

Agroindustria del cacay (*Caryodendron orinocense*): estudio técnico de una planta extractora de aceite en Guamal, Meta

Cacay Agroindustry (*Caryodendron Orinocense*): Technical Study of an Oil Extraction Plant in Guamal – Meta

Agroindústria Cacay (*Caryodendron orinocense*): Estudo técnico da planta de extração de óleo em Guamal – Meta

Sandra Delgado-Solano¹ , Johann H. León-Hernández² , Cristian A. Melo-Peña³ ,
Oscar D. Sánchez-Gody⁴ , Karol D. Torres-Pérez⁵ 

Artículo de investigación

Recibido: 27 de noviembre de 2024

Aceptado: 13 de diciembre de 2024

Publicado: 10 de febrero de 2025

- 1 Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Email: sdelgado@unillanos.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0417-0229>
- 2 Ingeniero Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Email: johann.leon@unillanos.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2076-5700>
- 3 Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Email: camelo@unillanos.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1431-710X>
- 4 Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Email: odsanchez@unillanos.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7619-364X>
- 5 Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. Email: kdorres@unillanos.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0457-8645>

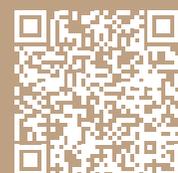
RESUMEN

El cultivo de cacay (*Caryodendron orinocense*), especie amazónica con alto potencial agroindustrial, enfrenta limitaciones en Guamal, Meta, debido a la falta de infraestructura para procesar su fruto. En este estudio se presenta el diseño de una planta extractora de aceite con capacidad de 100 kg/día, cumpliendo normativas sanitarias y de sostenibilidad. Mediante la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) se evaluaron tres posibles localizaciones, seleccionando una por su cercanía a la materia prima, su accesibilidad y servicios. Se diseñó la distribución espacial seleccionando equipos como prensas y decantadores según estándares normativos, incluyendo redes hidrosanitarias y sistemas de gestión de residuos y control de plagas. Los resultados destacan un diseño que optimiza el flujo de procesos, reduce riesgos de contaminación y facilita el aprovechamiento integral del fruto, produciendo además subproductos como harina y biocombustibles. Se concluye que la planta diseñada fortalece la cadena productiva del cacay, impulsa el desarrollo local y contribuye a la conservación de este recurso amazónico. Se

Como Citar (Norma Vancouver): Delgado-Solano S, León-Hernández JH, Melo-Peña CA, Sánchez-Gody OD, Torres-Pérez KD. Agroindustria del cacay (*Caryodendron orinocense*): estudio técnico de una planta extractora de aceite en Guamal, Meta. Orinoquia, 2025;29(1):e-822 <https://doi.org/10.22579/20112629.822>

La Revista Orinoquia es una revista de acceso abierto revisada por pares. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY 4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Consulte <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>
OPEN ACCESS



recomienda la capacitación del personal y la adopción de sistemas de gestión de calidad como HACCP para garantizar sostenibilidad y mejora continua.

Palabras claves: *Procesamiento de cacay; Caryodendron orinocense; diseño de planta; normas de seguridad alimentaria; optimización de procesos; Planificación Sistemática del Diseño (SLP).*

ABSTRACT

The cultivation of cacay (*Caryodendron orinocense*), an Amazonian species with high agro-industrial potential, faces limitations in Guamal (Meta) due to the lack of infrastructure for fruit processing. This study designed an oil extraction plant with a capacity of 100 kg/day, in compliance with health and sustainability regulations. Using the Systematic Layout Planning (SLP) methodology, three potential locations were evaluated, and one was selected based on its proximity to raw materials, accessibility, and availability of services. The plant layout was designed by selecting equipment such as presses and decanters according to regulatory standards, and by incorporating hydrosanitary networks, waste management, and pest control systems. The resulting design optimizes process flow, reduces contamination risks, and facilitates the integral use of the fruit, including the production of by-products such as flour and biofuels. The study concludes that the designed plant strengthens the cacay production chain, promotes local development, and contributes to the conservation of this Amazonian resource. Staff training and the implementation of quality management systems such as HACCP are recommended to ensure sustainability and continuous improvement.

Key Words: *Cacay processing; Caryodendron orinocense; plant design; food safety regulations; process optimization; Systematic Layout Planning (SLP).*

RESUMO

O cultivo do cacay (*Caryodendron orinocense*), espécie amazônica com alto potencial agroindustrial, enfrenta limitações em Guamal (Meta) devido à falta de infraestrutura para processar seus frutos. Neste estudo foi projetada uma planta de extração de óleo com capacidade de 100 kg/dia, atendendo às normas sanitárias e de sustentabilidade. Utilizando a metodologia Systematic Layout Planning (SLP), foram avaliadas três possíveis localizações, selecionando uma pela proximidade de matérias-primas, acessibilidade e serviços. A distribuição espacial foi projetada, selecionando equipamentos como prensas e decantadores conforme normas regulamentadoras, e incluindo redes hidrossanitárias e sistemas de gerenciamento de resíduos e controle de pragas. Os resultados destacaram um design que otimiza o fluxo do processo, reduz riscos de contaminação e facilita o aproveitamento integral da fruta, produzindo também subprodutos como farinha e biocombustíveis. Conclui-se que a planta projetada fortalece a cadeia produtiva do cacay, promove o desenvolvimento local e contribui para a conservação deste recurso amazônico.

Recomenda-se a formação do pessoal e a adoção de sistemas de gestão da qualidade, como o HACCP, para garantir a sustentabilidade e a melhoria contínua.

Palavras chave: *Processamento de Cacay; Caryodendron orinocense; projeto de planta; regulamentações de segurança alimentar; otimização de processos; Planejamento de Layout Sistemático (SLP).*

INTRODUCCIÓN

El cacay (*Caryodendron orinocense*) es una especie originaria de la Amazonía occidental y se distribuye ampliamente en la cuenca amazónica, abarcando regiones de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Este árbol prospera en terrenos no inundables con buen drenaje y suelos fértiles; su hábitat se caracteriza por una temperatura promedio de 26 °C, precipitaciones de 3.000 mm, altitud menor a 1.000 m y una humedad relativa del 85%. Es una especie dioica, con plantas masculinas y femeninas, lo que implica la polinización alogamia. Su producción se da entre los seis y ocho años, y su fruto es una cápsula con tres carpelos, cada una produciendo tres semillas (Sinchi, 2019).

