteínas	15 g
Fibra Dietaria	3 g

Sodio	20 mg
Ácidos Grasos Omega-3	11 g
Ácidos Grasos Omega-6	9 g
Ácidos Grasos Omega-9	2.5 g
Características Microbiológicas	
Análisis	Especificación
Recuento Total Aerobios Mesófilos	< 10,000 UFC/g
Mohos y Levaduras	< 100 UFC/g
Coliformes Totales	< 10 UFC/g
Escherichia coli	Ausencia en 1 g
Salmonella spp.	Ausencia en 25 g
Listeria monocytogenes	Ausencia en 25 g
Aplicaciones	
Uso	Descripción
Suplementos Alimenticios	Cápsulas, comprimidos, polvos nutricionales.
Alimentos Funcionales	Bebidas instantáneas, batidos proteicos, barras energéticas.
Panadería y Repostería	Enriquecimiento de panes, galletas y productos horneados.
Productos Lácteos	Yogures, helados y bebidas lácteas enriquecidas.
Formulaciones Nutraceuticas	Productos para deportistas y dietas especializadas.
Modo de Empleo	
Dosificación Recomendada	Variable según la formulación y requerimientos nutricionales.
Instrucciones de Uso	- Disolver en líquidos fríos o tibios.
	- Incorporar en mezclas secas.
	- Evitar temperaturas superiores a 60°C para preservar los ácidos grasos esenciales.
Condiciones de Almacenamiento	
Parámetro	Especificación
Temperatura	Almacenar entre 15°C y 25°C.
Humedad Relativa	Mantener por debajo del 50%.
Protección	Conservar en envases herméticos, protegidos de la luz y la humedad.
Manipulación	Mantener el envase cerrado cuando no esté en uso. Usar utensilios secos y limpios.

10.1.10 Sugerencias circularidad.

Se encontraron estudios en que se realiza un aprovechamiento de subproductos del procesamiento, que vale la pena integrar en la propuesta realizada:

Desarrollo de películas comestibles con subproductos: Las proteínas extraídas de la torta de sachu inchi (subproducto de la extracción de aceite) se han usado para crear películas comestibles. Esta técnica aprovecha componentes residuales del sachu inchi, promoviendo la creación de materiales biodegradables para la industria alimentaria (Linares, et al., 2017).

Sustitución de soja en alimentación animal: La torta de sachá inchi también se ha estudiado como suplemento proteico en dietas para rumiantes, demostrando ser una alternativa viable y sostenible frente a la soja. Este uso aporta valor al subproducto, cerrando el ciclo de producción (Zambrano, et al., 2020).

Uso de subproductos como antioxidantes naturales: Los compuestos fenólicos extraídos de la cáscara del sachá inchi en este estudio se emplean para enriquecer el aceite, demostrando cómo se pueden aprovechar los residuos para mejorar la estabilidad oxidativa de productos principales, reduciendo así la necesidad de antioxidantes sintéticos y prolongando la vida útil del aceite (Betancourt López, et al., 2023).

10.2 Oleorresina de Asaí para Industria Cosmética.

La decisión de generar un programa de procesamiento de asaí para la obtención de oleorresina de asaí destinada a la industria cosmética en Colombia puede sustentarse en varias razones estratégicas, que se relacionan tanto con la infraestructura existente de procesamiento de pulpa como con la adaptación regional que permita una sinergia entre dos zonas clave: la región amazónica y la región del Pacífico. A continuación, se detallan los aspectos clave que justifican esta decisión:

10.2.1 Soporte.

10.2.1.1 *Aprovechamiento de Infraestructura existente en procesamiento de pulpa*

Adaptabilidad de las plantas existentes: En las regiones amazónica y del Pacífico, existen plantas de procesamiento que ya trabajan con la pulpa de asaí para diferentes aplicaciones. La obtención de oleorresina puede aprovechar esta infraestructura con modificaciones mínimas, añadiendo fases de extracción de aceite y oleorresina. Esto significa que se puede reducir la inversión inicial necesaria, aprovechando los sistemas de extracción y adecuando las plantas existentes a un nuevo proceso que diversifique su oferta de productos.

Reducción de costos de implementación: Como ya existe infraestructura para la extracción de pulpa, el costo de agregar etapas adicionales para la obtención de oleorresina se reduciría significativamente. Esto facilita la viabilidad financiera del programa, dado que no se parte de cero y los actores en el territorio ya poseen conocimientos básicos en el manejo de la materia prima.

10.2.1.2 *Adaptación Regional: Sinergia en el uso de infraestructura*

Adaptación de la planta para procesar diferentes variedades: Aunque las producciones de asaí en la región amazónica y en la del Pacífico corresponden a variedades diferentes y no es posible integrarlas directamente en una sola línea de producción, sí es factible adaptar la infraestructura existente para procesar las variedades de cada región de manera independiente. Esto permitiría aprovechar las capacidades instaladas en cada región, optimizando el uso de recursos y evitando la duplicación innecesaria de plantas de procesamiento.

Fortalecimiento de cadenas de valor locales: Adaptar las plantas para procesar las variedades de asaí de cada región permite construir una cadena de valor más sólida y diversificada. Esta adaptación no solo incrementa la disponibilidad de materia prima procesada, sino que también permite ofrecer una narrativa

de conservación de ecosistemas, lo cual es un atractivo diferencial importante en el mercado cosmético internacional, que valora los productos provenientes de prácticas sostenibles y con beneficios ambientales.

Diversificación de la base productiva: La adaptación de las plantas para procesar las variedades de cada región permite diversificar la base productiva, haciéndola menos vulnerable a perturbaciones climáticas o problemas de acceso a una región en particular. De este modo, la resiliencia de la cadena de valor se incrementa, asegurando la sostenibilidad de la oferta de materia prima a largo plazo.

10.2.1.3 Valor Añadido y Oportunidades de Mercado.

Ampliación de la oferta de productos con valor agregado: Actualmente, la mayoría de la producción de asaí se destina a pulpas congeladas o liofilizadas para el consumo directo. El desarrollo de oleorresina permitiría ingresar al mercado cosmético, el cual tiene una alta demanda de ingredientes con propiedades antioxidantes y emolientes, con lo cual se diversificarían los productos obtenidos a partir del asaí. Esta diversificación aumentaría el valor agregado de la producción local, beneficiando a los productores en origen.

