

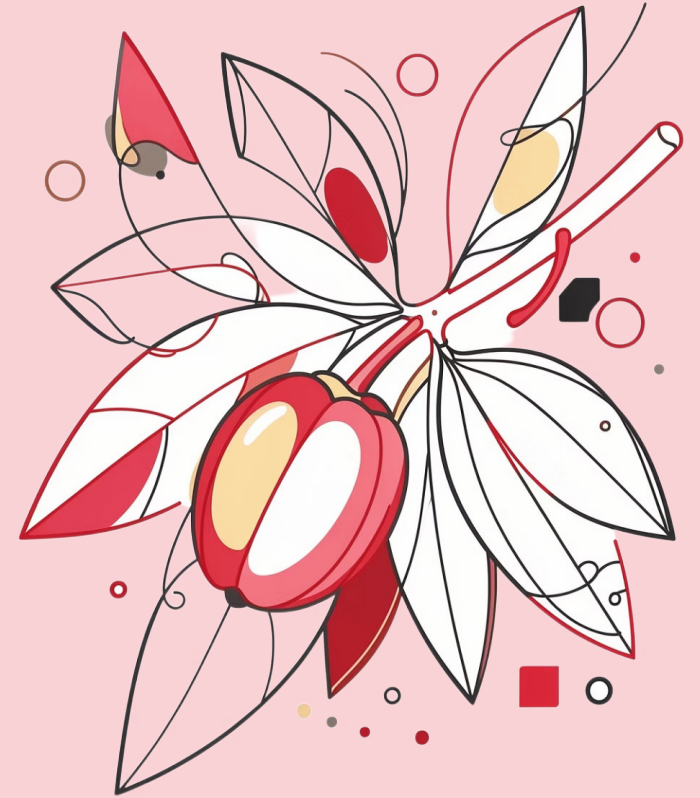
Biorrefinería de Camu

Camu: Del Superalimento a Productos de Alto Valor

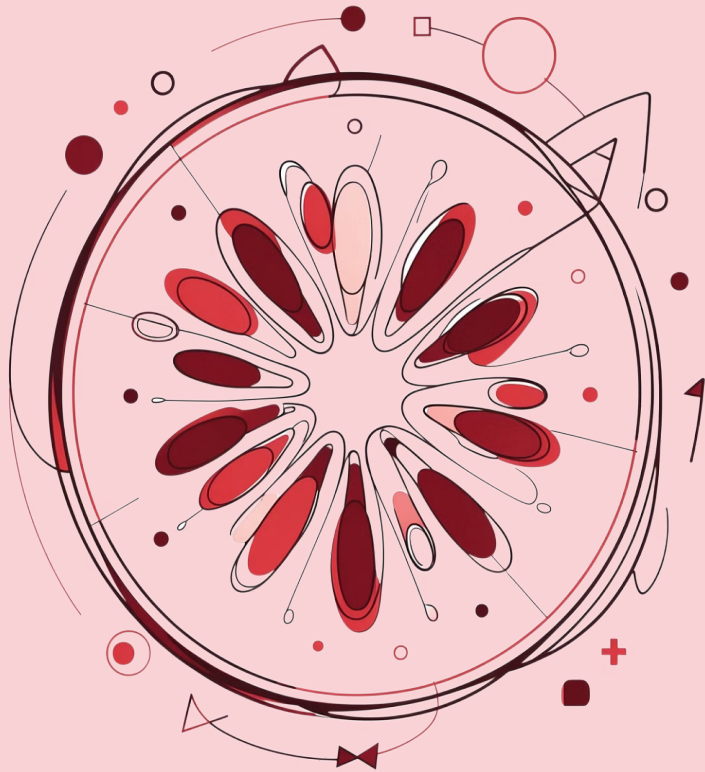
Análisis técnico-económico para ingenieros de procesos — Valorización integral de *Myrciaria dubia*

INGENIERÍA DE PROCESOS

AMAZONÍA PERUANA



Introducción: El Camu Camu, un Tesoro Amazónico



Origen y Composición

Fruta nativa de la Amazonía peruana (*Myrciaria dubia*). Contiene hasta **2,994 mg de Vitamina C por 100 g** de pulpa — 50× más que la naranja — además de antocianinas, ácido elágico y polifenoles.

Potencial de Mercado

La demanda global de ingredientes naturales bioactivos crece a tasas de **7–9% anual**. El camu camu ocupa nichos premium en nutraceutica, cosmética funcional y alimentos enriquecidos.

Objetivo

Evaluar la viabilidad técnica y económica de una biorrefinería para la extracción y valorización integral de compuestos del camu camu, incluyendo CAPEX, OPEX y casos de estudio.

Procesos de Extracción y Biorrefinería



Cada etapa está diseñada para maximizar el rendimiento de compuestos bioactivos y minimizar la generación de residuos sin valorizar.

