UEA Agroindustria
PrePrint UEA

Sección Agroindustrias
Vol. AGI2324. ep01-170

Recibido: 14/03/2024 |
Aceptado: 04/04/2024 |
Publicado: 15/02/2025 |

Diseño conceptual del proceso de elaboración de una crema cosmética

Conceptual design of the process of making a cosmetic cream

Mayra Elizabeth Freire Fuentes[1], Irma Sofia Guambuguete Guaman[1], Amaury Pérez Martínez[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAGI2324ep01-170

Resumen El presente trabajo se enfoca en la extracción de dos aceites vegetales Morete (*Mauritia flexuosa* L.f.) y Ungurahua (*Oenocarpus Bataua* Mart) para la obtención de una crema cosmética. El objetivo fue realizar un diseño conceptual del proceso de obtención de una crema cosmética. El desarrollo de la metodología contiene tres fases, para lo cual se inició la recuperación de información y recolección de datos de experimentación, seguido de la identificación de operaciones y propuesta de equipamiento. Finalmente, se llevó a cabo la construcción y descripción de los diagramas. El diseño se realizó mediante la simulación con el *SuperPro Designer* V10.0. Los datos experimentales obtenidos en la investigación realizada, demuestran que es posible realizar el diseño conceptual de un proceso tecnológico para su posterior escalado. Las operaciones unitarias, los equipos y el tiempo de operación del caso de estudio diseñado en esta investigación, son un ejemplo de la afirmación anterior. En el diseño conceptual para la obtención de la crema cosmética se estima un tiempo de operación de 4,25 horas, lo cual permitiría la producción de 2 o más lotes al día, en función a la demanda. Además, se prevé que la inversión inicial se recupere en un plazo de 6,24 años.

Palabras claves aceites vegetales; Morete; Ungurahua; *SuperPro Designer*; diagramas; costo.

Abstract This work focuses on the extraction of two vegetable oils Morete (*Mauritia flexuosa* L.f.) and Ungurahua (*Oenocarpus Bataua* Mart) to obtain a cosmetic cream. The objective was to carry out a conceptual design of the process to obtain a cosmetic cream. The development of the methodology contains three phases, for which the recovery of information and collection of experimental data was carried out, followed by the identification of operations and equipment proposal. Finally, the construction and description of the diagrams was carried out. The design was carried out by means of simulation with SuperPro Designer V10.0. The experimental data obtained in the research carried out show that it is possible to carry out the conceptual design of a technological process for its subsequent scaling up. The unit operations, equipment and operation time of the case study designed in this research are an example of the previous statement. In the conceptual design for obtaining the cosmetic cream, an operation time of 4.25 hours is estimated, which would allow the production of 2 or more batches per day, depending on the demand. In addition, the initial investment is expected to be recovered within 6.24 years.

Keywords vegetable oils; Morete; Ungurahua; SuperPro Designer; diagrams; costs

Direcciones [1] Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. email: me.freiref@uea.edu.ec; is.guambugueteg@uea.edu.ec; amperez@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia Mayra Elizabeth Freire Fuentes. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. email: me.freiref@uea.edu.ec

Como citar FREIRE FUENTES, M. E., I. S. GUAMBUGUETE GUAMAN AND A. PÉREZ MARTÍNEZ Diseño conceptual del proceso de elaboración de una crema cosmética. PrePrint UEA, 2024, AGI2324, ep01-0170. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAGI2324ep01-170 |

Editores Académicos Willan Orlando Caicedo Quinche **Editorial** Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2024

Copyright: Derechos de autor 2023-2024 UEA | PrePrint UEA
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a PrePrint UEA, a que este artículo se distribuya y sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0)

1. Introducción

La industria cosmética es un sector dinámico y en constante evolución, a nivel global, destaca en mercados clave como la Unión Europea (UE), Estados Unidos (EE. UU.), China, Brasil y Japón (Bermond et al. 2021). Actualmente, esta industria desarrolla y elabora productos innovadores y de gran éxito. Esto lleva a que los consumidores seleccionen las cremas cosméticas en función de su rendimiento y eficacia (Gómez Guarguati 2020).

En el Ecuador, el consumo de cosméticos destinados al cuidado personal adquiere una importancia significativa, representa el 1,6% del Producto Interno Bruto (PIB) y experimenta un crecimiento anual del 10% (Laura et al. 2012). Con base en estudios recientes Gordillo López et al. (2020) menciona que el país registra un consumo aproximadamente de 51,5

millones de productos de belleza al año, equivalente a un promedio de 3,09 unidades por persona.

Desde una perspectiva técnica, una crema cosmética se define como una emulsión semisólida compuesta por dos fases distintas: una acuosa y otra oleosa, que se mantienen estables mediante la incorporación de un agente emulsionante (Torres 2017). Al ser termodinámicamente inestables, se requiere aplicar energía para su formación (Lendínez Gris 2015). Su composición básica se enriquece con la presencia de ingredientes activos, conservantes, fragancias y aromatizantes, entre otros componentes (Torres Taipe 2021).

No obstante, las emulsiones cosméticas se clasifican en varios grupos entre los más representativos se encuentran: agua en aceite (W/O), donde el agua se dispersa en una fase continua de aceite y, entre la más utilizada para su formulación es aceite en agua (O/W), en el cual, la fase continua es acuosa y el aceite se dispersa en ella (Salvador and Chisvert 2011). Estas cremas tienen la función de suavizar la piel y dar flexibilidad (Milan et al. 2018). Además, entre las propiedades más importantes se encuentra la viscosidad, color, estabilidad, facilidad de dilución y formación (Venkataramani et al. 2020).

El aumento de interés del mercado hacia productos formulados (emulsiones), ha impulsado el avance de enfoques innovadores para su diseño. Hoy en día, el escalado se realiza mediante métodos de ensayo y error basados en modelos (Suaza Montalvo 2020). Según Ruiz and Álvarez (2011), este proceso se realiza tradicionalmente con base en análisis dimensionales, similitud geométrica, y en relaciones empíricas a partir de un conjunto de datos.

Por consiguiente, el escalado desde el laboratorio al ámbito industrial constituye un paso crítico y decisivo durante el diseño del proceso (Eraso Lasso 2015). En general, los fluidos newtonianos son más sencillos de escalar (Schramm 2005). En cambio, los no newtonianos o en este caso las emulsiones, son más complejas debido a cambios en sus propiedades como la viscosidad y las condiciones de flujo (May-Masnou et al. 2013).

En general el proceso de escalado involucra la obtención de datos en diferentes niveles, en una escala de laboratorio nos permite tomar datos para diseñar otra planta de tamaño diferente. Por tanto, es crucial que un producto fabricado en pequeñas cantidades presente las mismas propiedades y características que uno elaborado a series mayores (Burakova et al. 2022).

