

**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

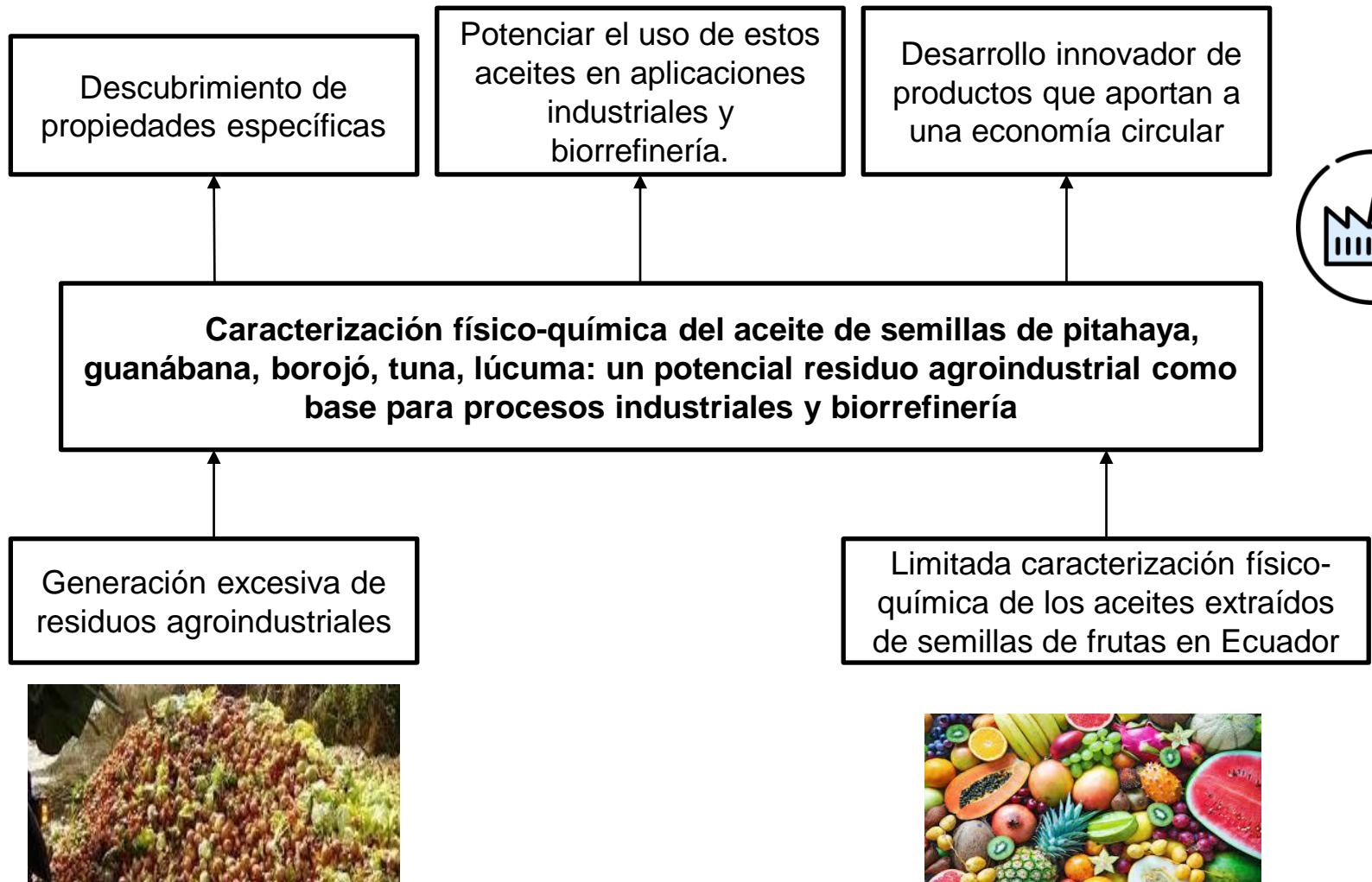


# CONTENIDO

- 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



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# 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



