

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



**Extracción de aceite por Hidrodestilación asistida con microondas (MWHD) para extracción de aceite esencial de una mezcla de muña (*Minthostachys mollis*) y matico (*Piper aduncum*)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos

**Autor:**

Fredy Alejandro López Mamani

**Asesor:**

Msc. Carmen Rosa Apaza Humerez

**Juliaca, diciembre de 2023**

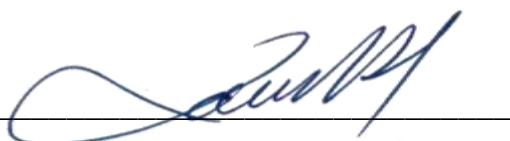
## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Msc. Carmen Rosa Apaza Humerez, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EXTRACCIÓN DE ACEITE POR HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA CON MICROONDAS (MWHD) PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE UNA MEZCLA DE MUÑA (MINTHOSTACHYS MOLLIS) Y MATICO (PIPER ADUNCUM)”** del autor **Fredy Alejandro López Mamani** tiene un índice de similitud de 14 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 28 días del mes de diciembre del año 2023.



Msc. Carmen Rosa Apaza Humerez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 22 día(s) del mes de diciembre del año 2023, siendo las 10:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Ana Mónica Barro Jiménez, el (la) secretario(a): Ing. Joel Jerson Loaguera Quijpe y los demás miembros: Mtro. Alex Danny Ghombi Rodríguez y el (la) asesor(a) Mrs. Yarmen Rosa Apaza Xumerez

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: *Extracción de aceite por hidrodensificación asistida con microondas (MWHM) para extracción de aceite esencial de una mezcla de muña (Xanthoxchys mollis) y matate (Piper aduncum)* del(los) bachiller(es): a) *Fredy Alejandro López Mamani*

..... conducente a la obtención del título profesional de:

*Ingeniero de Alimentos*  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): *Fredy Alejandro López Mamani*

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<i>Aprobado</i>	<i>17</i>	<i>B+</i>	<i>Muy Bueno</i>	<i>Sobresaliente</i>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior  
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

*[Firma]*  
Presidencia/a

*[Firma]*  
Secretario/a

*[Firma]*  
Asesoría

*[Firma]*  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro

*[Firma]*  
Bachiller (a)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (b)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (c)

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso profundo agradecimiento a Dios y a aquellos que han desempeñado un rol crucial en la realización de esta tesis científico, quiero destacar el invaluable aporte de la, Msc. Carmen Rosa Apaza Humerez mi orientadora, por su guía experta y apoyo constante, así también al Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe por su contribución en la ejecución del trabajo y a la Ing. Ana Mónica Torrez Jiménez por su aporte como dictaminadora y coordinadora de investigación. No podemos pasar por alto el respaldo inquebrantable de mi familia, cuyo apoyo ha sido fundamental. Apreciamos sinceramente la influencia de todos en este trabajo científico. ¡Gracias por su dedicación y respaldo!

## INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. METODOLOGIA.....	10
2.1 Materia prima.....	10
2.2 Extracción por hidrodestilación asistida por microondas.....	10
2.3 Rendimiento.....	11
2.4 Índice de refracción.....	11
2.5 Análisis estadístico .....	11
3. RESULTADOS .....	12
3.1 Rendimiento.....	12
3.2 Índice de refracción.....	14
3.3 Región óptima.....	15
4. DISCUSIONES.....	16
5. CONCLUSIONES.....	17
6. REFERENCIAS .....	18

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Arreglo del experimento y promedio de las variables respuesta</i> .....	12
Tabla 2 Análisis de varianza para la variable Rendimiento.....	13
Tabla 3 ANOVA para Índice de Refracción .....	14

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Adaptación de destilador Clevenger y microondas para Hidrodestilación .....	10
Figura 2. Gráfica de efectos principales para rendimiento.....	13
Figura 3. <i>Gráfico de superficie respuesta para rendimiento</i> .....	14
Figura 4. Región óptima con Rendimiento maximizado y tiempo constante (20 min) .....	15

# **Extracción de aceite por Hidrodestilación asistida con microondas (MWHD) para extracción de aceite esencial de una mezcla de muña (*Minthostachys mollis*) y matico (*Piper aduncum*)**

## **RESUMEN**

La extracción asistida por microondas (EAM) se ha establecido como una técnica eficaz para la extracción de aceites esenciales (AE), el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la mezcla matico/muña, el tiempo de extracción y la potencia de microondas en el rendimiento e índice de refracción de aceite esencial extraído por hidrodestilación asistido con microondas. Se consideraron como factores en estudio, la relación matico-muña (% p/p – 25, 50 y 75g) con 300ml de agua destilada, tiempo de extracción (15; 20 y 25 min.) y potencia del microondas (500; 700 y 900 W.) y como respuestas, rendimiento (%) e índice de refracción. Se deshidrató la materia prima, Matico y Muña con un peso total de ambas materias primas de 50g. Se encontró que a mayor contenido de muña y mayor potencia el rendimiento aumenta. El índice de refracción se ha mantenido estadísticamente igual para todas las corridas. Destaca que el experimento número 4 alcanzó el rendimiento más alto de aceite esencial, mientras que el experimento número 5 registró el rendimiento más bajo.

