

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y EVALUACIÓN DE TOXICIDAD GENERAL DEL ACEITE ESENCIAL EXTRAÍDO DE LA *Satureja boliviana*

### CHEMICAL CHARACTERIZATION AND GENERAL TOXICITY ASSESSMENT FROM THE ESSENTIAL OIL EXTRACTED FROM THE *Satureja boliviana*

Lic. Nelson V. Figueroa Solíz<sup>1 \* §</sup> ; Alberto L. Figueroa Solíz, PhD<sup>2 \* §</sup>

Recibido: Marzo 10, 2022; Aceptado: Agosto 20, 2022

#### RESUMEN

Se ha realizado un estudio biodirigido del aceite esencial de *Satureja boliviana*, llevándose a cabo evaluaciones tanto de calidad químico-comercial (análisis espectroscópico instrumental) como biológicas. El aceite esencial fue extraído por arrastre de vapor y evaluado en su actividad citotóxica contra la *Artemia salina*.

Dado el análisis organoléptico y el instrumental por TLC, IR, UV, CG y RMN, el aceite esencial de *Satureja boliviana* presenta una composición química compleja, estudio que permite dar ciertos criterios hacia una posterior Normalización de este tipo de productos en nuestro país.

El aceite esencial extraído de la *Satureja boliviana* presenta moderado grado de toxicidad contra el camarón salino, con una DL-50 de 90 ppm. El aceite esencial de la *Satureja boliviana* es eficaz en cuanto a la actividad insecticida en concordancia con el valor de DL-50 de la *Artemia salina*, dado que esta última prueba biológica puede ser utilizada para indicar probabilidad elevada de actividad insecticida.

**Palabras claves:** Aceite esencial, caracterización, *Satureja boliviana*, toxicidad.

#### ABSTRACT

A biodirected study of the essential oil of *Satureja boliviana* has been carried out, carrying out both chemical-commercial quality (instrumental spectroscopic analysis) and biological evaluations. The essential oil was extracted by steam dragging and evaluated for its cytotoxic activity against *Artemia salina*.

Given the organoleptic and instrumental analysis by TLC, IR, UV, CG and NMR, the essential oil of *Satureja boliviana* has a complex chemical composition, a study that allows certain criteria to be given towards a subsequent standardization of this type of product in our country.

The essential oil extracted from the *Satureja boliviana* presents a moderate degree of toxicity against brine shrimp, with a DL-50 of 90 ppm. The essential oil of *Satureja boliviana* is effective in terms of insecticidal activity in accordance with the LD-50 value of *Artemia salina*, since this latter biological test can be used to indicate a high probability of insecticidal activity.

**Keywords:** Essential oil, characterization, *Satureja boliviana*, toxicity.

---

**Citación:** Figueroa Solíz Nelson V., Figueroa Solíz Alberto L. **CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y EVALUACIÓN DE TOXICIDAD GENERAL DEL ACEITE ESENCIAL EXTRAÍDO DE LA *Satureja boliviana***. Revista Científica EMINENTE 2022, 6-1: 45-57.

---

<sup>1</sup> Licenciado en Bioquímica – Investigador de la Dirección Nacional de Investigación Ciencia y Tecnología - Escuela Militar de Ingeniería.

\* Corresponde al Autor (correo electrónico: nfigueroas@adm.emi.edu.bo)

<sup>§</sup> Dirección de contacto Investigador: Dirección Nacional de Investigación, Ciencia y Tecnología – Campus Universitario de Alto Irpavi - Telf.: (+591) 73744344 – La Paz – Bolivia.

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias de la Educación, Docente Investigador Emérito de la Facultad de Agronomía UMSA.

\* Corresponde al Autor (correo electrónico: afigueroas@doc.emi.edu.bo)

<sup>§</sup> Dirección de contacto Investigador: Héroes del Acre No. 1850 esq. Av. Landaeta. Telf.: (+591) 76572883 – La Paz – Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación, como una de sus finalidades, pretende consolidar y/o aplicar el concepto actual en lo que se refiere a la investigación de productos naturales, mismo que requiere un enfoque integrado en la investigación del potencial biológico de una especie vegetal en estudio, donde no solo debe ensayarse una actividad específica sino una serie de bioensayos que permitan identificar todas sus posibles actividades farmacológicas, para posteriormente realizar un estudio fitoquímico biodirigido, considerando secuencialmente la evaluación de su toxicidad.

