

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE PETROQUÍMICA

“Caracterización físico-química del aceite de semillas de pitahaya, guanábana, borojón, tuna, lúcuma: un potencial residuo agroindustrial como base para procesos industriales y biorrefinería”

Autora:

Villacís Collaguazo, Kira Jael

Director:

Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier. Msc

Latacunga, 2023



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones
- 6 Recomendaciones



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones
- 6 Recomendaciones



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

Generación de desechos

- 2200 millones kg desechos agroindustriales.



Aprovechamiento de Residuos

- Encontrar aplicaciones en áreas como alimentación, salud y farmacéutica.



Contribución a la sostenibilidad

- Base para futuras investigaciones, con un desarrollo sostenible para la sociedad y la economía



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 **Objetivos**
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones
- 6 Recomendaciones



OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar las **características físico-químicas** del aceite de las semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma, mediante la extracción por **prensado al frío**, para realizar diferentes técnicas analíticas que permitan identificar posibles **aplicaciones industriales**.

Objetivos Específicos

- Obtener el **aceite clarificado** de cada semilla: pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma, mediante el **prensado en frío**.
- Analizar las **características físico-químicas** de los aceites de las semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma, utilizando las Normas Técnicas **INEN** e **ISO** correspondientes.
- Determinar el **perfil lipídico** de los aceites de las semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma, mediante el uso de la técnica de **cromatografía de gases**.



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones
- 6 Recomendaciones



METODOLOGÍA



Obtención de materia prima

- Recolección de frutas
- Tratamiento y acondicionamiento de semillas



Extracción del aceite de semilla

- Prensado en frío
- Extracción con solvente



Técnicas analíticas

- Perfil lipídico por GC-FID
- FTIR



Caracterización físico-química

- Densidad, humedad, índice de refracción, índice de acidez, índice de peróxido, índice de yodo, índice de saponificación, materia insaponificable, ensayo de rancidez



METODOLOGÍA

Obtención de materia prima

Recolección, tratamiento y acondicionamiento de la pitahaya, guanábana, tuna, borojó y lúcuma.



Se recolectan de
diversas ubicaciones:
Quito, Latacunga,
Ambato



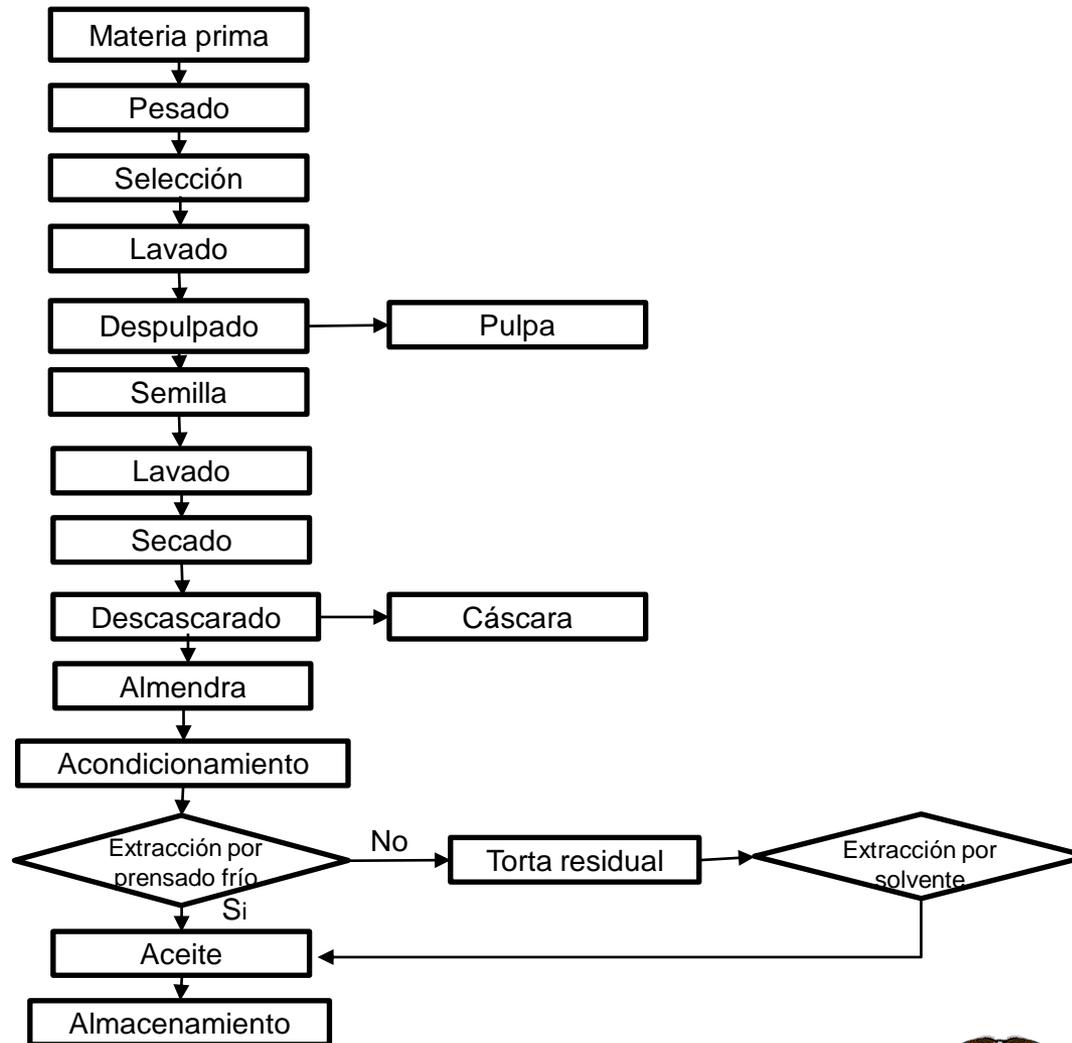
Tratamiento de las
frutas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Tratamiento de materia prima