El aceite extraído de las semillas del cacay es rico en omega 6 y 9, además, contiene α , β y δ tocoferoles (Azevedo et al., 2020). El aceite es el principal producto de este fruto amazónico, siendo utilizado como materia prima en la industria dermofarmacéutica gracias a sus propiedades de renovación celular (Bondi et al., 2024; Procolombia, 2014). Otros subproductos de este fruto son la cáscara, la cual es empleada como abonos orgánicos y el cuesco que es aprovechado en la producción de biocombustibles debido a su eficiencia energética (González et al., 2020). En el proceso de extracción de aceite de cacay se deriva la torta de semilla de cacay. Según Celis et al. (2024), este subproducto agroindustrial aporta proteína y fibra dietaria como ingrediente en la elaboración de harinas con alto valor nutricional.

En las regiones de la Amazonía y la Orinoquía hacen presencia empresas como Kahai, la cual cuenta con más de 650 hectáreas de plantaciones

propias de cultivos de cacay; su enfoque está en diferentes productos cosméticos y alimenticios con una trayectoria en el mercado internacional (KAHAI, 2023). Kahai cuenta con una capacidad de producción aproximada de 2.000 litros, con una proyección de expansión a cinco años de 20.000 litros de aceite de cacay (Guerrero et al., 2023). Tacay es otra empresa referente en la cadena productiva del cacay en el departamento del Meta, la cual contaba con cerca de 120 de hectáreas para el año 2018 en el municipio de Puerto Gaitán (Muñoz, 2022). Tacay cuenta con una capacidad de producción aproximada de 3.000 litros; la proyección de expansión a cinco años de la empresa es de 30.000 litros de aceite de cacay (Guerrero et al., 2023).

En el departamento del Meta se cuenta con un aproximado de 1.000 hectáreas de producción de cacay, el 35% de estas hectáreas se encontraban en fase de producción inicial para 2023; la producción anual de material vegetal en el departamento se estima que oscila alrededor de 240.000 plantas aproximadamente (Gobernación del Meta, 2023). De acuerdo con Fontanilla et al. (2021), la producción de cacay es una de las actividades que puede llegar a generar un alto valor con menos mano de obra comparado con otras industrias, por lo tanto, brinda oportunidades a los agricultores y empresas ubicadas en la zona para crecer en el sector económico y social.

En el presente artículo se realizará un estudio técnico para el diseño de una planta de extracción de aceite de cacay que cumpla con la normatividad sanitaria, con la de seguridad y salud en el trabajo (SST) y con los principios de distribución en planta en el municipio de Guamal, Meta. Por consiguiente, se propone una planta de producción con la capa-

cidad proyectada de 100 kg/día de semilla de cacay como materia prima para ser procesada.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de tipo mixto, ya que se complementa el análisis de matrices de elementos cualitativos y factores cuantitativos que intervienen en el diseño y localización de una planta de producción.

Para la realización del estudio técnico de la planta extractora de aceite de cacay en el municipio de Guamal, Meta, se usó la Systematic Layout Planning (SLP) como se observa en la Figura 1. La metodología SLP utiliza criterios cuantitativos para plantear la distribución de planta con el objetivo de aumentar el nivel de productividad y reducir costos. Es una de la más usadas para resolver problemas de distribución de planta (Álvarez-Arias et al., 2022). La SLP utiliza cuatro fases que van desde el planteamiento inicial hasta la realidad física instalada.

Fase 1. Localización

En esta fase se debe llevar a cabo la identificación de la localización de la planta, por lo que se realizará una matriz de factores ponderada considerando condiciones sociales, climatológicas, vías de acceso, ubicación de clientes, ubicación de mercados y otras consideraciones que permitan seleccionar la ubicación más adecuada. El proceso de localización debe definir la macrolocalización y la microlocalización (Álvarez-Arias et al., 2022).

Fase 2. Planteamiento general

En la fase de planteamiento general se debe disponer de toda la superficie a utilizar, para lo cual se identifican los sectores y los recorridos de manera que la disposición general los una y el aspecto

general de cada área importante quede establecido (Álvarez-Arias et al., 2022). Por consiguiente, se determinará mediante un diagrama el proceso completo en la producción de aceite de cacay teniendo en cuenta los factores de entrada y de salida, relacionando cada una de las áreas necesarias en el proceso. Este factor es determinante para la decisión de la distribución más favorable en el diseño de la planta de extracción.

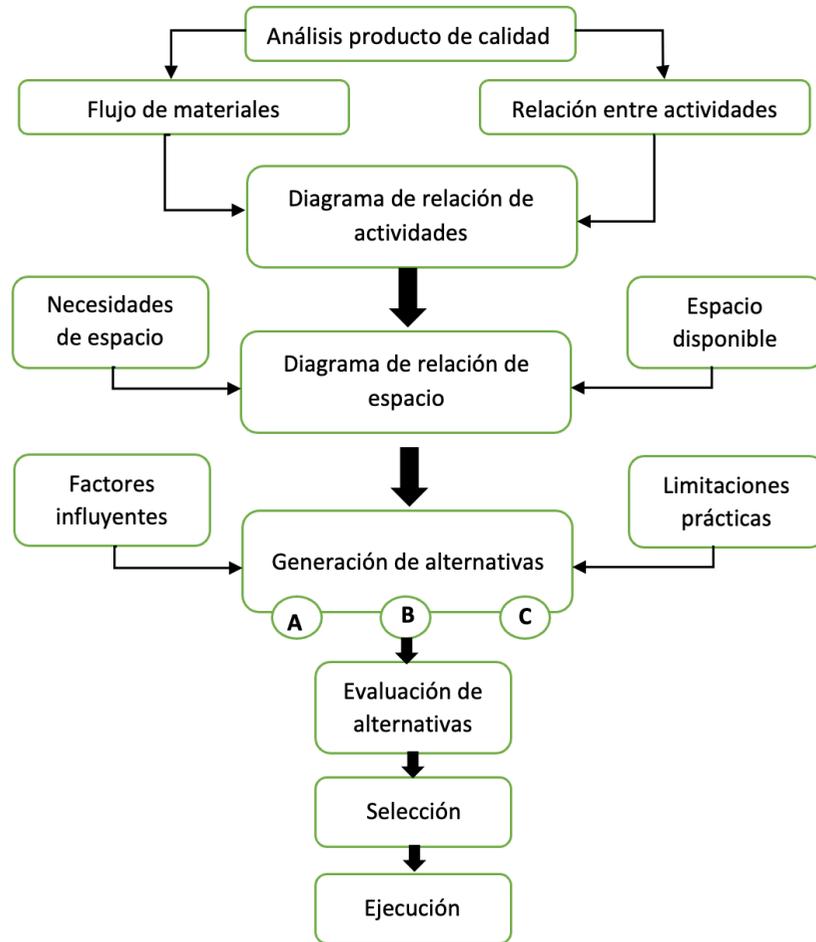
Fase 3. Planteamiento detallado

En esta fase se realizará la determinación del emplazamiento de cada uno de los elementos físicos (máquinas y equipos) de todas las áreas que se han planteado en la fase 2 (Álvarez-Arias et al., 2022). Para la selección de los elementos físicos se deben tener presentes los requerimientos de la normativa sanitaria, por lo tanto, se seleccionarán los equipos según las condiciones del proceso planteadas en la fase 2. Además, se deberá calcular el espacio ocupado por cada uno teniendo en cuenta las dimensiones y demás factores influyentes en el correcto funcionamiento de la máquina. De igual forma, las luminarias se determinarán según las necesidades previstas en el área de producción con la finalidad de cumplir con los parámetros establecidos por la normativa.