En el mundo actual, altamente industrializado, se trata de fomentar la ideología de la vuelta a la naturaleza en función a cierta desconfianza en los avances científico-tecnológicos, así como en el valor de los productos de la industria comercial que se consideran tóxicos o repletos de químicos, nocivos para la salud, ha crecido notablemente el mercado de productos basados en las plantas. Se dice que es un “movimiento de reconciliación con la naturaleza en el mundo de las civilizaciones industriales”, afirmación vertida por Jean Marie Pelt.

En ese sentido nos abocamos particularmente al estudio de los Aceites Esenciales (principio activo secundario) que tiene una especie vegetal; el termino aceite, probablemente, se origina del hecho que el aroma de una planta existe en las glándulas o entre las células en forma líquida, el cual al igual que los aceites grasos son inmiscibles con el agua. Ruiz (2017) indica que los aceites esenciales pueden estar ubicados en las diferentes partes de la planta, por ejemplo: en las coníferas está en todo el tejido; en la rosa solo el pétalo, en el comino en las semillas, en el clavo de olor en el brote o yema, en la lavanda en las flores, en la lima en los frutos, en la menta en los pelos glandulares de las ramas y hojas. Algunas especies vegetales tienen un aceite esencial que difiere de la composición a través de la planta, la canela es un ejemplo, el aceite esencial obtenido de las hojas contiene principalmente eugenol, de la corteza principalmente cinamaldehído y de la raíz el alcanfor.

Los aceites esenciales químicamente están formados en la mayoría por monoterpenos, algunos sesquiterpenos y compuestos aromáticos. (Mamani, 2019). Los monoterpenos y los sesquiterpenos son biosintetizados a partir de los pirofosfatos de geranilo y de farnesilo respectivamente; las reacciones de ciclación, oxidación y otras, pueden originar los

diferentes compuestos orgánicos entre los cuales tenemos: alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas, lactonas y óxidos, los cuales se encuentran disueltos en aceites esenciales. Tabla 1.

**Tabla 1.** Principales compuestos de los aceites esenciales

GRUPO QUÍMICO	EJEMPLO
Esteres	Principalmente de ácido benzoico, acético como acetato de bornilo y acetato de linalilo, salicílico como salicilato de metilo.
Alcoholes	Linalol, geraniol, citronelol, terpinol, mentol, borneol.
Aldehídos	Citral, citronelal, benzaldehído, geranial, aldehído cumínico.
Fenoles	Eugenol, timol, carvacrol.
Cetonas	Carvona, mentona, pulegona, fenchona, alcanfor, cetona.
Éteres	1,8 – cineol
Peróxidos	ascaridol
Lactonas	Cumarina.
Terpenos	Canfeno, pineno, limoneno, felandreno, cedreno.
Hidrocarburos	Cimeno, estireno (feniletileno).

Fuente: Adaptado de Cairo (2003)

Las aplicaciones de los aceites esenciales son muy variadas: ampliamente utilizados en perfumería, como saborizantes de alimentos y en medicina. Ejemplo: los aceites esenciales de anís, menta y canela son carminativos y saporíferas; el aceite esencial del clavo de olor es un analgésico dental y se utiliza además en la producción comercial de vainillina; el aceite esencial de pino es desinfectante y desodorante; el aceite esencial del eucalipto es expectorante; los de valeriana y lavanda tienen efectos sedativos. Cada uno de los componentes aislados puede también tener una aplicación como el citronelal que es repelente de los mosquitos, el mentol como calmante de dolor de muela, de garganta, como anestésico y antiespasmódico; el citral tiene una acción antihistamínica y es analgésica en oftalmología; el 1,8- cineol es expectorante y antiséptico, etc. (Lock de Ugaz, 1988 citado por Mamani 2019).

La extracción del aceite esencial normalmente se realiza mediante el método de arrastre de vapor de agua donde la muestra entra en contacto con el vapor permitiendo que los compuestos aromáticos se vaporicen y sean arrastrados juntamente con el vapor de agua hasta el refrigerante, donde se condensan. La temperatura a la cual se encuentra el vapor de agua hace que las células y las estructuras vegetales se rompan y de esta manera puedan liberar los compuestos esenciales, pero no tiene la capacidad de aislar determinados compuestos especialmente los liposolubles.