En la investigación realizada por Burakova, et al., (2022), sugiere que para escalar una tecnología en emulsión es necesario tener en cuenta los riesgos que pueden conducir a la producción de cremas heterogéneas e inestables. Otro estudio realizado por Türedi and Acaralı (2022), plantea que depende de la correcta elección de la velocidad del agitador, el tiempo de mezclado y la temperatura del proceso.

De acuerdo con Burakova et al. (2022), desarrollaron una tecnología para la elaboración de crema a base de extracto seco de bergenia (*Bergenia crassifolia*) en condiciones de laboratorio. En este sentido, para la producción utilizaron 3 series piloto, tomando en cuenta posibles riesgos como velocidad de la batidora, tiempo de mezcla, temperatura etc., donde obtuvieron un producto cosmético estable.

Así mismo, Campos Prada (2018), propuso el escalamiento del proceso de mezclado de emulsiones O/W concentradas, con la finalidad de estudiar su dinámica en condiciones hidrodinámicas controladas. De la misma manera, Restrepo Jiménez (2014) realizó un estudio similar de escalado, al utilizar el diseño multiescala para observar si un mayor bombeo del agitador reduce el consumo de energía y si este se mantiene constante.

Por otra parte, May-Masnou, et al., (2013), añade que la calidad y propiedades finales de las emulsiones están vinculadas a diversos factores del proceso. Incluso pequeños cambios en la velocidad de agitación, la forma en que se añaden los componentes o el tamaño del recipiente pueden provocar variaciones en el producto, además de la pérdida de materia prima, tiempo y recursos económicos. Por ello, es fundamental realizar un análisis de escalado de estos procedimientos y estudiar el impacto de las variables para poder predecir su comportamiento y optimización a nivel industrial, al permitir economizar recursos y tiempo en ensayos ineficientes.

Aunque se han realizado varios intentos para llevar el escalado de laboratorio de determinados procesos tecnológicos a nivel de escala piloto no son suficientes, debido a que no se aprecia información sobre datos experimentales para diseñarlo. Por esta razón, el objetivo del estudio es realizar el diseño conceptual del proceso de obtención de una crema cosmética.

2. Metodología

2.1. Localización

La investigación se desarrolló en la Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Tierra en el Laboratorio de Química, ubicada en el km 2 ½, Paso Lateral S/N, Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza (**Figura 1**).

Figura 1 | Localización de la Universidad Estatal Amazónica

2.2. Métodos

La metodología aplicada para el diseño tecnológico (**Figura 2**), muestra un esquema adaptado por Suaza Montalvo (2020) para la generación de la propuesta de escalado del proceso tecnológico a nivel experimental. Los procedimientos involucrados en cada etapa se describen a continuación, además contiene el objetivo de cada uno de ellos y las herramientas que se utilizaron.

Figura 2 | Metodología aplicada para la propuesta de diseño del proceso tecnológico

Etapa 1. Recuperación de información y recolección de datos de experimentación

El objetivo de esta etapa fue recuperar toda la información involucrada en los procesos de extracción de los aceites vegetales y elaboración de la crema cosmética. En cuanto a tiempos de operación, temperaturas utilizadas, cantidades añadidas y operaciones involucradas en cada uno de los procesos y residuales generados. Para ello, se llevaron a cabo anotaciones detalladas y sistemáticas con el fin de registrar con precisión las observaciones, al posibilitar así una comprensión exhaustiva de los procedimientos y sus variaciones.

Etapa 2. Identificación de operaciones y propuesta de equipamiento

Con la información recopilada, se procedió a identificar las operaciones, procesos unitarios y equipos en el marco del proceso tecnológico. Se destacaron especialmente aquellas relacionadas con la separación de mezclas o reacciones químicas. Esta identificación detallada permitió un análisis preciso de cada etapa, al colocar bases para futuros estudios y optimizaciones al categorizar, clasificar las operaciones y procesos según su naturaleza y función. Este enfoque sistemático proporcionó una comprensión exhaustiva de la complejidad del sistema y es esencial para identificar áreas críticas para la eficiencia de la tecnología.

Etapa 3. Construcción y descripción de los diagramas

Una vez que se habían identificado las operaciones pertinentes, se llevó a cabo la siguiente fase, que consistió en la elaboración del diagrama de bloques. Este paso crucial involucró la integración de los procedimientos identificados en la etapa anterior, así como la inclusión de los equipos correspondientes en el diagrama de flujo de proceso. Mediante el programa *SuperPro Designer* V10.0, se estableció el diagrama de Gantt donde se representa el organigrama de las actividades en función a las acciones realizadas. Además, abarcó los ingredientes y las condiciones operativas específicas. Este enfoque sistemático no solo permitió visualizar de manera integral las diferentes operaciones y su secuencia, sino que también facilitó la planificación detallada de los recursos y tiempos asociados a cada etapa, lo cual generó una gestión eficiente y optimizada de la producción.

2.3. Estudios de caso

Para los estudios de caso se utilizó la metodología descrita en el epígrafe anterior para obtener los aceites vegetales (Morete y Ungurahua), así como para elaborar la crema cosmética. El proceso comenzó con la recopilación de datos y la identificación de operaciones a nivel de laboratorio. A continuación, en la **Tabla 1** podemos observar la formulación empleada para la elaboración de un kg de crema cosmética, con los ingredientes y cantidades utilizadas.

Tabla 1 | Formulación para un kg de crema cosmética

Ingredientes	Motanov 202	Motanov 68	Manteca de cacao	Morete	Ungurahua	Conservante	Agua
Cantidad(g)	34,00	10,00	155,00	44,00	102,00	10,00	645,00

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados

Etapa 1. Recuperación de la información y recolección de datos de experimentación

Este proceso comenzó con la recolección de datos a nivel laboratorio de los casos de estudio, para ello se inició con la extracción de los aceites vegetales.

Extracción de aceite de Morete (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Los frutos de Morete fueron seleccionados y separados de aquellos que presentan algún daño. Posteriormente, se procedió a pesar 35 kg de los frutos, las cuales limpiaron y lavaron con 12,5 L de agua con el propósito de eliminar impurezas como la tierra. Luego, se realizó el ablandamiento de los frutos con 20 L de agua a una temperatura de 100 °C por un lapso de dos horas para facilitar la remoción de la semilla. A continuación, se procedió a separar la corteza y pulpa de la semilla del fruto, manualmente.