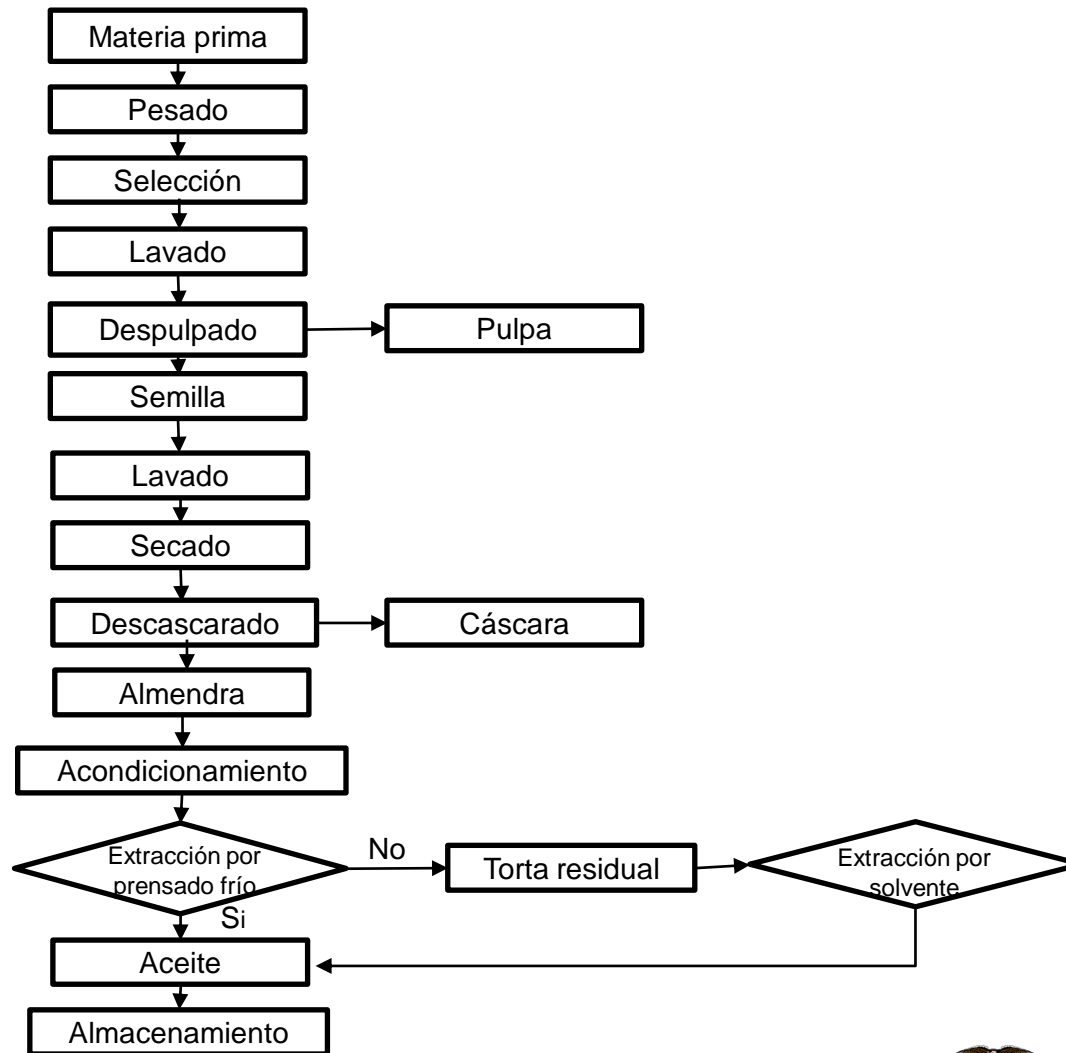
Tratamiento de las  
frutas



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# METODOLOGÍA

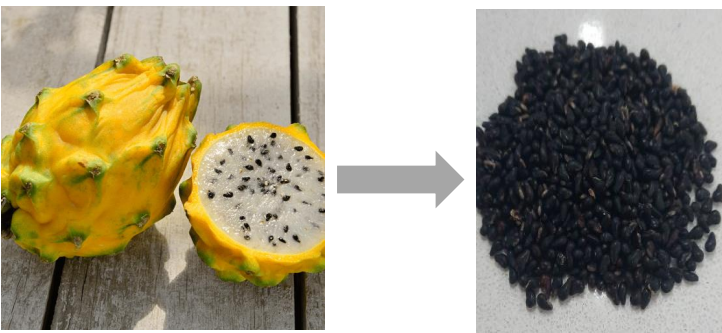
## Tratamiento de materia prima



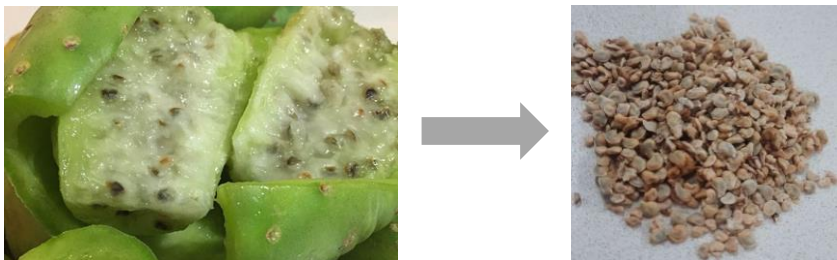
# METODOLOGÍA

## Tratamiento de la materia prima

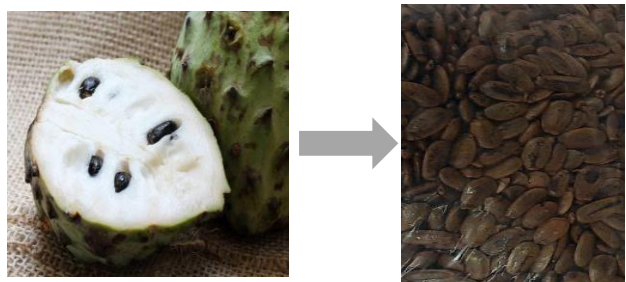
Pitahaya



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 µL  
**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