Los aceites esenciales han mostrado en diversos trabajos propiedades antibacterianas, antifúngicas y como nuevos agentes plaguicidas de origen natural para su uso en la agricultura (tanto fungicidas como herbicidas), ya que los actuales agroquímicos formulados, empleados a gran escala, provocan daños irreparables al medio ambiente. Así mismo se hace necesario mejorar la bioseguridad de estos pesticidas, siendo un requerimiento importante y necesario que estos productos tengan una completa biodegradación.

Desde tiempos inmemorables, nuestras culturas ancestrales han empleado las especies vegetales de diferentes maneras sean estas alimenticias, medicinales, ornamentales, etc., ello debido a las especiales condiciones que Bolivia posee, lo que se ve reflejado en la amplia diversidad de su flora vegetal.

De las especies vegetales nativas se sabe muy poco sobre los constituyentes químicos que presentan y por consecuencia qué compuestos vienen a ser responsables de alguna actividad que presente; esta situación se hace notoria de manera muy particular con uno de los metabolitos secundarios que presentan, los aceites esenciales, de las cuales casi no se tiene experiencia y/o conocimiento alguno.

Para nuestra investigación seleccionamos a la *Satureja boliviana* (KHOA), Fig.1., especie vegetal nativa de Bolivia, es una hierba perenne de tamaño mediano, especie espontánea del altiplano y de sus valles, en la medicina tradicional es utilizada para el tratamiento del reumatismo, contra la migraña, anemia, aumenta el flujo lácteo, curan la torticolis, remedio contra mareos, náuseas y vómitos; en particular y de manera muy especial se la emplea contra enfermedades causadas por el frío. Esta planta en forma de sahumeros es empleada como insecticida contra piojos, pulgas, etc., las hojas en decocción son usadas como vermífugo. En las regiones adyacentes al Lago Titicaca (en el Departamento de La Paz) se la emplea como saborizante (condimento) en diversos platos típicos del lugar.

Fig.1. *Satureja boliviana*

Fuente: Cooperative Taxonomic Resource for American Myrtaceae

La *Satureja boliviana* es una especie vegetal que mostró variaciones cuali-cuantitativas en el contenido de sus metabolitos secundarios especialmente del aceite esencial el cual estaría compuesto por Borneol, Canfeno, Carvacrol, 1,8-Cineol, Citronelol, Geraniol, Limoneno, Linalol, Nerol, A y B Pineno, Cresol, entre otros. Así mismo otros estudios realizados dan cuenta que existiría otro quimiotipo de esta especie vegetal según el cual se tendría como componentes principales a la Isomentona y la Pulegona.

De manera particular denotaría una variada toxicidad frente a varios bioensayos realizados, tiene además excelente actividad insecticida entre ellas actúa contra el gorgojo de la papa, también es efectivo contra garrapatas y pulgas, de otro lado de la reporta como lenticida.

En ese sentido se efectuó la caracterización química instrumental de la *Satureja boliviana* y la evaluación de la actividad de toxicidad general de esta especie vegetal nativa utilizada por diversos grupos étnicos<sup>10, 11</sup> queriendo aportar con una alternativa promisoriosa para el descubrimiento de nuevos agentes citotóxicos y pesticidas de origen natural.

## OBJETIVOS

La investigación considera:

Realizar la extracción de aceite esencial a través de procedimientos que consideren alto rendimiento del producto comercial con bajo costo de inversión.

Determinar la calidad químico-comercial del aceite esencial extraído mediante métodos instrumentales espectroscópicos, siguiendo las Normas regidas por el mercado internacional para Aromas y Saborizantes.