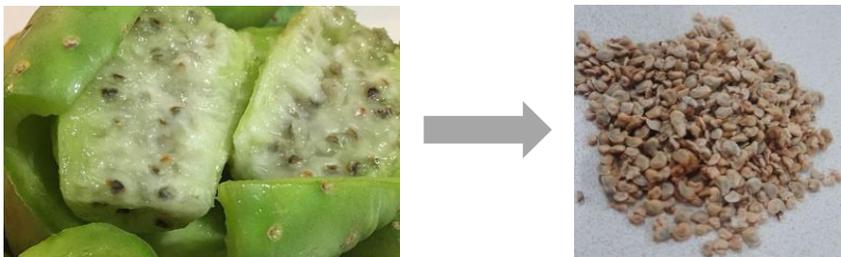
METODOLOGÍA

Tratamiento de la materia prima

Pitahaya



Tuna



Guanábana



Borojó



Lúcuma



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Extracción y obtención de aceites de semillas

Aceites de semilla

Prensado en frío



Extracción con solvente

Recuperación del solvente



Éter de petróleo



Temperatura 45°C



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Técnicas analíticas

Cromatografía de gases

Acondicionamiento del equipo



Parámetros

Columna: Zebron ZB-FAME
Inyección: Split 100:1 @ 240 °C, 1 μ L
Gas portador: Helio
Tiempo: 27 minutos / muestra
Detector: FID @ 260 °C
Estándar: Supercol 37 Component FAME Mix

Espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR)

Acondicionamiento del equipo



Colocación de muestras

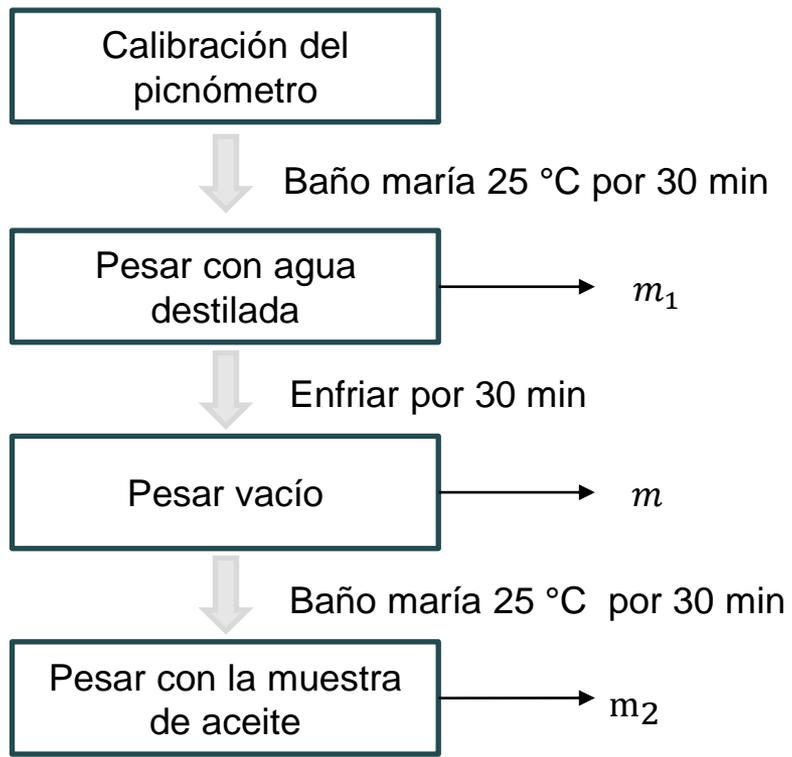
- Colocar unas gotas de aceite en el área plana de cristal, a temperatura ambiente
- Rango de ondas de 4000 a 500 cm^{-1}