Oportunidades de diferenciación en el mercado cosmético: La producción de oleorresina de asaí en Colombia puede aprovechar la historia de origen y la sostenibilidad, lo cual es muy atractivo para el sector de cosméticos naturales y de belleza sostenible. Resaltar que la oleorresina proviene de una integración entre dos importantes regiones de biodiversidad en Colombia (Amazonía y Pacífico) añadiría un componente de exclusividad y diferenciación en el mercado global, que tiene una alta valoración de los ingredientes "de origen único" y con impactos positivos en la conservación.

10.2.1.4 Fortalecimiento de Economías Locales y Beneficios Sociales

Impacto en Comunidades Locales: Muchas comunidades de la región amazónica y del Pacífico se dedican a la recolección y procesamiento de asaí. Un programa que impulse la producción de oleorresina permitiría involucrar a más actores locales en la cadena productiva, generando empleo y valor añadido a nivel local. Además, al agregar una capa de procesamiento adicional (producción de oleorresina), se mejora la participación de estas comunidades en la cadena de valor, permitiendo un acceso a precios más altos por los productos elaborados en lugar de solo materia prima.

Fomento del Comercio Justo y la Sostenibilidad: Este programa puede impulsar también la adopción de estándares de comercio justo y producción sostenible. Esto permitiría acceder a mercados de mayor valor y, al mismo tiempo, favorecer prácticas responsables en el aprovechamiento del asaí, asegurando el equilibrio entre la producción y la conservación de los ecosistemas locales.

10.2.2 Objetivo.

Desarrollar e implementar un protocolo de producción para la obtención de oleorresina de asaí a escala media, adaptando los procesos de las empresas despulpadoras existentes en las regiones amazónica y del Pacífico de Colombia. Este protocolo tiene como finalidad diversificar los productos derivados del asaí, ingresar al mercado cosmético internacional y promover el desarrollo sostenible y económico de las comunidades locales involucradas.

10.2.3 Alcance.

Esta propuesta se centra en brindar opciones adicionales a los productos tradicionales derivados del asaí, mediante la implementación de un protocolo para la producción de oleorresina a escala media. El objetivo es diversificar la oferta de las empresas despulpadoras existentes en las regiones amazónica y del Pacífico de Colombia, permitiéndoles acceder a nuevos mercados, como el cosmético internacional, con un producto de alto valor agregado.

La implementación de este protocolo requerirá mejoras y adaptaciones en los procesos actuales, las cuales se explican en detalle en el desarrollo del documento. Estas mejoras incluyen la incorporación de etapas adicionales de procesamiento para la extracción de aceite y oleorresina, ajustes en la infraestructura existente y la capacitación del personal en nuevas técnicas y prácticas sostenibles. Se busca que estas adaptaciones sean viables y accesibles para las empresas, aprovechando al máximo los recursos y capacidades ya disponibles sin necesidad de inversiones significativas en nueva maquinaria.

El alcance de esta propuesta también abarca el cumplimiento de normativas sanitarias, ambientales y comerciales, promoviendo prácticas de comercio justo y sostenibilidad ambiental. Se enfatiza la importancia de colaborar con las comunidades locales y proveedores de materia prima, fortaleciendo las cadenas de valor y contribuyendo al desarrollo económico y social de las regiones involucradas.

10.2.4 Formulación del Producto

Oleorresina de Asaí

La oleorresina de asaí es un extracto oleoso obtenido de la pulpa del fruto del asaí (*Euterpe oleracea*). Contiene una alta concentración de compuestos bioactivos como antioxidantes (antocianinas), ácidos grasos esenciales, vitaminas y fitoesteroles, altamente valorados en la industria cosmética por sus propiedades beneficiosas para la piel y el cabello.

Especificación Teórica del Producto Final:

- Apariencia: Líquido viscoso de color púrpura oscuro a marrón.
- Olor: Característico, ligeramente afrutado.
- Densidad: 0.90 - 0.95 g/cm³ a 25°C.
- Contenido de Humedad: ≤ 0.5%.
- Contenido de Antocianinas Totales: ≥ 1.0%.
- Perfil de Ácidos Grasos: Presencia de omega-3, omega-6 y omega-9.
- Pureza: Libre de solventes residuales y contaminantes.
- Estabilidad Microbiológica: Ausencia de microorganismos patógenos.

Esta especificación tendrá variaciones, que se espera sean estandarizadas en el proceso.

10.2.5 Descripción del proceso.

La siguiente tabla resume todas las etapas del proceso de una forma resumida e integrando los estados de la materia prima.

Tabla 28. Etapas del proceso.

Etapa del Proceso	Estado de la Materia Prima	Equipo/Maquinaria Necesaria	Responsable del Proceso
1. Recepción de Pulpa	Pulpa de asaí recibida en contenedores sanitarios	Área de recepción, básculas, muestras de control	Operario de Recepción
2. Pruebas de Calidad de Pulpa	Pulpa fresca lista para evaluación de calidad	Equipos de laboratorio (pH-metro, refractómetro)	Analista de Calidad
3. Almacenamiento Temporal de Pulpa	Pulpa con calidad aprobada	Cámaras de refrigeración	Operario de Almacén
4. Pretratamiento de la Pulpa	Pulpa con humedad reducida (10-15%)	Secadores de aire caliente, molinos (opcional)	Operario de Producción
5. Prensado Mecánico (Opcional)	Aceite crudo de asaí y torta residual	Prensa mecánica (prensa en frío)	Técnico de Extracción
6. Extracción con Solvente	Mezcla de oleoresina y solvente (etanol)	Extractor de solvente, tanques de proceso	Técnico de Extracción
7. Filtrado del Extracto	Extracto filtrado sin sólidos	Filtros de prensa, membranas filtrantes	Técnico de Extracción
8. Recuperación del Solvente	Oleoresina cruda sin solvente residual	Evaporador rotatorio, condensador	Técnico de Extracción
9. Refinamiento y Clarificación	Oleoresina refinada y clarificada	Filtros finos, centrífugas	Técnico de Calidad
10. Análisis de Calidad	Muestras de oleoresina para análisis	Equipos de laboratorio (pH-metro, espectrofotómetro)	Analista de Calidad
11. Envasado	Oleoresina envasada en recipientes adecuados	Embotelladora, selladora, etiquetadora	Operario de Envasado
12. Almacenamiento	Producto final almacenado bajo condiciones óptimas	Almacén climatizado, estanterías	Supervisor de Almacén
13. Gestión de Residuos	Residuos orgánicos y solventes para disposición adecuada	Contenedores de residuos, sistema de tratamiento	Responsable de Medio Ambiente
14. Mantenimiento de Equipos	Equipos operativos y en buen estado	Herramientas de mantenimiento, repuestos	Técnico de Mantenimiento
15. Documentación y Registros	Registros completos del proceso y calidad	Sistemas informáticos, formularios	Administrativo de Producción
16. Capacitación del Personal	Personal capacitado y actualizado	Salas de capacitación, materiales didácticos	Departamento de Recursos Humanos