Como resultado de este procedimiento, se obtiene ocho kg de pulpa y 27 kg de residuo, la cual a la pulpa se sometió a un proceso de secado por un periodo de 24 h a una temperatura de 60 °C, se obtuvo 3000 g de pulpa seca. Seguidamente, se procede a la etapa de extracción del aceite por el método de decocción. En esta fase, se hierve la pulpa para extraer el aceite contenido en ella, con la obtención de 325 mL o 280,82 g del producto. El porcentaje de rendimiento en esta fase asciende al 9,36 %, lo cual se consigue esta proporción de aceite con relación al peso de la pulpa deshidratada obtenida después del proceso de secado.

Extracción de aceite de Ungurahua (*Oenocarpus bataua* Mart)

Se recibieron 3498,30 g de fruta, sometiéndola a un lavado para eliminar mohos e impurezas. Después se llevó a cabo el ablandamiento del material vegetal mediante ebullición en 6996,6 mL de agua. Tras esta ebullición, se introdujo la fruta y se mantuvo por un periodo de dos horas para permitir su ablandamiento y la extracción de la pulpa. Seguidamente, la cascará y pulpa fueron molidas. Posteriormente al obtener 1097,53 g de pulpa molida, se realizó el proceso de decocción para extraer el aceite. Este procedimiento resultó en la obtención de un total de 19 mL de aceite, equivalente a 17,16 g con un rendimiento del 0,6 %.

Elaboración de la crema

Para la elaboración de la crema, luego de obtener la materia prima en condiciones óptimas, se realizó el pesaje de los ingredientes destinados a la producción de un kg del producto final. Este proceso se dividió en dos partes: una acuosa, consiste en 645 g de agua purificada estéril, y otra oleosa, que contenía 34 g de Montanov 202, diez g de Montanov 68 (emulsionantes), 155 g de manteca de cacao, 44 g de Morete, 102 g de Ungurahua y diez g de conservante. Previamente, se sometió las mezclas a baño maría a una temperatura de 75 °C durante 20 min, asegurándose de lograr una homogeneidad líquida entre todos los ingredientes (**Figura 3**).

Figura 3 | Instalación experimental de obtención de los aceites vegetales y la crema cosmética

Una vez alcanzada la temperatura deseada y con los ingredientes listos, se trasladaron a la homogeneizadora/emulsificador a 7000 rpm por 40 min, donde el agua se agregó de manera lenta en la fase oleosa para lograr un fluido uniforme. Se puede apreciar el esquema utilizado para la extracción de los aceites vegetales y elaboración de la crema cosmética.

Etapa 2. Identificación de las operaciones

Se muestran los procedimientos llevados a cabo a nivel de laboratorio, así como las operaciones unitarias empleadas para la obtención del aceite de Morete (M. flexuosa). Se propone cuatro alternativas para la extracción del aceite: decocción, solvente, prensado en frío y caliente. Tras evaluar dichas alternativas, se determina que el método óptimo es el prensado en frío. Además, se especifica el equipo correspondiente que se utilizará para llevar a cabo el proceso de extracción (**Tabla 2**).

Tabla 2 | Aceite de Morete (*M. flexuosa*) (OU: Operaciones Unitarias); (Equip: Equipamiento

Datos a nivel laboratorio	OU	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 3	Equip
		De cocción	Por solventes	Prensado en frio	Prensado en caliente	
Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Tanque enchaquetado
Despulpado	Despulpado	Despulpado	Despulpado	Despulpado	Despulpado	Despulpadora
Secado	Secado	Secado	Secado	Secado	Secado	Secador de bandejas
Extracción de aceite	Extracción de aceite	De cocción	Por Solventes	Prensado en frio	Prensado en caliente	Prensadora
Filtrado	Filtrado	Filtrado	Filtrado	Filtrado	Filtrado	

Se detallan los procesos llevados a cabo a nivel de laboratorio y las operaciones unitarias empleadas para la obtención del aceite de Ungurahua (*O. bataua*). Se proponen cuatro alternativas para la extracción del aceite: decocción, solvente, prensado en frío y caliente. Tras evaluar las opciones, se determina que el método óptimo es el prensado en frío. Así mismo, se especifica el equipamiento correspondiente que será utilizado para llevar a cabo este proceso de extracción (**Tabla 3**).

Tabla 3 | Aceite Ungurahua (*O. bataua*) (OU: Operaciones Unitarias); (Equip: Equipamiento

Datos a nivel laboratorio	OU	Alternativa 1 De cocción	Alternativa 2 Por solventes	Alternativa 3 Prensado en frio	Alternativa 3 Prensado en caliente	Equip
Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Ablandamiento del material vegetal	Tanque enchaquetado
Despulpado	Despulpado	Despulpado	Despulpado	Despulpado	Despulpado	Despulpadora
Secado	Secado	Secado	Secado	Secado	Secado	Secador de bandejas
Extracción de aceite	Extracción de aceite	De cocción	Por Solventes	Prensado en frio	Prensado en caliente	Prensadora
Filtrado	Filtrado	Filtrado	Filtrado	Filtrado	Filtrado	

Se presentan los datos correspondientes de cada una de las etapas realizadas a nivel de laboratorio, junto con las operaciones unitarias identificadas para la elaboración de la crema cosmética. Así mismo, se sugiere el empleo del turbo emulsionador como el equipo óptimo para llevar a cabo cada una de estas operaciones (**Tabla 4**).

Tabla 4 | Crema cosmética

Datos a nivel laboratorio	Operaciones Unitarias	Equipamiento
Adición de materias primas	Adición de materias primas	Turbo emulsionador
Baño María (Fase acuosa)	Calentamiento fase acuosa	
Baño María (Fase oleosa)	Calentamiento fase oleosa	Turbo emulsionador
Agitado	Agitado	
Enfriado	Enfriado	

Etapa 3. Construcción/ Descripción de los diagramas

Tras completar la etapa anterior, se procede con la elaboración y descripción de los diagramas que facilitarán la identificación de los procesos, las cantidades y el tiempo de elaboración de la crema cosmética. En el diagrama de bloques (**Figura 4**), se representa como se integra la tecnología con las operaciones unitarias necesarias para obtener la crema cosmética a partir de los aceites vegetales (Morete y Ungurahua).

El proceso tecnológico empleado en la extracción de aceites vegetales de Morete y Ungurahua utiliza diversas tecnologías. Por ello, primero se realiza la selección y lavado meticuloso de las materias primas. Luego, se procede al ablandamiento de la fruta a una temperatura de 100 °C durante una hora, con el fin de facilitar el despulpado, lo cual separa la pulpa de la fruta, y como residuos la semilla y la cáscara. La pulpa resultante es sometida a trituración para favorecer el prensado posterior. Una vez obtenido el aceite, se lleva a cabo un proceso de filtración para obtener un producto final libre de impurezas y residuos, y finalmente usarlo en la elaboración crema cosmética.