METODOLOGÍA

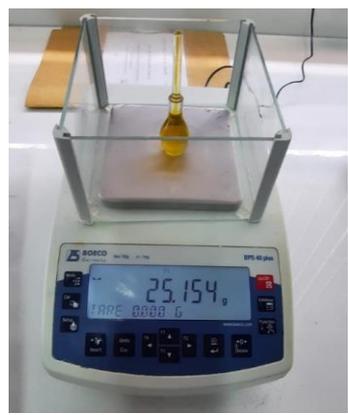
Caracterización físico-química

Densidad Relativa : método del picnómetro



$$d_{25} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

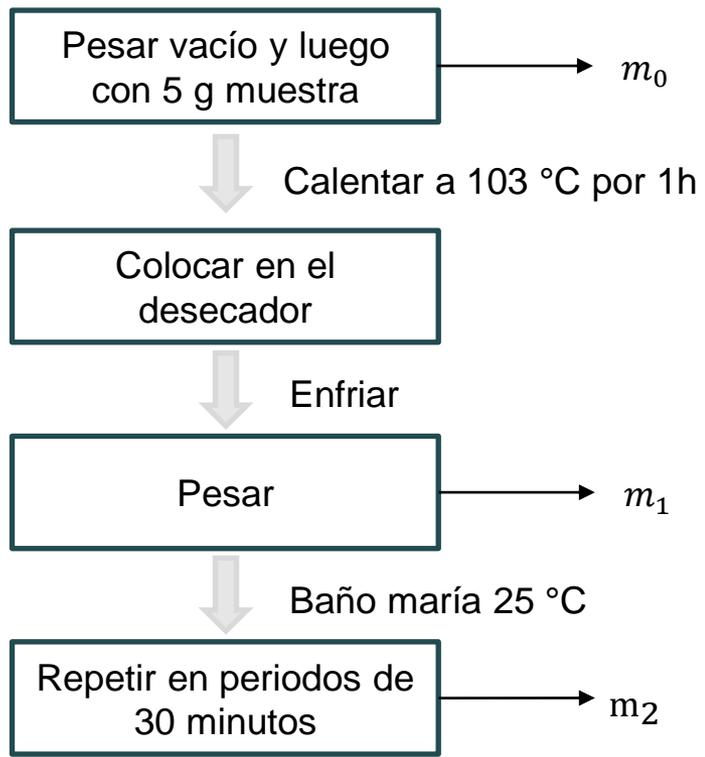
INEN 35



METODOLOGÍA

Caracterización físico-química

Pérdida de peso: calentamiento



$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0}$$

ISO 662:2016



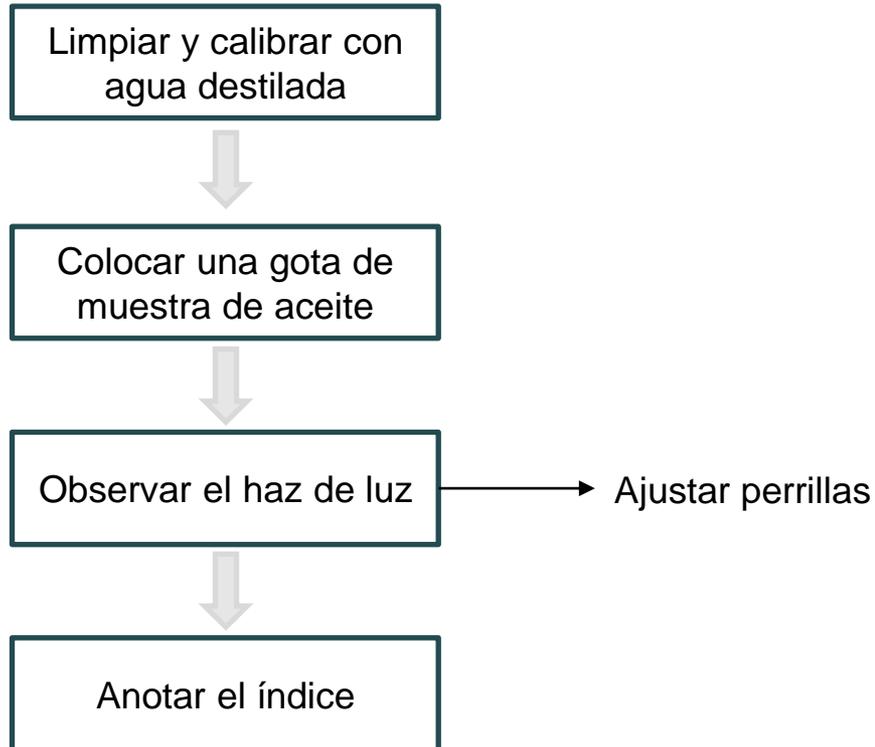
Detector de humedad



METODOLOGÍA

Caracterización físico-química

Índice de refracción



ISO 6320:2017

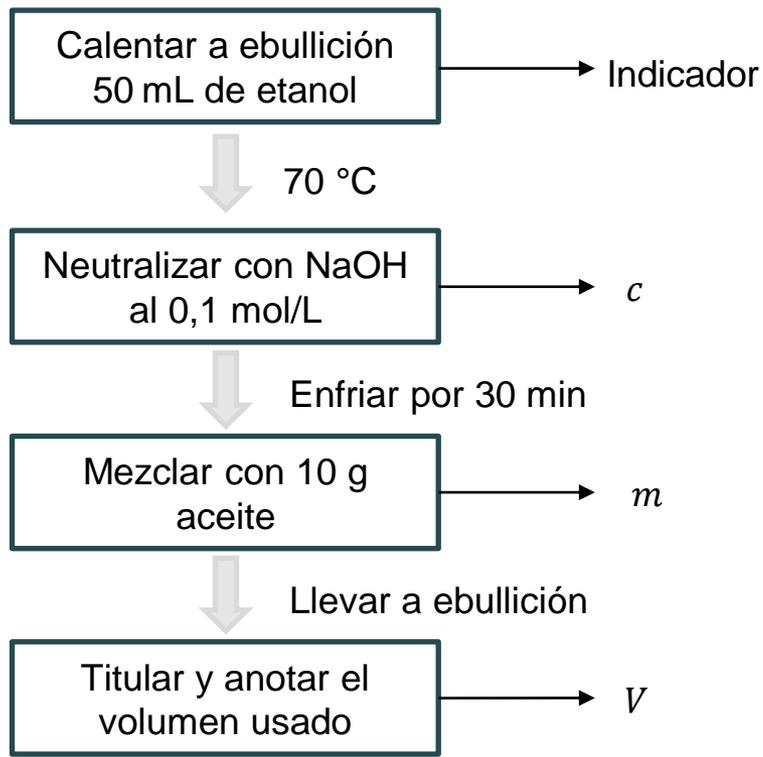


METODOLOGÍA

Caracterización físico-química

Índice de acidez: método de etanol caliente con indicador

ISO 660:2020 (E)