10.2.6 Guías técnicas.

10.2.6.1 *Materias primas e insumos.*

En esta tabla se enumeran las materias primas e insumos requeridos para la producción de oleoresina de asaí, junto con sus especificaciones técnicas clave. Incluye detalles sobre la pulpa de asaí, solventes, agentes desinfectantes, envases y otros insumos necesarios. Cada ítem está descrito con sus características esenciales, condiciones de almacenamiento y requisitos de calidad, con el objetivo de asegurar que todos los materiales utilizados cumplan con los estándares necesarios para una producción segura y eficiente.

Tabla 29. Materias primas y requisitos.

Materia Prima / Insumo	Descripción	Especificaciones Técnicas	Requisitos de Calidad	Condiciones de Almacenamiento
Pulpa de Asaí	Pulpa procesada del fruto de asaí	Origen: Amazónico o Pacífico. Humedad: 10-15%. Pureza: ≥ 95% de pulpa sin cáscaras.	Calidad Sensorial: Olor característico, sin olores extraños. Ausencia de Contaminantes: Sin pesticidas ni metales pesados.	Temperatura: 0-5°C. Recipiente: Envases herméticos y limpios.
Etanol (Grado Alimentario)	Solvente utilizado para extracción	Concentración: ≥ 96%. Pureza: Libre de impurezas orgánicas.	Certificación: Grado alimentario o farmacéutico. Residuo Seco: ≤ 0.01%.	Temperatura: Almacenado en lugar fresco. Seguridad: Envases de acero inoxidable con cierre seguro.
Agua Potable	Utilizada para limpieza y lavado de frutos	Origen: Red pública tratada. pH: 6.5-7.5. Conductividad: ≤ 500 µS/cm.	Microbiología: Ausencia de coliformes fecales. Residuo Sólido Total: ≤ 100 ppm.	Temperatura: Ambiente. Recipiente: Tanques de acero inoxidable.
Agentes Desinfectantes	Producto para desinfección de frutos y equipos	Tipo: Hipoclorito de sodio o similar. Concentración: 50-100 ppm.	Certificación: Aprobado para uso en contacto con alimentos.	Temperatura: Ambiente. Seguridad: Almacenado en contenedores etiquetados y herméticos.
Filtros de Papel/Membranas	Filtros para clarificación de oleorresina	Porosidad: 5-10 micras (dependiendo del proceso). Material: Celulosa o PTFE.	Pureza: Libre de impurezas añadidas. Compatibilidad: Compatible con oleorresinas.	Condiciones: Almacenado en lugar seco, protegido de la humedad.
Envases de Vidrio Ámbar	Recipientes para envasado de oleorresina	Capacidad: 1-5 litros. Material: Vidrio ámbar para protección contra la luz.	Hermeticidad: Tapas herméticas, sin fugas. Pureza del Vidrio: Aprobado para productos cosméticos.	Temperatura: Lugar fresco y seco. Protección: Protegido de golpes y caídas.
Etiquetas Autoadhesivas	Etiquetas para identificación de producto	Adhesivo: Aptitud para contacto con vidrio y mantener adhesión.	Legibilidad: Texto claro y sin borrones. Durabilidad: Resistencia al desgaste y aceites.	Temperatura: Ambiente. Protección: En rollos, protegidas del polvo y humedad.
Aceite Base para Mezclas (Opcional)	Aceite portador para formular cosméticos	Tipo: Aceite de girasol, jojoba, o almendra. Pureza: ≥ 99%.	Certificación: Orgánico certificado, libre de aditivos. Índice de Acidez: ≤ 1.0 mg KOH/g.	Temperatura: Almacenado en lugar fresco y seco. Recipiente: Envase de acero inoxidable, herméticamente sellado.

Fuente: elaboración propia.

10.2.6.2 Equipo y maquinaria.

La tabla de equipos para el procesamiento de oleorresina de asaí proporciona una descripción detallada de los equipos requeridos para cada etapa del proceso, incluyendo tres marcas recomendadas con sus respectivos modelos, capacidades y características clave. Esta información es fundamental para facilitar la selección del equipo adecuado para la producción, optimizando el rendimiento y garantizando la calidad de la oleorresina producida.

Tabla 30. Opciones de maquinaria y capacidades estimadas para procesamiento.

Proceso	Nombre del Equipo	Marca	Modelo	Capacidad	Características Clave
Recepción y Almacenamiento	Báscula Electrónica	OHAUS	Defender 5000	Hasta 300 kg	Alta precisión, pantalla LCD, plataforma de acero inoxidable.
Recepción y Almacenamiento	Báscula Electrónica	METTLER TOLEDO	BBA231	Hasta 300 kg	Diseño robusto, interfaz intuitiva, fácil limpieza.
Recepción y Almacenamiento	Báscula Electrónica	CAS	PB Series	Hasta 300 kg	Portátil, batería recargable, pantalla retroiluminada.
Pretratamiento de la Pulpa	Secador de Aire Caliente	AGROISA	Secador Modular	500 kg/h	Control de temperatura ajustable, flujo de aire uniforme.
Pretratamiento de la Pulpa	Secador de Aire Caliente	JBT FoodTech	Drying System	500 kg/h	Eficiencia energética, construcción en acero inoxidable.
Pretratamiento de la Pulpa	Secador de Aire Caliente	Inox Contract	Secador Continuo	500 kg/h	Diseño compacto, fácil integración en líneas existentes.
Prensado Mecánico	Prensa de Aceite Hidráulica	Rayone	YY-230	8.5 kg/lote	Alta presión, operación automática, adecuada para lotes pequeños.
Prensado Mecánico	Prensa de Aceite Hidráulica	QI'E Machinery	6YL-185	4 kg/lote	Estructura robusta, fácil mantenimiento, alta eficiencia.
Prensado Mecánico	Prensa de Aceite Hidráulica	AGROVIN	PG2010-M2	2 grifos	Llenado y taponado automático, diseño compacto.
Extracción con Solvente	Extractor de Solvente	AGROISA	Extractor Tubular	1000 L	Sistema cerrado, recuperación de solvente, operación continua.
Extracción con Solvente	Extractor de Solvente	JBT FoodTech	FT14	1000 L	Alta eficiencia, control automático, fácil limpieza.
Extracción con Solvente	Extractor de Solvente	Inox Contract	Extractor Multietapa	1000 L	Diseño modular, adaptable a diferentes volúmenes de producción.
Filtrado del Extracto	Filtro de Placas	AGROVIN	Filtro de Placas	600 L/h	Fácil operación, placas intercambiables, adecuado para aceites.

