



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

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE PETROQUÍMICA**

**“Caracterización fisicoquímica del aceite de semillas de taxo, achotillo, tomate de árbol, aguacate y naranjilla: Un potencial residuo agroindustrial como plataforma base para procesos industriales y biorrefinería”**

**Autor:**

**Vinueza Amagua, David Yaanin**

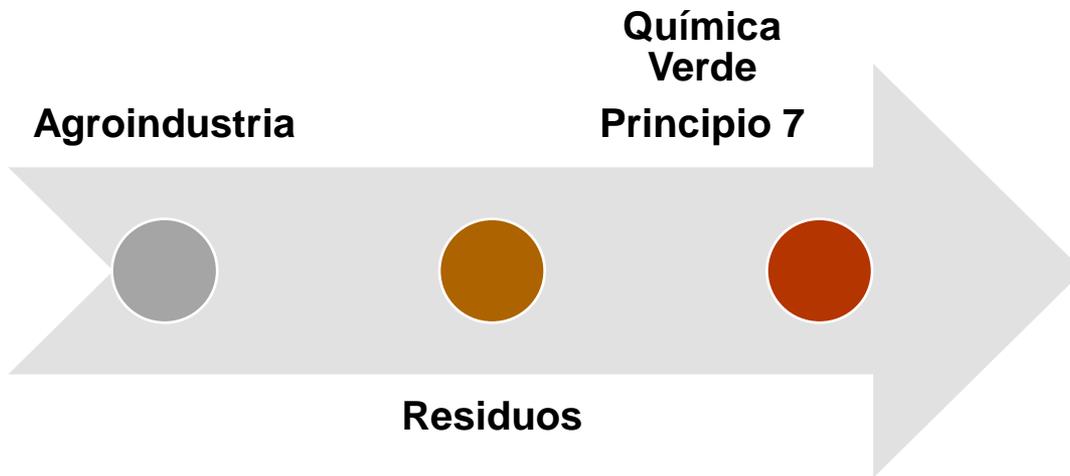
**Tutor:**

**Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier. Msc**

**Latacunga, 2023**



- Introducción**
- Objetivos**
- Metodología**
- Resultados**
- Conclusiones**
- Recomendaciones**



## Aguacate

- Persea americana



## Achotillo

- Nephelium Lappaceum



## Tomate de árbol

- Cyphmandra betacea



## Naranjilla

- Solanum Quitoense



## Taxo

- Passiflora tripartita var. mollissima

**Tabla 1**

Ensayos para aceites NTE INEN ISO

Ensayo	Principio	Norma
Densidad relativa	Relación entre la masa de un volumen dado de sustancia a 25 °C y la masa de un volumen idéntico de agua	INEN 35
Humedad y material volátil	Calentamiento de una muestra a 103 °C ± 2 °C hasta la eliminación completa de la humedad y de las sustancias volátiles, determinando la pérdida de masa	ISO 662
Índice de refracción	Utilizando un refractómetro que mide el índice de refracción de una muestra líquida a una temperatura determinada	ISO 6320
Índice de Yodo	Masa de halógeno, expresada en yodo, absorbida por la porción de prueba según el procedimiento especificado, dividida por la masa de la porción de prueba	INEN 37
Índice de acidez	Se refiere a los mg de hidróxido potásico necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 g de grasa	ISO 660

Continua



Ensayo	Principio	Norma
<b>Índice de Peróxidos</b>	Es una medida de la cantidad de oxígeno ligado químicamente a un aceite como peróxidos que oxida el yoduro de potasio.	ISO 3960
<b>Índice de saponificación</b>	Es una medida tanto de ácidos libres como de los esterificados que se encuentran en aceites y ácidos grasos. Se puede calcular también a partir de los datos de análisis de FAMEs obtenidos por cromatografía de gases	ISO 3657
<b>Materia insaponificable</b>	Son todas las sustancias presentes en la muestra que, tras la saponificación por hidróxido potásico y extracción con un disolvente determinado, no sean volátiles en las condiciones específicas.	ISO 3596
<b>Rancidez</b>	Deterioro que ocurre en grasas y aceites por efecto de transformaciones químicas de carácter oxidativo	INEN 45