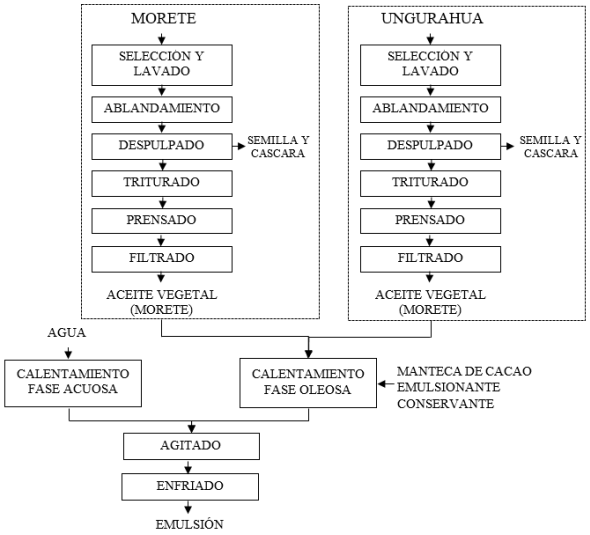

Figura 4 | Diagrama de bloques

Para la elaboración de la crema cosmética se inicia mediante la incorporación simultánea de las dos fases, oleosa y acuosa. La primera fase implica el calentamiento de una combinación de manteca de cacao, emulsionantes (Montanov 68, 202), aceites vegetales (Morete y Ungurahua) y conservante (Sharomix), mientras que la segunda fase comprende exclusivamente agua. Este procedimiento se lleva a cabo a una temperatura de 70-80 °C durante un período de 40 min.

Después, se mezclan ambas fases al concluir el proceso de calentamiento, mediante agitación constante a 7000 rpm, se incorpora la fase acuosa a la fase oleosa. Finalmente, una vez que se logra la emulsión deseada, se procede a enfriarla a temperatura ambiente.

Los procedimientos mencionados anteriormente coinciden con el Diagrama de *Gantt* (**Figura 5**).

Comienza con la extracción de los aceites vegetales Morete y Ungurahua. Una vez obtenidos, ambos aceites pasan simultáneamente a la fase de calentamiento de la fase acuosa y oleosa en equipos separados, ambos inician a la misma temperatura y tiempo. Al finalizar este proceso, la fase acuosa se combina con la fase oleosa para homogeneizar y formar la emulsión deseada. La duración total del proceso para la elaboración de la crema cosmética es de 4,25 h.

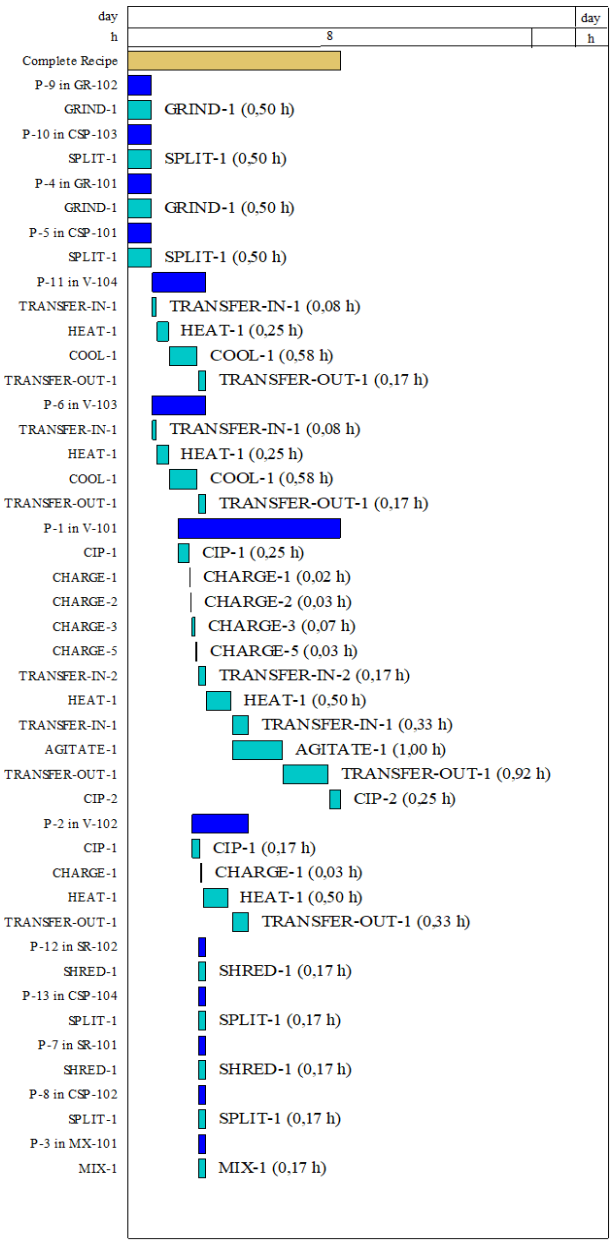

Figura 5 | Diagrama de *Gantt*.

En el diagrama de *Gantt* (**Figura 5**), se resume gráficamente el progreso de las actividades y la secuencia lógica para llevar a cabo ambas fases, dada la dependencia entre ellas. Para lo cual, se prepara la fase acuosa y posteriormente la lipídica, puesto que es una emulsión W/O. Cada actividad se representa verticalmente, con su inicio y duración indicados mediante una línea horizontal a lo largo de una escala de tiempo (Gallegos 2006).

En el diagrama de flujo de proceso (**Figura 6**) puede observarse la tecnología que contiene dos turbos emulsionadores con una capacidad de 10 kg: el primero, utilizado para preparar la fase acuosa y en el segundo, se utiliza para la fase oleosa y así obtener la emulsión Este proceso sigue las operaciones detalladas (**Figura 4**) para la obtención de la crema cosmética.