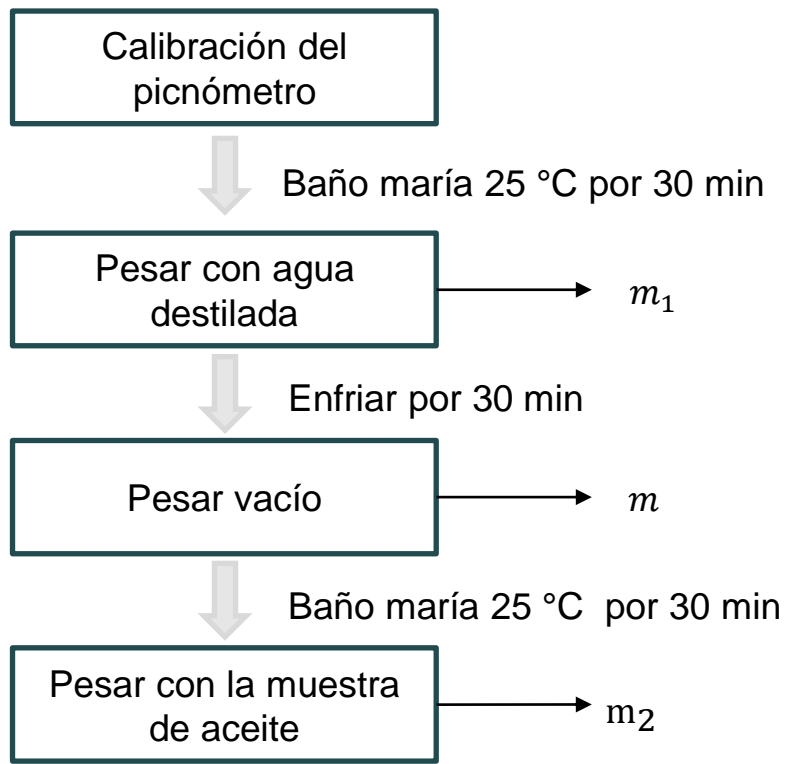
- Colocar unas gotas de aceite en el área plana de cristal, a temperatura ambiente
- Rango de ondas de 4000 a 500 cm<sup>-1</sup>



# METODOLOGÍA

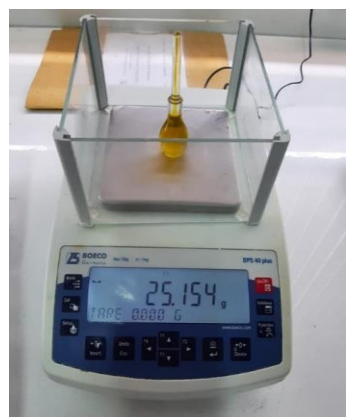
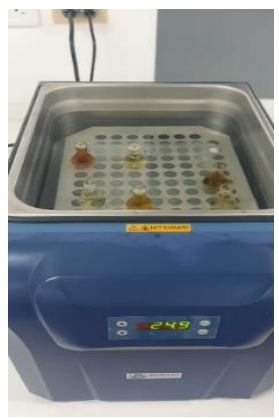
## Caracterización físico-química