Fase 4. Instalación

Se realiza la preparación de la instalación, la obtención del conforme de la dirección y los desplazamientos que requieran las máquinas, el personal y los equipos (Álvarez-Arias et al., 2022). En esta fase se debe determinar el tipo de tecnología a usar y los requerimientos de instalación y sostenimiento de estas tecnologías para cada equipo.

Figura 1. Diagrama de SLP



Fuente: elaboración propia.

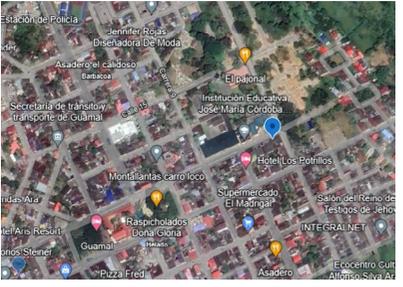
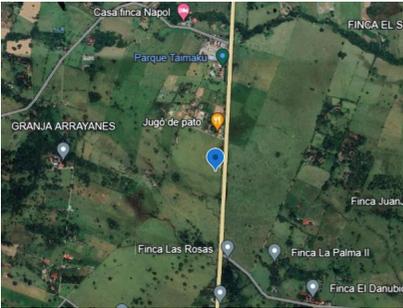
RESULTADOS

Fase 1. Localización

La empresa se encuentra ubicada en las coordenadas N: 3°52'55" W: 73°46'35", en el centro del municipio de Guama, Meta; su actividad económica principal es la extracción de aceite de cacay. En la Tabla 1 se pueden ver las coordenadas de los predios seleccionados en el municipio como posible ubicación de la planta extractora.

El **predio 1** se encuentra ubicado sobre la vía alterna Villavicencio-Puerto López. Cuenta con dos vías secundarias de acceso las cuales corresponden a la carretera del Amor y la vía Puerto López, la cual posee un área total de 50 m². Esta localización dispone del servicio de energía, pero no cuenta con agua potable.

Tabla 1. Opciones de localización

Opción de localización	Coordenadas	Municipio	Vista satelital
Predio 1	N:4°05'55" W:73°37'35"	Villavicencio	
Predio 2	N:3°52'47.6" W:73°46'00.1"	Guamal	
Predio 3	N:3°54'40" W:73°46'15"	Acacias	

Fuente: elaboración propia y Google Earth (2023).

El **predio 2** es la actual ubicación de la planta de extracción de aceite de cacay; se encuentra dentro del área urbana en el municipio de Guamal, con fácil acceso a servicios públicos y de transporte, y con bastante cercanía a las materias primas provenientes de las fincas situadas alrededor del municipio, además de ser el lugar de residencia de los trabajadores. Actualmente, la planta cuenta con 56 m², pero se tendría que utilizar toda la casa lote para completar el área necesaria para la construcción de la planta.

El **predio 3** se encuentra ubicado sobre la vía principal Acacias-Guamal, cerca de las fincas produc-

toras de cacay y con fáciles vías de acceso. No cuenta con servicios públicos y el área del lote disponible es de aproximadamente 40 m².

La selección de la ubicación se realizará por medio de factores ponderados teniendo presente variables como: la cercanía con la materia prima (MP), el fluido eléctrico, el costo de los servicios públicos, el acceso a agua potable, la cercanía con el mercado y las vías de acceso. En la Tabla 2 se puede detallar la calificación ponderada para cada predio según la relevación de los factores para el proyecto; la escala de la calificación de cada factor es de 1 a 10, donde 1 es "muy escaso" y 10 es "muy abundante" (Paz y Gómez, 2012).

Tabla 2. Factores ponderados de los predios

Factor	Ponderación	Predio 1		Predio 2		Predio 3	
		Calificación	Ponderado	Calificación	Ponderado	Calificación	Ponderado
Cercanía con MP	40%	3	1.20	9	3.60	7	2.80
Fluido eléctrico	20%	7	1.40	8	1.60	2	0.40
Costos de servicios públicos	10%	5	0.50	8	0.80	5	0.50
Agua potable	10%	3	0.30	6	0.60	2	0.20
Cercanía con el mercado	5%	7	0.35	5	0.25	5	0.25
Vías de acceso	15%	5	0.75	7	1.05	7	1.05
Total	100%	-	4.5	-	7.9	-	5.2

Fuente: elaboración propia.

Con la aplicación de los factores ponderados para el análisis de localización se obtiene un factor de valoración de 7.9 para el predio 2, superior a los demás, lo cual permite determinar que este brinda mayor probabilidad para el desarrollo efectivo de una planta de producción de aceite de cacay. El sector cuenta con acueducto municipal, pero se tiene que adecuar una zona para la potabilización de agua.