$$W_{AV} = \frac{56.1 * c * V}{m}$$



$$W_{FFA} = 0.5 * W_{AV}$$

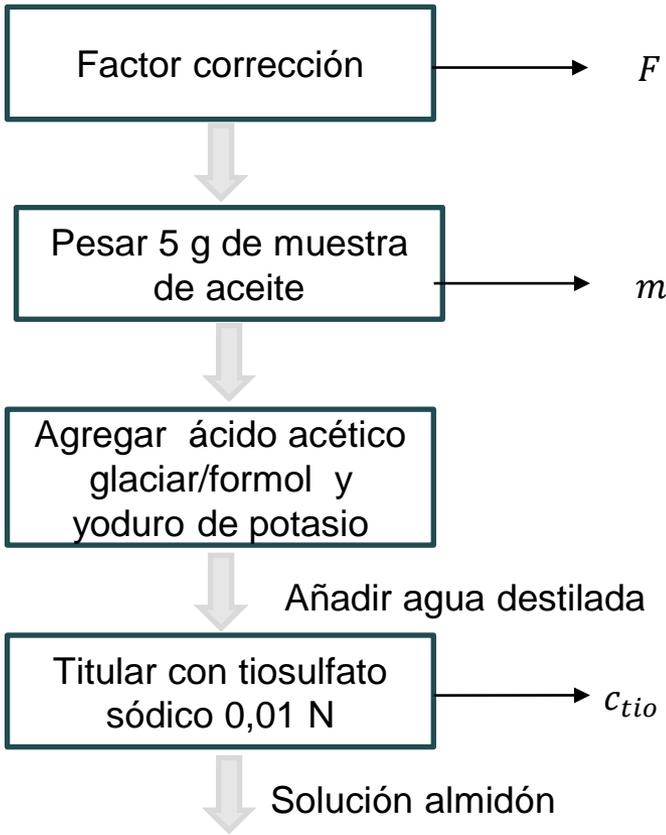


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Caracterización físico-química

Índice de peróxido: yodometría visual



$$PV = \frac{V * c_{tio} * F * 1000}{m}$$

INEN 277 e ISO 3960



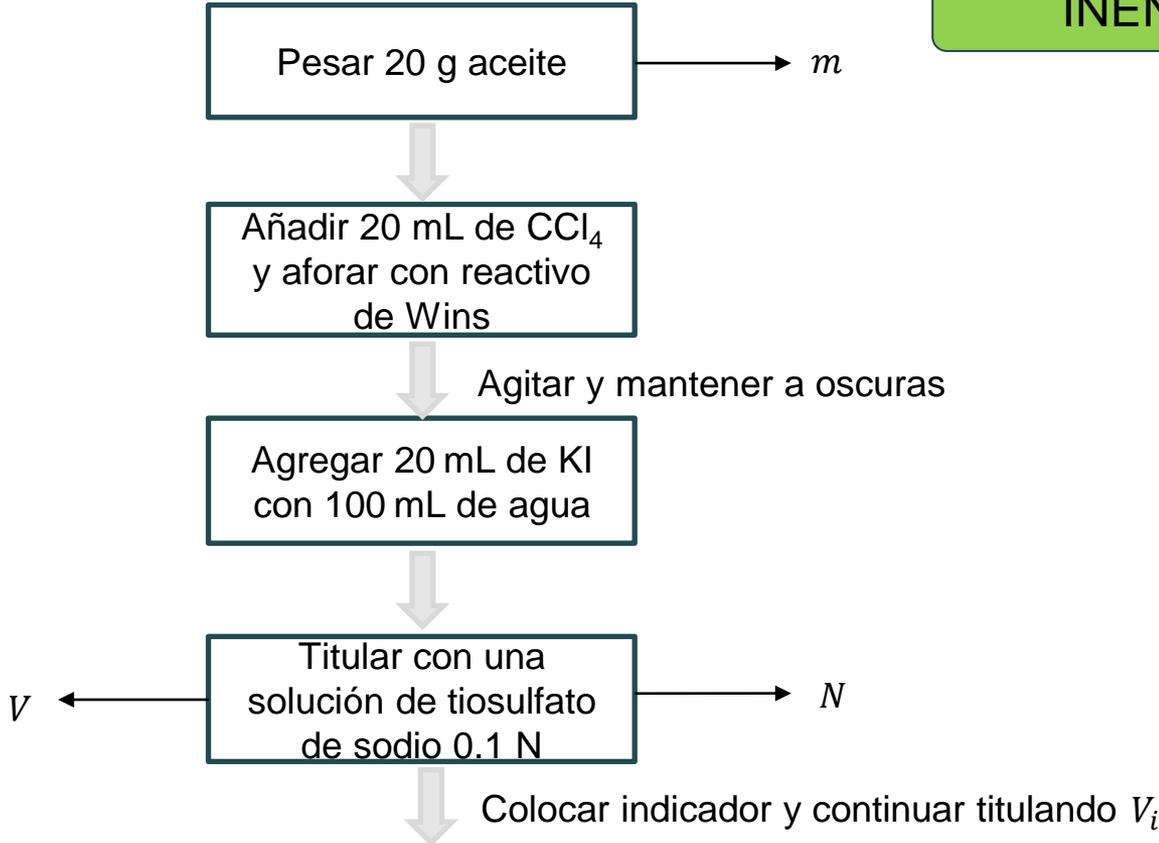
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Caracterización físico-química