- Introducción
- Objetivos**
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

## Objetivo General

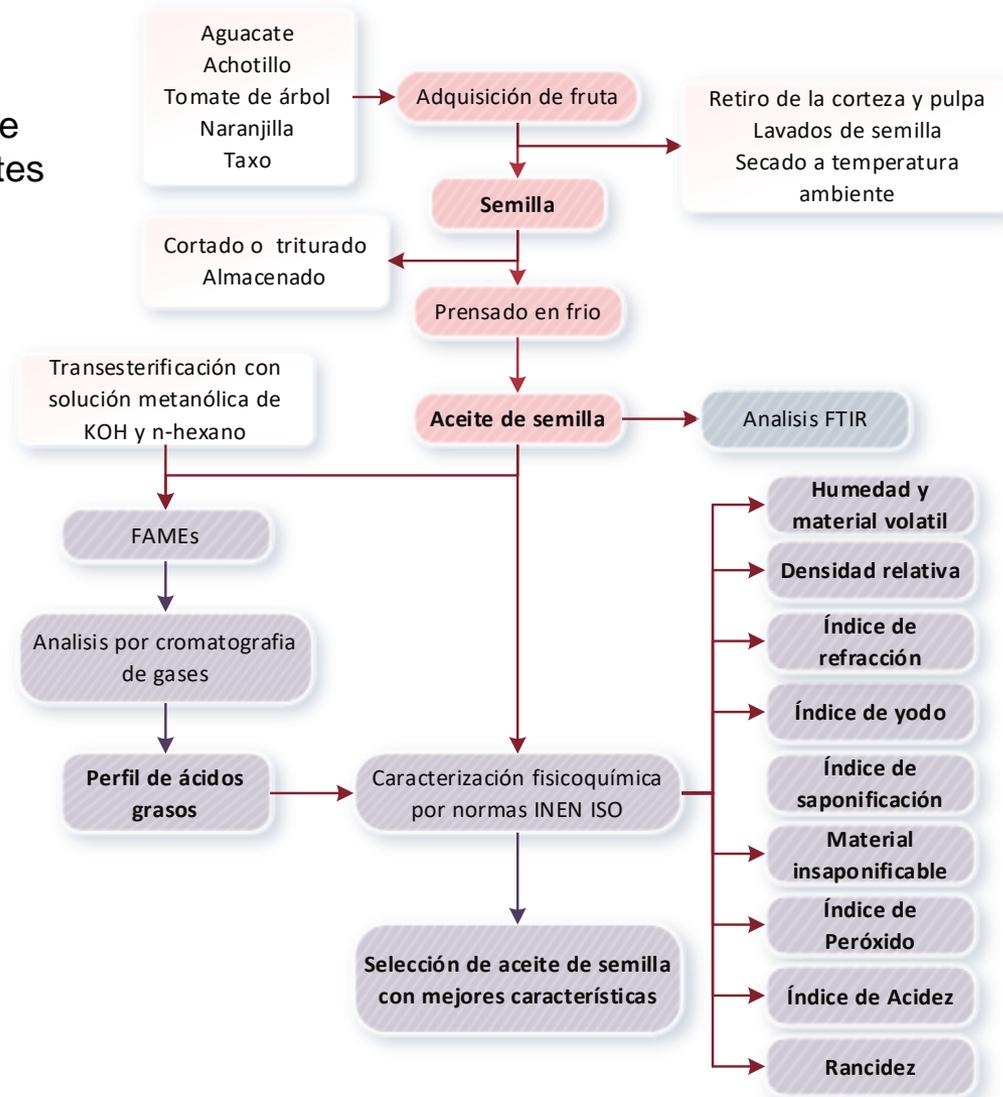
- Determinar las características fisicoquímicas del aceite de las semillas de Taxo, Achotillo, Tomate de árbol, Aguacate y Naranja para establecer un proceso de biorrefinación adecuado para generar un producto de mayor valor agregado.