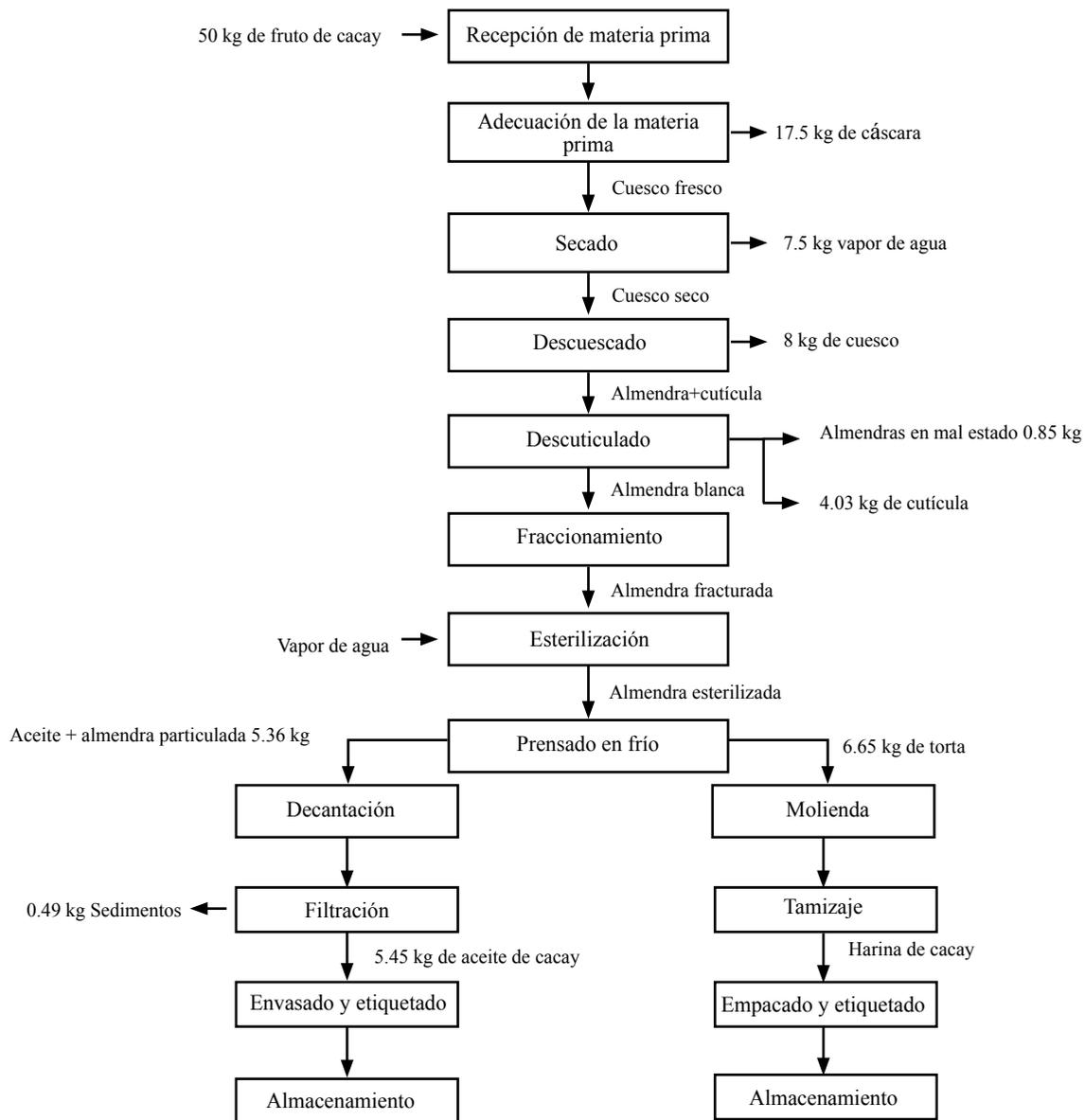
El predio se encuentra ubicado en un sector urbano que cuenta con vías de acceso en condiciones favorables; la cercanía al mercado no es favorable para este predio, debido a que en el municipio no se cuenta con un nicho de mercado establecido actualmente.

Fase 2. Planteamiento general

El aceite de cacay cuenta con una densidad de 0.9181 g/mL (Arlés, 2023) y según el balance de materia que se muestra en la Figura 2, junto con el diagrama de proceso de extracción del aceite

de cacay, de 50 kg de materia prima es posible extraer 5,94 L de aceite. De acuerdo a lo anterior, se estima que para una capacidad proyectada de procesamiento de 100 kg de semilla de cacay al día, se estima la obtención de 11.88 L de aceite diarios.

Figura 2. Diagrama de proceso y balance de materia de la extracción del aceite de cacay



Fuente: elaboración propia.

Con la identificación de las operaciones unitarias necesarias para obtener el aceite de cacay, se pueden determinar las áreas necesarias para diseñar una distribución favorable que permita el correcto funcionamiento de la planta extractora. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se debe tener presente la normativa sanitaria vigente en el país, con el fin de dar cumplimiento a los requisitos establecidos.

En la Figura 3, se puede evidenciar la matriz de relaciones, la cual permite conocer cómo se debe realizar la distribución de las áreas según la proximidad y nivel de importancia de cada una, aprovechando eficientemente los espacios y evitando los contraflujos u otros factores que pueden afectar de manera negativa el diseño.

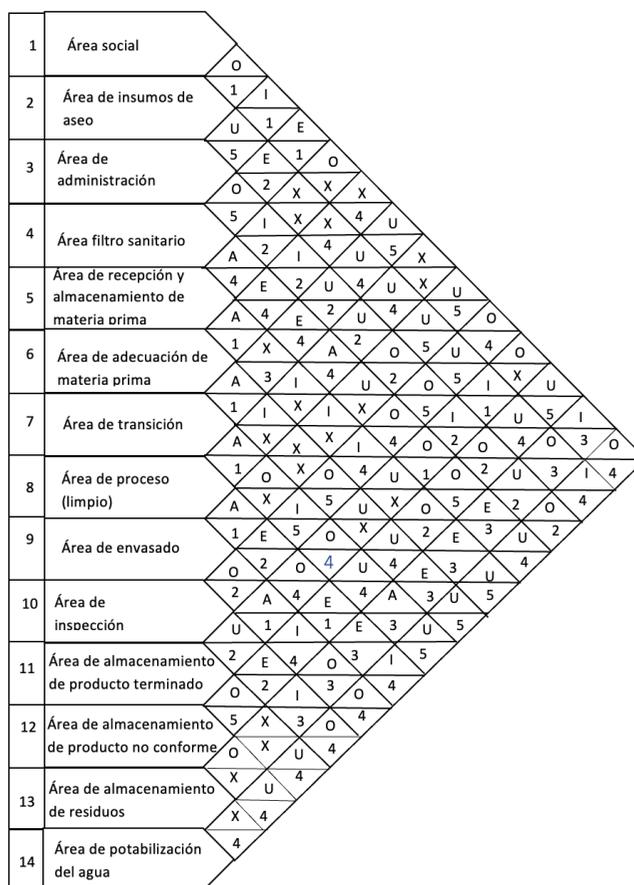
En la Tabla 3 se pueden observar los conceptos y razones utilizados para la elaboración de la matriz de relaciones.