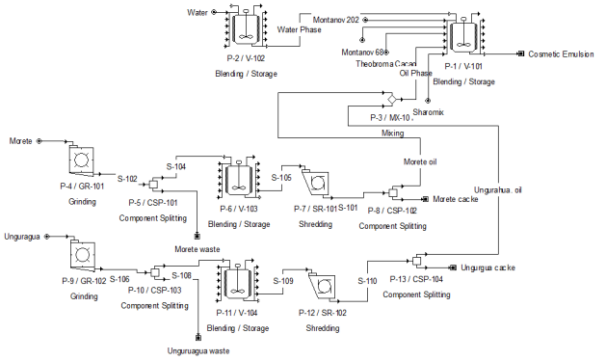

Figura 6 | Diagrama de flujo de proceso para la obtención de aceites vegetales y elaboración de la crema cosmética

De la misma manera podemos observar en la (**Figura 6**), el diagrama de flujo de proceso para la obtención de los aceites vegetales (Morete y Ungurahua). El proceso comienza con el ingreso de las frutas en la despulpadora para separar las semillas y cáscaras de la fruta. Posteriormente, las frutas se someten a cocción para ablandarlas y obtener como residuo el condensado. Una vez que las frutas tienen una textura suave, se trituran y se someten a prensado en frío para extraer el aceite, y como residuo la torta de Morete y Ungurahua. El aceite obtenido se somete a un filtrado para eliminar las partículas presentes, al resultar como producto final la obtención de los aceites vegetales.

Tabla 5 | Índice AAMBI y su correlación con la calidad del agua

Indicadores ambientales		Cantidad	Unidad
Consumo de materias primas	Montanov 68	0,011	kg/kg
	Montanov 202	0,036	kg/kg
	Morete	0,136	kg/kg
	Sharomix	0,011	kg/kg
	Manteca de cacao	0,111	kg/kg
	Ungurahua	0,563	kg/kg
Consumo de Agua	Agua	48,411	kg/kg
Consumo de energía	Consumo de potencia	5,860	kW-h/kg
	Consumo de Vapor	10,000	kg/kg
	Agua refrigerada	260,000	kg/kg
Vertimiento	De gases	-	-
	De líquidos	-	-
	De solidos	0,560	kg/kg
	Montanov 68	4717,480	kg/a
Crema cosmética		0,011	kg/a

Balance de masa y energía, consumo vs. Disponibilidad de MP y compatibilidad ambiental de la tecnología

La **Tabla 5** presenta un análisis exhaustivo del consumo de indicadores medioambientales vinculados con la producción anual de 4717,48 kg de crema

cosmética. Este análisis proporciona una visión detallada del consumo de materias primas, agua y energía, así como la cantidad de vertidos generados a partir de los residuos iniciales y la torta residual resultante del proceso de prensado de Morete y Ungurahua. Los datos presentados ofrecen una imagen clara y precisa de la huella ambiental asociada con la obtención de la crema cosmética, al permitir una evaluación técnica exhaustiva de su impacto medioambiental.

Dimensionamiento y costo de adquisición del equipamiento

Para el dimensionamiento y costo de adquisición del equipamiento, es fundamental establecer todo el proceso de fabricación de las tecnologías. En la **Tabla 6** se muestran los equipos involucrados en los procesos de obtención de los aceites vegetales y de la crema cosmética, el parámetro de diseño que caracteriza a cada uno de ellos, la cantidad y el costo de adquisición de cada uno de ellos. El costo de adquisición de todo el equipamiento asciende a 126 000,00 USD.

Tabla 6 | Costo de adquisición del equipamiento

Cantidad	Nombre del equipo	Parámetro de diseño	Costo Unitario ($)	Costo ($)
1	Turbo emulsionador	Volumen del tanque = 22,47 L	20 000	20 000
1	Turbo emulsionador	Volumen del tanque = 14,66 L	20 000	20 000
1	Despulpadora	Rendimiento Nominal = 2,55 kg/h	14 000	14 000
1	Despulpadora	Rendimiento Nominal = 10,58 kg/h	14 000	14 000
1	Tanque enchaquetado	Volumen del tanque = 2,62 L	10 000	10 000
1	Tanque enchaquetado	Volumen del tanque = 8,95 L	10 000	10 000
1	Trituradora	Rendimiento Nominal = 2,55 kg/h	1 000	1 000
1	Trituradora	Rendimiento Nominal = 2,16 kg/h	1 000	1 000
1	Prensa	Rendimiento Nominal = 12,98 kg/h	6 000	6 000
1	Prensa	Rendimiento Nominal = 45,82 kg/h	6 000	6 000
	Equipamiento no listado		25 000	25 000
		Total	126 000	126 000

Análisis y factibilidad económica

El costo de inversión (**Figura 6a**) para 260 lotes es de $ 1016000,00 mientras que el costo de producción (**Figura 6a**) es menor comparado con la inversión con un valor de $ 44100,00 anuales. El valor actual neto (VAN) se determina los diferentes costos y beneficios de la inversión de la tecnología, el cual, para la producción de la crema cosmética dio positivo para el número de lotes con un valor de $ 216 000,00. Este valor indica que es posible recuperar la inversión y es económicamente factible, lo cual conlleva a un incremento en la rentabilidad (**Figura 6b**). Por otro lado, el tiempo de retribución es de 6,24 años, lo cual indica una recuperación oportuna. Mientras que la Tasa Interna de Retorno (TIR) se muestra positiva, al indicar una mayor rentabilidad. El margen de ganancia y el retorno de la inversión muestran valores positivos del 20,22 % y 16,04 % respectivamente. Por lo tanto, sugiere que la operación es rentable y genera beneficios que superan el capital inicial.

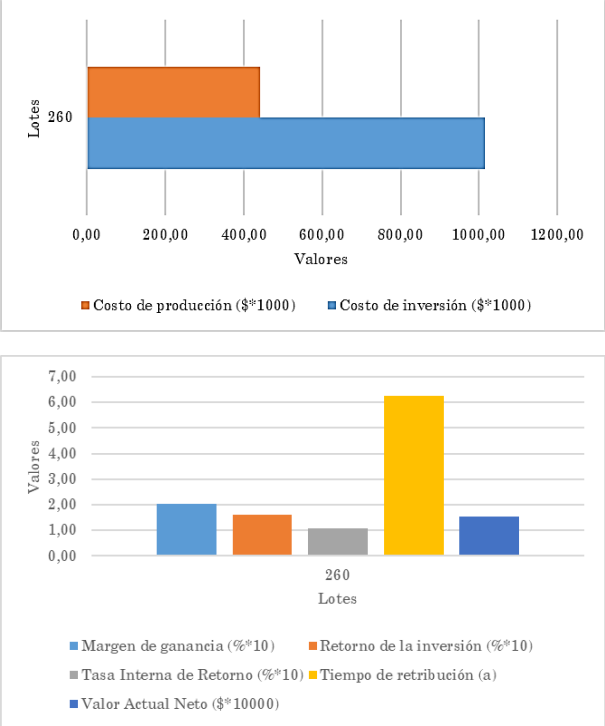

Figura 6 | Resultados del análisis económico. (a) Costo de inversión y de producción; (b) Indicadores dinámicos económicos y de rentabilidad.