Proceso	Nombre del Equipo	Marca	Modelo	Capacidad	Características Clave
Filtrado del Extracto	Filtro de Placas	JBT FoodTech	Filtro FT74	600 L/h	Alta precisión, construcción en acero inoxidable, fácil mantenimiento.
Filtrado del Extracto	Filtro de Placas	Inox Contract	Filtro Compacto	600 L/h	Diseño compacto, operación eficiente, fácil integración en líneas existentes.
Recuperación del Solvente	Evaporador Rotatorio	BUCHI	Rotavapor R-300	5 L	Control digital, alta eficiencia de evaporación, fácil manejo.
Recuperación del Solvente	Evaporador Rotatorio	Heidolph	Hei-VAP Advantage	5 L	Sistema de seguridad integrado, operación silenciosa, pantalla digital.
Recuperación del Solvente	Evaporador Rotatorio	Yamato	RE202-A	5 L	Diseño compacto, control de velocidad variable, fácil limpieza.
Refinamiento y Clarificación	Centrífuga de Laboratorio	Eppendorf	Centrifuge 5810 R	4 x 750 mL	Refrigerada, alta capacidad, operación silenciosa.
Refinamiento y Clarificación	Centrífuga de Laboratorio	Thermo Fisher	Sorvall ST 16	4 x 400 mL	Pantalla táctil, programación sencilla, alta eficiencia.
Refinamiento y Clarificación	Centrífuga de Laboratorio	Hettich	Rotina 420R	4 x 600 mL	Diseño robusto, fácil de usar, mantenimiento mínimo.
Envasado	Llenadora Semiautomática	AGROVIN	PG2010-M2	2 grifos	Llenado y taponado automático, diseño compacto.
Envasado	Llenadora Semiautomática	JBT FoodTech	Llenadora FT102X	500 botellas/h	Alta precisión, fácil limpieza, adaptable a diferentes tamaños de botella.
Envasado	Llenadora Semiautomática	Inox Contract	Llenadora Modular	500 botellas/h	Diseño modular, fácil integración, operación eficiente.

Fuente: elaboración propia.

10.2.6.3 Infraestructura y requerimientos de instalación.

La tabla de infraestructura y requerimientos de instalación describe las necesidades específicas de cada área de la planta para asegurar un proceso productivo adecuado y eficiente. Esta tabla cubre desde áreas de recepción y almacenamiento, pretratamiento, extracción, filtrado, hasta el laboratorio de calidad y las áreas destinadas a la seguridad y el manejo de residuos. Cada sección está detallada con los requerimientos específicos de equipos y condiciones, asegurando que la instalación cumpla con las normativas de calidad, seguridad y sostenibilidad necesarias para la producción de oleorresina de asaí.

Tabla 31. Necesidades de infraestructura.

Área	Descripción	Requerimientos
Recepción y Almacenamiento	Área para recibir y almacenar la pulpa de asaí	- Espacio amplio para pesaje e inspección - Cámaras de refrigeración (0-5°C) - Báscula de plataforma para pesaje
Pretratamiento de Pulpa	Secado y molienda de la pulpa	- Secadores de aire caliente con control de temperatura ($\leq 50^{\circ}\text{C}$) - Molino (opcional) - Sistema de ventilación para gestionar humedad y calor

Área	Descripción	Requerimientos
Extracción de Aceite y Oleorresina	Prensado y extracción de oleorresina	- Prensa mecánica para extracción inicial - Extractor de solvente con sistema de recuperación - Sistema de ventilación y extracción de aire para seguridad
Filtrado y Refinamiento	Filtrado del extracto y recuperación del solvente	- Filtros de placas y membranas (5-10 micras) - Evaporador rotatorio para recuperación de solvente - Sistema de contención para evitar derrames
Envasado y Almacenamiento de Producto Final	Envasado, etiquetado y almacenamiento de oleorresina	- Llenadora semiautomática para envases de vidrio ámbar - Sistema de etiquetado para identificación - Almacén climatizado (15-25°C, sin luz directa)
Laboratorio de Control de Calidad	Espacio para análisis de calidad	- Espacio independiente para evitar contaminación - Equipos de laboratorio (pH-metro, refractómetro, espectrofotómetro, centrífuga) - Mobiliario adecuado resistente a productos químicos
Manejo de Residuos y Seguridad Ambiental	Gestión de residuos y seguridad ambiental	- Zona de almacenamiento de residuos (orgánicos y peligrosos) - Sistema de tratamiento de solventes para recuperación - Acceso a servicios de gestión de residuos
Seguridad y Ventilación	Seguridad general en áreas de producción	- Sistema de ventilación industrial para solventes - Extintores y señalización de seguridad - Duchas de emergencia y estaciones lavaojos - Sistemas de alarma y detección de gases
Instalaciones Eléctricas y de Agua	Suministro eléctrico y de agua	- Instalaciones eléctricas seguras con protecciones contra sobrecargas - Tomas de corriente trifásicas donde sea necesario - Sistema de suministro de agua potable
Capacitación y Personal	Espacio para la formación y comodidad del personal	- Sala de capacitación con mesas, sillas y proyector - Vestidores y áreas de descanso para personal

10.2.6.4 Procedimientos operativos estándar.

Esta tabla detalla los Procedimientos Operativos Estándar (POE) necesarios para la producción de oleorresina de asaí, desde la recepción de la materia prima hasta el envasado del producto final. Cada etapa del proceso está descrita con sus respectivas actividades, el equipo involucrado, los parámetros de control que aseguran la calidad, y los registros que deben mantenerse para garantizar la trazabilidad. Esta información es esencial para establecer un proceso de producción eficiente y consistente, asegurando la calidad del producto y el cumplimiento de los estándares de la industria cosmética.