Densidad Relativa : método del picnómetro



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

INEN 35

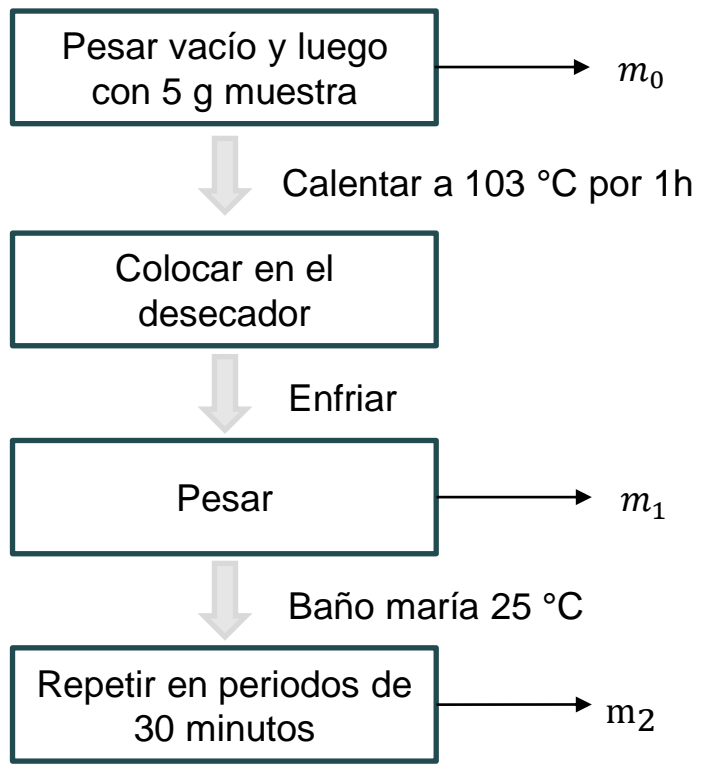


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# METODOLOGÍA

## Caracterización físico-química

Pérdida de peso: calentamiento



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

ISO 662:2016



Detector de humedad

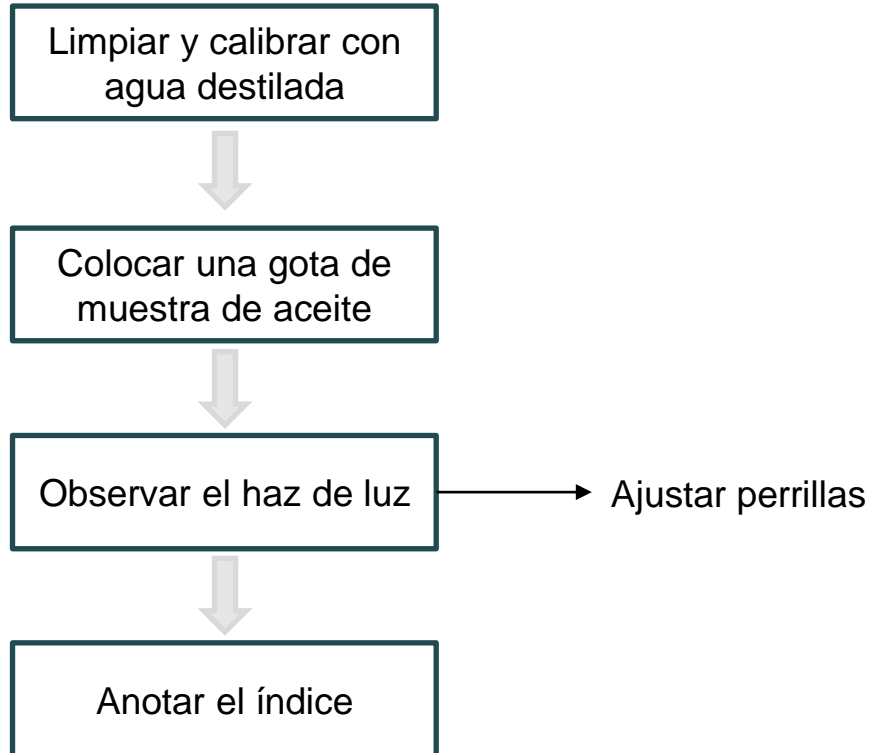




# METODOLOGÍA

## Caracterización físico-química

### Índice de refracción



ISO 6320:2017

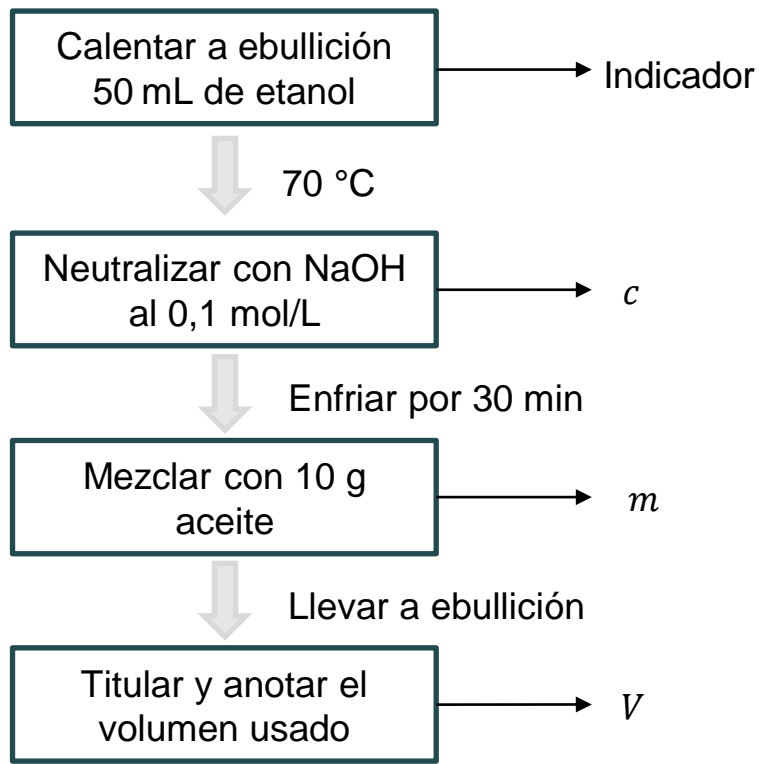