## Objetivos Específicos

- Obtener aceite de las semillas de Taxo, Achotillo, Tomate de árbol, Aguacate y Naranja por el método de prensado en frío.
- Establecer las características fisicoquímicas de los aceites de las semillas de Taxo, Achotillo, Tomate de árbol, Aguacate y Naranja utilizando las Normas Técnicas INEN ISO correspondientes.
- Determinar el perfil de ácidos grasos de los aceites de las semillas de taxo, achotillo, tomate de árbol, aguacate y naranja mediante el uso de la técnica de cromatografía de gases.
- Caracterizar los aceites de semilla mediante espectroscopia FTIR para establecer un análisis comparativo de los grupos funcionales predominantes en cada aceite.
- Desarrollar una aplicación de biorrefinación con el aceite de semilla que presente mejores características fisicoquímicas

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**

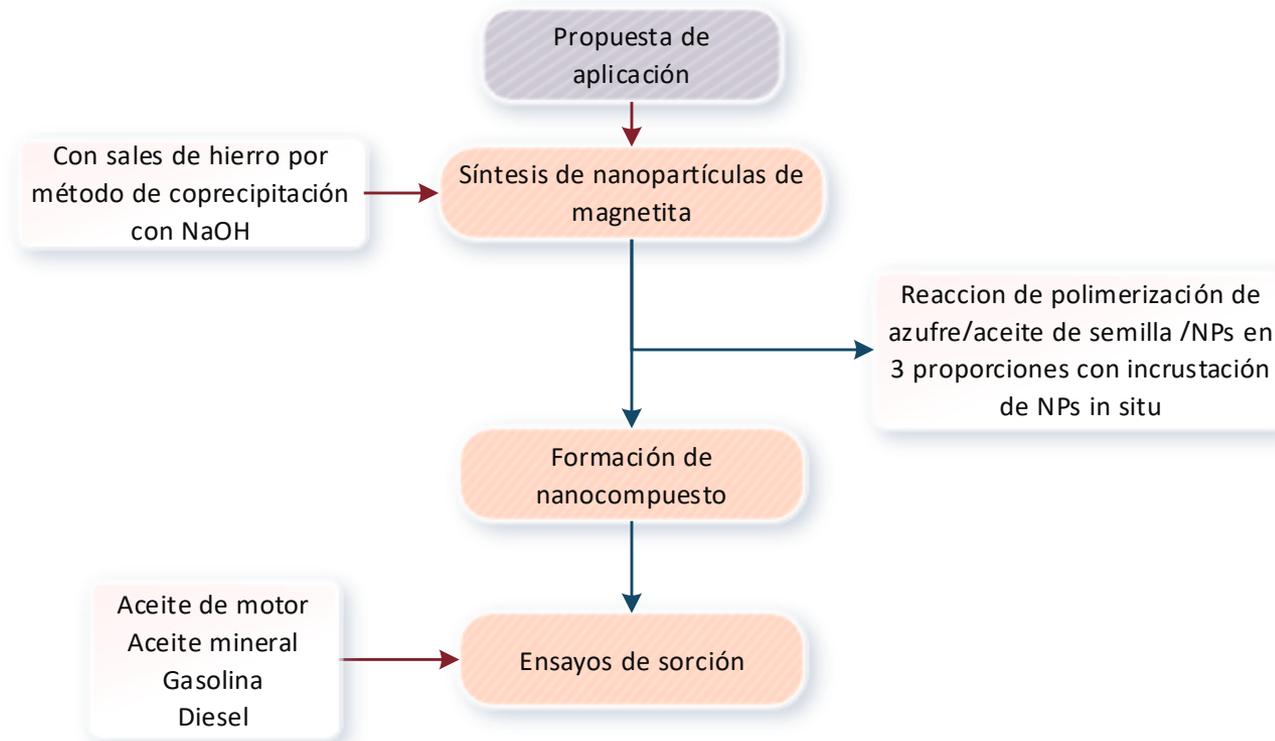
**Figura 1**  
Resumen de proceso de  
caracterización de aceites  
de semilla



Continua



**Figura 2**  
Resumen de proceso de aplicación desarrollada



- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**

**Tabla 2**

Rendimiento de kilogramos necesarios de fruta o residuo para obtener un kilogramo de semilla seca