3.2. Discusión

Etapa 1. Recuperación de la información y recolección de datos de experimentación

Extracción de aceite de Morete

El rendimiento de la extracción de Morete por el método de decocción fue 9,36 % con relación a la pulpa deshidratada. Rivera et al. (2022) en su investigación sugiere que el método más eficaz para la extracción de aceite de Morete es al utilizar la pulpa bajo prensado en frío, con un tratamiento previo a 85 °C durante un período de 10 minutos, al generar un rendimiento del

56,77 %. Mientras que Rivera Chasiquiza (2019), reportó el contenido del aceite en la pulpa de Morete mediante prensado mecánico del 59,42 %, al aplicar tratamiento térmico y utilizar el fruto sin corteza a 85 °C por 10 min. Por su parte Paredes Amasifuen (2021) muestra que, al aplicar tratamiento térmico previo a la extracción de aceite, se logra un alto porcentaje de grasa superior al 19,0 %. El proceso implica calentamiento, trituración, extracción con prensa manual, y separación mediante decantación y filtración. Además, otro estudio realizado por Adrianzén et al. (2011) comenta que la cantidad de aceite extraído está relacionada de manera directa con la temperatura de calentamiento de la pulpa. También, demuestran que este porcentaje disminuye al emplear la pulpa con cáscara durante el pretratamiento previo al prensado.

Extracción de aceite de Ungurahua

El rendimiento mediante el método de decocción de la pulpa seca de Ungurahua fue del 0,6%. Esta cifra se sitúa notablemente por debajo de los resultados reportados por diversos autores que han empleado diferentes técnicas durante el ablandamiento de la pulpa, y el método de extracción, lo cual podría contribuir a obtener rendimientos superiores. Los procedimientos utilizados para la obtención del aceite de Ungurahua son similares a lo reportado por los autores (Giacopini et al. 2011; Ocampo-Duran et al. 2013), quienes coinciden en el tiempo de ablandamiento de las semillas, establecido en 2 horas. De acuerdo con Peña et al. (2018), reporta que al utilizar el método por prensado se obtuvo un rendimiento de 19,06 %. Por otro lado, la metodología descrita por Chaves Yela et al. (2020) para extraer aceite de Ungurahua, inicia con la recolección y almacenamiento de frutos maduros durante 24 horas, seguido de lavado, selección, ablandamiento, despulpado, y filtración a 130 °C. Se enfatiza el proceso de filtrado con tela como garantía de la pureza del aceite, y el almacenamiento adecuado asegura la preservación de sus propiedades y un producto de alta calidad.

Elaboración de la crema

El proceso para la elaboración de la crema cosmética implicó el calentamiento por separado de la fase lipídica y acuosa. Una vez que los componentes de la fase oleosa alcanzaron un estado líquido y la temperatura requerida, se procedió a combinar la fase acuosa con la fase oleosa para obtener la emulsión cosmética deseada. Esto coincide con el método de inversión de fases, también conocido como método indirecto, empleado por (Bom et al. 2019; Mosquera et al. 2012). En este método, la fase oleosa se calienta por separado de la fase acuosa, y mediante una agitación continua, se incorpora gradualmente la fase acuosa a la fase oleosa hasta lograr la emulsión deseada.

Etapa 2. Identificación de operaciones y propuesta del equipamiento

Extracción de aceites

El estudio realizado por Rivera et al., (2022) destaca que, mediante prensado en frío, complementado con un precalentamiento a 85 °C durante 10 minutos, representa la opción más eficiente en términos de rendimiento, con una producción superior al 56,77 %. Este método preserva las propiedades funciona les del producto durante la extracción, a diferencia del prensado en caliente, que evita la pérdida de componentes volátiles observada en métodos de extracción por decocción. Además, se señala que esta técnica no ocasiona problemas cutáneos asociados al uso de hexano, lo cual lo convierte en una alternativa más segura y eficaz.

El equipo seleccionado para la extracción de los aceites tanto de Morete como de Ungurahua es el mismo, debido a que estas dos frutas comparten características similares en cuanto a su ablandamiento, despulpado y extracción de aceite. Para esta elección, nos hemos basado en la información proporcionada por Aliaga Zumaeta and Quispe Alarcon (2022) donde utilizan una despulpadora que está diseñada para separar la pulpa del material fibroso, las pepas y la cáscara de diversas frutas. Este equipo, fabricado en acero inoxidable, consta de brochas y nylon que giran a alta velocidad, que facilita la ruptura de la fruta. Tiene una capacidad de procesamiento de 1200 kg/h. Finalmente, se emplea una prensadora que cuenta con un regulador de presión y temperatura. Posee una capacidad de 370 kg/h. La presión aplicada ayuda a elevar la temperatura de la pulpa, por ello contribuye a obtener un aceite de alta calidad.

Elaboración de la crema

En la selección de la tecnología, nos guiamos por la metodología propuesta por Mosquera et al. (2022), la cual implica la creación de una emulsión cosmética de agua en aceite (W/O) y agitación rápida y mediante un proceso de enfriamiento con agitación lenta.

Para la selección del equipo necesario, nos basamos en el trabajo de Romero et al. (2017) en el cual, sugieren el uso de un emulsificador construido con acero inoxidable. Este equipo está diseñado para calentar y soportar tanto presiones externas como internas, así como el vacío. Además, cuenta con la capacidad de mezclar a diferentes velocidades de agitación, adaptándose a la viscosidad de la emulsión. Por último, el dispositivo posee un sistema de enfriamiento

mediante una doble cámara por la que circula agua y vapor. Por estas razones, se considera que este equipo es el más adecuado para llevar a cabo el proceso de elaboración de la crema cosmética.

Etapa 3. Construcción/descripción de los diagramas

El tiempo requerido para la elaboración de la crema cosmética es de 4,25 horas. Por lo cual, es factible producir 2 o más lotes diarios. En comparación una investigación realizada por Aguilar (2011) para la producción de 10 kg de crema cosmética, el tiempo total es 0,52 horas. En la fase de calentamiento, Zurita Acosta and López Pérez (2021) señalan que, realizaron en un tanque de mezclado recubierto por una camisa a 65-75 °C por 20 minutos. También Chauhan and Gupta (2020), utilizan la caldera fusora para el calentamiento a 90 °C de 10 a 15 minutos hasta llegar a fundir los aceites y grasas. En el proceso de mezcla y fusión, (Celeiro et al. 2021; Quillupangui and Arroyo 2021) reportan que se mantiene en marcha durante 15 a 20 minutos hasta tener una mezcla homogénea.