# METODOLOGÍA

## Caracterización físico-química

Índice de acidez: método de etanol caliente con indicador

ISO 660:2020 (E)



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

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

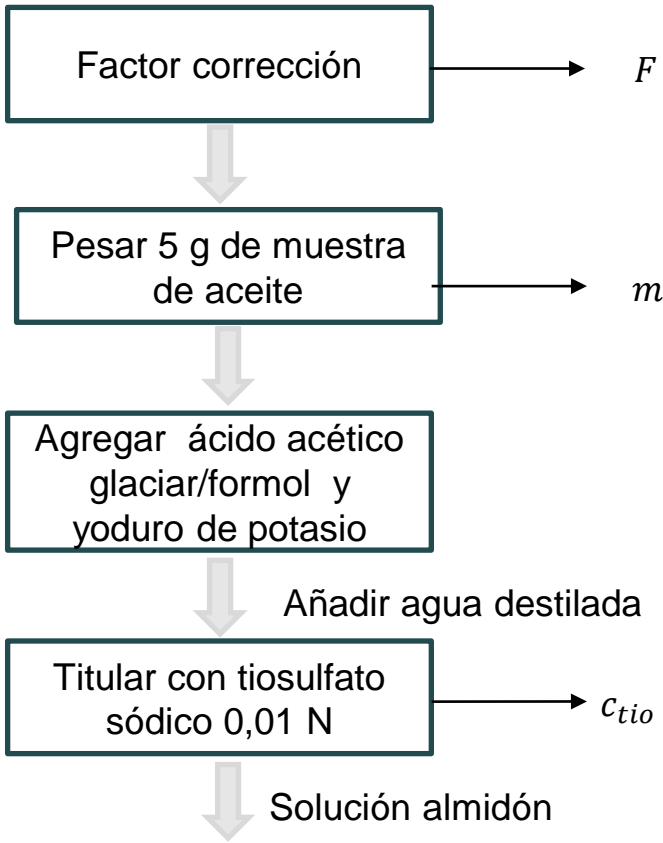


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# METODOLOGÍA

## Caracterización físico-química

Índice de peróxido: yodometría visual



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

INEN 277 e ISO 3960



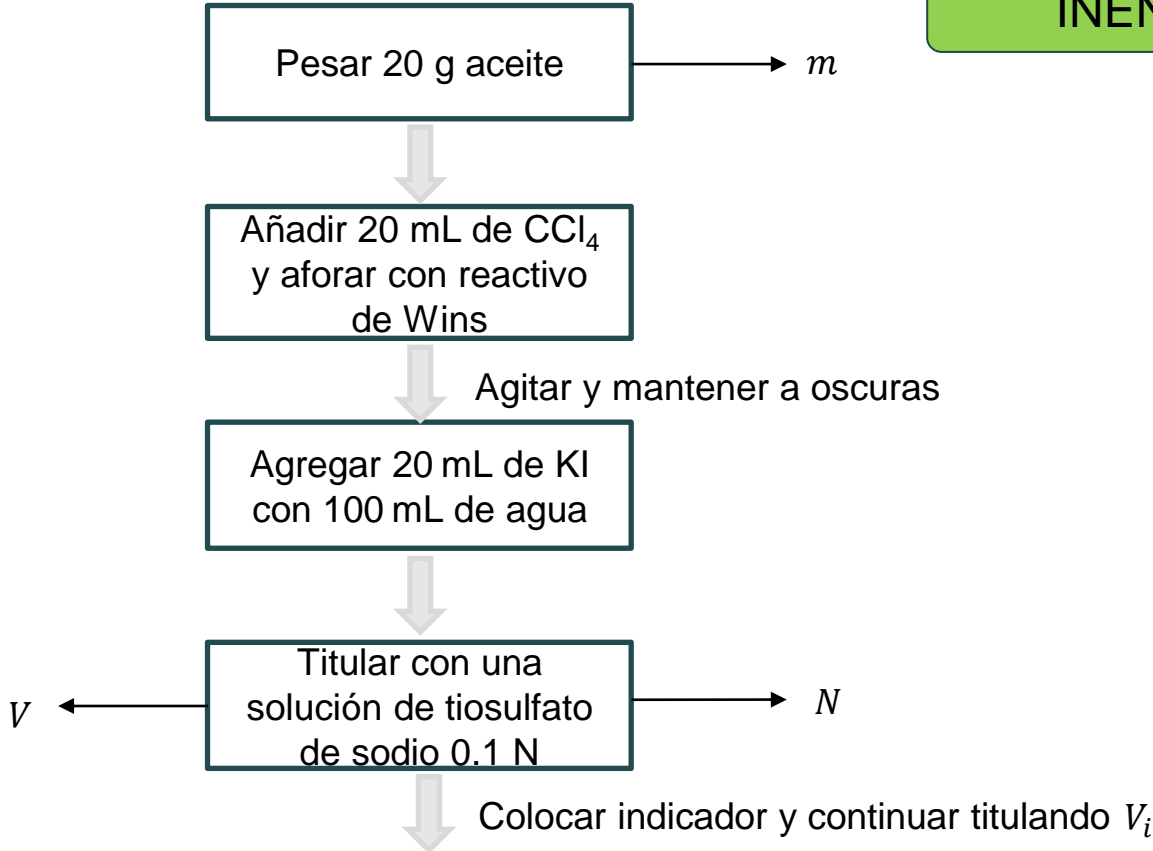
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# 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