Fruta	Unidad de fruta (g)	Semilla seca (g)	kg de fruta/kg de semilla seca
Aguacate	287,734	46,350	6,208
Achotillo	35,465	2,778	12,767
Tomate de árbol	122,301	1,203	101,706
Naranja	101,041	2,650	38,129
Taxo	76,474	3,261	23,455

**Figura 3**

Muestras de semilla



**Nota.** Semillas de fruta, de izquierda a derecha: taxo, achotillo, tomate de árbol, naranja y aguacate

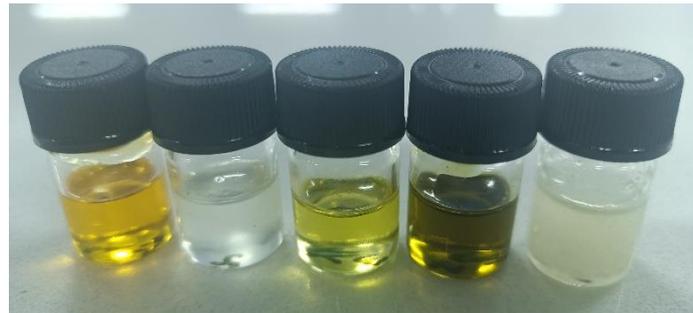
**Tabla 3**

Rendimientos porcentuales en mililitros de aceite obtenido por gramos de semilla seca

Semilla	Material procesado (Kg)	Volumen de aceite (ml)	Rendimiento ml de aceite /g de semilla *100
Aguacate	-	-	-
Achotillo	3.1	104	3.25
Tomate de árbol	3.9	172	4.41
Naranja	4.2	185	4.40
Taxo	4.3	176	4.09