Balance de masa y energía, consumo vs. Disponibilidad de MP y compatibilidad ambiental de la tecnología

Las materias primas (MP) utilizadas en este contexto son de naturaleza renovable, por lo cual la tecnología empleada es ambientalmente compatible. Además, se genera una mínima cantidad de residuos sólidos, como se detalla en la Tabla 5. Las pequeñas cantidades de vertimiento de residuos, junto con la utilización eficiente de las materias primas y la energía, así como la implementación de prácticas sostenibles en la producción y recolección de estas materias primas, garantizan que la tecnología propuesta cumpla con las recomendaciones establecidas por Bom et al. (2019) y (Rocca et al. 2022).

Análisis y factibilidad económica

Los valores obtenidos en la producción de 260 lotes/a, evaluados a través de indicadores dinámicos económicos, indican que el proceso es económicamente viable y que la recuperación de la inversión es factible, lo cual con cuerda con las investigaciones de (Cerda et al. 2021; Costa et al. 2023). Además, tanto la calidad del producto como la demanda del mercado sugieren la posibilidad de aumentar la cantidad de lotes producidos, por lo cual, resultaría en un aumento de los ingresos y en una reducción del tiempo necesario para recuperar la inversión, como señala (Cerda et al. 2022).

4. Conclusiones

Con esta investigación, se ha podido comprobar que, para poder realizar el diseño conceptual de un proceso tecnológico, es indispensable obtener datos experimentales que permitan su posterior escalado. Las operaciones unitarias, los equipos y el tiempo de operación del caso de estudio diseñado en esta investigación, son un ejemplo de la afirmación anterior.

En el diseño conceptual para la obtención de la crema cosmética, se estima un tiempo de operación de 4,25 horas, lo cual permitiría la producción de 2 o más lotes al día, en función a la demanda. Además, se prevé que la inversión inicial se recupere en un plazo de 6,24 años.

Contribuciones de los autores

Mayra Elizabeth Freire Fuentes: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Irma Sofia Guambuguete Guaman: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Amaury Pérez Martínez: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Conflicto de intereses de los autores

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

ADRIANZÉN, N., C. ROJAS AND G. L. LUJÁN Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) sobre el rendimiento y las características físico-químicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío. Agroindustrial Science, 2011, 1(2), 46-55. Available from Internet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583457>

AGUILAR, C. Optimización del proceso de fabricación de productos de tocador y limpieza en una industria cosmética de ventas por catálogo. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.Available from Internet: <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2373_IN.pdf>

ALIAGA ZUMAETA, E. AND A. QUISPE ALARCON. Estudio de prefactibilidad para la implementación de

una planta productora de mascarillas de tela hidratante a base de camu camu (Myrciaria dubia). Tesis de Licenciatura. Universidad de Lima, 2022.Available from Internet: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/16166>

BERMOND, C., S. CHERRAD, A. TRAINOY, C. NGARI, et al. Real-time qPCR to evaluate bacterial contamination of cosmetic cream and the efficiency of protective ingredients. Journal of Applied Microbiology, 09/01 2021, 132. https://doi.org/10.1111/jam.15310

BOM, S., J. JORGE, H. M. RIBEIRO AND J. MARTO A step forward on sustainability in the cosmetics industry: A review. Journal of Cleaner Production, 2019/07/10/ 2019, 225, 270-290. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.255

BURAKOVA, M. A., O. N. ABROSIMOVA, Y. M. LADUTKO AND I. E. SMEKHOVA Transfer of Cosmetic Emulsion Cream Technology from Laboratory to Pilot Phase. Drug development & registration, 2022, 11(1), 59-67. https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-1-59-67

CAMPOS PRADA, D. Estudio de correlaciones experimentales para una emulsión aceite en agua (O/W) comercial. Tesis de grado. Universidad de los Andes, Colombia, 2018.Available from Internet: <http://hdl.handle.net/1992/45444>

CELEIRO, M., C. GARCIA-JARES, M. LLOMPART AND M. LORES Recent Advances in Sample Preparation for Cosmetics and Personal Care Products Analysis. Molecules, Aug 13 2021, 26(16). https://doi.org/10.3390/molecules26164900

CERDA, V. R., E. GONZÁLEZ, E. GUARDADO, G. L. CERDA, et al. Producción de gel hidroalcohólico en tiempos de Covid-19, oportunidad para diseñar el proceso que garantice la calidad. Centro Azúcar, 2021, 48, 88-97. Available from Internet: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612021000300088&nrm=iso>

CERDA, V. R., E. GUARDADO, G. L. CERDA, R. VINOCUNGA, et al. Procedure for the determination of operation and design parameters considering the quality of non-centrifugal cane sugar. Entre Ciencia e Ingeniería, 2022, 16, 43-50. https://doi.org/10.31908/19098367.2659

CHAUHAN, L. AND S. GUPTA Creams: A Review on Classification, Preparation Methods, Evaluation and its Applications. Journal of Drug Delivery and Therapeutics, 10/15 2020, 10, 281-289. https://doi.org/10.22270/jddt.v10i5-s.4430

CHAVES YELA, J. A., D. P. ORTIZ TOBAR, E. M. BAHOS ORDOÑEZ, G. A. ORDOÑEZ FORERO, et al. Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (Oenocarpus Bataua). Perspectivas en Nutrición Humana, 12/04 2020, 22(2), 175-188. https://doi.org/10.17533/udea.penh.v22n2a05

COSTA, V. B. F. D., V. E. D. M. VALÉRIO AND R. D. C. MIRANDA Economic analysis of a cosmetic initiative addressing stochastic aspects and risk quantification. Acta Scientiarum. Technology, 04/28 2023, 45(1). https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v45i1.59725

ERASO LASSO, S. L. Aproximación al proceso de escalado de emulsiones concentradas desde el diseño multiescala. Trabajo de Pregrado. Universidad de Los Andes, 2015.Available from Internet: <http://hdl.handle.net/1992/18624>

GALLEGOS, J. D. C. Análisis del riesgo en la administración de proyectos de tecnología de información. Industrial Data, 2006, 9(1), 104-107. Available from Internet: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81690113>

GIACOPINI, M. I., O. GUERRERO, M. MOYA AND V. BOSCH Estudio comparativo del consumo de aceite de oliva virgen o seje sobre el perfil lipídico y la resistencia a la oxidación de las lipoproteínas de alta densidad (HDL) del plasma de rata. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2011, 61(2), 143. Available from Internet: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06222011000200005&lng=en&nrm=iso>.