Tabla 3. Leyendas de los conceptos y valores de la matriz de diagrama de relaciones

Valor	Concepto	Código	Razón
A	Absolutamente necesario	1	Flujo de materiales
E	Especialmente importante	2	Flujo de información
I	Importante	3	Flujo de desecho
O	Ordinario	4	Conveniencia
U	No importante	5	Personal
X	No deseable	X	No deseable

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Matriz de diagrama de relaciones



Fuente: elaboración propia.

Las áreas de adecuación de materia prima, proceso, almacenamiento de insumos, almacenamiento de materia prima y producto terminado, no deben estar cerca a áreas donde el personal ingresa, ingiere o almacena alimento, o cerca al almacenamiento de residuos y baños, esto, con el fin de reducir el riesgo de contaminación cruzada durante el proceso.

En la Figura 4 se muestra la secuencia del proceso teniendo en cuenta las actividades de operación, transporte, inspección, espera y almacenamiento del proceso. Se detallan trece actividades relacionadas con el proceso de obtención del aceite de cacay.

Figura 4. Cursograma de proceso



Fuente: elaboración propia.

Para el proceso se identificaron siete actividades de operación, cuatro de transporte, una de inspección, una de almacenamiento, y ninguna espera durante el proceso de producción.

En la Tabla 4 se realiza la descripción de los equipos necesarios para la obtención del aceite de cacay, el área donde va a estar ubicado cada equipo, la función que este realiza y las operaciones unitarias que se llevan a cabo en el proceso.

Tabla 4. Operaciones unitarias del proceso de extracción de aceite de cacay y equipos requeridos

Área	Equipo	Funcionamiento	Operación unitaria
Recepción de materia prima	Báscula de plataforma	Medición del peso de la materia prima que ingresa al proceso	Pesado
	Desecadora	Retirar el epicardio carnoso del fruto	Descascarado
Adecuación de la materia prima	Horno deshidratador	Disminuir el % de humedad del fruto	Secado
	Descuescador	Romper el endocarpio leñoso del fruto seco	-
	Descuticulador	Retirar la piel que rodea la nuez	-
	Molino de martillo	Reducir el tamaño de partícula de la nuez	Reducción de tamaño de partícula
Procesamiento	Prensa	Extracción del aceite	Extracción
	Decantador	Decantar por gravedad el aceite	Decantación

Fuente: Elaboración propia.

Fase 3. Planteamiento detallado

Equipos: especificaciones y cálculos de espacio

Para el diseño de la planta extractora de aceite de cacay es necesario tener presente las especificaciones de los equipos, sus dimensiones y el

cumplimiento normativo sanitario del material. En la Tabla 5 se presentan las especificaciones técnicas, dimensiones y el cálculo de superficie total de los equipos necesarios para el proceso. Para este se usará el método de Guerchet, en el cual se determinan las áreas requeridas para el puesto de trabajo (Bastidas y Aguirre, 2019).

Tabla 5. Especificaciones, dimensión y cálculo de superficie total de los equipos

Equipos	Especificaciones	Se (m)	Sg (m)	Sev (m)	Superficie total
Báscula de plataforma	Capacidad: 300 Kg, ancho: 0.40 m, largo: 0.83 m, alto: 0.11 m, alimentación de 110 v, material: acero inoxidable	0.33	0.33	0.03	0.69
Desecadora	Capacidad: 200 Kg, ancho: 0.36 m, largo: 1.1 m, alto: 1 m, alimentación de 380 v, material: acero inoxidable	0.40	0.40	0.04	0.84
Horno deshidratador	Capacidad: 300 Kg, ancho: 1.15 m, largo: 1.0 m, alto: 2.05 m, alimentación de 110 v, material: acero inoxidable, aislamiento en fibra de vidrio	1.15	1.15	0.11	2.41
Descuescador	Capacidad: 120 Kg/h, ancho: 1.20 m, largo: 0.70 m, alto: 1.10 m, alimentación de 220 v, material: acero inoxidable	0.84	0.84	0.08	1.76

Equipos	Especificaciones	Se (m)	Sg (m)	Sev (m)	Superficie total
Descuticulador	Capacidad: 300 Kg, ancho: 0.8 m, largo: 1.1 m, alto: 1.75 m, alimentación de 220 v, material: acero inoxidable 304	0.88	0.88	0.09	1.85
Molino de martillo	Capacidad: 400 Kg, ancho: 0.42 m, largo: 0.55 m, alto: 1.08 m, alimentación de 220 v, material: acero inoxidable 304	0.23	0.23	0.02	0.48
Prensa	Capacidad: 40 Kg, ancho: 0.7 m, largo: 0.8 m, alto: 0.78 m, alimentación de 220 v, material: acero inoxidable 304	0.56	0.56	0.05	1.17
Decantador	Capacidad: 200 Kg, ancho: 1.1 m, largo: 1.1 m, alto: 1.1 m, material: acero inoxidable 304	1.21	1.21	0.12	2.52

Nota. Se: superficie estacionaria; Sg: superficie gravitatoria; Sev: superficie de evolución. Fuente: elaboración propia.

Iluminación de la planta de producción

Para la planificación de la iluminación en la planta se utilizará el método de alumbrado general incluyendo el área de proceso. Para la planta se determinará una necesidad de iluminación de 1000 lux; este valor es el recomendado para un puesto de trabajo bien iluminado, en las demás áreas se plantea una iluminación tenue debido a que son áreas de paso, lo que represente menor exigencia visual. Para el cálculo se usarán lámparas de vapor de sodio a alta presión de 400 watts de potencia con un flujo luminoso de 30000 lm. El factor de reflexión del techo es de 0.7 debido a que es blanco y para las paredes un valor de 0.5; estos datos serán obtenidos de las tablas por el método de lúmenes. Se evaluarán dos opciones de luminarias industriales,

la primera contará con una luminaria por lámpara, mientras la segunda tendría dos luminarias por lámpara. El factor de utilización, factor de mantenimiento, la constante del área y la distancia máxima permitida por luminaria se tomaron del estudio elaborado por Castilla-Cabanes et al. (2011).

El área de proceso contará con 7.55 metros de ancho, 3.55 metros de largo y una altura de 4 metros. La distancia de las luminarias con el plano de trabajo debe ser de 3 metros; se tomará una altura promedio de 1.0 m para la altura de los puestos de trabajo. En la Tabla 6 se muestran los cálculos que serán realizados para el área de proceso, teniendo presentes las variables y especificaciones de los proveedores mencionadas anteriormente.