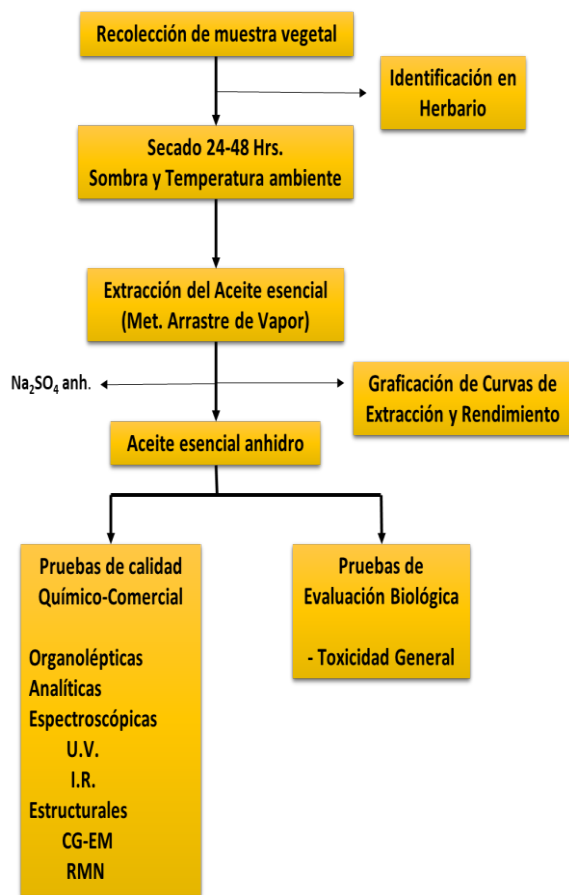
Realizar la evaluación de toxicidad general del aceite esencial extraído.

## METODOLOGÍA

### MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación se siguió el siguiente esquema (Fig. 2):

Fig. 2. Esquema metodológico de extracción-evaluación del aceite esencial de *Satureja boliviana*.



Fuente: Elaboración propia

## GENERALES

Todo el material, soluciones utilizados en las evaluaciones del aceite esencial fueron previamente esterilizados en una autoclave ALL-AMERICAN (25 L) a 121°C, 1,5 atm por 20 minutos. Todos los solventes orgánicos utilizados fueron previamente purificados mediante destilación. Las micropipetas automáticas utilizadas fueron FORTUNA (1-50 µl, 100-1000 µl) y EXCALIBUR (5-50 µl, 02-1,0 cm<sup>3</sup>). Como agente desecante se utilizó Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidro (p.a. Merck art. 822286).

### RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra vegetal de *Satureja boliviana* fue recolectada de Huatajata (Latitud 16°12'18", Longitud 68°41'53") a 3860 m/snm. Prov. Manco Kápac – La Paz – Bolivia.

La clasificación sistemática se realizó mediante ejemplares de herbario según normas establecidas en el Herbario Nacional La Paz. El material colectado se conservó protegido de la luz y del calor antes de su proceso de extracción.

### EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL

El extractor de aluminio (12L) herméticamente cerrado fue conectado a un tubo de desprendimiento adjunto al condensador serpentín que desemboca en una bureta graduada. La fuente de energía fue un calentador eléctrico externo, el vapor generado pasa a través de la muestra vegetal arrastrando consigo el aceite esencial; tanto la esencia como el vapor de agua pasan hacia el condensador y se separan en la bureta.

Cuando el volumen de aceite esencial se mantiene constante se llega al punto final de la extracción. Se separa el aceite esencial extraído de la bureta para luego proceder al secado con Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidro y se conserva a -20°C en tubos de vidrio tapa rosca.

Fig. 3. Sistema-equipos de extracción por Arrastre de Vapor del aceite esencial de *Satureja boliviana*.





Fuente: Elaboración propia

## PRUEBAS DE VALIDACIÓN QUÍMICO-COMERCIAL

Para determinar el % de Rendimiento se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%R = \frac{\text{cm}^3 \text{ de aceite esencial extraído}}{\text{g de muestra vegetal inicial}} \times 100$$

La graficación de las curvas de extracción fue objeto de dos criterios:

- Curvas de extracción de volúmenes totales de aceite esencial ( $\text{cm}^3$ ) con relación a tiempo (min.) total de extracción.
- Curva de extracción de volumen parcial ( $\text{cm}^3$ ) de aceite esencial con relación al tiempo (min.) total de extracción.

Para la **Espectroscopia Ultravioleta (UV)** la muestra de aceite esencial ( $20 \mu\text{l}$ ) fueron diluidas en  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  a diferentes concentraciones (100, 10, 1 ppm), se vertió en la cubeta de cuarzo ( $2 \text{ cm}^3$ ) y se obtuvieron los espectros en razón de efectuar un barrido en la banda del espectro Ultravioleta (190 a 400 nm de longitud de onda) empleando en el proceso un Spectrophotometer HITACHI U-2000.