Tabla 32. POE 1: Recepción y Almacenamiento de Pulpa

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Recepción de la pulpa	Báscula, área de recepción	Peso: Registrar el peso total recibido. Temperatura: Debe llegar a 0-5°C.	Hoja de recepción de pulpa.
Pruebas de calidad de pulpa	Equipos de laboratorio (pH-metro, refractómetro)	pH: Entre 4.0-5.5. Humedad: Entre 10-15%. Olor y apariencia: Sin olores extraños ni signos de deterioro.	Informe de control de calidad.

Almacenamiento en cámaras refrigeradas	Cámara de refrigeración	Temperatura de Almacenamiento: Entre 0-5°C. Condiciones: Pulpa en envases limpios y herméticos.	Registro de almacenamiento de pulpa.
--	-------------------------	--	--------------------------------------

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33. POE 2: Pretratamiento de la Pulpa

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Reducción de humedad mediante secado	Secador de aire caliente	Temperatura de Secado: ≤ 50°C. Humedad Objetivo: 10-15%.	Registro de secado de pulpa.
Molienda de la pulpa (opcional)	Molino	Tamaño de Partícula: Uniforme para maximizar extracción.	Registro de pretratamiento.

Tabla 34. POE 3: Extracción de Aceite y Oleoresina

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Prensado Mecánico	Prensa mecánica	Presión Aplicada: Ajustar para extracción máxima. Temperatura: ≤ 40°C.	Registro de prensado.
Carga del Extractor de Solvente	Extractor de solvente	Cantidad de Solvente: Cubrir completamente la pulpa. Relación Pulpa/Solvente: Mantener constante.	Hoja de extracción.
Extracción con Solvente	Extractor de solvente	Temperatura de Extracción: 40-60°C. Tiempo de Extracción: 2-4 horas.	Registro de extracción.

Tabla 35. POE 4: Filtrado y Recuperación del Solvente

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Filtrado del Extracto	Filtro de placas/membranas	Porosidad del Filtro: 5-10 micras. Condiciones de Filtrado: Sin pérdidas significativas de material.	Registro de filtrado.
Recuperación del Solvente	Evaporador rotatorio	Temperatura de Evaporación: Ajustada para maximizar la recuperación. Recuperación de Solvente: ≥ 90%.	Registro de recuperación de solvente.

Tabla 36. POE 5: Refinamiento y Clarificación

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Filtrado Fino de Oleoresina	Filtro fino, centrífuga	Condiciones de Filtrado: Sin partículas visibles en el producto final.	Registro de clarificación.

Desodorización (opcional)	Desodorizador	Condiciones de Vacío: Mantener vacío para eliminar compuestos volátiles no deseados.	Registro de desodorización.
---------------------------	---------------	---	-----------------------------

Tabla 37. POE 6: Control de Calidad

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Pruebas Físico-Químicas	pH-metro, espectrofotómetro	pH: 4.0 - 5.5. Índice de Peróxidos: ≤ 10 meq/kg. Índice de Acidez: ≤ 5 mg KOH/g.	Informe de calidad.
Análisis Microbiológico	Equipos de laboratorio	Conteo de Aerobios Mesófilos: < 1000 UFC/g. Levaduras y Mohos: < 100 UFC/g.	Informe microbiológico.

Tabla 38. POE 7: Envasado y Almacenamiento

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Envasado de la Oleoresina	Llenadora semiautomática, envases de vidrio ámbar	Envase: Vidrio ámbar, hermético. Volumen por Envase: Controlado según requerimientos.	Registro de envasado.
Etiquetado	Etiquetadora	Información en la Etiqueta: Nombre, lote, fecha de producción y caducidad.	Registro de etiquetado.
Almacenamiento del Producto Final	Almacén climatizado	Temperatura de Almacenamiento: 15-25°C. Condiciones: Lugar fresco y seco, sin exposición directa a la luz solar.	Registro de almacenamiento.

Tabla 39. POE 8: Gestión de Residuos

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Manejo de Residuos Sólidos	Contenedores de residuos	Segregación de Residuos: Separar residuos orgánicos y plásticos. Disposición: Compostaje o reciclaje.	Registro de manejo de residuos.
Recuperación y Disposición de Solvente	Sistema de recuperación de solvente	Recuperación de Solvente: ≥ 90% del solvente utilizado. Disposición Segura: Manejo según normativas ambientales.	Registro de recuperación de solvente.

Tabla 40. POE 9: Mantenimiento de Equipos

Descripción de Actividad	Equipo Involucrado	Parámetros de Control	Registro
Mantenimiento Preventivo	Todos los equipos utilizados	Frecuencia de Mantenimiento: Según manual del fabricante.	

		Revisión de Funcionamiento: Equipos en buen estado sin fugas ni fallas.	Hoja de mantenimiento preventivo.
Revisión y Cambio de Componentes	Repuestos	Reemplazo de Piezas Desgastadas: Conforme se necesite, para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente.	Registro de cambio de componentes.

10.2.7 Ficha técnica.

- **Rendimiento y Composición:** *Euterpe precatoria* ofrece un mayor rendimiento de oleorresina debido a su mayor proporción de pulpa y un perfil lipídico más alto, lo cual la hace particularmente atractiva para la producción a escala comercial.
- **Preferencias de Uso:** La oleorresina de *E. oleracea* podría ser preferida para formulaciones que requieren un alto poder antioxidante y una coloración característica, mientras que la oleorresina de *E. precatoria* se destaca para productos emolientes y de cuidado de la piel, con un color más suave y una mayor capacidad de hidratación.