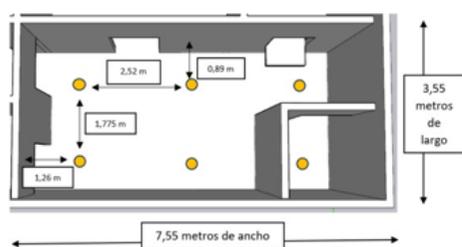
Tabla 6. Cálculos de iluminación para el área de proceso

	Luminaria 1	Luminaria 2
Ancho		
N.º Luminarias	3	2
Distancia (m)	$7.55/3 = 2.52$	$7.55/2 = 3.8$
Distancia de las paredes (m)	$2.52/2 = 1.26$	$3.8/2 = 1.89$
Largo		
N.º Luminarias	2	1
Distancia (m)	$3.55/2 = 1.78$	$3.55/1 = 3.55$
Distancia de las paredes (m)	$1.78/2 = 0.89$	$3.55/2 = 1.78$
Separación máxima entre luminarias (m)	$1.1 * 3 = 3.3$	$0.6 * 3 = 1.8$
Cumple con los criterios	Si	No
Número total de luminarias	$3 * 2 = 6$	

Fuente: elaboración propia.

Se escogerá la opción de iluminación número 1, puesto que el total de luminarias necesarias es de seis y cumple con los criterios necesarios para la planta. La Figura 5 detalla una representación de la distribución de las luminarias en el área de proceso.

Figura 5. Distribución de las luminarias 1 en el área de proceso



Fuente: elaboración propia.

Para la iluminación del área de adecuación de materia prima se tomarán como base las siguientes dimensiones: 6.85 m de ancho, 2.7 m de largo y una distancia entre las luminarias y el plano de trabajo de 3 m. En la Tabla 7 se muestran los cálculos que serán realizados para el área de adecuación de materia prima, teniendo presente las variables y especificaciones de los proveedores mencionadas anteriormente.

Tabla 7. Cálculos de iluminación para el área de adecuación de materia prima

	Luminaria 1	Luminaria 2
Ancho		
N.º Luminarias	1	1
Distancia (m)	$2.7/1=2.70$	$2.7/1=2.70$
Distancia de las paredes (m)	$2.7/2=1.35$	$2.7/2=1.35$
Largo		
N.º Luminarias	3	2
Distancia (m)	$6.85/3=2.28$	$6.85/2=3.43$
Distancia de las paredes (m)	$2.28/2=1.14$	$3.43/2=1.71$
Separación máxima entre luminarias (m)	$1.1*3=3.3$	$0.6*3=1.8$
Cumple con los criterios	Si	No
Número total de luminarias	$3*2=6$	

Fuente: elaboración propia.

Para esta área se seleccionó la opción de luminaria 1 teniendo presente que cumple con los criterios de calidad. Para iluminar toda el área se necesitan tres luminarias en total, en la Figura 6 se muestra la distribución de las luminarias en el área.

Figura 6. Distribución de las luminarias en el área de adecuación de materia prima



Fuente: elaboración propia.

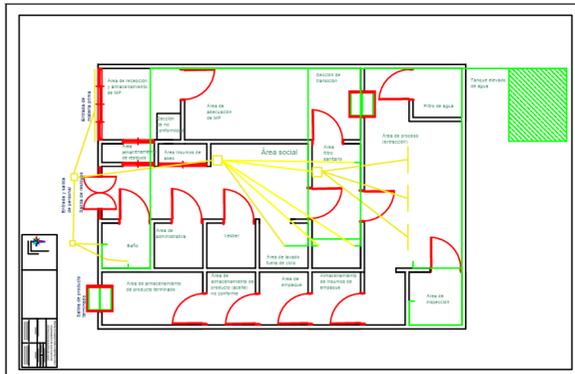
Fase 4. Instalación

Planos

Se realizarán los planos detallados en AutoCAD para guiar el diseño, construcción y ejecución de programas esenciales en la planta de producción. Estos planos proporcionan una representación visual de la disposición espacial, asegurando el cumplimiento de normativas legales, sanitarias y reglamentarias para preservar la inocuidad, y seguridad y salud en la planta.

Distribución de las áreas de la planta: en la Figura 7 se muestra la propuesta de distribución de las áreas de la planta extractora de aceite de cacay; el diseño propuesto abarca un área de 140 m² con tres puntos de acceso que comunican con la calle principal. El punto principal consta de una puerta abatible en ambos sentidos, la cual está destinada

Figura 8. Distribución de las redes hidráulicas y sanitarias de la planta de extracción de aceite de cacay



Fuente: elaboración propia.

El diseño de las redes hidrosanitarias busca asegurar la calidad del agua utilizada en los procesos de producción, limpieza y desinfección, cumpliendo con normativas y aplicando medidas preventivas para evitar la contaminación, garantizando el funcionamiento eficiente del sistema.

Distribución de la evacuación de residuos: una gestión adecuada de los residuos sólidos es fundamental para preservar el medio ambiente y la salud pública. Debe existir un control, manejo y disposición adecuada para asegurar prácticas sostenibles en la empresa, por lo que es indispensable seguir cierto proceso como la separación de los residuos según su tipo, su almacenamiento en recipientes seguros y adecuados, su transporte seguro y, finalmente, su correcta disposición en sitios autorizados. En la Figura 9 se establece la ruta de evacuación de residuos al interior de la planta.

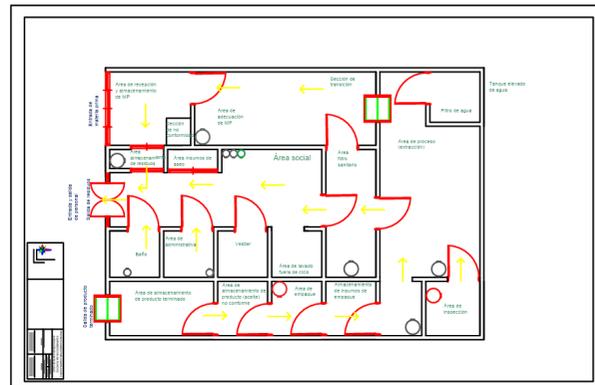
Las convecciones usadas para la identificación de la ruta de evacuación y los puntos de recolección de residuos sólidos serán las siguientes (ver Tabla 9).

Tabla 9. Convecciones del plano de residuos sólidos

Planta extracción de aceite de cacay	
Ruta evacuación	Punto recolección de residuos
Plano evacuación de residuos	2023

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Ruta de evacuación de residuos al interior de la planta



Fuente: elaboración propia.

Los recipientes de recolección de residuos deben estar señalizados con colores distintivos conforme al código de colores para su separación, establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. La evacuación de los residuos debe llevarse a cabo de manera ordenada, iniciando por las áreas de limpias y siguiendo el sentido contrario al flujo de proceso, es decir, se inicia en el área de insumos y empaque, finalizando con los residuos procedente de los baños.

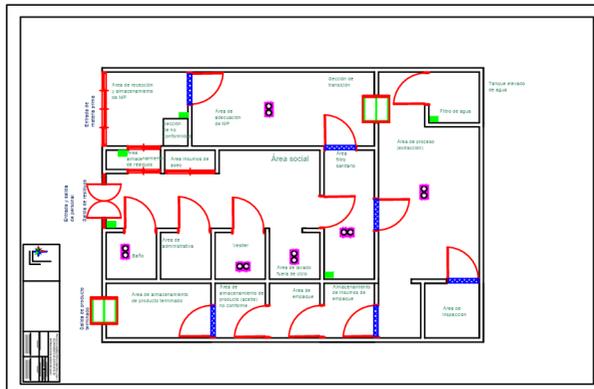
Distribución de barreras físicas para el control de plagas: el control de plagas constituye un componente esencial del plan de saneamiento básico de la empresa para el cumplimiento de la normativa sanitaria. En la Figura 10 se realizará la identificación y distribución de barreras físicas destinadas a prevenir el ingreso de plagas a la planta de producción, las cuales podrían convertirse en foco de contaminación poniendo en riesgo la inocuidad del producto final.

Tabla 10. Convecciones del plano de barreras físicas para el control de plagas

Planta de extracción de aceite de cacay			
Rejilla trampa cucaracha		Rejilla trampa puertas	Trampa viva
			
Plano identificación de barreras físicas-Control de plagas			2023

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Plano identificación de las barreras físicas de control de plagas al interior de la planta



Fuente: elaboración propia.

Cada puerta deberá estar equipada con una trampa puerta que impida el ingreso de plagas, mientras que las ventanas y áreas con acceso directo al exterior deberán contar con mallas de anejo para restringir el acceso de plagas desde afuera.

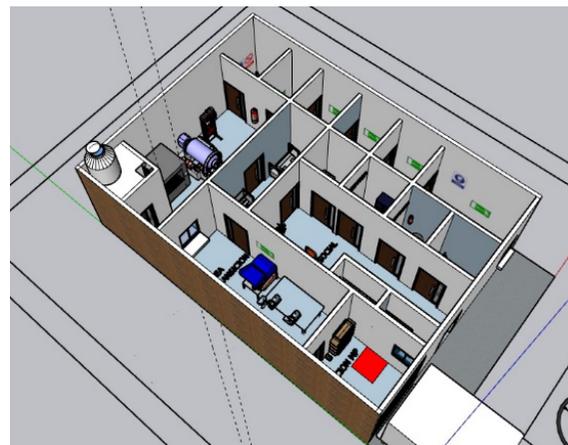
Las rejillas trampa cucaracha deberán colocarse estratégicamente en lugares húmedos, como fregaderos y desagües. Por otro lado, las rejillas trampa puerta ofrecen seguridad al retener cualquier plaga que intente ingresar por las ranuras ubicadas debajo de las puertas hacia diferentes áreas de la planta.

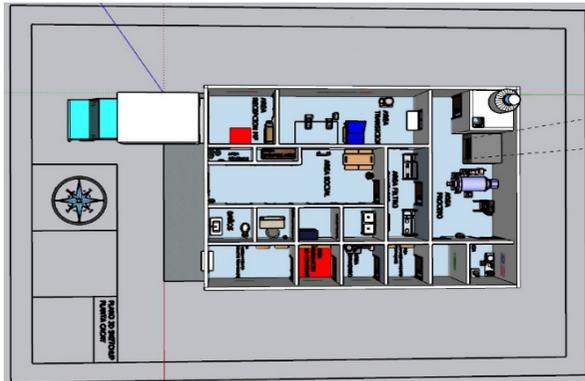
Finalmente, las trampas vivas se emplean como medida preventiva para capturar plagas que logren ingresar a la planta, eludiendo las medidas mencionadas anteriormente. Estas trampas funcionan con un cebo dispuesto para capturar plagas no deseadas, permitiendo su retirada sin afectar

la seguridad y salud en la planta (Flórez, 2017). La combinación de estas barreras físicas constituye un enfoque integral para asegurar un control efectivo de plagas en la planta de producción.

Distribución en 3D en Sketchup: en la Figura 11 se muestra el plano en SketchUp para una planta de cacay con todos los requisitos de la ley colombiana. Este plano se realiza con el objetivo de cumplir con las normativas y regulaciones establecidas y lograr una mejor observación, ya que la herramienta permite elaborar planos en 3D y ver de una manera más realista la distribución de la planta. El diseño de una planta de extracción de aceite de cacay en el sector elegido es indispensable para impulsar la transformación de esta materia a otro nivel con tecnología de punta, ya que la distribución y planificación se diseñaron con base en la Resolución 2674 de 2013 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014), para cumplir con los estándares establecidos en ella. Este proceso es crucial para garantizar que la construcción planificada cumpla con los estándares de seguridad, diseño y funcionalidad exigidos por la normativa colombiana.

Figura 11. Diseño en 3D de la planta de extracción de aceite de cacay





Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio técnico de un diseño de planta que cumpla con las normativas sanitarias requeridas, como se evidenció anteriormente, contribuye al fortalecimiento de la industria de un fruto amazónico clave en nuestra biodiversidad como es el cacay.

Se logra concluir que una planificación, diseño, distribución y construcción adecuados en la planta pueden mejorar la productividad, inocuidad y calidad, acordes con los seguimientos de inspección de control y vigilancia realizados por entes como el INVIMA. También facilitan el manejo eficiente de recursos, espacios y tiempos de trabajo, lo anterior, con el fin de salvaguardar la seguridad y salud de los trabajadores, contribuyendo así al mejoramiento integral de las condiciones de salud en el trabajo, conforme a lo establecido por la Resolución 2400 de 1979. Estas acciones se perciben como herramientas esenciales para fortalecer los sistemas de gestión dentro de la organización, reflejando un compromiso con la mejora continua y el cumplimiento de estándares de calidad y seguridad en el ámbito laboral. La sinergia entre una infraestructura bien planificada y prácticas sólidas de gestión, se traduce en beneficios tanto

para la empresa como para sus colaboradores, consolidando un entorno de trabajo seguro, eficiente y orientado a la excelencia.

La obtención de otros subproductos como las cáscaras y cuescos, puede proyectarse al aprovechamiento para la producción de energía destinada a los procesos propios de la empresa. El diseño propuesto representa un enfoque integral para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción, alineándose con prácticas más avanzadas y aprovechando al máximo los recursos disponibles.