Índice de yodo:método de Wijs

INEN 37



$$i = \frac{12.69(V - V_i) * N}{m}$$



METODOLOGÍA

Caracterización físico-química

Índice de saponificación: por GC-FID

Identificar los ácidos grasos por GC-FID

ISO 3657:2020

Calcular la masa molecular relativa media de los compuestos

$$\bar{M} = \sum_i x_{T(i)} * M_{T(i)}$$

$$I_{SC} = \frac{1 * 56.1 * 1000}{\bar{M}}$$

Materia insaponificable: por GC-FID

Materia insaponificable

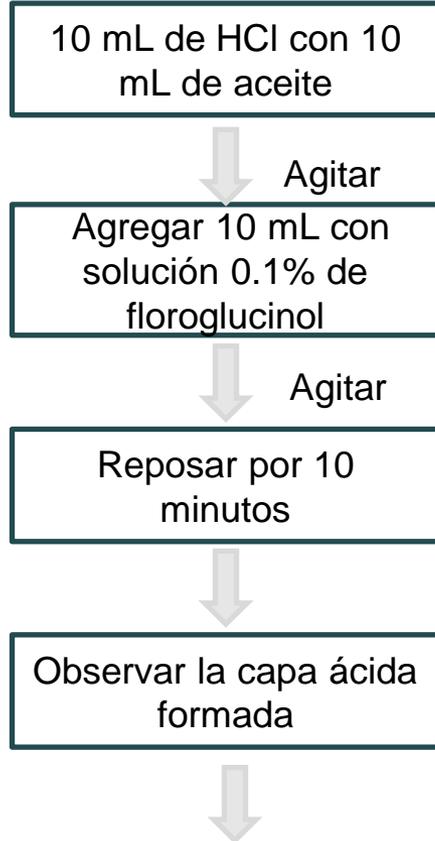
$$w_U = 100 - \frac{I_S * 100}{I_{SC}}$$



METODOLOGÍA

Caracterización físico-química

Ensayo de rancidez



Rojo: positivo
Anaranjado/amarillo: negativo

INEN 45



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones
- 6 Recomendaciones



Rendimiento de cada aceite de semilla obtenido

Tabla 1

Rendimiento de cada aceite de semilla obtenido

Frutas	Total fruta [kg]	Semillas [kg]	Método de extracción	Aceite [mL]	Rendimiento [%V/W]
Pitahaya	38	1	PF	100	10
Guanábana	10	1	PF	67.5	6.75
Borojó	22	0.07	-	-	-
Tuna	4	0.07	ES	4.5	4.19
Lúcuma	3	0.07	ES	4.5	3.83

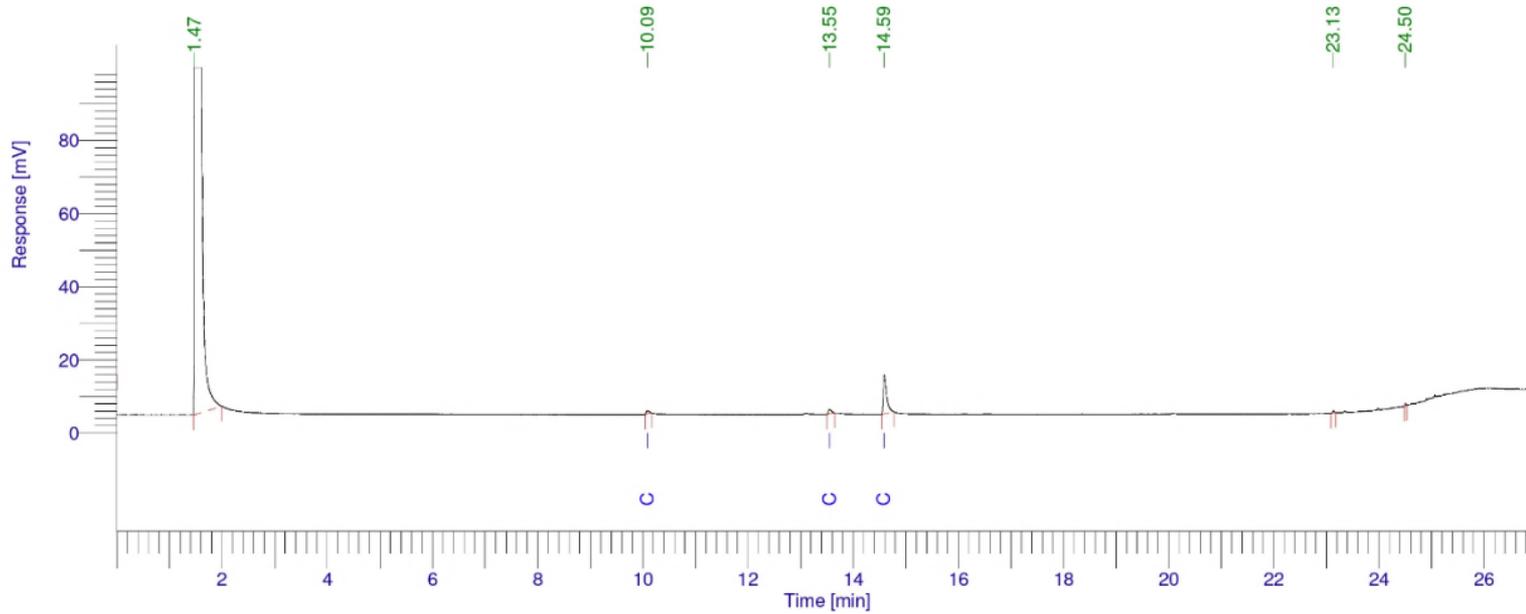
Nota. Datos del método de extracción PF (prensado en frío) y ES (extracción por solvente) que componen las frutas estudiadas con sus respectivos rendimientos.