**Palabras clave:** aceite esencial; asistida por microondas; mezcla muña-matico rendimiento.

## **Extraction of oil by Microwave-Assisted Hydrodistillation (MWHD) for the extraction of essential oil from a mixture of muña (*Minthostachys mollis*) and matico (*Piper aduncum*)**

### **ABSTRACT**

Microwave-assisted extraction (MAE) has been established as an effective technique for extracting essential oils (EO). The aim of this research was to determine the effect of the matico/muña mixture, extraction time, and microwave power on the yield and refractive index of essential oil extracted by microwave-assisted hydrodistillation. The factors under study included the matico-muña ratio (% w/w – 25, 50, and 75g) with 300ml of distilled water, extraction time (15, 20, and 25 min.), and microwave power (500, 700, and 900 W.), with yield (%) and refractive index as responses. The raw material, consisting of Matico and Muña with a total weight of 50g, was dehydrated. It was found that higher muña content and increased power led to an increase in yield. The refractive index remained statistically the same for all runs. Notably, experiment number 4 achieved the highest essential oil yield, while experiment number 5 recorded the lowest yield."

**Keywords:** essential oil; microwave-assisted; muña-matico mixture; yield.

## 1. INTRODUCCIÓN

La creciente investigación y aplicación de los aceites esenciales (AE) en múltiples campos ha generado un notable interés en la actualidad. Este auge se refleja especialmente en sectores como el farmacéutico, cosmético y alimenticio, donde el valor añadido de estos productos se ha incrementado debido a los reconocidos beneficios que ofrecen para la salud (Cotera & Yauri, 2018).

Desde tiempos remotos, la muña (*Minthostachys mollis*) ha sido altamente valorada por sus cualidades medicinales y su eficacia en proteger los tubérculos de plagas durante el almacenamiento. En la medicina tradicional, se le atribuye su uso para aliviar cólicos relacionados con gases y diarreas, aprovechando sus propiedades carminativas. Además, se ha empleado en el tratamiento de heridas, tumores, úlceras y afecciones cutáneas. Asimismo, gracias a su aroma agradable, se ha integrado como condimento en varios platos típicos del Perú. (Cano, 2007).

En el estudio realizado por (Carhuapoma et al., 2009) se documenta que el aceite esencial de *M. mollis* exhibe un porcentaje del 2,14% de timol, un 2,12% de acetato de timol y un 0,11% de metileugenol. Estos componentes, clasificados como fenólicos, podrían ser los principales agentes responsables de la actividad antimicrobiana observada.

El matico, conocido científicamente como *Piper aduncum* y parte del género *Piper*, que consta de más de 324 especies y subespecies, muchas de ellas nativas de Perú (Alvarado, 2019). Es conocido también como cordoncillo esta planta, que prospera de manera silvestre en diversas regiones peruanas como la selva de Sandia en Puno, ha sido un elemento esencial en la medicina tradicional de las comunidades rurales del país (Alvarado, 2019). Su importancia en la medicina tradicional ha captado la atención de varios investigadores, quienes han estudiado sus propiedades desde múltiples enfoques, como indican investigaciones previas (Alvarado, 2019). Los estudios etnobotánicos revelan que el matico se emplea en el tratamiento de problemas gastrointestinales, incluyendo diarreas, y en el alivio de enfermedades respiratorias. También se utiliza para la limpieza de llagas y heridas, y su propiedad antiinflamatoria lo convierte en un remedio eficaz para gárgaras en forma de infusión, en resumen, el matico es una planta perteneciente al género *Piper*, que ha sido de gran valor en la medicina tradicional peruana, y su amplio espectro de usos médicos ha sido un foco de interés para investigadores en diversas áreas de la salud. (Miranda, 2012; Muñoz, 1999; Sanchez, Aguirre, & Kvist, 2006).

El uso de aceites esenciales en varias industrias está en auge. Recientemente, el mercado mundial de estos aceites ha visto un incremento notable, en 2018, se proyecta que esta tendencia continúe, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 8,6% hasta el año 2025 (Shemy, 20202).

En cuanto a la industria alimentaria Mozaniel et al (2022) indican que las películas y recubrimientos comestibles que incorporan aceites esenciales se utilizan con el propósito de conservar frutas,

hortalizas y productos cárnicos. Por lo tanto, el aceite esencial de muña y matico resulta aplicable en el ámbito de la industria alimentaria debido a sus numerosos beneficios.

Conforme a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Salud, se ha observado que el extracto hidroetanólico de matico (*Piper aduncum*) presenta propiedades cicatrizantes en relación con las heridas, según los hallazgos de una investigación publicada en la Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública del Instituto Nacional de Salud (INS) en 2016.

Por otra parte, se considera que el método empleado en la extracción influye significativamente sobre la calidad de los aceites esenciales, por tanto, es necesario estudiar ese factor para la implementación de tecnologías de extracción que minimicen o eliminen en forma total la cantidad de solvente necesarios.

En la actualidad por medio de una tecnología emergente catalogada “tecnología verde” se precisa menos operaciones unitarias y que se obtenga más rendimiento en el producto, por lo cual el uso de hidrodestilación asistida por microondas surge como una buena alternativa que demostró ser ambientalmente eficiente, con más rendimiento del extracto, reduce y elimina el uso de solventes, así mismo disminuye la contaminación y mantiene la calidad del aceite esencial.

El estudio de factores influyentes, mediante optimización del modelamiento cinético en la extracción, para asegurar la eficiencia de la extracción de los aceites esenciales, así como la comprensión de la cinética podría conducir a mejoras en los procesos de recuperación en la práctica aplicada (Dao et al., 2021).