Para la **Espectroscopia Infrarrojo (IR)**, del aceite esencial extraído puro se depositaron  $50 \mu\text{l}$  sobre las

celdas de KBr, el blanco empleado es el aire. Se utilizó en esta prueba el Spectrophotometer BRUKER (INC) en donde se efectuó el barrido de banda a 600 a  $4000 \text{ cm}^{-1}$  de longitud de onda.

El análisis por **Cromatografía en fase Gaseosa (CG)** se empleó el Cromatógrafo SHIMADZU GC-14B con un procesador SHIMADZU C-R7A, detector de llama (FID). El aceite esencial ( $2 \mu\text{l}$ ) disueltos en acetona ( $10 \mu\text{l}$ ) se introdujeron en una jeringa capilar HAMILTON en el inyector ( $5$  a  $10 \mu\text{l}$ ), utilizando la columna capilar CARBOWAX DB 20M, el gas portador fue  $\text{H}_2$  puro proveniente de un generador PACKARD 9200. Las condiciones de trabajo fueron: Temperatura inicial  $40^\circ\text{C}$  (10 minutos); Gradiente  $5^\circ\text{C}/\text{min.}$ ; Flujo  $5 \text{ cm}^3/\text{min.}$ ; Temperatura final de  $180^\circ\text{C}$  (10 minutos).

Para la **Espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (RMN)**, el aceite esencial extraído fue disuelto en Cloroformo Deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ), (1:1 en volumen), esta dilución se colocó en cubetas de cuarzo en cantidad suficiente para luego proceder a la obtención principalmente de los espectros correspondientes a  $\text{C}^{13}\text{RMN}$  y  $\text{H}^1\text{RMN}$ , empleándose para tal efecto un equipo BRUKER 250 MHz.

## PRUEBA DE EVALUACIÓN DE TOXICIDAD GENERAL

**Obtención del camarón salino:** Nauplii, de 48 horas de nacidos obtenidos de huevos de Artemia salina (Brine Shrimp de San Francisco Bay Brand Inc. Newark, CA 94560 USA), ( $10 \text{ mg}$ ) incubados por 24 horas en agua de mar ( $38 \text{ g}$  de sal marina comercial "Sea Salt" por litro de agua destilada) por 24 horas a  $25^\circ\text{C}$  y expuestos a luz artificial fueron utilizados en esta prueba.

**Preparación de la muestra:** El aceite esencial extraído ( $20 \mu\text{l}$ ) fue disuelto en DMSO ( $100 \mu\text{l}$ ) y suspendido en agua destilada (hasta  $2 \text{ cm}^3$ ); de esta solución fueron depositados en viales distintos, por triplicado  $500$ ,  $50$  y  $5 \mu\text{l}$  respectivamente.

**Evaluación de toxicidad:** Cada vial que contiene la solución del aceite esencial se aforó a  $5 \text{ cm}^3$  con agua de mar y a la misma se transfieren 10 nauplii, luego de 24 horas de incubación se hizo un recuento del número de camarones muertos vs. Camarones vivos, entonces se procedió al cálculo de la DL-50 utilizando el modelo matemático de Probit (Programa FINNEY).