Perfil lipídico

Figura 1

Cromatograma del aceite de semilla de pitahaya



Nota. Señal detectada por el GC-FID en función del tiempo de retención..



Perfil lipídico

Tabla 2

Contenido de ácidos grasos del aceite de semilla de pitahaya

Pico	Tiempo de retención [min]	Componente identificado	Abreviación	Composición relativa [%]
1	10.09	Ácido palmítico	C16:0	5.77
2	13.55	Ácido oleico	C18:1-CIS-9	8.46
3	14.59	Ácido linoleico	C18:2-CIS-9-12	85.77
Total				100

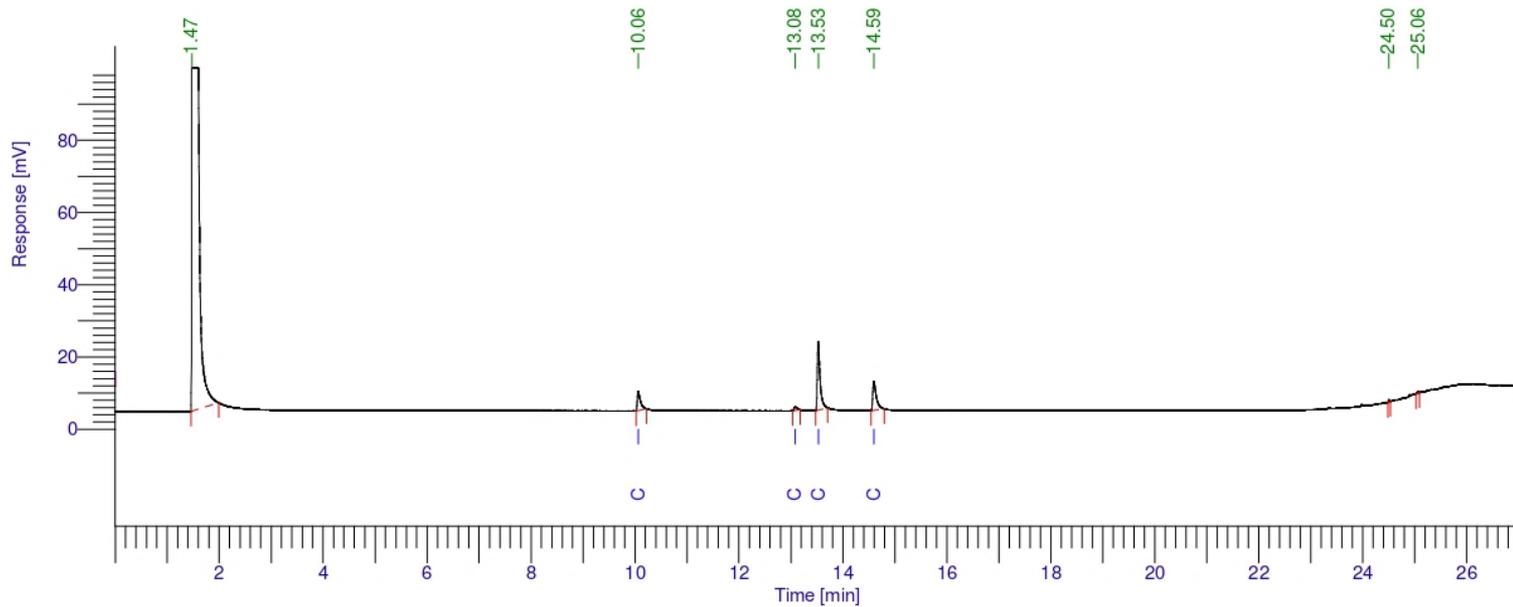
Nota. Resultado del contenido de ácidos grasos por GC-FID.



Perfil lipídico

Figura 2

Cromatograma del aceite de semilla de guanábana



Nota. Señal detectada por el GC-FID en función del tiempo de retención..



Perfil lipídico

Tabla 3

Contenido de ácidos grasos del aceite de semilla de guanábana

Pico	Tiempo de retención [min]	Componente identificado	Abreviación	Composición relativa [%]
1	10.06	Ácido palmítico	C16:0	16.37
2	13.08	Ácido esteárico	C18:0	3.06
3	13.53	Ácido oleico	C18:1-CIS-9	52.39
4	14.59	Ácido linoleico	C18:2-CIS-9-12	28.18
Total				100

Nota. Resultado del contenido de ácidos grasos por GC-FID.