En relación con la implementación de los requisitos legales y reglamentarios, se recomienda llevar a cabo un proceso continuo de capacitación para todas las partes interesadas que forman parte de la planta de producción. El objetivo de este enfoque es mantenerse actualizado respecto a las normativas y disposiciones, que están sujetas a cambios constantes. Además, se destaca la importancia de profundizar en normas y guías como las establecidas en la norma ISO 22000:2018, que aborda la implementación del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP). Se sugiere, de manera progresiva, comprometerse como organización en procesos de mejora continua.

REFERENCIAS

- Álvarez-Arias, D., De Ávila-Moore, J., y Hurtado-Rivera, J. (2022). Aplicación de Metodología SLP para Redistribución de Planta en Micro Empresa Colombiana del Sector Marroquino: Un Estudio de Caso. *Boletín de Innovación Logística y Operaciones*, 4(1). <https://doi.org/10.17981/bilo.4.1.2022.11>
- Arlés SAS. (2023). Cacay redescubrimiento de una especie valiosa de nuestra diversidad. Villavicencio: Arlés SAS.
- Azevedo, W. M., de Oliveira, L. F. R., Alcântara, M. A., de Magalhães Cordeiro, A. M. T., da Silva Chaves Damasceno, K. S. F., de Araújo, N. K., de Assis, C. F., y de Sousa, F. C. (2020).

- Bastidas Ordoñez, I. M., y Aguirre Hernández, I. A. (2019). Diseño de herramienta para la estimación del tamaño de las instalaciones de la empresa estructuras y montajes Europa SAS [Tesis de pregrado, Universidad ICE-SI]. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87528/1/TGO2999.pdf
- Bondi, C., Donia, N., O'Reilly, R. y Oviedo, S. (2024). 50717 El colágeno hidrolizado y el aceite de cacay aumentan el colágeno, la elastina y la renovación celular: eficacia in vivo y ex vivo de una novedosa crema corporal alternativa al retinol. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 91 (3), AB228. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2024.07.907>
- Castilla-Cabanes, N., Blanca, V., Antón, A. M., y Pastor, R. (2011). Cálculo iluminación según el método de los lúmenes. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/318588498_Calculo_iluminacion_segun_el_metodo_de_los_lumenes
- Celis-Carmona, D.D., Alonso-Gómez, L.A., Agudelo-Laverde, L.M., Roa-Acosta, D.F., Nieto-Calvache, J.E. (2024). Cacay seed cake flour (*Caryodendron orinocense* Karst), physical, functional, rheological and structural properties. *Future Foods*, 100392. <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2024.100392>
- Instituto Sinchi. *Fichas Técnicas de Especies de uso Forestal y Agroforestal de la Amazonia Colombiana*. (2023). Tomado de: <https://www.sinchi.org.co/fichas-tecnicas-de-especies-de-uso-forestal-y-agroforestal-de-la-amazonia-colombiana>
- Flórez Lozano, M. Y. (2017). Formulación de un Programa de Manejo Adecuado de Residuos Sólidos y Control de Plagas para la Esici.
- Fontanilla-Díaz, C. A., Preckel, P. V., Lowenberg-DeBoer, J., Sanders, J., Peña-Lévano, L. M. (2021). Identifying profitable activities on the frontier: The Altillanura of Colombia. *Agricultural Systems*, 192, 103199. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2021.103199>
- Google earth (s.f.). [Direcciones de Posibles Ubicaciones de Planta de cacay, Colombia] Recuperado el 15 de abril de 2023.
- Gobernación del Meta. (2023, 22 junio). *Este viernes se lanza la cadena productiva de cacay en el Meta*. <https://meta.gov.co/noticias/este-viernes-se-lanza-la-cadena-productiva-de-cacay-en-el-meta/2301#:~:text=Respecto%20a%20las%20plantaciones%20industriales,alrededor%20de%20240.000%20plantas%20aproximadamente.>
- González, A. C., Rodríguez Jiménez, L. A., Laguna Chacón, J. R., & López Muñoz, L. G. (2020). Evaluación de la eficiencia energética del cuesco de cacay (*Caryodendron orinocense*). *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 11(2), 2-22. <https://doi.org/10.22579/22484817.468>
- Guerrero Matabajoy, M. A., Ospina García, O. O., & Yanes Sánchez, K. P. (2023). Estudio de Factibilidad de uso de Materias primas nacionales alternativas para línea de skin care de la compañía BELCORP [Tesis de Maestría, Universidad EAN]. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/d5901605-33bf-45b5-9466-e7f8ab76e4c2/content>
- ICONTEC. (2021). Norma Técnica Colombiana NTC 1500. <https://es.slideshare.net/FranklinEAlvarezV/norma-tecnica-ntccolombiana1500codigo>
- KAHAI. (2023). Somos Kahai. <https://kahai.co/somos-kahai/?srsltid=AfmBOooz46KJ-sbRII6x57YtLJKsUarKUs1aRkJk9kP-cXKOBQLGJ99db>
- Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 2674 de 2013, Por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones. Tomado de: <https://www.minsalud.gov.co/Normativa/Lists/Normativa/DispForm.aspx?ID=90>

Muñoz, D. (2022, 2 marzo). https://tacay.co/hola-mundo/?srsltid=AfmBOooMfVCbwsrjYVVMM_xTE7XUI-LD4zWq-RCiEgMvl-C4YhWFmMCTS.

Paz, R. C., y GÓMEZ, D. G. (2012). Localización de instalaciones. Universidad Nacional de Mar de la Plata, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. https://doi.org/http://nulan.mdp.edu.ar/1619/1/14_localizacion_instalaciones.pdf

Pérez Andrade, M. E. (2018). Diseño de un sistema de buenas prácticas de manufactura para la planta de agroindustrias Moro Agromoro Cía. Ltda (Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte).

Portavoz. (2023, June 2). *Diseño de plantas industriales: puntos clave IDEA*. IDEA Ingeniería. <https://ideaingenieria.es/industrial/diseño-plantas-industriales/#:~:text=Dise%C3%B1o%20de%20plantas%20industriales%3A%20puntos%20clave%201%20Flujo,y%20prevenci%C3%B3n%20de%20riesgos%20...%204%20Sostenibilidad%20>

Procolombia. (06 de noviembre 2014) *Cacay, la nuez colombiana para cosméticos que fascina al mundo*. Procolombia. <https://procolombia.co/colombiatriade/exportador/articulos/cacay-la-nuez-colombiana-para-cosmeticos-que-fascina-al-mundo>