En función de las necesidades específicas del mercado (alto contenido antioxidante vs. capacidad hidratante y textura más ligera), se podría elegir una especie sobre la otra o incluso desarrollar formulaciones que aprovechen las propiedades complementarias de ambas especies.

Tabla 41, Ficha técnica teórica.

Sección	Detalle
1. Identificación del Producto	Nombre del Producto: Oleorresina de Asaí
	Nombre Científico: Euterpe oleracea (o Euterpe precatoria)
	Presentación: Líquido viscoso
	Uso Previsto: Ingrediente para la industria cosmética (cremas, aceites corporales, cuidado del cabello)
2. Composición y Descripción	Composición Principal:
	- Aceite de Asaí (Ácidos grasos esenciales: omega-3, omega-6 y omega-9)
	- Antocianinas (antioxidantes)
	- Fitoesteroles
	- Vitaminas A, C y E
	Descripción Física:
	- Apariencia: Líquido púrpura oscuro a marrón
	- Olor: Característico, ligeramente afrutado
	- Densidad: 0.90 - 0.95 g/cm ³ a 25°C
- Solubilidad: Insoluble en agua, soluble en aceites y etanol	
3. Parámetros Físico-Químicos	pH: 4.0 - 5.5
	Índice de Peróxidos: ≤ 10 meq/kg
	Índice de Acidez: ≤ 5 mg KOH/g
	Humedad y Materia Volátil: ≤ 0.5%
4. Composición Nutricional	Ácidos Grasos (Perfil):

	- Ácido Oleico (Omega-9): 40-55%
	- Ácido Linoleico (Omega-6): 10-20%
	- Ácido Palmítico: 20-30%
	Compuestos Bioactivos:
	- Antocianinas Totales: $\geq 1.0\%$
	- Fitoesteroles: $\geq 0.5\%$
	- Tocoferoles (Vitamina E): Contribuyen a propiedades antioxidantes
5. Análisis Microbiológico	Conteo Total de Aerobios Mesófilos: < 1000 UFC/g
	Levaduras y Mohos: < 100 UFC/g
	Ausencia de Patógenos: Sin presencia de Salmonella, Escherichia coli, Pseudomonas spp.
6. Especificaciones de Calidad	Pureza: Producto libre de contaminantes
	Solventes Residuales: $\leq 0.05\%$ (si se usa extracción con solvente)
	Compatibilidad: Compatible con aceites base para cosmética
7. Recomendaciones de Almacenamiento	Temperatura: 15 - 25°C, en lugar fresco y seco
	Protección Contra la Luz: Envases opacos (vidrio ámbar)
	Recipiente: Envases herméticos
	Vida Útil: 12 meses bajo condiciones óptimas
8. Indicaciones de Seguridad	Medidas de Precaución:
	- Producto no apto para consumo humano
	- Evitar contacto con ojos y mucosas
	- En caso de contacto con ojos, lavar con abundante agua
	Equipo de Protección Personal (EPP):
- Guantes, gafas de seguridad, ropa adecuada durante el procesamiento	
9. Aplicaciones	Industria Cosmética:
	- Cremas hidratantes y antioxidantes
	- Aceites para el cuidado del cabello
	- Productos antienviejecimiento y tratamientos de piel seca
10. Documentación y Trazabilidad	Lote de Producción: Identificado con un código único
	Trazabilidad: Registro de la materia prima utilizada desde la recolección hasta el procesamiento

11 Bibliografía.

Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica - PROCOMER, S.F. *Manual técnico de siembra de uchuva*, Costa Rica: s.n.

Abawi, G. & Widmer, T., 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes, and root diseases of vegetable crops.. *Applied Soil Ecology*, Volumen 15, pp. 37-47.

AGROSAVIA, 2022. *AGROSAVIA inicia red de trapeo para cultivos de asái el departamento de Putumayo*. [En línea]

Available at: <https://www.agrosavia.co/noticias/red-de-trapeo-para-cultivos-de-asai> [Último acceso: 22 Octubre 2024].

Álvarez-Herrera J, F. G. V. J., 2021. Análisis de la producción de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante el ciclo de cosechas en invernadero con diferentes láminas de riego.. *Revista Academia Colombiana de la Ciencia*, marzo, 45((174)), pp. 109-121.

Barbosa, E. S. y otros, 2022. Management of Açai Areas in the Sustainability-Oriented Supply Chain in the Municipality of Abaetetuba-Pará.. *Journal of Agricultural Science*..

Bayu, M. S. & Prayogo, Y., 2018. Efficacy of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in controlling pests in tropical environments.. *Journal of Insect Science*..

Belem, A., Machado, C. R. & Barbosa, R., 2020. Monitoring and pest management in wild açai systems: A case for sustainable management practices.. *Agroforestry Systems*..

Bernal, R., Galeano, G. & García, N., 2015. *Palmas de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Betancourt López, C. F., Rodríguez-Stouvenel, A. & Millán-Cruz, P., 2023. Estabilidad oxidativa de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) microencapsulado enriquecido con compuestos fenólicos extraídos de su cascarilla. *Ingeniería y Competitividad*, Volumen 25.

Bezerra, V. y otros, 2017. Sensory Analysis and Consumers Studies of Açai Beverage after Thermal, Chlorine and Ozone Treatments of the Fruits.. *Journal of Food Processing and Preservation*..

Bichara, L. E. C. & Rogez, H., 2011. A comparative study of the antioxidant properties of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and *Euterpe precatoria* Mart. from different regions of the Amazon. *Acta Horticulturae*, Volumen 918, pp. 125-136.

Botanical-online, 2024. *Cultivo del asái*. [En línea]

Available at: <https://www.botanical-online.com/cultivo/acai-cultivo> [Último acceso: 10 Octubre 2024].

Centro de Investigación Agropecuaria - Corpoica, Centro de investigación La Selva, 2002. *Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia*, Rionegro, Antioquia: s.n.

Centro de investigación La Selva, 2008. *Aspectos importantes para el establecimiento del cultivo de la uchuva. Manejo sostenible del cultivo de la uchuva (Physalis peruviana L.) en el municipio de Apía, Risaralda*, Rionegro, Antioquia: s.n.

Chander, S., 2023. Integrated Pest Management Of Field Crops. *Indian Journal of Entomology*.

Cheong, Y. L. R. R. y otros, 2021. PesTrapp mobile app: A trap setting application for real-time entomological field and laboratory study.. *Tropical Biomedicine*, 38(2), pp. 171-179.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica, 2016. Variedad de uchuva para Cundinamarca, Boyacá, Antioquia y Nariño.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, C., 2011. *Producción de Plantas Genéticamente Puras de Uchuva, Physalis peruviana*, Bogotá: Kimpres Ltda..

Del Pozo-Insfran, D., Brenes, C. H. & Talcott, S. T., 2006. Phytochemical composition and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea* Mart.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, , 54 (20), pp. 8604-8610.

Ecke, S. y otros, 2022. UAV-Based Forest Health Monitoring: A Systematic Review.. *Remote Sensing*, 3205(14).

EMR ACLAIGTH Enterprice, 2023. *Mercado Global de Sacha Inchi – Por Tipo (Natural, Orgánico); Dinámica del Mercado (2024-2032) y Panorama Competitivo - Resumen*. [En línea]
Available at: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-sacha-inchi#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1les%20son%20las%20principales%20tendencias,creciente%20adopc%3%B3n%20de%20dietas%20veganas.>
[Último acceso: 29 03 2024].

Fairtrade, 2024. *Small-scale Producer Organizations. Fairtrade Standard*. [En línea]
Available at: <https://www.fairtrade.net/standard/spo>
[Último acceso: 25 Octubre 2024].

FAN, 2015. *Manual de buenas prácticas de cosecha de frutos de asaí*. [En línea]
Available at: <https://www.fan-bo.org/wp-content/uploads/2023/11/Cartilla-Buenas-Practicas-Asai.pdf>
[Último acceso: 10 Octubre 2024].

Fanali, C. y otros, 2011. Chemical characterization of Plukenetia volubilis L. oil.. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, , 59(4), pp. 1309-1315.

Fanigliulo, R. y otros, 2020. Light drone-based application to assess soil tillage quality in precision agriculture. Sensors.. *Sensors*.

FCDS, 2023. *Plan de manejo y aprovechamiento forestal de asaí y seje en el corregimiento El Capricho*. [En línea]
Available at: <https://fcds.org.co/publicaciones/plan-de-aprovechamiento-de-asai-y-seje/>

Fischer, G., Miranda, D., Piedrahita, W. & Romero, Y., 2005. *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia*, Bogotá: s.n.

Follegatti-Romero, L. A., Piantino, C. R., Grimaldi, R. & Cabral, F. A., 2009. Supercritical CO2 extraction of Plukenetia volubilis L. oil: fatty acid composition and characterization of the defatted meal.. *The Journal of Supercritical Fluids*, 49(3), pp. 323-329.

Fraisse, A. y otros, 2011. Comparison of chlorine and peroxyacetic-based disinfectant to inactivate Feline calicivirus, Murine norovirus and Hepatitis A virus on lettuce.. *International Journal of Food Microbiology*, 151(1), pp. 98-104.

Fraser, R., 1992. Integrated Pest and Disease Management in Protected Crops.. *Outlook on Agriculture*, Volumen 21, pp. 169-175.

- Future Market Insight, 2023. *Passion Fruit Extract Market Outlook for 2023 to 2033*. [En línea] Available at: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/passion-fruit-extract-market> [Último acceso: 14 Marzo 2024].
- Gabryś, B. & Kordan, B., 2013. Cultural Control and other Non-Chemical Methods.. *Journal of Agricultural Science*..
- Galeano, G. & Bernal, R., 2010. *Palmas de Colombia: guía de campo*.. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales..
- Gallón M, E. S. C. M., 2020. Avances tecnológicos en el proceso de transformación de la uchuva: una revisión. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, enero - junio, 16(1), pp. 7-18.
- Gao, C. y otros, 2020. The Integration of Bio and Organic Fertilizers Improve Plant Growth, Grain Yield, Quality and Metabolism of Hybrid Maize (*Zea mays* L.).. *Agronomy*..
- Guillén, M. D. y otros, 2003. Characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and ¹H NMR.. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, , 80(8), pp. 755-762..
- Gutiérrez, L. F., Rosada, L. M. & Jiménez, Á., 2011. Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y Aceites*, Enero-Marzo, 62(2), pp. 76-83.
- Heinrich, M., Dhanji, T. & Casselman, I., 2011. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.)—A phytochemical and pharmacological assessment of the species' health claims. *Phytochemistry Letters*, 4(1), pp. 10-21.
- Hilje, L., Costa, H. & Stansly, P., 2001. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases.. *Crop Protection*, Volumen 20, pp. 801-812.
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009. *El cultivo de la uchuva (Physalis peruviana) Area: Manejo integrado de cultivos / frutales de altura*, Costa Rica: Proyecto Microcuencia Plantón - Pacayas Boletín técnico No. 10.
- Instituto SINCHI, 2018. *Seje, moriche, asaí: Palmas amazónicas con potencial*. [En línea] Available at: <https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/CARTILLA%20COMPILADO%20MAIL.pdf> [Último acceso: 25 Octubre 2024].
- lost Filho, F. H. y otros, 2022. How does the digital transformation of agriculture affect the implementation of Integrated Pest Management?. *Frontiers in Sustainable Food Systems*., Volumen 6.
- Jesus, A. L. T., Leite, T. S. & Cristianini, M., 2018. High isostatic pressure and thermal processing of açai fruit (*Euterpe oleracea* Martius): Effect on pulp color and inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase.. *Food Research International*, Volumen 105, pp. 853-862.
- Júnior, L. y otros, 2015. lassification of intact acai (*Euterpe oleracea* Mart.) and jucara (*Euterpe edulis* Mart) fruits based on dry matter content by means of near infrared spectroscopy.. *Food Control*, pp. 630-636.
- Khan, S. M. y otros, 2019. Integrated Pest and Disease Management for Better Agronomic Crop Production. *Agronomic Crops*.
- Kodahl, N. & Sørensen, M., 2021. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): An underutilized crop with a great potential.. *Agronomy*, , 11(1066).