(Torrenegra et al., 2015) realizaron una investigación en la que compararon dos métodos de extracción de aceite esencial de *Minthostachys mollis* (Muña): la Hidrodestilación Asistida por Radiación de Microondas (MWHd) y la Hidro-destilación Convencional (HD). Se llevaron a cabo diversas mediciones y análisis para evaluar las propiedades del aceite esencial, incluyendo la determinación de la densidad relativa a 20°C, el índice de refracción y la solubilidad de los aceites esenciales en etanol (70% v/v). en el estudio se encontró que el rendimiento se vio afectado por el método, siendo mayor para la MWHd (0.92%) y 0.09% para HD, además se identificaron diferentes compuestos en cada método, el aceite extraído mediante MWHd mostró una predominancia de timol (73,36%) y carvacrol (10,94%), mientras que el aceite obtenido mediante HD estaba compuesto principalmente por acetato de eudesmol (22,44%) y acetato de isolongifolol (21,75%). Al respecto se encontró que la potencia empleada también influye significativamente sobre el rendimiento de aceite esencial, tanto en la cantidad como en la calidad, es importante identificar las condiciones adecuadas que conserven la calidad, así como el tiempo.

Por tanto, se considera importante determinar el efecto de la relación matico/muña, el tiempo de extracción y la potencia de microondas en el rendimiento e índice de refracción de aceite esencial extraído por hidrodestilación asistido con microondas.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Materia prima.

Se realizó la extracción con dos tipos de hierbas originarias de la región de Puno, Perú: el matico procedente de la Provincia de Sandía situada a una altitud de 2.175 m.s.n.m. y la muña originaria del Distrito de Arapa en la Provincia de Azángaro, a 3.838 m.s.n.m. Ambas hojas de materia prima fueron sometidas a un proceso de deshidratación, secándose a la sombra para luego ser seleccionados separando todo tipo de impurezas para posteriormente ser pulverizadas en una licuadora de uso doméstico. Este proceso resultó en la obtención de un polvo fino con un tamaño promedio de partícula de 200 +/- 20  $\mu\text{m}$ .

### 2.2 Extracción por hidrodestilación asistida por microondas

Para el experimento, se utilizó un horno microondas doméstico de la marca Samsung (modelo MS32J5133AM), que opera a una frecuencia de 60Hz y tiene una potencia de hasta 1000 W. Este horno fue modificado para incluir un orificio de 4 cm de diámetro en su parte superior. Se adaptó un destilador Clevenger en el interior del microondas, junto con un matraz de fondo plano y boca esmerilada de 1 litro de capacidad. En este matraz se colocaron las materias primas y agua destilada.



**Figura 1.** Adaptación de destilador Clevenger y microondas para Hidrodestilación.

La hidrodestilación del aceite esencial se llevó a cabo mediante radiación electromagnética, dirigiendo ambos hacia el condensador Clevenger. Cada cierto tiempo se midió el volumen de aceite esencial extraído, y una vez completado el proceso, se utilizó un calibrador digital (pie de rey) de la marca Stanley (modelo MMPLG 78–440) para decantar y separar cuidadosamente el aceite, eliminando el agua residual. El aceite obtenido se almacenó en frascos de vidrio color ámbar de 1.5 ml de capacidad, con tapa a rosca, en un lugar protegido de la luz y a una temperatura constante de aproximadamente 12°C para su análisis posterior. Este proceso se realizó en condiciones de altura a 3825 m.s.n.m.

La hidrodestilación se realizó con diferentes niveles de potencia 500, 700 y 900 Watts. Las materias primas ambas en polvo con un peso de 50 g, por un periodo de tiempos de 15, 20, y 25min.

### **2.3 Rendimiento**

Cada tiempo definido, se midió el volumen de aceite esencial extraído con un calibrador digital (pie de rey) luego se decantó y separó cuidadosamente el aceite del agua, para conocer el rendimiento primero se calculó la masa multiplicando el volumen y la densidad de la muestra, segundo se dividió la masa entre el peso de la muestra finalmente se multiplicó el resultado por 100 para expresarlo en porcentaje. Se conservó la muestra en un envase ámbar y en un lugar fuera de la luz a 12°C hasta su respectivo análisis.

### **2.4 Índice de refracción**

El índice de refracción del aceite esencial extraído de las materias primas se midió de acuerdo a la norma NTP ISO 280:2011 a 20° C, la solubilidad en alcohol diluido se midió de acuerdo a la norma ISO 875 y la densidad relativa según la normativa NTP ISO 279 2011.

### **2.5 Análisis estadístico**

Se aplicó un diseño de Superficie Respuesta DCC con caras centradas con dos puntos centrales, se utilizó el programa *Design Expert 13 versión prueba*. Se consideró como factores, relación matico (%) y muña (%), tiempo (min) y potencia (W), como variables respuesta se tiene Rendimiento (%) e índice de refracción (IR) para conocer el efecto de los factores sobre las respuestas se utilizó el diagrama de Pareto y la gráfica de efectos principales y para mostrar el efecto múltiple se utilizó la gráfica de superficie respuesta.

### 3. RESULTADOS

La Tabla 1 proporciona un desglose del arreglo del experimento codificado, presentando las respuestas obtenidas para cada ejecución del diseño factorial  $3^k$ . Este diseño evaluó el impacto de la cantidad de matico (%), muña (%), tiempo de extracción (min) y potencia de microondas (B) sobre el rendimiento de la extracción de aceite esencial (%) y el índice de refracción. Se observaron valores experimentales de respuesta bajo diversas combinaciones de condiciones de extracción, detallados en la Tabla 1. La respuesta exhibió una variación significativa en relación con la configuración de los parámetros experimentales, oscilando entre  $0,36 \pm 0,15$  y  $1,71 \pm 0,19\%$  (gramos de muestra / 100 gramos de materia seca). Destaca que el experimento número 4 alcanzó el rendimiento más alto de aceite esencial, mientras que el experimento número 5 registró el rendimiento más bajo. Los resultados obtenidos mediante este diseño experimental se presentan de manera consolidada en la

**Tabla 1.** Arreglo del experimento y promedio de las variables respuesta

Nro	MATICO (%)	MUÑA (%)	TIEMPO (min)	POTENCIA (W)	Rendimiento ( $\bar{X} \pm DE$ )	IR
1	25	75	15	500	$1,287 \pm 0,179$	1,475
2	25	75	15	900	$1,610 \pm 0,133$	1,465
3	25	75	25	500	$1,522 \pm 0,290$	1,475
4	25	75	25	900	$1,712 \pm 0,191$	1,470
5	75	25	20	500	$0,357 \pm 0,153$	1,466
6	75	25	20	900	$0,788 \pm 0,223$	1,469
7	75	25	25	500	$0,512 \pm 0,048$	1,476
8	75	25	25	900	$0,873 \pm 0,237$	1,476
9	25	75	20	700	$1,541 \pm 0,167$	1,448
10	75	25	20	700	$0,785 \pm 0,237$	1,469
11	50	50	15	700	$1,127 \pm 0,280$	1,457
12	50	50	25	700	$1,040 \pm 0,251$	1,451
13	50	50	20	500	$0,849 \pm 0,294$	1,467
14	50	50	20	900	$0,861 \pm 0,081$	1,458
15	50	50	20	700	$0,919 \pm 0,066$	1,456
16	50	50	20	700	$1,199 \pm 0,332$	1,467

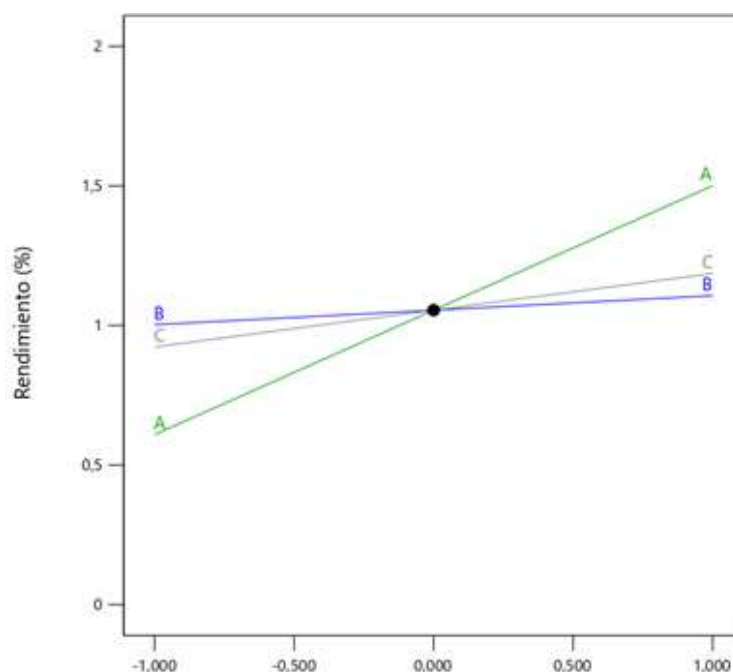
#### 3.1 Rendimiento

En la Tabla 2, con el ANOVA, se evidencia que los factores % de matico agregado a la muña y la potencia tuvieron un efecto significativo sobre la variable respuesta, siendo su valor  $p < 0.05$ .

**Tabla 2.** Análisis de varianza para la variable Rendimiento

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	
<b>Modelo</b>	2,090	3	0,697	34,94	< 0.001	<i>Sig.</i>
<b>A-Relación</b>	1,890	1	1,890	94,59	< 0.001	
<b>Muña-Matico</b>						
<b>B-Tiempo</b>	0,020	1	0,020	1,00	0,3366	
<b>C-Potencia</b>	0,173	1	0,173	8,69	0,0122	<i>Sig.</i>
<b>Residual</b>	0,239	12	0,020			
<b>Falta de ajuste</b>	0,200	11	0,018	0,4662	0,8290	<i>Not sig.</i>
<b>Error puro</b>	0,039	1	0,039			
<b>Cor. Total</b>	2,330	15				

Además, en la Figura 2. se puede observar que el factor % de matico tiene una influencia negativa, es decir que, a mayores porcentajes, menor rendimiento, en cambio para el caso de la potencia, si se trabaja con mayores potencias como consecuencia el rendimiento aumenta.



**Figura 2.** Gráfica de efectos principales para rendimiento.

Por parte en la Figura 3. se pueden observar el gráfico de contornos que muestra el efecto simultáneo de los factores sobre el rendimiento, además que el modelo sugerido es el modelo lineal. Se confirma que la potencia que favorece el mayor rendimiento está próxima a 900W. respecto a la relación entre

matico y muña refiere que se debería usar menores cantidades de matico y por lo tanto mayores cantidades de muña.

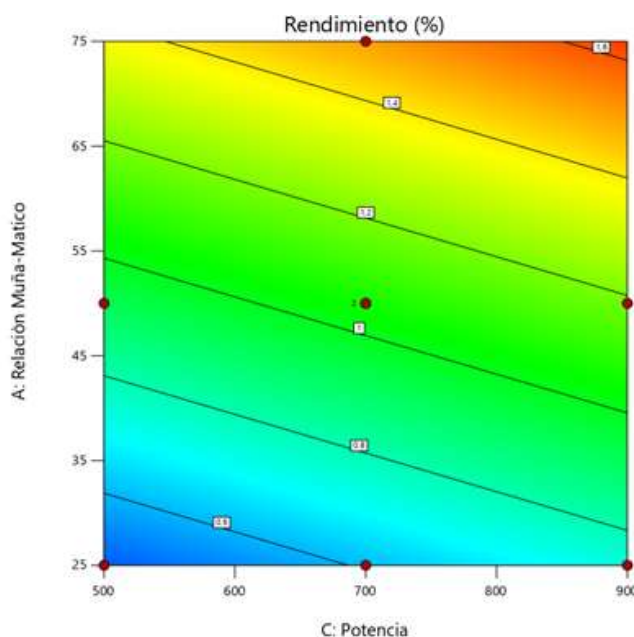


Figura 3. Gráfico de superficie respuesta para rendimiento.

### 3.2 Índice de refracción

No se encontró influencia estadísticamente significativa sobre el índice de refracción, puesto que el p-val fue menor a 0,05 como se puede evidenciar en la Tabla 2.

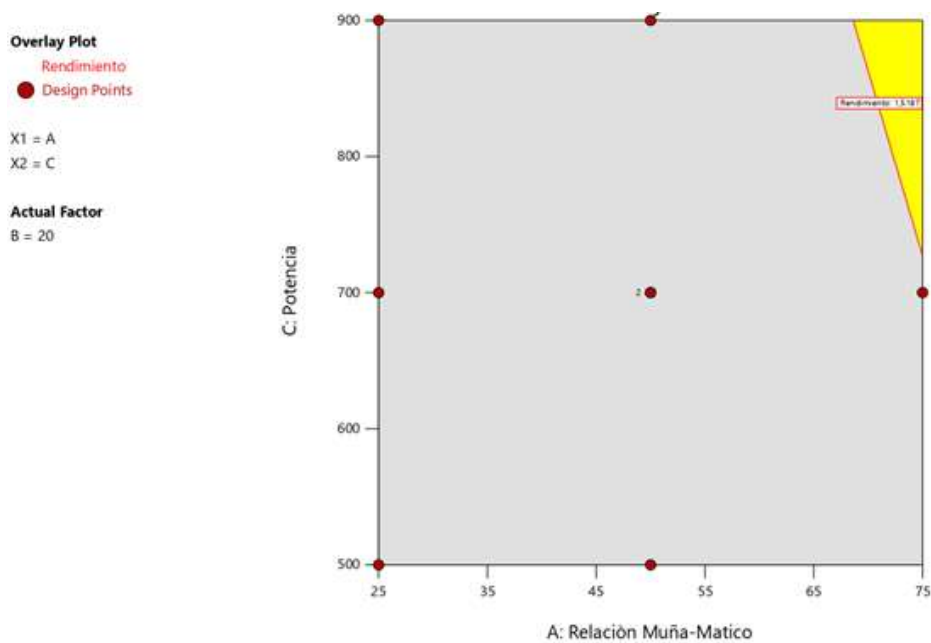
Tabla 3. ANOVA para Índice de Refracción.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor F	Valor p	
<b>Modelo</b>	0,0008	9	0,0001	1,38	0,3598	
<b>A-Relación Muña-Matico</b>	0,0001	1	0,0001	1,13	0,3294	<i>Not sig.</i>
<b>B-Tiempo</b>	1,388E-06	1	1,388E-06	0,0217	0,8877	<i>Not sig.</i>
<b>C-Potencia</b>	0,0001	1	0,0001	0,8035	0,4046	<i>Not sig.</i>
<b>AB</b>	3,630E-06	1	3,630E-06	0,0568	0,8195	<i>Not sig.</i>
<b>AC</b>	0,0000	1	0,0000	0,4834	0,5129	<i>Not sig.</i>
<b>BC</b>	2,982E-06	1	2,982E-06	0,0467	0,8361	<i>Not sig.</i>
<b>A<sup>2</sup></b>	0,0001	1	0,0001	1,06	0,3428	<i>Not sig.</i>

<b>B<sup>2</sup></b>	0,0000	1	0,0000	0,7819	0,4106	<i>Not sig.</i>
<b>C<sup>2</sup></b>	0,0002	1	0,0002	3,11	0,1281	<i>Not sig.</i>
<b>Residual</b>	0,0004	6	0,0001			
<b>Falta de ajuste</b>	0,0003	5	0,0001	1,19	0,5985	<i>Not sig.</i>
<b>Error puro</b>	0,0001	1	0,0001			
<b>Cor Total</b>	0,0012	15				

### 3.3 Región óptima

Buscando un rendimiento mayor y siendo que el IR no tiene influencia significativa se buscó maximizar el rendimiento confirmando la tendencia de mayor potencia mayor rendimiento.



**Figura 4.** Región óptima con Rendimiento maximizado y tiempo constante (20 min).

#### 4. DISCUSIONES

Aunque existen más reportes sobre extracción de aceite esencial de muña en comparación al aceite esencial de matico y sus mezclas, se encontraron estudios que reportan un rendimiento de 0.88% con el método de arrastre por vapor en matico (Bedón y León, 2022), de 0.56% y un índice de refracción de 1.4872 (Quispe, 2017), el cual es similar a los obtenidos en la investigación, esto podría deberse al corto tiempo o rapidez que el método permite tomar. En cambio, en caso de hojas de acuyo (*Piper auritum*) procedente de Veracruz, se obtuvo el mayor rendimiento (2.85%) con la metodología de extracción asistida por microondas (Gómez et al., 2016)

En el transcurso de esta investigación, se identificó un rendimiento aproximado del 1.06% bajo condiciones óptimas. Este resultado es comparativamente similar a los informes mencionados, aunque difiere de estudios afines que indican que las raíces de matico (0.11-0.17%) exhiben un rendimiento superior en comparación con las hojas (0.04-0.08%), lo cual podría explicar la disminución del rendimiento a medida que se incrementa el porcentaje de matico (Pacheco et al., 2016).

En contraste, investigaciones previas utilizando hidrodestilación informaron rendimientos entre 0.29-0.43%, un índice de refracción (IR) de 1,52 para el aceite esencial de matico y borraja (*Borago officinalis*) (Taype et al., 2023), y un rendimiento del 0,61% con el método de arrastre de vapor (Zúñiga, 2022). Otros factores que podrían haber influido en el rendimiento de los aceites esenciales incluyen las técnicas agrícolas y el entorno geobotánico, como la altitud, el clima, la clase de suelo, la iluminación, la precipitación y la temperatura. Además, se consideraron el método de extracción del aceite, el periodo de cosecha y la madurez de la planta (Stashenko et al., 2010), así como la relación entre agua y material vegetal (Valencia, 2022). Nolazco et al. (2020) observaron rendimientos superiores con niveles más altos de humedad en la materia prima (90%).

En el caso de AE de *Citrus sinensis*, compararon dos métodos, demostrando que la hidrodestilación asistida por microondas es un método rápido y eficiente en comparación al método de hidrodestilación convencional (0.42 - 0.51 %) y en índice de refracción no evidencia diferencias (1.4701 - 1.4710) (León et al., 2015) lo cual coincide con los resultados encontrados en la investigación (promedio de 1.465) que se encuentran debajo de 1.47, entonces las muestras tienen menor viscosidad y contienen menores cantidades de elementos oxigenados aromáticos o alicíclicos (Torrenegra et al., 2015), el IR es una medida de calidad exclusiva para cada AE que ayuda a prevenir el fraude, adulteración o falta de pureza.

Adicionalmente, es importante destacar que el proceso de hidrodestilación asistida con microondas se configura como un método veloz, eficiente, respetuoso con el medio ambiente y relativamente asequible en comparación con la hidrodestilación convencional (Torrenegra et al., 2015). Esta

eficiencia se mantiene independientemente del material vegetal empleado (Cedeño et al., 2023). Además, se considera la técnica más efectiva para la extracción de metabolitos secundarios volátiles. Se pueden resaltar beneficios como la reducción del tiempo de extracción, una mejora en la eficacia del calentamiento requerido y un equipo de menor tamaño. Es crucial destacar que las microondas ofrecen una transferencia de calor más efectiva en comparación con las técnicas clásicas de calentamiento conductivo, ya que pueden calentar la muestra prácticamente en simultáneo y a una velocidad muy elevada, resultando en un menor consumo energético (Golmakani y Rezaei, 2008). Es relevante señalar que el tiempo se optimiza; por ejemplo, se encontró una comparación de tiempos de extracción donde el arrastre con vapor oscilaba entre 150 y 240 minutos, mientras que la hidrodestilación asistida por microondas variaba entre 60 y 180 minutos. Esta optimización del tiempo podría explicar el rendimiento encontrado en la presente investigación (1.06%). Además, se observó que el rendimiento de la extracción asistida por microondas (con una potencia de 800W) supera al de la asistida por ultrasonido en aceites esenciales de pimientos (Wang et al., 2018).

Además, se identificó una tendencia positiva entre el factor potencia respecto al rendimiento, lo cual coincide con reportes de AE en albaca, donde la potencia óptima encontrada fue de 600 W (la mayor potencia trabajada) y a un tiempo óptimo de 25 minutos (Kusuma *et al.*, 2023). En un análisis comparativo entre dos métodos de extracción de AE de eucalipto y pino, método de arrastre convencional por vapor de agua (EACS) y método de extracción asistida por microondas (MAHD), encontraron que el MAHD supera al EACS por hasta el doble del rendimiento en eucalipto y casi el triple en pino (24 – 73 ml x Kg x min) (Naranjo *et al.*, 2015).

Por otro lado, la eficiencia en la extracción aumentaría a medida que aumenta la potencia del microondas, sin embargo, si la potencia es muy elevada esto podría resultar en la pérdida de compuestos volátiles deseados, por tanto, se sugiere identificar una potencia que no afecte la calidad el aceite esencial (Li et al., 2023). Aunque, otros autores indican que un incremento excesivo en el tiempo de extracción podría resultar en una disminución del rendimiento del aceite esencial (Mollaei et al., 2019), se podría mencionar que si se trabaja con mayores cantidades de agua se podría expresarse en un tiempo de extracción más prolongado y por ende mayores rendimientos (como se evidencia en el Fig. 2).

## **5. CONCLUSIONES**

En la extracción del aceite esencial de una mezcla muña/matico se obtuvo el mayor rendimiento a una potencia de 900 W, 20 minutos, 75% muña y 15% matico con 300 ml de solvente (agua destilada). Se demuestra que el método de extracción asistida por microondas es una buena técnica tanto ecológica como innovadora además se encontró que no hubo efecto significativo en el índice de refracción a las diferentes condiciones.

## 6. REFERENCIAS

- Alvarado Santillán, G. (2019). Actividad antioxidante y determinación de fenoles de extractos de matico (*Piper sp.*) En diferentes altitudes del distrito de Levanto, Amazonas.
- Alvarado Santillán, G. (2019). Actividad antioxidante y determinación de fenoles de extractos de matico (*Piper sp.*) En diferentes altitudes del distrito de Levanto, Amazonas.
- Alvarado, G. (2019). Actividad antioxidante y determinación de fenoles de extractos de matico (*Piper sp.*) en diferentes altitudes del distrito de Levanto, Amazonas. Caracterización de La Crianza de Cerdos de Traspatio En La Provincia de Chachapoyas, Amazonas, Perú, 1–177. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/82836/CONICET\\_Digital\\_Nro.f1741611-4035-4243-b6bf-da3f1337aa75\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/82836/CONICET_Digital_Nro.f1741611-4035-4243-b6bf-da3f1337aa75_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Bedón Ponluisa Karen Andrea y Leon Coque Nelson Israel. 2022. Extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*) mediante el método de arrastre de vapor. Título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica de Cotopaxi. Fac. Ciencias agropecuarias y recursos naturales. 102p.
- Bedón Ponluisa, K. A., & León Coque, N. I. (2022). *Extracción del aceite esencial de matico (Piper aduncum), mediante el método de arrastre de vapor* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Calixto Cotos, M. R. (2006). Plantas medicinales utilizadas en odontología: parte I. *Kiru*, 80-85.
- Cano Pérez, C. (2007). Actividad antimicótica in vitro y elucidación estructural del aceite esencial de las hojas de *Minthostachys mollis* “muña” [UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN MARCOS]. [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/.../2573/Cano\\_pc.pdf?seq...%0A](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/.../2573/Cano_pc.pdf?seq...%0A) · Archivo PDF
- Cedeño Cevallos, J. L., Navarrete Alcívar, M. A., Sánchez Mendoz, V., & Moreira Mendoza, C. A. (2023). Eficacia en la extracción de aceite a partir de especies vegetales. *Revista Colón Ciencias, Tecnología Y Negocios*, 10(2), 1–16. <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v10n2.a4137>
- Conde, C. G., Rueda, X. Y., & Patiño, G. G. S. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Calycolpus moritzianus* y *Minthostachys mollis* de Norte de Santander. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 12-23.
- Cotera, Y. R., & Yauri, F. A. (2018). Influencia de la presión y temperatura en la extracción de aceite esencial inka muña (*Satureja inkana*) por CO<sub>2</sub> supercrítico. 16–20.

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4784/Cotera Curi - Yauri Cantorin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cruz, J. N., de Oliveira, M. S., Andrade, E. H. D. A., & Rodrigues Lima, R. (2022). Molecular Modeling Approaches Can Reveal the Molecular Interactions Established between a Biofilm and the Bioactive Compounds of the Essential Oil of *Piper divaricatum*. *Molecules*, 27(13), 4199.
- Dao, P. T., Tran, N. Y. T., Tran, Q. N., Bach, G. L., & Lam, T. V. (2021). Kinetics of pilot-scale essential oil extraction from pomelo (*Citrus maxima*) peels: Comparison between linear and nonlinear models. *Alexandria Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.07.002>
- do Nascimento, L. D., da Costa, K. S., Cascaes, M. M., & de Aguiar Andrade, E. H. (2022). Encapsulación de aceites esenciales por atomización: actividad antimicrobiana, y aplicaciones en conservación de alimentos. En *Aceites Esenciales: Aplicaciones y Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos* (pp. 101-121). Cham: Springer International Publishing.
- Fuerte Ruitón, C. M., Roque Alcarraz, M., Sosa Tananta, C., & Trujillo Pantaja, N. (2007). Constituyentes del aceite esencial de *Ocimum micranthum* W. y estudio antimicrobiano.
- Golmakani, M. T., & Rezaei, K. (2008). Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food chemistry*, 109(4), 925-930.
- Huamani Quinte, W. (2015). Estudio de compuestos bioactivos del aceite esencial de muña (*minthostachys mollis*) por cromatografía de gases-espectrometría de masas en tres niveles altitudinales del distrito de Huando.
- Kusuma, H. S., Lestari, F. W., Sari, T. A., Mukhlisin, F., Mahfud, M., Sharma, S. K., & Darmokoesoemo, H. (2023). Extraction of essential oil from fresh basil leaves (*Ocimum basilicum* L.) using solvent-free microwave extraction method: Extraction parameter optimization, electric consumption, and CO<sub>2</sub> emission study. *Food and Humanity*, 1, 1055-1063. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.08.025>
- Li, H., Liao, H., Li, Y., Qi, Y., Ni, H., Zou, Z., & Liu, Z. (2023). Chemical composition and antifungal activity of *Cinnamomum camphora* chvar. Borneol essential oil obtained using solvent-free microwave-assisted method. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(8), 104996. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104996>

- Mollaei, S., Sedighi, F., Habibi, B., Hazrati, S., & Asgharian, P. (2019). Extraction of essential oils of *Ferulago angulata* with microwave-assisted hydrodistillation. *Industrial Crops and Products*, 137(December 2018), 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.015>
- Pacheco, F. V., de Paula Avelar, R., Alvarenga, I. C. A., Bertolucci, S. K. V., de Alvarenga, A. A., & Pinto, J. E. B. P. (2016). Essential oil of monkey-pepper (*Piper aduncum* L.) cultivated under different light environments. *Industrial Crops and Products*, 85, 251-257. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.016>
- Quispe, K. (2017). "Caracterización micro-histológico, físico y químico del aceite esencial de las hojas de matico (*Piper aduncum*), extraído por arrastre de vapor en un equipo modular". Obtenido de Repositorios Latinoamericanos [ Universidad Nacional del Altiplano- Puno
- Stashenko, E. E., Martínez, J. R., Ruíz, C. A., Arias, G., Durán, C., Salgar, W., & Cala, M. (2010). *Lippia origanoides* chemotype differentiation based on essential oil GC-MS and principal component analysis. *Journal of Separation Science*, 33(1), 93-103.
- Taipe Pardo, F., Huaraca Aparco, R., Merino Quispe, I., Flores Pacheco, N. F., Agreda Cerna, H. W., & Quispe Chipana, S. (2023). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de aceites esenciales en hojas de plantas medicinales. *Revista Alfa*, 7(21), 547–559. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.235>
- Torrenegra, M. E., Granados, C., Osorio, M. R., & León, G. (2015). Comparación de la hidrodestilación asistida por radiación de microondas (MWHD) con hidrodestilación convencional (HD) en la extracción de aceite esencial de *Minthostachys mollis*. In *Informacion Tecnologica* (Vol. 26, Issue 1, pp. 117–122). Centro de Informacion Tecnologica. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100013>
- Torrenegra, M. E., Granados, C., Osorio, M. R., & León, G. (2015). Comparación de la Hidrodestilación Asistida por Radiación de Microondas (MWHD) con Hidrodestilación Convencional (HD) en la Extracción de Aceite Esencial de *Minthostachys mollis*. *Información tecnológica*, 26(1), 117-122
- Wang, Y., Li, R., Jiang, Z. T., Tan, J., Tang, S. H., Li, T. T., ... & Zhang, X. C. (2018). Green and solvent-free simultaneous ultrasonic-microwave assisted extraction of essential oil from white and black peppers. *Industrial Crops and Products*, 114, 164-172. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.002>
- Zúñiga Olaguibel Magnolia. (2022). Composición química de los aceites esenciales de *Minthostachys spicata* (Benth) Epling, *Clinopodium bolivianum* (Benth) Kuntze, *Tanacetum*

vulgare Linnaeus y *Mentha x piperita* var. *Citrata* (Ehrh.) Briq y su efecto insecticida para *Pagiocerus frontalis*. Grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Encontrado en:  
[http://200.48.82.27/bitstream/handle/20.500.12918/6866/253T20221113\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://200.48.82.27/bitstream/handle/20.500.12918/6866/253T20221113_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y) 130p.

# ANEXOS

## Anexos 1. Evidencia de sumisión del artículo

The screenshot shows the ManuscriptLink user profile page for Prof. Joel Jerson Coaquira Quispe. The page includes navigation tabs, a profile summary, an academic activity summary, a call to action to open a journal service, a search bar, and a table of journal roles.

**MANUSCRIPTLINK** My Profile

Journals | Conferences | Manuscripts in My Submission | Manuscripts in My Review | Journal Mileages | My Review Management

**Prof. Joel Jerson Coaquira Quispe**  
Username (Email): joelk@up.edu.pe  
Peru | Universidad Peruana Unión | B.S. | Signup Date - 05-12-2023

**Academic Activity Summary**

Journals	1
Conferences	0
Manuscripts in My Submission	1
Manuscripts in My Review	0

If you want to open your journal manuscript submission and peer-review service,  
[OPEN A SERVICE FOR YOUR JOURNAL](#)

20 -

Journal Title	Publishing Organization	Journal Language	Manuscripts in My Submission*	Manuscripts in My Review**	My Roles and Corresponding Dashboard
Revista Chilena de Nutricion	Sociedad Chilena de Nutricion	English	0/1	0/0	<a href="#">AUTHOR</a>

1 - 1 / 1 < < 1 > >

## Anexo 2. Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

RESOLUCIÓN N° 1358-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, fecha 20 de diciembre de 2022

### VISTO:

El expediente de **Fredy Alejandro López Mamani**, identificado(a) con Código Universitario N° 201010477 y **Moises Mauricio Escobedo Escobedo**, identificado(a) con Código Universitario N° 200410651, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

### CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Fredy Alejandro López Mamani** y **Moises Mauricio Escobedo Escobedo**, han solicitado la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Extracción de aceite por Hidrodestilación asistida con microondas (MWHd) para extracción de aceite esencial de una mezcla de muña (*Minthostachys mollis*) y matico (*Piper aduncum*)" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 20 de diciembre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

### SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Extracción de aceite por Hidrodestilación asistida con microondas (MWHd) para extracción de aceite esencial de una mezcla de muña (*Minthostachys mollis*) y matico (*Piper aduncum*)" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **MSc. Carmen Rosa Apaza Humerez** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe** y **MSc. Alex Danny Chambi Rodríguez**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



*Erika Inés Acuña Salinas*  
DECANA



*Santiago Ramírez López*  
SECRETARÍA ACADÉMICA

CC:  
-Interesado  
Asesor  
Dirección General de Investigación  
Archivo