Figura 3

Cromatograma del aceite de semilla de pitahaya

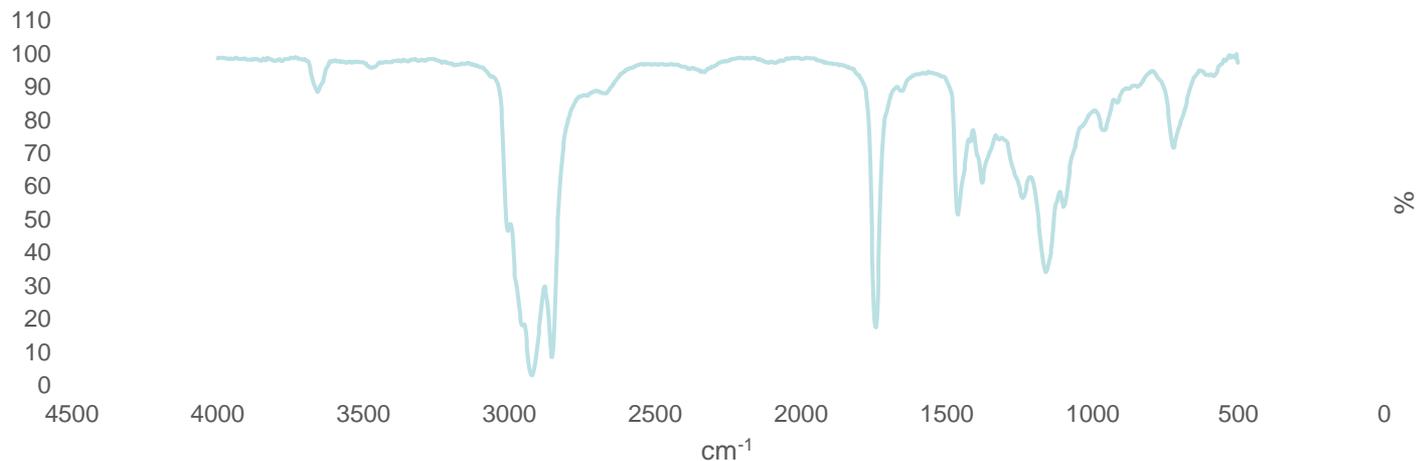


Tabla 4

Grupos identificados en el FTIR

Picos cm-1	Grupos
2852,58-2953,98	alifáticos
3655,54-3473	hidroxilo (O-H) y fenoles.
742,66	carboxilo (C=O)
1461,04-721,64	alifáticos de cadena larga



Figura 3

Cromatograma del aceite de semilla de guanábana

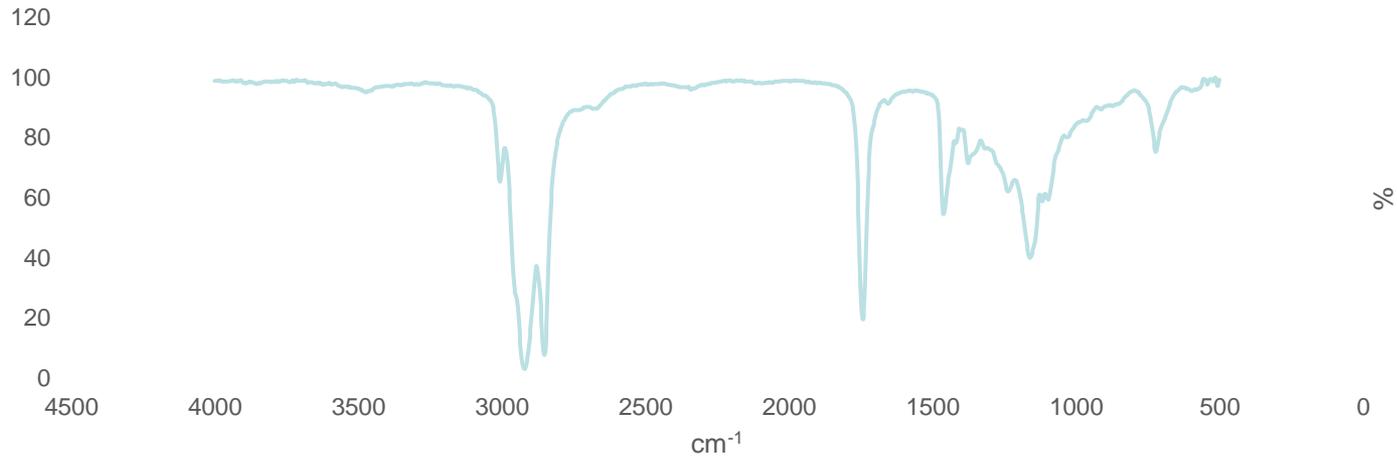


Tabla 5

Grupos identificados en el FTIR

Picos cm-1	Grupos
2852.01-2921.01	alifáticos
3473.34 cm ⁻¹	hidroxilo (O-H) y fenoles.
1461.46-721.61	alifáticos de cadena larga



Caracterización físico-química

Tabla 6

Resultados de las pruebas de caracterización

Análisis	Pitahaya	Guanábana	Bibliografía
Densidad	1.060±0.0005	0.910±0.0005	0.921 , 0.919 (Nonalaya Camarena & Marcañaupa de la Cruz ,2017; Lima Souza et al., 2021).
Humedad [%]	0.19±0.00	0.20±0.00	0.13%, 0.2%, 0.1-1% (Udoh et al., 2017; Vijayakumar & Raja, 2022).
Índice de refracción	1.3905±0.00	1.4690±0.00	1.47, 1.46 (Nonalaya Camarena & Marcañaupa de la Cruz ,2017; Solis-Fuentes et al., 2010)
Índice de acidez [mg KOH / g]	2.4±0.139	0.62±0.056	< 3 mg KOH , 0.93 mg KOH / g, 0.67 mg KOH / g (Adepoju, 2021;Awan et al. ,1980; Lima Souza et al. 2021)
Índice de peróxido [meq O ₂ / kg]	5.9±0.01	2.2±0.02	< 5 meq O ₂ / kg (Nonalaya Camarena & Marcañaupa de la Cruz ,2017)