GÓMEZ GUARGUATI, I. C. Diseño integrado multiescala de emulsiones directas: relación entre propiedades reológicas y texturales. Trabajo de Maestría. Universidad de Los Andes, 2020.Available from Internet: <http://hdl.handle.net/1992/48594>

GORDILLO LÓPEZ, R. C., E. A. ROMERO MOYA AND M. E. ROMERO. Optimización del capital de trabajo de una empresa de la industria cosmética por medio de un esquema de incentivos a la fuerza de ventas. Tesis Doctoral. ESPOL. FCSH., 2020.Available from Internet: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53403>

LAURA, R., O. JAVIER, H. ALEJANDRO AND G. BLADIMIR La cadena de valor de los ingredientes naturales del Biocomercio en las industrias farmacéutica, alimentaria y cosmética-FAC. Edtion ed.: Editorial Tadeo Lozano, 2012. ISBN 9587250958

LENDÍNEZ GRIS, M. Estudio de emulsiones altamente concentradas de tipo W/O: relación entre

tamaño de gota y propiedades. Tesis Doctoral. Universitad de Barcelona, 2015.Available from Internet: <http://hdl.handle.net/2445/66594>

MAY-MASNOU, A., M. PORRAS, A. MAESTRO, C. GONZÁLEZ, et al. Scale invariants in the preparation of reverse high internal phase ratio emulsions. Chemical Engineering Science, 2013, 101, 721-730. https://doi.org/10.1016/j.ces.2013.07.033

MILAN, A. L. K., D. MILÃO, A. A. SOUTO AND T. W. F. CORTE Estudo da hidratação da pele por emulsões cosméticas para xerose e sua estabilidade por reologia. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, 2018, 43. https://doi.org/10.1590/S1516-93322007000400019

MOSQUERA, T., P. NORIEGA, W. TAPIA AND S. H. PÉREZ Evaluación de la eficacia cosmética de cremas elaboradas con aceites extraídos de especies vegetales Amazónicas: Mauritia Flexuosa (Morete), Plukenetia Volubilis (Sacha Inchi) y Oenocarpus Bataua (Ungurahua). La Granja, 2012, 16(2), 14-22. https://doi.org/10.17163/lgr.n16.2012.02

OCAMPO-DURAN, Á., A. FERNÁNDEZ-LAVADO AND F. CASTRO-LIMA Aceite de la palma de seje Oenocarpus bataua Mart. por su calidad nutricional puede contribuir a la conservación y uso sostenible de los bosques de galería en la Orinoquia Colombiana. ORINOQUIA, 2013, 17, 215-229. Available from Internet: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092013000200009&nrm=iso>

PAREDES AMASIFUEN, J. A. Determinación del rendimiento y características fisicoquímicas del aceite obtenido mediante extracción mecánica en frío de tres ecotipos de aguaje (Mauritia flexuosa L.) en la región de Ucayali. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ucayali, 2021.Available from Internet: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4815>

PEÑA, L. F., M. P. CARRILLO, B. GIRALDO, S. Y. CASTRO, et al. Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento sostenible de frutos de las palmas asaí (Euterpe precatoria), seje (Oenocarpus bataua), moriche (mauritia flexuosa). Edtion ed. Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 2018. 95 p. ISBN 978-958-5427-06-8

QUILLUPANGUI, L. AND F. ARROYO Mejoramiento de la eficiencia general del equipo mediante la simulación de eventos discretos. estudio de caso en la industria cosmética. Espacios, 2021, 42(14), 18-28. Available from Internet: <https://www.revistaespacios.com/a21v42n14/21421402.html>

RESTREPO JIMÉNEZ, D. Aproximación al diseño multiescala en el proceso de escalado de emulsiones concentradas-parámetro de escalado. Tesis de grado. Universidad de los Andes, 2014.Available from Internet: <http://hdl.handle.net/1992/16470>

RIVERA CHASIQUIZA, M. Efecto de la temperatura de extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de morete (Mauritia flexuosa Lf). Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato, 2019.Available from Internet: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30551>

RIVERA, M., M. RAMOS, M. SILVA, J. BRICEÑO, et al. Efecto de la temperatura previa a la extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de morete (Mauritia flexuosa LF). LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 2022, 35(1), 98-111. https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.08

ROCCA, R., F. ACERBI, L. FUMAGALLI AND M. TAISCH Sustainability paradigm in the cosmetics industry: State of the art. Cleaner Waste Systems, 2022/12/01/ 2022, 3, 100057. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100057

ROMERO, D. P., A. FREIRE, F. E. AILLON AND M. RADICE Design of an industrial process focused on the elaboration of cosmetics using Amazonian vegetal oils: a biotrade opportunity. International Conference on Multidisciplinary Sciences., 2017. https://doi.org/10.3390/mol2net-02-03891

RUIZ, Á. A. AND H. ÁLVAREZ Escalamiento de procesos químicos y bioquímicos basado en un modelo fenomenológico. Información tecnológica, 2011, 22, 33-52. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000600005

SALVADOR, A. AND A. CHISVERT Analysis of cosmetic products. Edtion ed. USA: Elsevier, 2011. ISBN 0080475310. https://doi.org/10.1016/C2014-0-00920-3

SCHRAMM, L. Emulsions, Foams, and Suspensions. Edtion ed. USA: Wiley-VCH, 2005. ISBN 9783527307432. https://doi.org/10.1002/3527606750

SUAZA MONTALVO, A. Desarrollo de una estrategia de escalamiento para procesos de producción de emulsiones. Tesis de maestria. Universidad Nacional de Colombia, 2020.Available from Internet: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78034>

TORRES TAIPE, K. V. Estudio de factibilidad para la elaboración de una crema hidratante a base de cáscaras de huevo en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato, 2021.Available from Internet: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33675>

TORRES, Y. Elaboración de una crema con actividad exfoliante con cáscara de cacao (Theobroma cacao L.), proveniente de la provincia de Manabí. Tesis Doctoral. Universidad Central del Ecuador, 2017.Available from Internet: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13255>

TÜREDI, E. AND N. ACARALı Evaluation of cosmetic creams containing Black cumin (Nigella sativa)-Lemon balm (Melissa officinalis L.)-Aloe vera (Aloe barbadensis miller) essences by modeling with Box Behnken method in Design Expert. Industrial Crops and Products, 2022, 187, 115303. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115303

VENKATARAMANI, D., A. TSULAIA AND S. AMIN Fundamentals and applications of particle stabilized emulsions in cosmetic formulations. Adv Colloid Interface Sci, Sep 2020, 283, 102234. https://doi.org/ https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102234

ZURITA ACOSTA, N. AND A. M. LÓPEZ PÉREZ. Elaboración de emulsiones cosméticas con ingredientes de origen natural. Tesis de pregrado. Universidad de los Andes., 2021.Available from Internet: <http://hdl.handle.net/1992/50624>