**Figura 4**

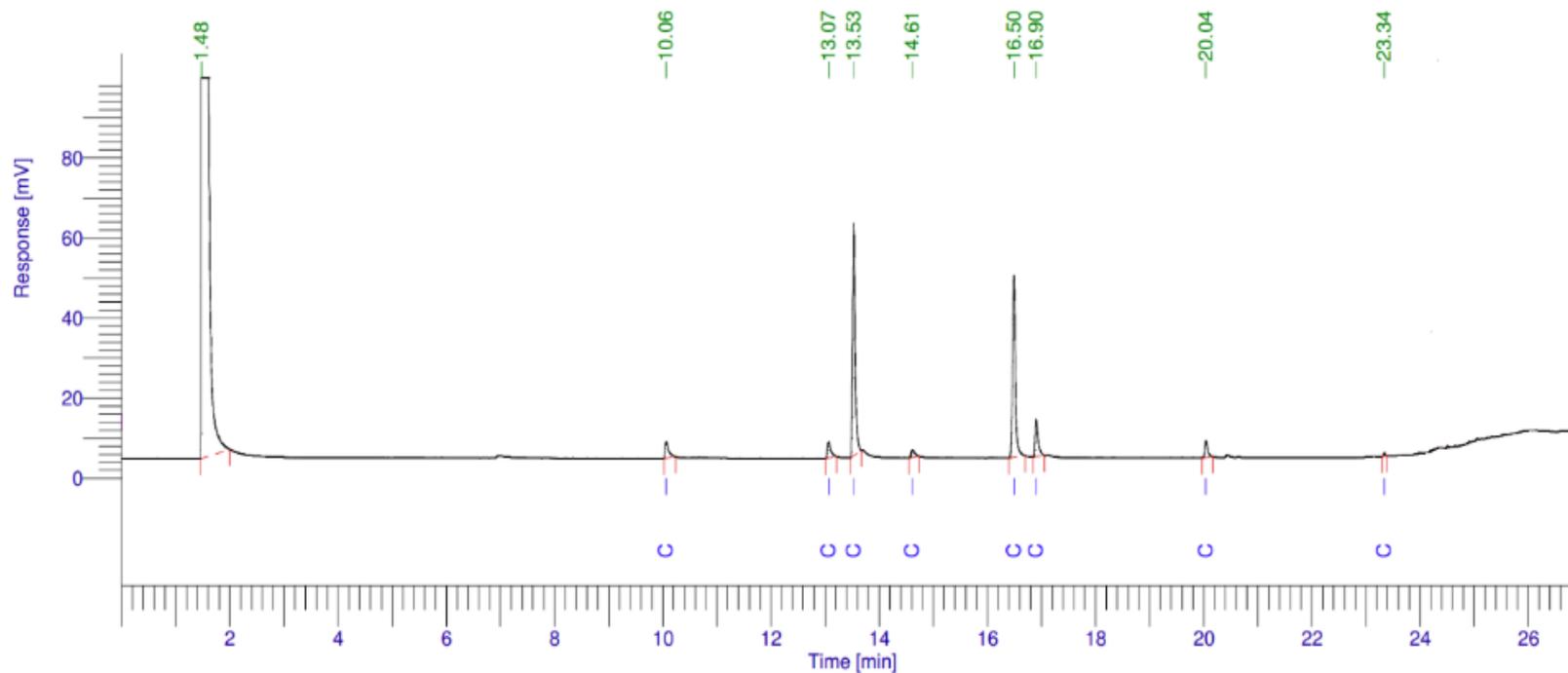
Muestras de aceite de semilla



**Nota.** Aceite de semilla, de izquierda a derecha: tomate de árbol, aguacate, taxo, naranja y achotillo

**Figura 5**

Cromatograma de aceite de semilla de achotillo



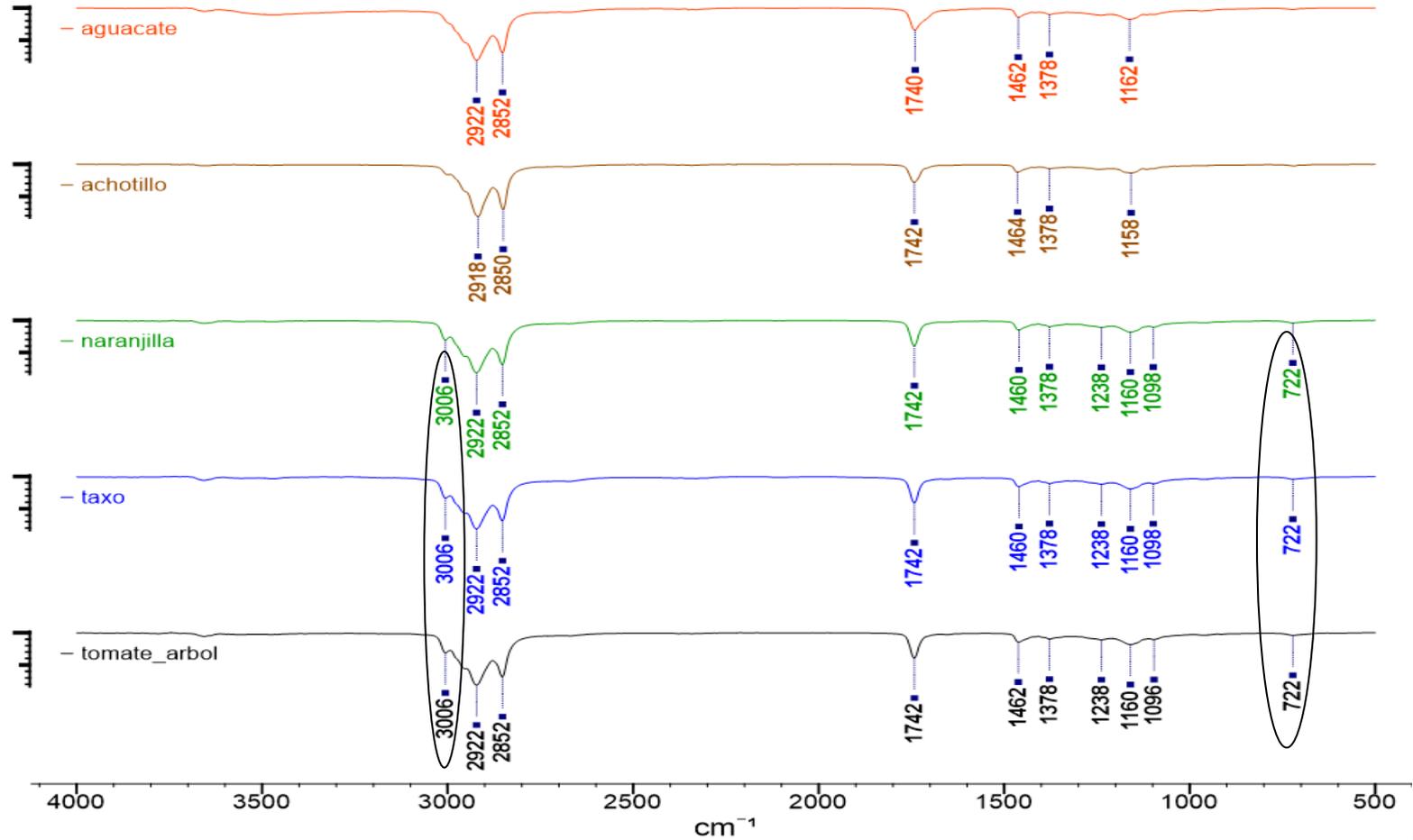
**Tabla 4**  
Perfil de ácidos grasos en aceites de semillas