Vitamina C

Extracción acuosa o con etanol al 70%. pH ácido (3–4) para estabilidad del ácido ascórbico.

Antioxidantes / Polifenoles

Extracción asistida por ultrasonido (20–40 kHz) o fluidos supercríticos (CO₂, 40°C, 300 bar).

Aceite de Semilla

Prensado en frío o extracción con hexano. Rendimiento: 8–12% base seca.

Residuos

Cáscara y semilla: fuente de fibra, taninos y fenólicos (Rodríguez Ponce, 2009). Potencial para biogás vía digestión anaerobia.

Productos y Subproductos de la Biorrefinería



Concentrado de Vitamina C

Ingrediente activo para suplementos, alimentos funcionales y cosméticos antioxidantes. Alta demanda en mercados de EE.UU., UE y Asia.



Extracto de Polifenoles

Aplicaciones en nutraceutica y farmaceutica. Antocianinas con actividad antiinflamatoria y neuroprotectora (Alegre Beltrán, 2016).



Néctar y Jugos

Productos de consumo directo con alto valor nutricional. TIR de 35.6% en estudios de prefactibilidad (Quintana García, 2019).



Harina de Cáscara/Semilla

Ingrediente funcional para piensos y alimentos enriquecidos en fibra. Rendimiento: 200 kg por tonelada de residuo (Paredes Peña, 2024).



Aceite de Semilla

Rico en ácidos grasos insaturados. Uso cosmético (emoliente, antioxidante) y alimentario de alto valor agregado.



Vinagre de Camu Camu

Producto fermentado con propiedades funcionales. Requiere precio de venta optimizado para rentabilidad (Bravo Vargas, 2022).

Diagrama de Flujo de Proceso — Biorrefinería Integrada



El esquema integrado garantiza la valorización de **100% de la biomasa** entrante, eliminando flujos de residuos no aprovechados y maximizando el margen económico del proceso.

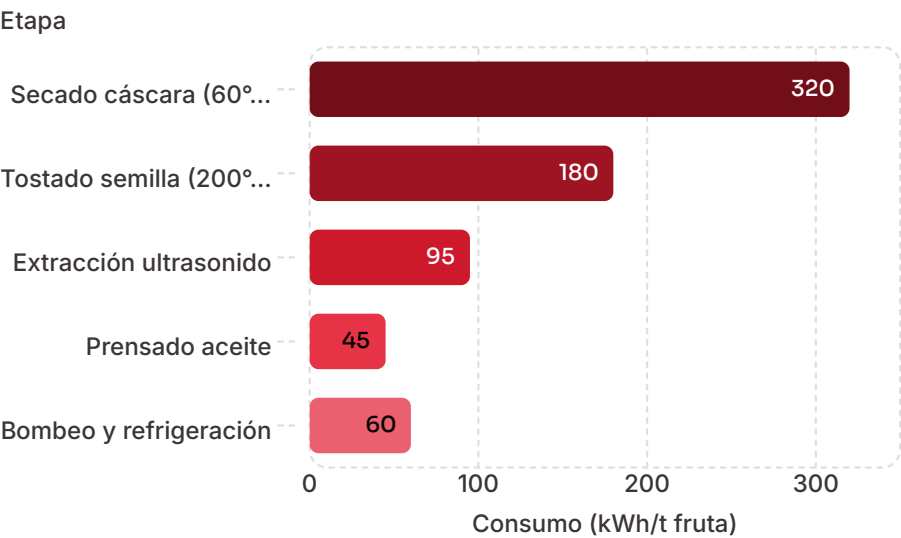
Balances de Masa y Energía

Balance de Masa — Base: 1,000 kg de fruta fresca

Fracción	Masa (kg)	Composición (%)
Pulpa (néctar/extractos)	600	60%
Semilla (aceite/harina)	300	30%
Cáscara (harina)	100	10%
Pérdidas (evaporación, mermas)	~15–30	1.5–3%

i La humedad inicial de la fruta es ~90% b.h. El secado reduce la masa de cáscara de 100 kg a ~20 kg de harina seca (rendimiento 20% b.s.).

Balance de Energía — Consumo Estimado por Etapa



Análisis de Costos: CAPEX y OPEX

CAPEX — Inversión de Capital

Ítem	Costo (US \$)
Despulpadoras industriales	40,000–80,000
Extractores (Vitamina C / polifenoles)	120,000–300,000
Secadores y tostadores	60,000–150,000
Prensas de aceite + molinos	30,000–70,000
Infraestructura planta (~700 m²)	150,000–400,000
Sistemas eléctricos / efluentes	50,000–100,000
TOTAL CAPEX ESTIMADO	US \$ 500K–1.5M

OPEX — Gastos Operativos Anuales

Ítem	Costo Anual (US \$)
Materia prima (camu camu)	80,000–200,000
Energía (electricidad / combustible)	30,000–80,000
Mano de obra (operarios + admin)	50,000–150,000
Mantenimiento y repuestos	15,000–40,000
Consumibles (solventes, filtros, empaques)	10,000–30,000
Logística y distribución	15,000–50,000
TOTAL OPEX ANUAL ESTIMADO	US \$ 200K–600K

📄 Cifras base: planta en Lima (Lurín). Escala: 500–2,000 t de fruta/año. Fuente: Bravo Vargas, 2022.