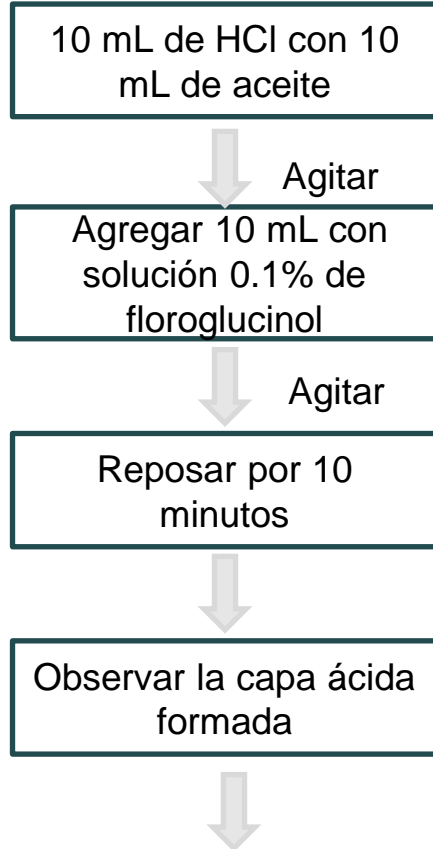
$$w_U = 100 - \frac{I_S * 100}{I_{SC}}$$