Aceite de semilla	Ácido Graso	Abundancia (%)	Composición de referencia (%)	Referencia
Aguacate	Ácido palmítico	34.68	21.31	(Bora et al., 2001)
	Ácido palmitoleico	11.25	2.39	
	Ácido estérico	0.28	0.73	
	Ácido oleico	52.25	64.44	
	Acido docosahexaenoico	1.55	-	
Achotillo	Ácido palmítico	4.05	5	(Ghobakhlo u et al., 2019)
	Ácido estérico	3.85	7.3	
	Ácido oleico	41.56	37.75	
	Ácido linoleico	1.97	2.08	
	Ácido araquídico	36.91	36.89	
	Ácido gondoico	7.93	6.04	
	Ácido behénico	3.34	3.07	
	Ácido lignocérico	0.40	0.39	

Aceite de semilla	Ácido Graso	Abundancia (%)	Composición de referencia (%)	Referencia
Tomate de árbol	Ácido palmítico	6.67	7.74	(Belén et al., 2004)
	Ácido estérico	2.94	3.1	
	Ácido oleico	15.04	16.3	
	Ácido linoleico	74.34	69	
	Ácido α-linolénico	1.01	3.5	
Naranja	Ácido palmítico	7.77	14.16	(Pantoja, 2016)
	Ácido palmitoleico	0.62	0.23	
	Ácido estérico	2.87	1.29	
	Ácido oleico	10.97	16.33	
	Ácido linoleico	77.11	67.53	
	Ácido α-linolénico	0.66	0.91	
Taxo	Ácido palmítico	7.25	7.36	(Curasma & Inga, 2019)
	Ácido estérico	3.08	2.84	
	Ácido oleico	9.64	13.85	
	Ácido linoleico	79.93	74.34	
	Ácido α-linolénico	0.11	0.46	

**Figura 6**

Espectros IR individuales con picos prominentes de aceites de semilla.



**Tabla 5**

Resultados de caracterización fisicoquímica por normas INEN ISO

Norma	Aguacate	Achotillo	Tomate de árbol	Naranjilla	Taxo	Limites
Humedad y material volátil (%)	1,4198	0,3869	0,6627	0,4108	0,5024	0,2
Densidad relativa	0,9618	0,9224	0,9198	0,9089	0,9209	<1
Índice de refracción	1,47	1,466	1,475	1,476	1,4745	
Índice de yodo (g/100g aceite)	55,23	54,06	136,99	138,96	147,29	
Índice de saponificación (%)	198,3458	181,342	192,1697	192,5017	192,2982	
Material insaponificable (%)	5,6528	0,7734	1,763	1,7806	1,0166	< 2
Índice de acidez (%)	9,5455	4,0101	1,7058	1,2049	0,5881	1 – 4
Índice de peróxidos (meq O <sub>2</sub> /kg)	35,2598	3,1784	2,7503	3,5971	2,7	< 15
Rancidez	+	-	-	-	-	