Ejemplo de Cálculo: Costo de Producción de Harina de Camu Camu

Hoja de Cálculo — Base: 1,000 kg de residuos (cáscara + semilla)

Ítem de Costo	Cantidad	Costo (US \$)
Materia prima (residuos)	1,000 kg × US \$ 0.50/kg	500.00
Energía eléctrica	500 kWh × US \$ 0.15/kWh	75.00
Mano de obra	8 h × US \$ 5.00/h	40.00
Consumibles y empaques	estimado	20.00
Costo Total de Producción	—	635.00

200 kg

Harina seca obtenida

Rendimiento del 20% base seca desde 1,000 kg de residuos frescos.

US \$3.18

Costo por kg de harina

US \$ 635 ÷ 200 kg. Precio de mercado referencial: US \$ 8–15/kg.

~60%

Margen bruto estimado

A precio de venta de US \$ 8/kg, el margen bruto supera el 60%.

Casos de Estudio y Viabilidad Económica

1

Néctar de Camu Camu — Lima Moderna

TIR: 35.60% | VAN: US \$ 345,073. Proyecto altamente viable para consumo directo. Mercado objetivo: Lima Moderna con alta disposición a pagar. (Alegre Beltrán, 2016)

2

Vinagre de Camu Camu

TIR: -25.30% — No rentable en escenario base. Requiere incremento del **21%** en precio de venta para alcanzar viabilidad. Señal de alerta para ingenieros: revisar precio y canales. (Bravo Vargas, 2022)

3

Harina de Superfrutos Amazónicos (aguaje, aguaymanto, camu camu)

TIR Económico: 52% | TIR Financiero: 84%. Inversión total: **US \$ 933,990.** Diversificación de producto como palanca de rentabilidad. (Paredes Peña, 2024)

4

Exportación de Néctar a EE.UU. (Miami)

Análisis de competitividad en mercado internacional. Empresa Selva Dulce S.A.C. (Pucallpa). El precio FOB y los estándares FDA son variables críticas de diseño. (Boza Muñoz, 2022)

✔ **Conclusión:** La diversificación hacia productos de alto valor (extractos, harinas funcionales) incrementa significativamente el potencial de rentabilidad frente a productos de consumo básico.

Consideraciones Técnicas y de Ingeniería de Procesos

1

Selección de Tecnología

Optimización de extracción: máximo rendimiento, mínimo consumo energético.



2

Control de Calidad

Análisis fisicoquímicos, microbiológicos en etapas críticas (HACCP).



3

Gestión de Residuos

Valorización de subproductos cumpliendo normativas ISO 14001.



4

Escalabilidad

Diseño modular flexible para nuevos productos y demanda variable.



Parámetros Críticos de Diseño

- **Temperatura de secado:** 55–65°C para preservar antioxidantes termolábiles.
- **pH de extracción:** 3.0–4.0 para estabilidad del ácido ascórbico.
- **Presión CO₂ supercrítico:** 250–350 bar para polifenoles de alto rendimiento.
- **Normativa:** FDA 21 CFR (EE.UU.), Reglamento CE 1334/2008 (UE), DIGESA (Perú).

⚠ El uso de solventes orgánicos (hexano, etanol) requiere sistemas ATEX certificados y gestión de residuos conforme a normativa ambiental peruana (D.S. 002-2008-MINAM).

Bibliografía

Alegre Beltrán & Chávez Nieves, 2016

Estudio de pre factibilidad para la producción y comercialización de néctar de camu camu y otras frutas cítricas al mercado de Lima moderna. *Pontificia Universidad Católica del Perú.*

Bravo Vargas & Castro Plasencia, 2022

Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de vinagre de camu camu (*Myrciaria dubia*). *Universidad de Lima.*

Quintana García & Flores Palian, 2019

Concentrado de camu camu con mango. *Universidad San Ignacio de Loyola.*

Boza Muñoz, 2022

Proyecto de exportación de néctar de camu camu al mercado de Estados Unidos, Miami — Empresa Selva Dulce S.A.C., Pucallpa. *Universidad Alas Peruanas.*

Paredes Peña, 2024

Estudio de prefactibilidad para la implementación de planta de producción de harina de aguaje, aguaymanto y camu-camu en Lima Metropolitana. *Pontificia Universidad Católica del Perú.*

Rodríguez Ponce & Laura Vela, 2009

Aprovechamiento de los residuos (cáscara y semilla) del despulpado de camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.) para la obtención de productos derivados en Iquitos. *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.*