Caracterización físico-química

Tabla 6

Resultados de las pruebas de caracterización

Análisis	Pitahaya	Guanábana	Bibliografía
Índice de yodo [cg I ₂ /g]	132.92±0.00	88.47±0.00	132.93, 111.07, 87 (Villalobos-Gutierrez et al., 2012; Awan et al., 1980; Fuentes et al., 2010).
Índice de saponificación [mg KOH / g]	192±0.018	193±0.019	235.70, 168, 193-204 mg KOH / g (Villalobos-Gutierrez et al. 2012; Solis-Fuentes et al. 2010; Awan et al., 1980; Lima Souza et al., 2021),
Materia insaponificable [%]	1.509±0.001	1.655±0.001	0.3-2% (HERRERA LÓPEZ, 2007).
Ensayo de rancidez	Negativo	Negativo	(Zumalacárregui-de Cárdenas & Ferrer-Serrano 2022).



Aplicaciones de los aceites

- Incluyen ingredientes utilizados en **industrias** como **cosmética, alimentaria y** como bases en ingredientes **farmacéuticos** (Lima Souza et al., 2021).
- La presencia de **antioxidantes** en el aceite de semilla de pitahaya y guanábana, además del **alto contenido de ácidos grasos insaturados**, tiene aplicaciones de **consumo directo** o en la fabricación de productos finales.
- Una aplicación **innovadora** es en el uso como **nanomateriales** para **medicina** por la eficacia antiinflamatoria, anti alzhéimer, antidiabética y antioxidante (Al-Radadi, 2022). Además uso en **recubrimientos comestibles** como alternativa a los tradicionales envolturas plásticas (Saltos Mendoza & Véliz Quimís, 2019) .



Aplicaciones de los aceites

- El **alto** contenido de **lípidos** en el aceite de semilla de **pitahaya**, indica el uso como aceite **comestible** y potencial materia prima en la **industria oleoquímica** (Lim et al., 2010). El elevado valor del índice de yodo indica la **modificación química** para transformarlos en **monómeros poliméricos** por procesos sencillos (Ho et al., 2022).
- El aceite de semilla de guanábana tiene estudios de uso en **excipientes** emolientes y antioxidantes **farmacéuticos**, presentan una buena calidad, conservación y presencia de ácidos grasos.



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones
- 6 Recomendaciones



CONCLUSIONES

- Se obtuvo **aceite de semilla** por extracción en **prensado frío** únicamente de **pitahaya y guanábana** con rendimientos del **10%** y **6.75%** respectivamente, resultando un **alto rendimiento**, podría ser mejorado por diferentes acondicionamientos tanto físicos como químicos, dado que estas semillas son consideradas **residuos**, existe la materia prima con facilidad.
- La **caracterización físico-química** de los aceites de semilla presentó, propiedades importantes indicadores de **calidad y aplicación de los aceites**, las cuales se ven afectados por impurezas, el tipo de extracción y almacenamiento.



CONCLUSIONES

- El **índice de acidez** con el **índice de peróxido** ayuda a determinar el estado del aceite, en este caso los aceites analizados indican **buen estado de conservación**. Así mismo, estos índices indican su viabilidad en la **aplicación** como **comestible**, en ambos casos entran en los rangos aceptados.
- El **perfil lipídico** del aceite de semilla de pitahaya y guanábana, tienen la presencia de **ácidos grasos insaturados**, en mayor cantidad se encuentran el ácido linoleico y el ácido oleico los cuales son **importantes en dietas alimenticias**, en aplicaciones de la **industria cosmética** y cuidado de la **salud**.



CONCLUSIONES

- El análisis por **FTIR** determinó que ambos aceites presentan **compuestos antioxidantes**, lo cuales son usados en formulaciones de **productos** y recomendados para el consumo directo.
- La **caracterización** de aceites de semillas disminuye la generación de residuos de la agroindustria frutícola, proponiendo **productos con valor económico** y reduciendo la deposición de residuos al medio ambiente, además de contribuir con fuentes con posibilidades de sustituir a los petroquímicos tradicionales con igual demanda y beneficio, pero con **menor impacto ambiental**.



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones
- 6 Recomendaciones



RECOMENDACIONES

- Se recomienda **realizar estudios adicionales** de caracterización y de extracción del aceite no presentados en este trabajo, para determinar si el consumo se puede realizar sin algún proceso adicional de refinación y así aumentar el beneficio tanto nutricional como económico de las semillas desechadas en grandes cantidades.
- Para las semillas que no fue factible extraer por prensado en frío , se recomienda aplicar **condiciones previas** como temperatura, reducción del diámetro de las mismas, agrega alguna enzima que no altere las propiedades o hacer pruebas de las condiciones necesarias para lograr sacar aceite.



RECOMENDACIONES

- Plantear **aplicaciones** dentro de la **biorrefinería** a partir de las características determinadas en el proceso de caracterización físico-química como biopolímeros, biocombustibles, empaques biodegradables, entre otros.
- Las tortas o **harinas residuales** obtenidas en la extracción por prensado en frío se recomienda estudiarlos y caracterizarlas, pueden contener propiedades nutricionales o posibles aplicaciones como biopolímeros.



¡Gracias!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA