UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"Efecto de la temperatura de secado sobre los compuestos polifenólicos y actividad antioxidante de las hojas de *Piper aduncum* L. (matico)"

AUTOR(ES):

Katherine Estefanía González Linares
Jhomaira Astrid Ortega Torres

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez, PhD

Puyo - Pastaza - Ecuador
2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	CUMPLE
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	3.0 / 5	MEJORAR LA REDACCIÓN
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	MEJORAR LA REDACCIÓN
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	14.0 / 15	CORRESPONDENCIA DE TÍTULOS Y SUBTÍTULOS
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	PLANTA NO VA EN CURSIVA

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	FORMATO DE TEXTO (TAMAÑO) IGUAL EN TODO EL DOCUMENTO, BORRAR SANGRÍA EN LAS TABLAS Y CENTRAR
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9.0 / 10	REVISAR LA REDACCIÓN
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4.0 / 5	REFERENCIAS DUPLICADAS, FALTANTES Y ORDEN ALFABÉTICO
VALORACIÓN TOTAL	95	NOVENTA Y CINCO

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	95

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MIRYAM JANETH CARDENAS BONIFA

MIRYAM JANETH CARDENAS BONIFA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 11 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Cumple
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18.0 / 20	No hay suficiente información respecto a la relevancia del tema y presentación del problema
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Cumple
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Cumple

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	Cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8.0 / 10	No discute los resultados obtenidos
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple
VALORACIÓN TOTAL	96	NOVENTA Y SEIS

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	96

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
VICTOR RODRIGO CERDA MEJIA

VÍCTOR RODRIGO CERDA MEJÍA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 11 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Firmado electrónicamente por:
LUIS RAMON BRAVO

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Efecto de la temperatura de secado sobre los compuestos polifenólicos y actividad antioxidante de las hojas de Piper aduncum L. (matico)..docx (D172710994)
Submitted	8/10/2023 2:54:00 PM
Submitted by	
Submitter email	lbravo@uea.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	lbravo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS DE Hieronyma macrocarpa Müll. Arg (MOTILÓN) MEDIANTE METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.docx
Document OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS DE Hieronyma macrocarpa Müll. Arg (MOTILÓN) MEDIANTE METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.docx (D54120965)
Submitted by: lbravo@uea.edu.ec
Receiver: lbravo.uea@analysis.urkund.com
1

SA

UNU_AGROINDUSTRIAL_2023__Tesis_RINA_MONTOYA_V1.pdf
Document UNU_AGROINDUSTRIAL_2023__Tesis_RINA_MONTOYA_V1.pdf (D163897844)
1

Entire Document

Efecto de la temperatura de secado sobre los compuestos polifenólicos y actividad antioxidante de las hojas de Piper aduncum L. (matico). Effect of drying temperature on polyphenolic compounds and antioxidant activity of Piper aduncum L. (matico) leaves.

Autor 11 autor1@uea.edu.ec
Autor 21 autor2@uea.edu.ec
Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez, PhD.2 lbravo@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de [Ciencias de la tierra], Carrera de [Ingeniería Agroindustrial] (1)

Resumen El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la temperatura de secado sobre los compuestos polifenólicos y actividad antioxidante de las hojas de Piper aduncum L. (matico). Las hojas fueron recolectadas en la ciudad de Puyo-sector El Paico, ubicado en la Amazonía de la provincia de Pastaza-Ecuador. Se utilizó la técnica extracción asistida por ultrasonido para obtener los extractos acuosos. Los polifenoles totales fueron determinados mediante la técnica de Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante fue evaluada utilizando los métodos FRAP y ABTS. Se evaluó el efecto de tres

"Efecto de la temperatura de secado sobre los compuestos polifenólicos y actividad antioxidante de las hojas de *Piper aduncum* L. (matico)"

"Effect of drying temperature on polyphenolic compounds and antioxidant activity of *Piper aduncum* L. (matico) leaves"

Katherine Estefanía González Linares[1]
ke.gonzalezl@uea.edu.ec

Jhomaira Astrid Ortega Torres[1]
ja.ortegat@uea.edu.ec

Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez,PhD[2]
lbravo@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de [Ciencias de la tierra], Carrera de [Ingeniería Agroindustrial] (1)

Resumen

Las hojas de matico son conocidas por sus propiedades medicinales y se han utilizado tradicionalmente para tratar diversas dolencias, como heridas, úlceras, inflamaciones y problemas gastrointestinales. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la temperatura de secado sobre los compuestos polifenólicos y actividad antioxidante de las hojas de *Piper aduncum* L. (matico). Las hojas fueron recolectadas en la ciudad de Puyo-sector El Paico, ubicado en la Amazonía de la provincia de Pastaza-Ecuador. Se utilizó la técnica extracción asistida por ultrasonido para obtener los extractos acuosos. Los polifenoles totales fueron determinados mediante la técnica de Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante fue evaluada utilizando los métodos FRAP y ABTS. Se evaluó el efecto de tres niveles de temperatura de secado (45, 50 y 55°C) sobre los compuestos polifenólicos y la actividad antioxidante de las hojas de matico. En conclusión, los resultados más altos se obtuvieron a 45°C con valores de 79,92 mg equivalentes de ácido gálico por cada 100 gramos de materia seca para polifenoles totales, 74898,90 y 508,07 µg equivalentes de TROLOX por gramo de materia seca, para actividad antioxidante mediante las técnicas FRAP y ABTS.

Palabras Clave: Polifenoles totales, capacidad antioxidante, FRAP, ABTS.

Abstract

Matico leaves are known for their medicinal properties and have traditionally been used to treat various ailments, such as wounds, ulcers, inflammation and gastrointestinal problems. The objective of the research was to evaluate the effect of drying temperature on polyphenolic compounds and antioxidant activity of *Piper aduncum* L. (matico) leaves. The leaves were collected in the city of Puyo-El Paico sector, located in the Amazon of the Pastaza-Ecuador province. The ultrasound-assisted extraction technique was used to obtain the aqueous extracts. Total polyphenols were determined using the Folin-Ciocalteu technique and antioxidant activity was evaluated using the FRAP and ABTS methods. The effect of three levels of drying temperature (45, 50 and 55°C) on the polyphenolic compounds and the antioxidant activity of the matico leaves was evaluated. In conclusion, the highest results were obtained at 45°C with values of 79.92 mg equivalents of gallic acid per 100 grams of dry matter for total polyphenols, 74898.90 and 508.07 µg equivalents of TROLOX per gram of matter. dry, for antioxidant activity using the FRAP and ABTS techniques.

Keywords*:* Total polyphenols, antioxidant capacity, FRAP, ABTS.

1. INTRODUCCIÓN

La región amazónica del Ecuador es uno de los sectores con más biodiversidad en el planeta, el gran abanico de plantas que allí se encuentran ha generado que se realicen constantes investigaciones tanto en el campo alimentario como en la generación de nuevas materias primas destinadas a la fabricación de cosméticos y productos farmacéuticos (Luna-Fox et al., 2023). La mayor parte de las especies vegetales son desconocidas para el mundo actual, sin embargo, muchas de las personas han utilizado estas plantas para aprovechar sus propiedades curativas, y dentro de esta gran variedad de plantas se encuentra el matico (Ponluisa, 2022).

El Matico (*Piper aduncum* L) es una planta conocida en los países de Argentina, Chile y Perú, se considera una especie con gran abundancia de una menara silvestre, cuenta con altos contenidos curativos, en la temporada de primavera a verano se pueden observar los cambios que presenta en el color de hojas (Proaño, 2012).

En Ecuador, esta planta crece entre 0-2000 msnm, sus hojas son utilizadas como medicina natural para sanar las cicatrices de la piel, curar dolores estomacales, úlceras, diarrea, afecciones hepáticas (Alvarado, 2019). El matico contiene importantes metabolitos como los polifenoles naturales, los cuales se encuentran en una concentración de hasta 5,7%, además contiene diversos glucósidos y posee propiedades antioxidantes y protectoras de membranas celulares (Espinoza, 2021).

Por otro lado, la relación existente entre los radicales libres y los antioxidantes ha sido objeto de estudio por casi cuatro décadas (Taverne et al., 2018). Diferentes especies vegetales, se han analizaron sus metabolitos activos y se ha demostrado su elevada actividad antioxidante, que pueden desarrollar en la fabricación de medicamentos (Soro et al., 2021).

La elevada actividad antioxidante, inhibición de la oxidasa, captación de radicales libres y la capacidad quelante de hierro que poseen los compuestos polifenólicos ha despertado el interés de los investigadores. Estos metabolitos poseen un impacto farmacológico amplio y diverso; estudios han demostrado que modifican la sensibilidad del organismo a sustancias peligrosas como los alérgenos (Vidal-Gutiérrez et al., 2020).

Los compuestos polifenólicos poseen mecanismos de protección sobre las paredes vasculares y capilares, la reducción de la fragilidad y la actividad antimicrobiana (Muchiutti et al., 2019).

Para la extracción de compuestos polifenólicos en especies vegetales, se han empleado diversas técnicas, tales como: extracción por microondas, fluido supercrítico, ultrasonidos, entre otras (Otálora-Rodríguez et al., 2021). La eficiencia de las técnicas empleadas depende de factores como el tiempo y tipo de disolvente, así mismo, el tratamiento del material vegetal, la temperatura de secado y el tamaño de la partícula tienen un papel importante en el rendimiento de extracción (Cai et al., 2016).

Por otro lado, la temperatura de secado tienen un papel importante en el aprovechamiento de los metabolitos de las plantas, ya que se ha demostrado que muchos de estos compuestos son sensibles a altas temperaturas (Segundo, 2020). Con estos antecedentes, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la temperatura de secado sobre los compuestos polifenólicos y actividad antioxidante de las hojas de *Piper aduncum* L. (matico).

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Localización

La presente investigación se realizó en el laboratorio de bromatología de la Universidad Estatal Amazónica (UEA) ubicada en el km 2 ½ vía al Tena, provincia Pastaza con una altitud de 940 m.s.n.m., latitud de 00 59´ -1" y longitud de 77O 49´ 0´´ W.

2.2 Materia prima

Se utilizó hojas de matico de color verde intenso y uniforme, una textura firme pero no demasiado rígida y un tamaño normal según la especie de la *planta Piper aduncum* L(matico), la hora que se recolectó las hojas de matico fue a las 07:00 am, con una temperatura promedio, suelen oscilar entre 24°C y 32°C, en la ciudad de Puyo-sector El Paico, ubicado en la Amazonía de la provincia de Pastaza-Ecuador. Antes de los análisis, las hojas fueron lavadas con agua desmineralizada y secadas a temperatura ambiente. Posterior a ello, fueron colocadas en estufas a 45, 50 y 55 °C por 24 h, el contenido de humedad se determinó por diferencia de peso, y este resultado se utilizó para calcular la

masa inicial en base seca. Las hojas fueron trituradas en un molino marca KitchenAid, modelo BCG111OB y frecuencia nominal de 60 Hz, luego se tamizó para obtener un tamaño de partícula inferior a 0,5 mm.

2.3 Obtención de los extractos

Se obtuvieron aplicando la extracción asistida por ultrasonido, usando un equipo de baño ultrasónico Branson 38000, serie CPXH, con 5,7 L de capacidad en el tanque, frecuencia de 40 Hz y potencia 110 W. Como disolvente se utilizó agua destilada según lo reportado por (Álvarez, 2023).Para la obtención de cada extracto acuoso, se pesó 15 g del material vegetal secado a 45, 50 y 55 °C, molido y tamizado (sólidos pulverulentos) y se colocaron en balones de 250 mL, luego se agregaron 100 mL de agua destilada y se sometieron a ultrasonido por 30 min. Los extractos se filtraron usando papel Whatman No 4 y se almacenaron a 4 °C en balones de vidrio cubiertos con papel aluminio hasta su posterior uso.

2.4 Determinación espectrofotométrica de polifenoles totales.

Del extracto acuoso obtenido, se tomó 1 mL en un matraz aforado de 10 mL y se agregó 0,5 mL del reactivo *Folin-Ciocalteu* diluido a la mitad con agua destilada y se dejó en reposo por 10 min, posteriormente se agregó 0,5 mL de carbonato de sodio al 20 % y se enrasó con agua destilada; se agitó y se protegió de la luz con papel aluminio por 2 h a temperatura ambiente. Finalmente, la absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro uv-vis marca Thermo, modelo Genesys 5 y serie 3V0H228001 (Luna-Fox., et al 2023).

El contenido total de polifenoles se determinó utilizando una curva de calibración de ácido gálico y la concentración de polifenoles totales se expresó en miligramos equivalentes al ácido gálico por 100 g de hojas de matico en base a materia seca (mg EAG/100 g ms), para ello se empleó la ecuación 1, obtenida a partir del modelo matemático de la recta de calibrado del ácido gálico (Luna-Fox., et al 2023).

$$A= 0,0734C- 0,0028 \quad (1)$$

Donde:

A: Absorbancia de la muestra

C: Concentración de la muestra (mg/L)

2.5 Actividad antioxidante

Se realizó mediante la aplicación de dos métodos, 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina)-6 ácido sulfónico (ABTS) y el poder de reducción antioxidante de hierro (III) (FRAP). Estos métodos se caracterizan por ser confiables y sencillos de aplicar (Suárez-Rebaza et al., 2019).

2.6 Actividad antioxidante por ABTS

El ensayo de decoloración de cationes radicales ABTS, descrito por Re et al. (1999) fue seleccionado con el fin de determinar la actividad secuestrante de radicales libres. El radical ABTS se preparó mezclando disoluciones de ABTS 7 mM y persulfato de potasio 2,45 mM, a partes iguales. La disolución se mantuvo en la oscuridad a temperatura ambiente durante 16 h para la formación del radical, el cual se diluyó en etanol para obtener una absorbancia de 0,873. La preparación de la disolución de persulfato de potasio se realizó adicionando 0,663 g de la sal en agua destilada y diluyendo hasta enrasar a 100 mL. La disolución de ABTS se preparó disolviendo 0,384 g en 10 mL de agua destilada (Arteaga-Crespo et al., 2020). Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de TROLOX/g de masa seca (mg ET/g ms), calculados a partir de la ecuación 2.

$$A = 0{,}873 - 0{,}1304C \quad (2)$$

Donde:

A: Absorbancia de la muestra leída a 730 nm

C: concentración de la muestra (mg/L)

2.7 Actividad antioxidante por FRAP

La actividad antioxidante fue calculada por el ensayo FRAP, según Benzie & Strain (1996). Se colocaron 80 µL de cada extracto en un matraz aforado de 10 mL, al que se le agregaron 5 mL de disolución de FRAP recién preparada. Luego de agregar el reactivo, se agregó agua destilada al matraz hasta completar 10 mL, y se dejó a 37°C durante 30 min, protegido de la luz. La lectura se registró a una longitud de onda de 593 nm frente a la disolución de control. El reactivo FRAP se preparó mezclando 2,5 mL de disolución de 2,4,6-piridil-s-triazina (TPTZ) con 2,5 mL de disolución de cloruro de hierro III y 25 mL de tampón acetato. Para la preparación de la disolución de TPTZ se pesaron 0,03 g de reactivo y se colocaron en un matraz aforado de 10 mL y se diluyó hasta enrase con ácido

clorhídrico 40 mM. Se preparó tampón de acetato disolviendo 0,0061 g de acetato de sodio en 200 mL de agua destilada, se añadió ácido clorhídrico 40 Mm hasta que la mezcla alcanzó un pH de 3,5, luego se diluyó hasta enrasar con agua destilada hasta 250 mL. Para la preparación de la disolución de cloruro de hierro (III) se disolvieron 0,1352 g en 25 mL de agua destilada. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de Trolox/100 g de masa seca (mg ET/g ms), y se calcularon mediante la ecuación 3 (Arteaga-Crespo et al., 2020).

$$C = \frac{A}{0{,}1879} \quad (3)$$

Donde:

A: Absorbancia de las muestras leídas a 593 nm.

C: Concentración de las muestras (mg/L)

2.8 Diseño experimental

Se evaluó el efecto de tres niveles de temperatura de secado (variable independiente) de las hojas de matico (tabla 1) sobre la concentración de compuestos polifenólicos y la actividad antioxidante de los extractos acuosos obtenidos (variables de respuesta). Se usó el software Design Expert versión 10, para evaluar la significancia ($p<0,05$) del factor de estudio sobre la respuesta experimental. Se realizó el análisis ANOVA para valorar la influencia que tuvo la temperatura sobre las variables de respuesta.

Tabla 1. Nivel de las variables seleccionadas en el diseño factorial

Variable independiente	Nivel de variable codificada			
	Símbolo	Bajo	Central	Alto
Temperatura de secado (°C)	A	-1	0	1
		45	50	55

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto de la temperatura sobre los compuestos polifenólicos totales del matico

La figura 1 muestra el diagrama de Pareto el cual incluye el límite de Bonferroni que es una línea de corte estadístico, así mismo, el factor de estudio está representado por la barra vertical y el color muestra el efecto que tiene sobre la variable de respuesta; si el color es

azul entonces el efecto del factor sobre la variable respuesta será negativo, si el color es naranja será positivo. El factor de estudio será estadísticamente significativo ($p<0,05$) si se ubica por encima del límite de Bonferroni. En esta investigación, el factor temperatura afectó significativamente los compuestos polifenólicos del matico.

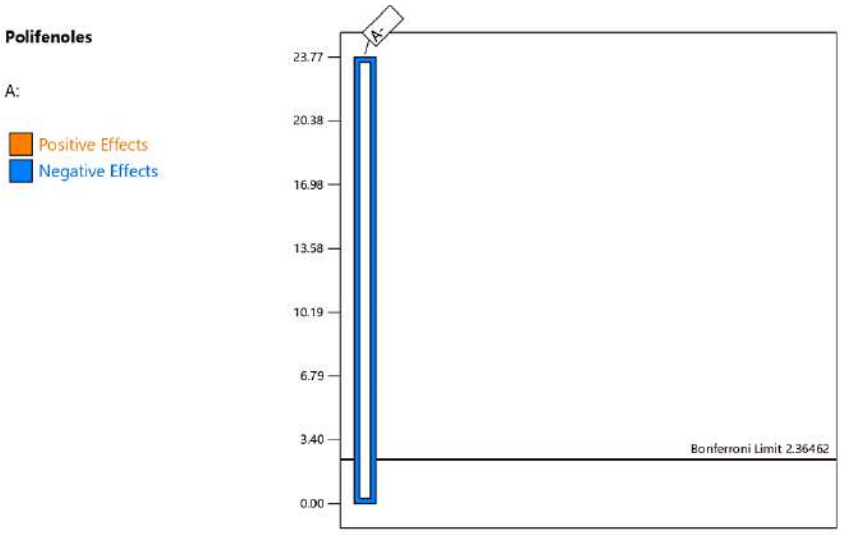

Figura 1. Diagrama de Pareto sobre el efecto de la temperatura en los polifenoles totales del matico.

La figura 2, muestra el efecto negativo de la temperatura sobre la variable de respuesta, donde a mayor temperatura la concentración de polifenoles disminuyó, en este sentido, la mayor concentración de polifenoles se obtuvo en las hojas de matico secadas a 45°C.

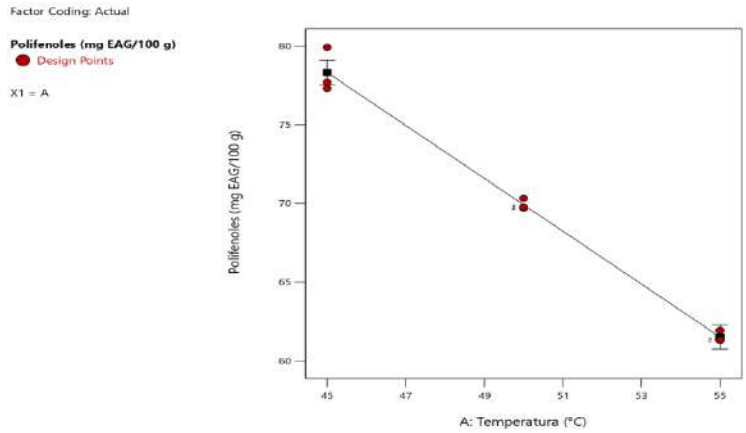

Figura 2. Efecto de la temperatura de secado sobre los polifenoles totales del matico.

En la tabla 2, se muestra el modelo factorial seleccionado. El valor F del modelo de 659,19 implica que el modelo es significativo. Solo hay un 0,01% de posibilidades de que un valor F tan grande se deba al ruido. Los valores de probabilidad "p" inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, la temperatura (A) es un término significativo del modelo. El valor F de Falta de ajuste de 0,0006 implica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Hay un 98,1 de posibilidades de que un valor F de falta de ajuste tan grande se deba al ruido.

Tabla 1. ANOVA para el modelo factorial seleccionado en polifenoles totales.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	
Modelo	421,85	1	421,85	659,19	< 0,0001	Significativo
Temperatura (A)	421,85	1	421,85	659,19	< 0,0001	
Residual	4,48	7	0,6400			
Falta de ajuste	0,0005	1	0,0005	0,0006	0,9812	No significativo
Error puro	4,48	6	0,7465			
Total, corregido	426,33	8				

De acuerdo con Anderson y Whitcomb (2016) la diferencia entre el R^2 previsto y el R^2 ajustado debe ser inferior a 0,2 para que el modelo factorial utilizado en una investigación sea apropiado. El valor obtenido en esta investigación para el R^2 previsto de 0,9802 concuerda razonablemente con el R^2 ajustado de 0,9880; es decir, la diferencia es inferior a 0,2 (Tabla 3). La Precisión adecuada mide la relación señal/ruido. Lo deseable es una relación superior a 4. Su ratio de 44,470 indica una señal adecuada.

Tabla 3. Estadística de ajuste para polifenoles totales.

Desviación estándar	0,8000	**R^2**	0,9895
Media	69,93	**R^2 ajustado**	0,9880
C.V. %	1,14	**R^2 previsto**	0,9802
		Precisión adecuada	44,4699

El software Design-Expert generó un modelo matemático lineal que demuestra la relación entre la temperatura de secado y los polifenoles totales (ecuación 4).

$$\text{Polifenoles Totales} = 153{,}79445 - 1{,}67733A \quad (4)$$

donde:

A: temperatura (°C).

La ecuación 4 en términos de factores reales puede utilizarse para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. En este caso, los niveles deben especificarse en las unidades originales de cada factor.

Los valores experimentales por triplicado y predichos por el modelo matemático se presentan en la tabla 4. Los resultados predichos muestran la idoneidad del modelo predictivo para cubrir todo el intervalo de resultados experimentales, lo que se supone que el modelo puede aplicarse con éxito.

Tabla 4. Resultados experimentales y predichos de polifenoles

Temperatura (°C)	**Polifenoles (Experimentales) mg EAG/100 g**	**Valores predichos mg EAG/100 g**
45	77,32 79,92 77,69	78,31
50	69,71 69,77 70,33	69,93
55	61,32 61,33 61,96	61,54

La temperatura de secado tuvo un efecto negativo sobre los polifenoles del matico, la mayor y menor cantidad de polifenoles totales se reportó en el extracto obtenido con las muestras secadas a 45 y 55 °C respectivamente. En la investigación desarrollada por Rojas (2019) donde probó el efecto de cuatro temperaturas de secado (35, 40, 50 y 60 °C) sobre los polifenoles totales en hojas de *Piper aduncum* L. y *Brunfelsia grandiflora* demostró que

la concentración de polifenoles disminuyó con el aumento de temperatura; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Luisetti et al. (2020) al demostrar que la temperatura de secado es inversamente proporcional al rendimiento de extracción de metabolitos secundarios.

Rios-Aguirre y Gil-Garzón (2021) mencionan que temperaturas de secado superiores a 50°C degradan algunos compuestos bioactivos de las plantas, en este sentido, Nova et al. (2023) indica que temperaturas de secado que van desde los 35-45 °C son las apropiadas para mantener los metabolitos secundarios de las plantas, con actividad antioxidante.

Los resultados de polifenoles conseguidos en esta investigación variaron desde 61,32 a 79,92 mg EAG/ 100 g ms, estos resultados son superiores a los obtenidos por Méndez, (2017). Diferentes investigaciones (Załuski et al., 2018; Uribe et al., 2021; Aldair et al., 2022 y Herrera-Calderon et al., 2019) han reportado un abanico grande de polifenoles totales en diferentes especies de matico, esta variabilidad puede deberse a factores como, edad de la planta, condiciones climáticas y de suelo; de hecho, Alvarado (2019) señaló en su investigación que la altitud a la cual se recolectaron hojas de matico influyó significativamente sobre el contenido de polifenoles de esta planta.

Por otro lado, las técnicas de extracción, tamaño de partícula y el disolvente usado en la extracción, influyen de manera directa en el rendimiento de los polifenoles. Mamoori y Janabi (2018)en su investigación sobre el efecto de dos métodos de extracción para cuantificar polifenoles, demostró que los resultados obtenidos por ultrasonidos fueron superiores a los obtenidos por microondas.

3.2 Efecto de la temperatura sobre la actividad antioxidante del matico

La influencia de la temperatura sobre la actividad antioxidante del matico evaluada por las técnicas FRAP y ABTS se muestra en la figura 3. En el diagrama de Pareto se puede evidenciar que la temperatura se ubica por encima del límite de Bonferroni, lo cual indica que este factor fue estadísticamente significativo ($p<0,05$).

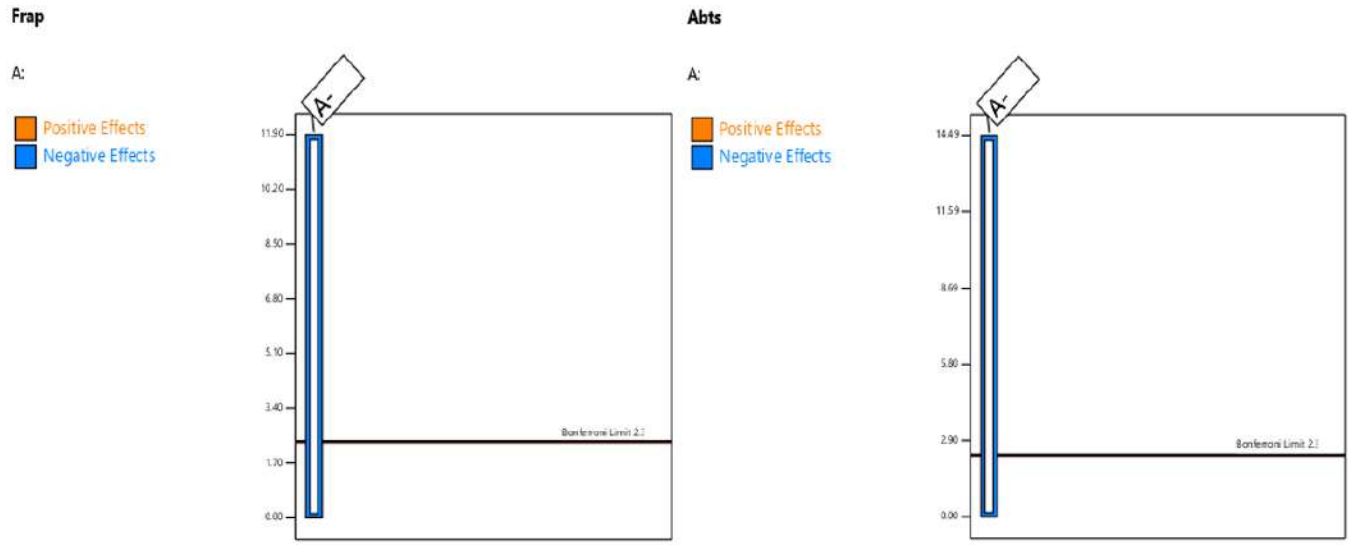

Figura 3. Diagrama de Pareto sobre el efecto de la temperatura en la actividad antioxidante del matico.

La figura 4 muestra que la temperatura fue inversamente proporcional a la capacidad antioxidante, es decir, que en la medida en que se incrementaron los niveles de este factor, la variable de respuesta disminuyó. En este sentido, para la técnica de FRAP (A) y ABTS (B) los resultados más altos se consiguieron a 45°C con valores de 74898,90 y 508,07 µg ET/g ms, respectivamente.

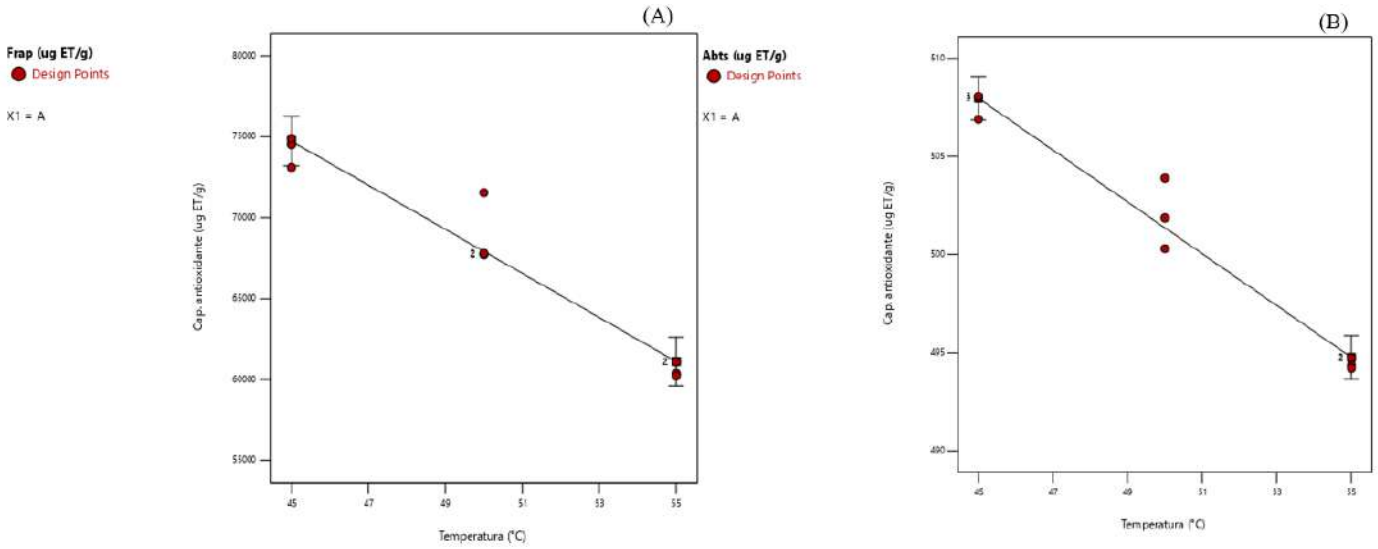

Figura 4. (A) Efecto de la temperatura sobre la actividad antioxidante por FRAP. (B) Efecto de la temperatura sobre la actividad antioxidante por ABTS.

En la tabla 5 se presenta el ANOVA con el modelo factorial seleccionado para actividad antioxidante. El valor F del modelo de 113,11 implica que este es significativo y que solo existe una probabilidad del 0,01 % de que se produzca un valor F tan grande debido al ruido.

Tabla 5. ANOVA para el modelo factorial seleccionado en capacidad antioxidante.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	
Modelo	2,778E+08	11	2,778E+08	113,11	< 0,0001	Significativo
Temperatura (A)	2,778E+08	11	2,778E+08	113,11	< 0,0001	
Residual	1,719E+07	77	2,456E+06			
Falta de ajuste	5,420E+06	11	5,420E+06	2,76	0,1476	No significativo
Error puro	1,177E+07	66	1,962E+06			
Total corregida	2,950E+08	88				

Los valores de p menores a 0,05 prueban que los términos del modelo son significativos. En este caso, la temperatura (A) es un factor significativo del modelo. Los valores que se encuentran por encima de 0,10 indican que los términos del modelo no son significativos. El valor F de falta de ajuste de 2,76 implica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Existe una probabilidad del 14,76 % de que se produzca un valor F de falta de ajuste tan grande debido al ruido.

Nuevamente, considerando lo propuesto por Anderson y Whitcomb (2016), la diferencia entre el R^2 previsto y el R^2 ajustado debe ser inferior a 0,2 para que el modelo factorial utilizado en una investigación sea adecuado. En la presente investigación el R^2 previsto de 0,9174 está razonablemente de acuerdo con el R^2 ajustado de 0,9334; es decir, la diferencia es inferior a 0,2 (Tabla 6). La precisión adecuada mide la relación señal/ruido. Es deseable una relación superior a 4. Su relación de 18,421 indica una señal adecuada.

Tabla 6. Estadística de ajuste para la actividad antioxidante.

Desviación estándar	1567,17	**R^2**	0,9417
Media	67922,00	**R^2 ajustado**	0,9334
C.V. %	2,31	**R^2 previsto**	0,9174
		Precisión adecuada	18,4210

El software Design-Expert generó dos modelos matemáticos, uno para FRAP (ecuación 5) y otro para ABTS (ecuación 6), que demuestran la relación entre la temperatura de secado y la actividad antioxidante.

$$\text{Actividad antioxidante (FRAP)} = 1{,}35966*10^5 - 1360{,}89A \quad (5)$$

$$\text{Actividad antioxidante (ABTS)} = 567{,}40000 - 1{,}3207A \quad (6)$$

donde:

A: temperatura (°C)

Las ecuaciones 5 y 6 se pueden utilizar para hacer estimaciones sobre la variable de respuesta a diferentes niveles de temperatura. En este caso, los niveles deben especificarse en las unidades originales del factor de estudio.

Las respuestas experimentales por triplicado y los valores predichos por los modelos matemáticos se presentan en la tabla 7. Los resultados predichos muestran la idoneidad de los modelos predictivos para cubrir todo el intervalo de resultados experimentales, lo cual significa que el modelo puede aplicarse con éxito.

Tabla 7. Resultados experimentales y predichos de actividad antioxidante

Temperatura (°C)	Actividad Antioxidante (FRAP) µg ET/g ms	Valores predichos (FRAP) µg ET/g ms	Actividad Antioxidante (ABTS) µg ET/g ms	Valores predichos (ABTS) µg ET/g ms
45	74528,60	74728,95	507,97	507,97
	73105,60		508,07	
	74898,90		506,89	
50	67727,00	67921,50	501,87	501,37
	67787,20		503,89	
	71544,30		500,30	
55	60383,90	61117,05	494,37	494,76
	60234,50		494,73	
	61088,00		494,21	

La temperatura tuvo un comportamiento inversamente proporcional a la actividad antioxidante del matico sometido a secado, esto concuerda con lo dicho por Soto-Celis y Jáuregui, (2018) en su investigación donde evaluó el efecto de la temperatura de secado sobre la actividad antioxidante de la *Psidium guajava* L. y se demostró que esta disminuyó con el incremento de temperatura, así mismo, Rosa-Hernández et al. (2018)en su estudio demostró que la temperatura de secado tuvo un efecto negativo sobre la actividad antioxidante del *Citrus Paradisi.*

Załuski et al. (2018) menciona que el matico es una planta cuya actividad antioxidante está determinada principalmente por los compuestos fenólicos que posee. Según Indirayati et al. (2020) dentro de los polifenoles presentes en el matico con mayor actividad antioxidante están los flavonoides, catequinas, flavonas y ácidos hidroxicinámico. La cantidad de estos compuestos depende de la especie, condiciones de suelo, horas luz y condiciones climáticas (Arroyo et al., 2022)

Vale recalcar que los resultados de la presente investigación poseen una importancia trascendental a la hora de procesar las hojas de *Piper aduncum* L. como materia prima no alimentaria para la fabricación de productos medicinales, nutracéuticos, cosméticos, etc., para lo cual es conveniente llevar a cabo un secado a una temperatura que no rebase los 45°C.

4. Conclusiones

El aumento de temperatura de secado degradó los compuestos polifenólicos y actividad antioxidantes de las hojas secas del matico. Los mejores resultados se obtuvieron a 45°C con valores de 79,92 mg EAG/100 g ms para polifenoles totales, 74898,90 y 508,07 µg ET/g ms, para actividad antioxidante determinada a través de las técnicas espectrofotométricas FRAP y ABTS respectivamente.

REFERENCIAS

Aldair, C., Pérez, Z., Valencia, J., Y Ríos, F. (2022). Propiedades Farmacológicas E Indicaciones Terapéuticas El Piper Aduncum L. (Matico) Para Aliviar Diversas Enfermedades. Investigación Universitaria UNU, 12(1), 766–774. Https://Doi.Org/10.53470/RIU.V12I1.73

Alvarado, G. (2019). Actividad Antioxidante Y Determinación De Fenoles De Extractos De Matico (Piper Sp.) En Diferentes Altitudes Del Distrito De Levanto, Amazonas. Https://Repositorio.Untrm.Edu.Pe/Bitstream/Handle/20.500.14077/1769/Alvarado Santillan Gingler.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y

Anderson, M. J., & Whitcomb, P. J. (2016). Rsm Simplified: Optimizing Processes Using Response Surface Methods For Design Of Experiments. Second Edition, 1-295.

Arroyo, J., Bonilla, P., Marín, M., Tomás, G., Huamán, J., Ronceros, G., Raez, E., Moreno, L., & Hamilton, W. (2022). Anatomical And Histochemical Study Of The Vegetative Organs Of Piper Aduncum L. (Piperaceae). Polibotánica, 0(54), 185–202. Https://Doi.Org/10.18387/POLIBOTANICA.54.12

Arteaga-Crespo, Y., Radice, M., Bravo-Sanchez, L. R., García-Quintana, Y., & Scalvenzi, L. (2020). Optimisation Of Ultrasound-Assisted Extraction Of Phenolic Antioxidants From Ilex Guayusa Loes. Leaves Using Response Surface Methodology. Heliyon, 6(1), E03043. Https://Doi.Org/10.1016/J.Heliyon.2019.E03043

Alvarado, .. G. (2019). Actividad Antioxidante Y Determinación De Fenoles De Extractos De Matico (Piper Sp.) En Diferentes Altitudes Del Distrito De Levanto, Amazonas. CHACHAPOYAS-PERÚ. Obtenido De Https://Repositorio.Untrm.Edu.Pe/Bitstream/Handle/20.500.14077/1769/Alvarado%20Santillan%20Gingler.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y

Álvarez, R. R. (2023). Elaboración De Un Preparado Hidrosoluble En Forma De Sólido Pulverulento A Partir De Ilex Guayusa Loes. *1*(12), 47-56. Obtenido De Https://Dialnet.Unirioja.Es/Servlet/Articulo?Codigo=9035502

Benítez-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., González-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V. E., Puga-Díaz, R., Y Quintero-Gutiérrez, A. G. (2020). Determinación De La Capacidad Antioxidante Total De Alimentos Y Plasma Humano Por Fotoquimioluminiscencia: Correlación Con Ensayos Fluorométricos (ORAC) Y Espectrofotométricos (FRAP). TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas, 23, 1–9. Https://Doi.Org/10.22201/Fesz.23958723e.2020.0.244

Benzie, I., & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability Of Plasma (FRAP) As A Measure Of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. Analytical Biochemistry, 239(1), 70–76. Https://Doi.Org/10.1006/ABIO.1996.0292

Carrillo, R. (2013). Compuestos Polifenólicos Y Capacidad Antioxidante De Especias Típicas Consumidas En México. 28(1). Obtenido De Https://Scielo.Isciii.Es/Scielo.Php?Pid=S0212-16112013000100005&Script=Sci_Arttext

Coque, N. (2022). "Extracción Del Aceite Esencial De Matico (Piper Aduncum) Mediante El Método De Arrastre De Vapor". Latacunga – Ecuador. Obtenido De Http://Repositorio.Utc.Edu.Ec/Bitstream/27000/9349/1/Pc-002353.Pdf

Cai, Z., Qu, Z., Lan, Y., Zhao, S., Ma, X., Wan, Q., Jing, P., & Li, P. (2016). Conventional, Ultrasound-Assisted, And Accelerated-Solvent Extractions Of Anthocyanins From Purple Sweet Potatoes. Food Chemistry, 197, 266–272. Https://Doi.Org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.10.110

Chaudhari, A., & Rodrigues, B. (2016). Determinación De Actividad Antioxidante De Extractos De Hojas De Diplostephium Phylicoides (Kunth) Wedd. Ucv, I(02), 390–392.

Díaz, I. (2012). Estudio Del Sistema In(III)-H2SO4-Líquido Iónico PJMTH+HSO4-Mediante Una Tecnología Avanzada De Membranas Líquidas. 57.

Diaz, E. (2019). Efecto De Tres Niveles De Temperaturas De Secado En La Actividad Antioxidante Y Contenido De Polifenoles Totales Presentes En Hojas De Guanábana (Annona Muricata). Pucallpa - Perú. Obtenido De Http://Repositorio.Unu.Edu.Pe/Bitstream/Handle/UNU/4407/UNU_AGROINDUSTRIA_2019_TESIS_ERIKA-XIOMARA-DIAZ-MARIN.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y

Espinoza, K. (2021). Secado Por Lecho Fluidizado De Hojas De Mático (Piper Aduncum L.) Y Malva (Malva Sylvestris), Evaluación De Capacidad Antioxidante Y Aceptación Sensorial De Sus Filtrantes. Obtenido De Http://181.176.159.234/Bitstream/Handle/20.500.14292/2026/TS_MKEL_2021.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y

Flores, H. (20187). Efecto Cicatrizante De Una Crema A Base Del Extracto Hidroalcohólico Del Piper Aduncun (Matico) En Animales De Experimentación. Lima- Perú: Facultad De Ciencias De La Salud . Obtenido De Http://Repositorio.Unid.Edu.Pe/Bitstream/Handle/Unid/34/12%20matico%20-%20cicatrizante.Pdf?Sequence=3&Isallowed=Y

Herrera-Calderon, O., Chacaltana-Ramos, L., Yuli-Posadas, R., Pari-Olarte, B., Enciso-Roca, E., Tinco-Jayo, J., Rojas-Armas, J., Felix-Veliz, L., & Franco-Quino, C. (2019). Antioxidant And Cytoprotective Effect Of Piper Aduncum L. Against Sodium Fluoride (Naf)-Induced Toxicity In Albino Mice. Toxics 2019, Vol. 7, Page 28, 7(2), 28. Https://Doi.Org/10.3390/TOXICS7020028

Indirayati, N., Nisa, K., Kurang, R., Tarmo, N., & Adang, K. (2020). Radical Scavenging

Activity And Total Phenolic Content Of Seven Tropical Plants. IOP Conference Series: Earth And Environmental Science, 462(1), 12. Https://Doi.Org/10.1088/1755-1315/462/1/012043

Lugo, N., Colinas, M., Bautista, C., Vazquez, T., Lozoya, H., Y Martinez, M. (2014). Fenoles Totales Y Capacidad Antioxidante Estimada Con Los Ensayos DPPH / ABTS En Rosas En Soluciones Preservantes * Total Phenols And Antioxidant Capacity Estimated With DPPH / ABTS Assays In Roses On Preservative Solutions Resumen Introducción. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 5, 1029–1039.

Luisetti, J., Lucero, H., Y Ciappini, M. C. (2020). Estudio Preliminar Para Optimizar La Extracción De Compuestos Fenólicos Bioactivos De Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd). Revista De Ciencia Y Tecnología, 33, 1–10. Http://Www.Scielo.Org.Ar/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S1851-75872020000100012&Lng=Es&Nrm=Iso&Tlng=Es

Luna-Fox, S. B., Álvarez Castro, R. R., Peñafiel-Bonilla, N. J., Radice, M., Scalvenzi, L., Arteaga-Crespo, Y., López-Hernández, O. D., Y Bravo-Sánchez, L. R. (2023). Elaboración De Un Preparado Hidrosoluble En Forma De Sólido Pulverulento A Partir De Ilex Guayusa Loes. La Técnica, ISSN 1390-6895, ISSN-E 2477-8982, Vol. 13, Nº. 1, 2023 (Ejemplar Dedicado A: Enero - Junio), Págs. 47-56, 13(1), 47–56. Https://Dialnet.Unirioja.Es/Servlet/Articulo?Codigo=9035502&Info=Resumen&Idioma=SPA

Mamoori, F., & Janabi, R. (2018). Recent Advances In Microwave-Assisted Extraction (Mae) Of Medicinal Plants: A Review. International Research Journal Of Pharmacy, 9(6), 22–29. Https://Doi.Org/10.7897/2230-8407.09684

Mesa-Vanegas, A. M., Gaviria, C. A., Cardona, F., Sáez-Vega, J. A., Trujillo, S. B., & Rojano, B. A. (2010). Antioxidant Activity And Total Phenols Content From Some Species Of Calophyllum Genus. Revista Cubana De Plantas Medicinales, 15(2), 13–26.

Muchiutti, G., López-Novello, L., Córsico, F., Y Larrosa, V. (2019). Cápsulas De Alginato Para La Protección De Polifenoles Presentes En El Aceite Esencial De Orégano. Ciencia, Docencia Y Tecnología, 30(59 Nov-Abr). Https://Doi.Org/10.33255/3059/687

Martínez, I. (2000). Significado Nutricional De Los Compuestos Fenólicos De La Dieta. Unidad Docente De Bromatología E Inspección De Alimentos., 50(1). Obtenido De Https://Ve.Scielo.Org/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S0004-06222000000100001

Nova, C., Giraldo, L., Y Cáceres-Roa, S. (2023). Extracción De Polifenoles: Una Comparación A Partir De Cáscara De Cacao Húmeda Vs Cáscara De Cacao Secada. Ingeniería Y Competitividad, 25(2), E-20612223. Https://Doi.Org/10.25100/Iyc.V25i2.12223

Otálora-Rodríguez, M., Wilches-Torres, A., Y Cárdenas-González, O. (2021). Extracción De Polifenoles De Cynara Scolymus L., Usando Técnicas Tradicionales Y Modernas. Una Breve Revisión. I3+, 4(1), 29–38. Https://Doi.Org/10.24267/23462329.789

Ponluisa, K. (2022). Extracción Del Aceite Esencial De Matico (Piper Aduncum) Mediante El Método De Arrastre De Vapor". Latacunga – Ecuador. Obtenido De Http://Repositorio.Utc.Edu.Ec/Bitstream/27000/9349/1/Pc-002353.Pdf

Rodríguez, A. R. (2021). Piper Aduncum L. (Matico) Utilizado Como Tratamiento Para El Daño. 4(12), 534 - 549. Obtenido De Http://Www.Scielo.Org.Bo/Pdf/Vrs/V4n12/2664-3243-Vrs-4-12-100.Pdf

Portal, J., Proaño, R., Y Villacís, S. (2020). Experiencia Comunitaria Con El Uso De La Planta Medicinal Conocida Como "Matico", En El Cantón Ambato, En El Período Marzo-Julio Del 2012. Investigación Y Desarrollo, 5(1), 7–12. Https://Doi.Org/10.31243/Id.V5.2013.15

Pregowska, A., Konowrocki, R., & Szolc, T. (2012). Experimental Verification Of The Semi-Active Control Concepts For Torsional Vibrations Of The Electro-Mechanical System Using Rotary Magneto-Rheological Actuators. Vibrations In Physical Systems, 25(1), 329–334. Https://Doi.Org/10.3305/Nh.2012.27.1.5418

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant Activity Applying An Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. Free Radical Biology And Medicine, 26(9–10), 1231–1237. Https://Doi.Org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3

Rios-Aguirre, S., & Gil-Garzón, M. (2021). Microencapsulación Por Secado Por Aspersión De Compuestos Bioactivos En Diversas Matrices: Una Revisión. Tecnológicas, 24(51), 206–229. Https://Doi.Org/10.22430/22565337.1836

Rodríguez, A., Huaman, J., Dante, D., & Flores, C. (2021). Franklin Ore Areche. 12, 534–549.

Rojas, C. M. (2019). Evaluación De La Actividad Antioxidante Y Polifenoles Totales En Extractos De Las Hojas De Tres Especies De Plantas Medicinales De Campo Verde, Ucayali-2018. 21–23.

Rojas, M. (2019). Evaluación De La Actividad Antioxidante Y Polifenoles Totales En Extractos De Las Hojas De Tres Especies De Plantas Medicinales De Campo Verde, Ucayali-2018 [Universidad Nacional Intercultural De La Amazonía]. Https://Api-Repositorio.Unia.Edu.Pe/Server/Api/Core/Bitstreams/Ea382faa-54f8-447f-Ab19-4e72b9bf82f4/Content

Rosa-Hernández, M., Wong-Paz, J., Muñiz-Márquez, D., Y Carrillo-Inungaray, M. (2018). Compuestos Fenólicos Bioactivos De La Toronja (Citrus Paradisi) Y Su Importancia En La Industria Farmacéutica Y Alimentaria. Revista Mexicana De Ciencias Farmacéuticas, 47(2), 22–35. Http://Www.Redalyc.Org/Articulo.Oa?Id=57956610003

Rojas, M. (2019). Evaluación De La Actividad Antioxidante Y Polifenoles Totales En Extractos De Las Hojas De Tres Especies De Plantas Medicinales. YARINACOCHA – PERÚ. Obtenido De File:///C:/Users/Intel/Downloads/T084_71339609_T.Pdf

Sánchez, I. (2021). Efecto De La Temperatura Y Solventes En El Contenido De Compuestos Fenólicos Y Actividad Antioxidante De Extractos De Cedrón (Aloysia

Citriodora) Obtenidos Por Procesos De Maceración Y Ultrasonido. Michoacán - México. Obtenido De Http://Bibliotecavirtual.Dgb.Umich.Mx:8083/Xmlui/Bitstream/Handle/DGB_UMICH/6405/FQFB-M-2021-0387.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y

Segundo, G. (2020). Actividad Antioxidante y polifenoles de extracto piper sp. matico, Amazonica. *2*(12). Obtenido de https://revista.unibagua.edu.pe/index.php/dekamuagropec/article/view/33/12

Soro, A., Valenzuela, G., y Beatriz-Núñez, M. (2021). Actividad antioxidante de cuatros especies vegetales del nordeste argentino. Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm, 50(1), 236–252. https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v50n1.95457

Soto-Celis, E., y Jáuregui, B. (2018). Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en las características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de pulpa de guayaba (Psidium guajava L.) VARIEDAD CRIOLLA ROJA. Cientifi-K, 2(2), 14.

Suárez-Rebaza, L., Ganoza-Yupanqui, L., Zavala-Urtecho, D., y Alva-Plasencia, M. (2019). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos hidroalcohólicos y acuosos de frutos de Prosopis pallida "algarrobo." Agroindustrial Science, ISSN-e 2226-2989, Vol. 9, N°. 1, 2019 (Ejemplar Dedicado a: Agroindustrial Science), Págs. 87-91, 9(1), 87–91. https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.01.11

Taverne, Y., Merkus, D., Bogers, A. J., Halliwell, B., Duncker, D., y Lyons, T. (2018). Reactive Oxygen Species: Radical Factors in the Evolution of Animal Life: A molecular timescale from Earth's earliest history to the rise of complex life. BioEssays, 40(3), 9. https://doi.org/10.1002/BIES.201700158

Tejeda, L. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de chenopodium quinoa. Revista Boliviana de Quimica, 35, 168–176.

Trujillo, E., Alva, L., Delgado, L., Acaro, F., & Álvares, H. (2018). Universidad interamericana para el desarrollo.

Uribe, T., Arroba, J., Barrera, T., y Lascano, E. (2021). Eficacia clínica del extracto de Matico (Piper angustifolium) en la evolución de la cicatrización de heridas por estomatitis aftosa recidivante. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 61(4), 693–699. https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.614.017

Vidal-Gutiérrez, M., Torres-Moreno, H., Velázquez-Contreras, C. A., Rascón-Valenzuela, L. A., y Robles-Zepeda, R. E. (2020). Actividad antioxidante y antiproliferativa de seis plantas medicinales del noroeste de México. Biotecnia, 22(3), 40–45. https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V22I3.1169

Załuski, D., Ciešla, Ł., & Janeczko, Z. (2018). The structure-activity relationships of plant secondary metabolites with antimicrobial, free radical scavenging and inhibitory activity toward selected enzymes. Studies in Natural Products Chemistry, 45, 217–249. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63473-3.00007-1

ANEXOS

MARCO TEÓRICO

1. Matico

La planta *Piper aduncum* L., llamada popularmente matico, hierba del soldado, achotlín o cordoncillo, es un árbol perenne de la familia de la piperácea. Crece de manera silvestre en costas y selvas de América Central y América del Sur y en los valles interandinos hasta los 3.000 m s.n.m (Flores, 2021).

Las áreas tropicales y subtropicales albergan miembros de la familia Piperaceae y alrededor de 3.600 especies se encuentran en los hemisferios norte y sur en las provincias de Azuay, Cañar, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Imbabura, Loja, Los Ríos, Morona, Napo, Pastaza, Pichincha, Tungurahua y Zamora Chinchipe (Flores, 2018)

1.1 Descripción botánica

El matico es un arbusto que varía en altura de 1 a 8 metros, de amplia distribución en los trópicos de América; tiene un tallo de color amarillo, recto, delgado, pubescente y con nudos. Sus hojas tienen pecíolos simples y alternos, y varían en longitud de 12 a 22 cm por 4 a 9 cm de ancho, de forma puntiaguda ovalada o elíptica y una base que es redondeada. Tiene de cuatro a seis pares nerviaciones notables cada hoja y los nudos del tallo principal son opuestos a las hojas; posee inflorescencias, produce una espiga floral. La espiga tiene una medida de 6 cm y 16 centímetros, las flores blancas se disponen en forma de espiral; son flores bisexuales llamadas aclamídeas que se polinizan por el viento y también frutos en forma de drupas ovoides y aplanados (Álvares, 2018).

1.2 Usos y beneficios del matico.

El matico es venerada y muy conocida en los sistemas de medicina herbaria de América del Sur por su capacidad para tratar el cáncer de estómago y los trastornos gastrointestinales como dolores de estómago, vómitos, dispepsia, diarrea y úlceras gástricas. En las hojas de matico deshidratadas esto ayuda para combatir las enfermedades de hígado y de la vesícula,

úlceras en el estómago (Coque, 2022).

Un compuesto es como aparece el Matico principalmente canfeno (22,68%) y alcanfor (11,53%) e isoborneol (21,18%); además limoneno, mirceno y alfa pineno tanto borneol como acetato de terpinol (Rodríguez, 2021).

2. Compuestos polifenólicos

Son moléculas antioxidantes que se encuentran en casi todas las plantas en mayor o menor medida. Por ejemplo, se encuentran naturalmente en el cacao, el vino tinto, el té verde, las bayas y muchas otras frutas y verduras. Se trata de moléculas que se producen de forma natural en los procesos metabólicos de las plantas como barrera protectora frente al ataque de patógenos externos (Szolc, 2019).

Son metabolitos vegetales secundarios que contienen al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo unidos. Los fitoquímicos cítricos se clasifican como ácidos fenólicos (AF), flavonoides (FLA) y taninos (TAN). Se han identificado alrededor de 8.000 compuestos polifenoles (CPF), y la mayoría de ellos tienen una estructura de tres anillos con dos anillos aromáticos (anillos A y B) y un heterociclo oxigenado (anillo C). La complejidad de la estructura aumenta a medida que aumenta el número de sustituyentes y los CPF más simples tienen un solo anillo aromático (Carrillo, 2013).

2.1 Uso de los compuestos fenólicos

Su propiedad más importante es su capacidad para combatir los radicales libres, moléculas que dañan el metabolismo humano. Los polifenoles son poderosos antioxidantes que previenen el daño celular y son agentes antiinflamatorios (Pregowska et al., 2018).

Los compuestos fenólicos tienen propiedades antiinflamatorias y cuando se combinan con sus efectos antioxidantes, pueden retrasar la progresión del envejecimiento celular. Debido a sus capacidades antioxidantes, es neuro protector y esto ayuda a posponer el deterioro del sistema nervioso, así como ocasionalmente un subproducto vegetal glucosídico, los ingredientes y componentes están presentes en el aceite en grandes cantidades y también hojas deshidratadas (Martínez, 2000).

3. Actividad antioxidante

La actividad antioxidante es la capacidad de algunos compuestos de inhibir los efectos de los radicales libres de oxígeno; una forma de detectar actividad es usar fluorescencia o se puede hacer usando técnicas como ORAC o FRAP (Mesa-Vanegas et al., 2010).

Los antioxidantes se clasifican de acuerdo con las principales reacciones de la oxidación primaria su estructura posee fenólicas que les permiten actuar como donadores de hidrógeno o aceptores de radicales libres. Descubren compuestos fenólicos como flavonoides, catequinas, carotenoides, licopeno, di terpeno y fitoquímicos, que son minerales, vitaminas y fitoquímicos captura los radicales libres y detiene las reacciones en cadena, siendo el hidroxila uno de ellos (Bedón, 2022).

4. Método FRAP

El método FRAP se basa en la reducción del hierro férrico (Fe+3) en el reactivo de FRAP, hasta la forma ferrosa(Fe+2) por presencia de antioxidantes, el reactivo FRAP está compuesto de buffer ácido acético-acetato de sodio (pH 3,6), TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina) y FeCl3 (Benítez-Estrada et al., 2020).

El reactivo FRAP genera una coloración azul de intensa proporcionalidad a la capacidad reductora de la muestra (Formación del complejo ferroso-TPTZ) que puede ser cuantificado por un método colorimétrico(593nm) basado en un patrón de sulfato ferroso 3,6. Este método evalúa el efecto combinado de las funciones protectoras de los antioxidantes no enzimáticos que se encuentran en los fluidos biológicos como indicador de resistencia al daño oxidativo (Tejeda, 2018).

5. Método ABTS

Este método evalúa la actividad antioxidante comparable a Trolox basado en la coloración verde/azul producida por la reacción del ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico y la decoloración producida por la reducción del radical (ABTS•+) con los antioxidantes presentes en las muestras (Lugo et al., 2014).

El radical ABTS debe ser producido por reacciones químicas (dióxido de manganeso o persulfato de potasio), enzimática (peroxidasa y miosina). Los radicales catiónicos ABTS son solubles tanto en medios orgánicos como acuosos. El método implica la generación directa del cromóforo ABTS verde-azul por la reacción entre ABTS y el persulfato de

potasio (k2S208), tiene 3 picos de absorción en longitudes de onda de 645nm, 734nm, y 815nm. La adición de antioxidantes a los radicales libres previamente formados los reduce a ABTS, de esta forma se determina el grado de cambio de color como el porcentaje de inhibición del catión radical libre ABTS en función de la concentración y el tiempo, así como el valor correspondiente frente a Trolox en las mismas condiciones (Chaudhari & Rodrigues, 2016)

6. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos

El comportamiento antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y atrapar radicales libres, aunque en ocasiones también pueden promover la oxidación *in vitro* y otros compuestos fenólicos. Numerosos estudios han demostrado que el consumo de frutas y verduras pueden reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y también cáncer (Benítez-Estrada et al., 2020).

7. Extracción acuosa

La extracción acuosa es un método ampliamente utilizado para la separación de compuestos disueltos en la fase acuosa, para la determinación del extracto acuoso las sustancias solubles de la muestra se extraen y analizan con agua hirviendo, luego de ello se filtra y evapora a sequedad, el residuo restante de éste se pesa para determinar la cantidad de material extraído (Díaz, 2012).