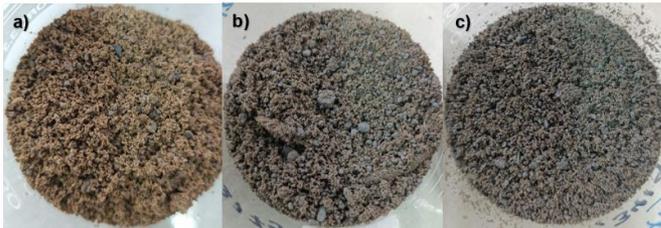
**Nota.** En anaranjado el valor mas alto y en verde el valor mas bajo

## Aplicación

**Figura 7**  
Nanopartículas de magnetita sintetizadas

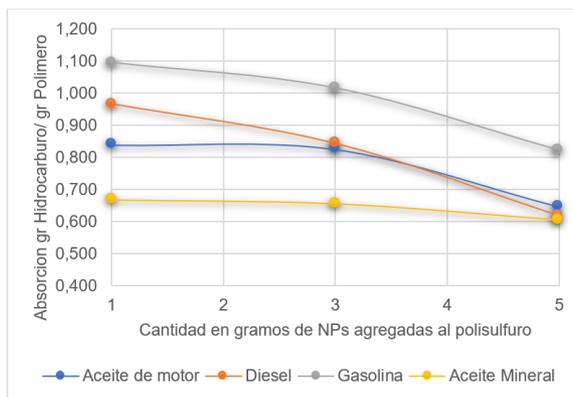


**Figura 8**  
Nanocompuestos formados a 3 proporciones

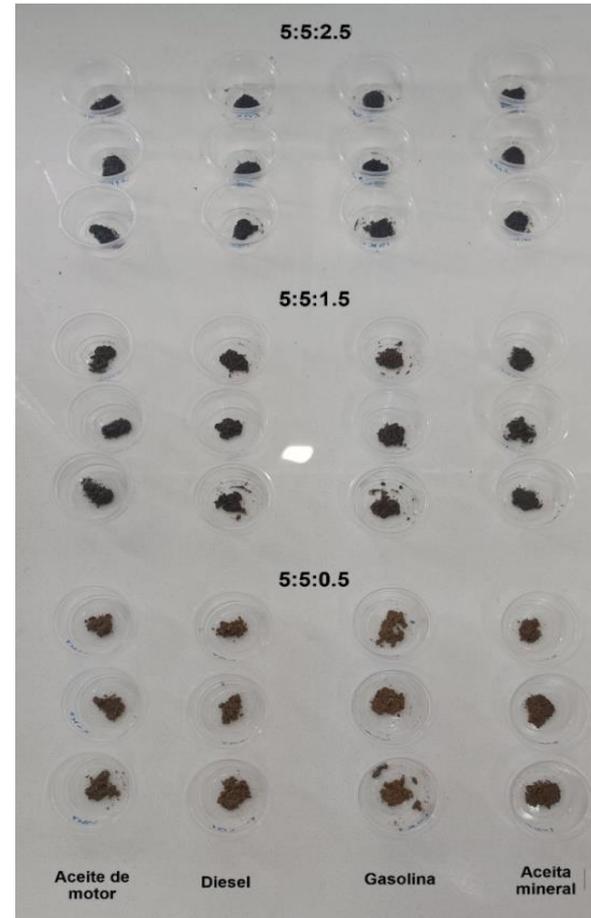


**Nota.** Proporción Azufre/Aceite de semilla de taxo/NPs  
a) 5:5:0.5 b) 5:5:1.5 c) 5:5:2.5

**Figura 10**  
Comparativa de rendimientos de sorción



**Figura 9**  
Resultados de los ensayos de sorción de hidrocarburos derivados



- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**

- El rendimiento de semilla seca obtenida por kilogramo de fruta indica la factibilidad técnica y económica de recolección de semilla de una determinada. A semilla que tiene mayor dificultad de obtención es la de tomate de árbol con 101 kg de fruta/kg de semilla seca aproximadamente y el de mejor rendimiento es el de semilla de aguacate con 6 kg de fruta/kg de semilla seca a recolectarse.
- El método de extracción de aceites por prensado en frío es un método físico con bajo rendimiento de aceite obtenido por semilla procesada para las semillas de taxo, achotillo, tomate de árbol, naranjilla (3- 4%), por lo que la factibilidad del proceso recae en la facilidad de obtención de la materia prima en gran cantidad para establecer su viabilidad a nivel industrial