# 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.

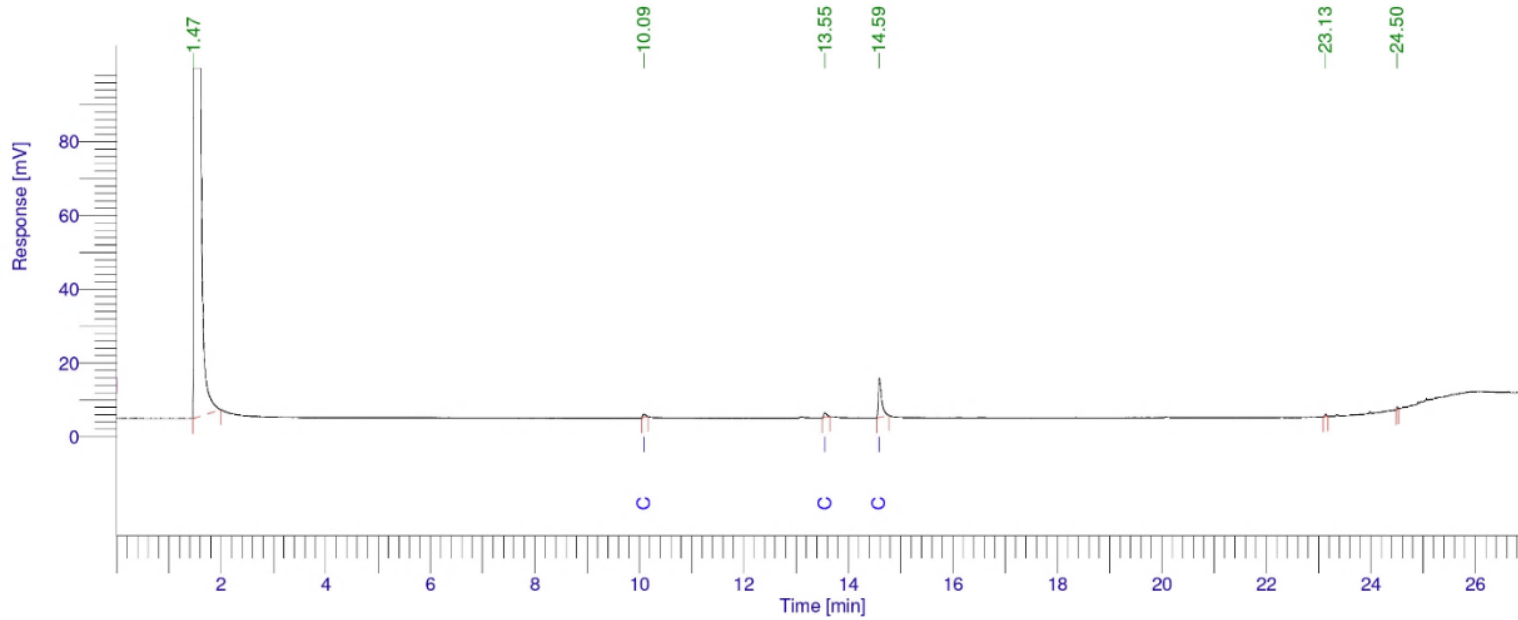




# Perfil lipídico

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

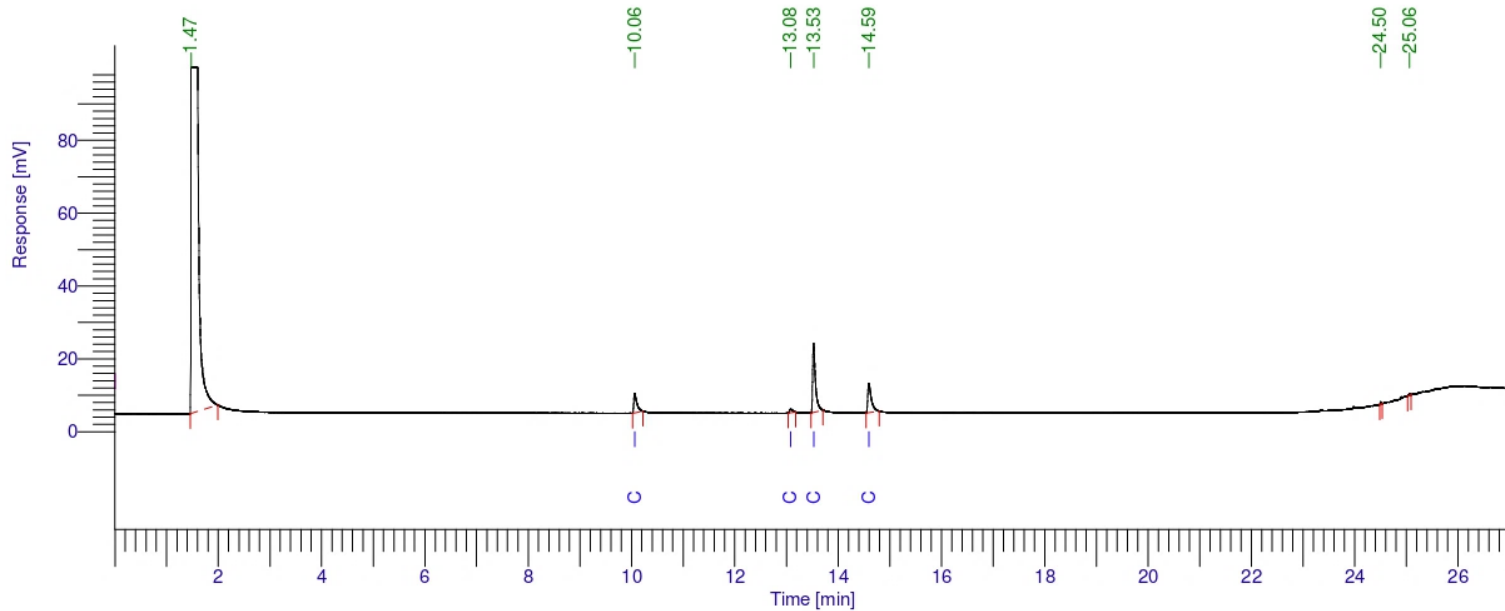
Nota. Resultado del contenido de ácidos grasos por GC-FID.