- Kumar, S., 2018. Cultural practices for sustainable agriculture and their role in pest control.. *Agricultural Sustainability*.
- Lanchero, O. V. G. F. G. V. N. G. H., 2007. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), p. 2007.
- Leone, A., Amirante, P. & Tamborrino, A., 2012. Olive pruning mechanization system with a new type of elevated work platform.. *Acta Horticulturae*, Volumen 949, pp. 391-398..
- Linares, J. I. G., Vivanco, M., Garay Montes, R. & Taboada, O. M., 2017. Desarrollo de películas comestibles a partir de proteínas extraídas de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.).. *Revista Chilena de Ingeniería*, Volumen 28, pp. 115-130.
- Martínez-Ballesté, A., Martorell, C. & Caballero, J., 2008. The effect of Maya traditional harvesting on the leaf production, and demographic parameters of Sabal palm in the Yucatán Peninsula, Mexico.. *Forest Ecology and Management*, Volumen 256, pp. 1320-1324.
- Montero Gómez, L. F., 2019. *Estudio de acceso al mercado surcoreano de la Sacha Inchi producida en Colombia*, Bucaramanga: s.n.
- Muñiz-Miret, N. y otros, 1996. The economic value of managing the açai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) in the floodplains of the Amazon estuary, Pará, Brazil.. *Forest Ecology and Management*, , Volumen 87, pp. 163-173..
- Pacheco-Palencia, L. A., Hawken, P. & Talcott, S. T., 2009. Chemical characterization, moisture sorption, and color stability of a powdered nutraceutical açai (*Euterpe oleracea* Mart.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, , 57(20), pp. 9399-9405. .
- Pasiani, J. O. y otros, 2012. Knowledge, Attitudes, Practices and Biomonitoring of Farmers and Residents Exposed to Pesticides in Brazil.. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Volumen 9, pp. 3051-3068.
- PBD, 2009. *Manual de Producción de Sacha Inchi para el Biocomercio y la Agroforestería Sostenible*. [En línea]
Available at: <https://cooperacionalemana.pe/GD/280/manualproducciondesachainchi.pdf>
[Último acceso: 27 Octubre 2024].
- Pedlowski, M., Canela, M., Costa Terra, M. A. & da Ramos de Faria, R. M., 2012. Modes of pesticides utilization by Brazilian smallholders and their implications for human health and the environment.. *Crop Protection*, Volumen 31, pp. 113-118.
- PICFA, 2021. *Guía de buenas prácticas para la cosecha de frutos de asai (Euterpe precatoria)*. [En línea]
Available at: https://frutosamazonicos.org.bo/wp-content/uploads/2022/05/2021_ACEAA-PICFA-Guia-Buenas-Practicas-Cosecha-Asai.pdf
[Último acceso: 3 Octubre 2024].
- Pompeu, D. R., Barata, V. C. P. & Rogez, H., 2009. Impacto da refrigeração sobre variáveis de qualidade dos frutos do açazeiro (*Euterpe oleracea*).. *Alimentos e Nutrição*, Volumen 20, pp. 141-148.
- Potamitis, I., Rigakis, I. & Fysarakis, K., 2015. Insect biometrics: Optoacoustic signal processing and its applications to remote monitoring of McPhail type traps.. *PLoS ONE*, Volumen 10.

- Ramli, R. M., Mohamed, M. B. & Abdullah, N. R., 2022. Smart Fertilizer Mixer System for Fertigation. *2022 IEEE 8th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)*..
- Roubos, C., Rodriguez-Saona, C. & Isaacs, R., 2014. Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. *Biological Control*, Volumen 75, pp. 28-38.
- Sánchez-Bayo, F. & Hyne, R., 2011. Comparison of environmental risks of pesticides between tropical and nontropical regions.. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7(4), p. 577–586.
- Sayed, S., Elarnaouty, S., Alotaibi, S. & Salah, M., 2021. Pathogenicity and Side Effect of Indigenous *Beauveria bassiana* on *Coccinella undecimpunctata* and *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae).. *Insects*, Volumen 1, p. 12.
- Schauss, A. G. y otros, 2006. Safety evaluation of an açai-fortified juice blend". *Toxicology*, 225(3), pp. 306-312.
- Sharma, R. & Malaviya, P., 2021. Management of stormwater pollution using green infrastructure: The role of rain gardens.. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, Volumen 8.
- Sosnowski, M. y otros, 2009. Techniques for the treatment, removal, and disposal of host material during programs for plant pathogen eradication.. *Plant Pathology*, Volumen 58, pp. 621-635.
- Transparency Market Research, 2020. [En línea]
Available at: <https://www.transparencymarketresearch.com/passionfruit-seed-oil-market.html#:~:text=Passionfruit%20Seed%20Oil%3A%20Market%20Frontrunners&text=Based%20on%20grade%20type%2C%20the,basis%20of%20value%20in%202020.>
[Último acceso: 14 Marzo 2024].
- Tuneu-Corral, C., Bellard, C. & Jones, K., 2023. Role of bats in pest suppression within agricultural systems. *Ecological Applications*..
- UTP, 2023. *Prácticas culturales de conservación del suelo*. [En línea]
Available at: https://epseaweb.utp.edu.co/wp-content/uploads/2024/03/BD_FT_OBRAS-CONSERVACIO%CC%81N-SUELO_CHOCO.pdf
[Último acceso: 27 Octubre 2024].
- Waichman, A., Eve, E. & Nina, N. C. S., 2007. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon.. *Crop Protection*, Volumen 26, pp. 576-583.
- Wang, S., Zhu, F. & Kakuda, Y., 2018. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses.. *Food Chemistry*, Volumen 265, pp. 316-328.
- Xu, X. & Fountain, M., 2019. Integrated management of diseases and insect pests of tree fruit. *Food Reviews International*.
- Zambrano, J., Barreto Cruz, O. T., Serrano, R. & Mejía Gallego, A., 2020. Digestibilidad y degradabilidad in vitro de dietas con torta de sachá inchi en rumiantes.. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*., Volumen 31.

Información de contacto:

Swisscontact Colombia

web: [swisscontact.org/es/paises/colombia](https://www.swisscontact.org/es/paises/colombia) X: @Swisscontact linkedin:

@Swisscontact

Facebook: @swisscontactlatam

minkadev

web: <https://www.minka-dev.com/> LinkedIn: @minkadev X:

@minkadev Instagram: @minkadev Facebook: @minkadev

Colombia + Competitiva

web: colombiamascompetitiva.com X: @colombiamascom1

Facebook: @ColombiaMasCompetitiva