- La composición de ácidos grasos en los aceites de semilla de taxo, naranjilla y tomate de árbol es muy similar predominando los ácidos palmítico, esteárico, oleico y linoleico en los tres aceites. En el caso del aceite de semilla de aguacate en cantidad mayoritaria se encuentran los ácidos palmítico y oleico, mientras que en aceite de semilla de achotillo predomina el ácido oleico, araquídico y gondoico según los análisis por cromatografía de gases.
- Los ensayos de índice de refracción, yodo, saponificación y los perfiles de ácidos grasos obtenidos a partir del análisis por cromatografía de gases son complementarios ya que permitieron identificar la composición de los aceites de semilla en base a la longitud de la cadena y composición de ácidos grasos, por lo que en el caso del aceite de semilla de taxo este presenta mayor composición de ácidos grasos insaturados en los que predomina el ácido linoleico por lo que es apto para aplicaciones que conlleven reacciones químicas

- La calidad de un aceite se la estableció por su respuesta en los ensayos de acidez, peróxido y rancidez ligados al historial de la muestra, por lo que se identificó que el aceite de semilla de aguacate presenta un alto índice de peróxido y acidez, además de respuesta positiva para rancidez indicando que la muestra permaneció durante un largo periodo de tiempo almacenado y en ambientes no óptimos antes de llevarse a cabo los ensayos, a diferencia del resto de aceites que reflejaron valores dentro del límite aceptado por el Codex alimentario y las normas ISO respectivas, incluso presentado una respuesta de tipo aceite refinado según el índice de acidez para el obtenido a partir de semilla de taxo.

- La formación de nanocompuestos puede mejorar las capacidades mecánicas de la matriz polimérica, aunque puede reducir otras. En el caso de adición de nanopartículas de magnetita al polisulfuro a base de aceite de semilla de taxo, si bien mejora la movilidad y rapidez con que el polímero se desplaza en medios líquidos para la sorción de hidrocarburos, un exceso de nanopartículas puede ocasionar aglomeraciones de la matriz y reducir los espacios de sorción.
- La proporción de formación del nanocompuesto 5:5:1.5 (Azufre/Aceite/NPs) resulta optima, pues no reduce su capacidad de sorción de hidrocarburos drásticamente como lo hace la proporción 5:5:2.5 y si bien no se visualiza la velocidad de sorción en el caso de diésel y gasolina por ser instantánea, en el caso de los aceites reduce el tiempo de sorción de 6 a 4 segundos aproximadamente en comparación a la proporción 5:5:0.5.

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**

- Se deben comparar los rendimientos obtenidos por el proceso de prensado en frío de extracción de aceite con otros netamente químicos que requieran de instrumentación de laboratorio o uso de solventes ya que cada aceite presenta características diferentes en composición, pureza y forma de almacenamiento dependiendo del método.
- Debido a que los ensayos reflejan que el historial de los aceites puede influir en los resultados obtenidos en la caracterización, se recomienda realizar estudios de caracterización de aceites en función del tiempo de almacenamiento y condiciones de reposo de la muestra para establecer la velocidad con la que cada aceite se degrada y pierde calidad.
- Se recomienda repetir los análisis y ensayos de caracterización por normas para el caso del aceite de semilla de aguacate, con una muestra recién extraída por el método de prensado al frío para comparar los resultados con los valores obtenidos en el presente estudio.

- Se recomienda extender las aplicaciones nativas del polisulfuro a base de aceite, como absorción de mercurio o fertilizante, añadiendo nanopartículas de magnetita para mejorar la dispersión en el medio requerido y medir la influencia sobre sus propiedades físicas.

A detailed industrial scene featuring a complex network of large, dark blue pipes and machinery. In the lower center, two workers wearing hard hats and safety gear stand on a platform, looking towards the machinery. The scene is illuminated with a warm, golden light, creating a dramatic atmosphere. A semi-transparent white rectangular box is overlaid in the center, containing the text.

*Muchas  
Gracias!*