# 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

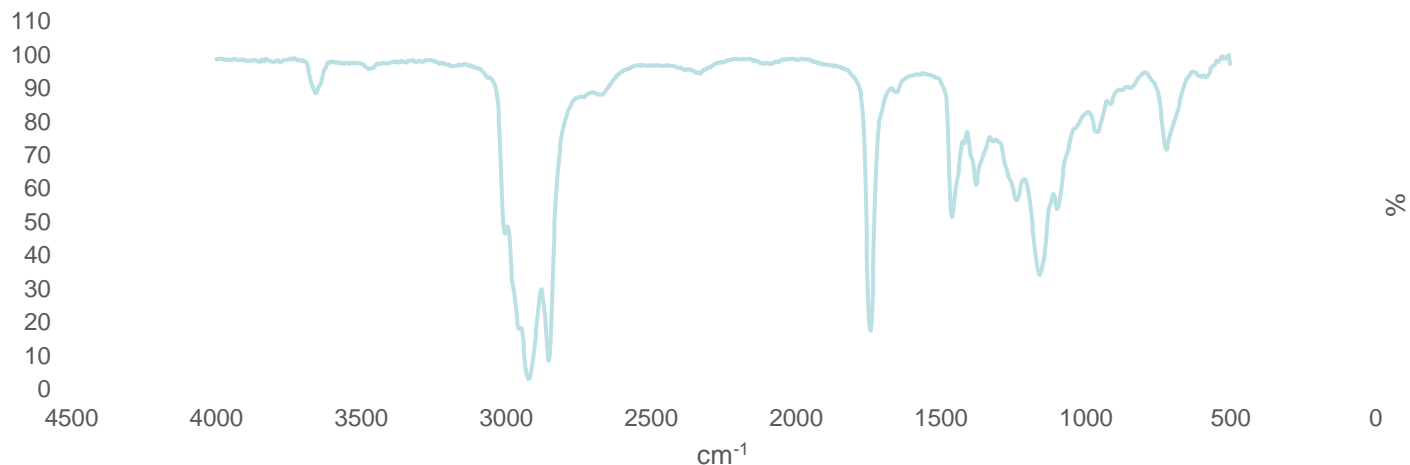
Pico	Tiempo de retención [min]	Componente identificado	Abreviación	Composición relativa [%]
1	10.06	Ácido palmítico	C16:0	16.37
2	13.08	Ácido esteárico	C18:0	3.06
3	13.53	Ácido oleico	C18:1-CIS-9	52.39
4	14.59	Ácido linoleico	C18:2-CIS-9-12	28.18
Total				100

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



**Figura 3**

*Cromatograma del aceite de semilla de pitahaya*



**Tabla 4**

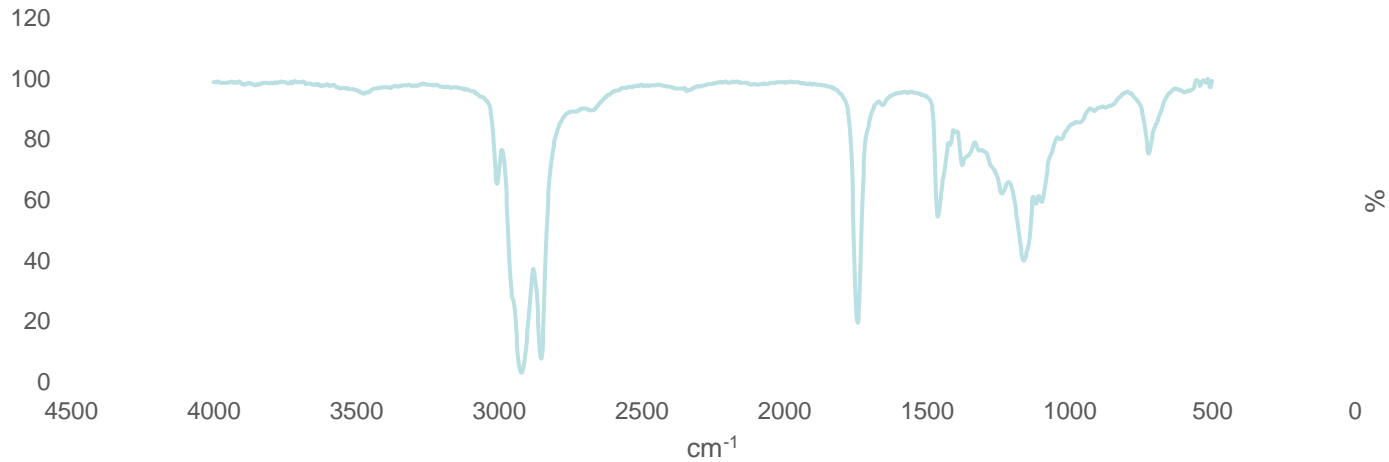
*Grupos identificados en el FTIR*

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 <sup>-1</sup>	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 <sub>2</sub> / kg]	5.9±0.01	2.2±0.02	< 5 meq O <sub>2</sub> / 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 <sub>2</sub> /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