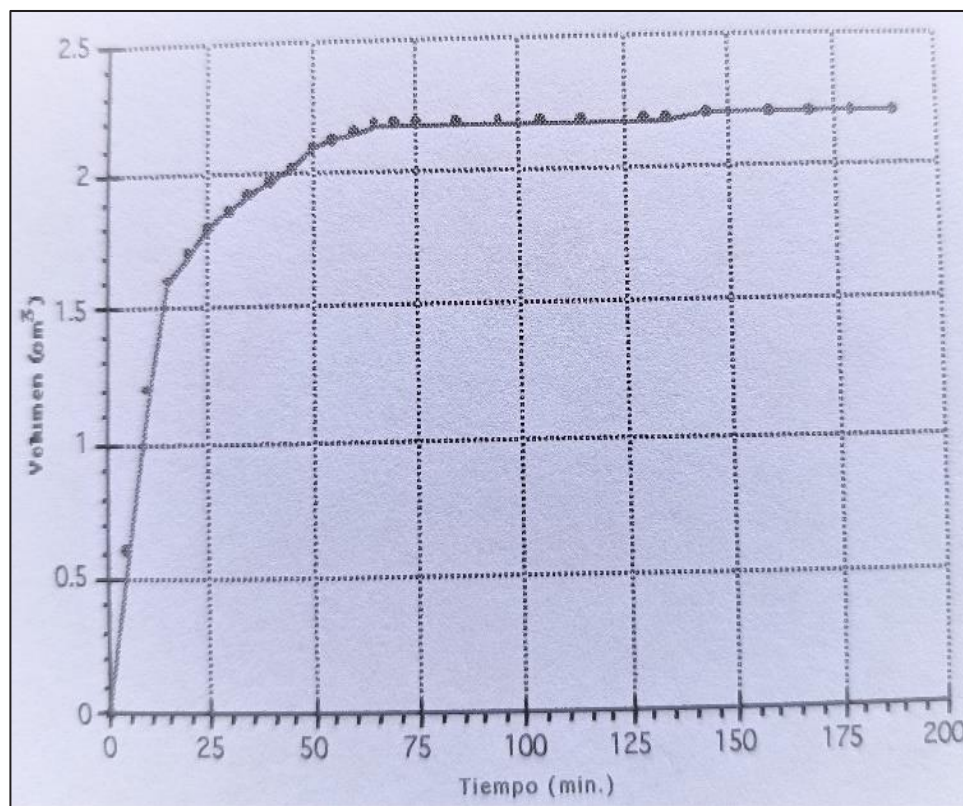
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha realizado una investigación de la *Satureja boliviana* cuyos resultados obtenidos se presentan desde el proceso de recolección, extracción, características químico-comerciales (que consideran datos organolépticos, de extracción, cromatográficos instrumentales y de elucidación) además de la evaluación de toxicidad general.

**Satureja boliviana**, el aceite esencial obtenido de la planta entera fresca por arrastre de vapor tiene las siguientes características cuali-cuantitativas:

Organolépticas		Extractivas	
<b>Color:</b>	ligeramente amarillo pálido	<b>Cantidad de muestra:</b>	300 gramos
<b>Aspecto:</b>	límpido y translúcido	<b>Tiempo de extracción:</b>	95 minutos
<b>Olor:</b>	característico a menta	<b>Volumen de a.e. extraído:</b>	6,6 cm <sup>3</sup>
<b>Sabor:</b>	refrescante	<b>Rendimiento:</b>	2,20% (V/P)

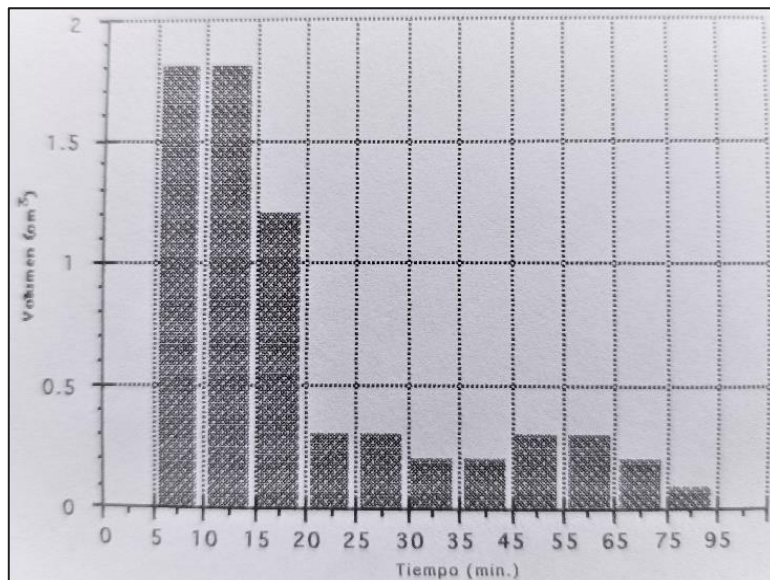
Gráfica 1. Curva de rendimiento del aceite esencial de *Satureja boliviana* (100g de muestra)



Fuente: Elaboración propia

Esta especie vegetal presenta un alto contenido de aceite esencial, siendo su rendimiento obtenido del 2,20% el cual supera los que han sido reportados en trabajos anteriores (esto viene a consolidar las adecuaciones realizadas al método y posterior diseño del equipo de extracción que tienen un funcionamiento adecuado y acorde a nuestros objetivos y perspectivas) Gráfica 1; así mismo su alto contenido en aceite esencial la presenta como promisoría en el mercado comercial de aromas y saborizantes.

**Gráfica 2.** Curva de Extracción (volúmenes parciales) del aceite esencial de *Satureja boliviana* (300g de muestra)



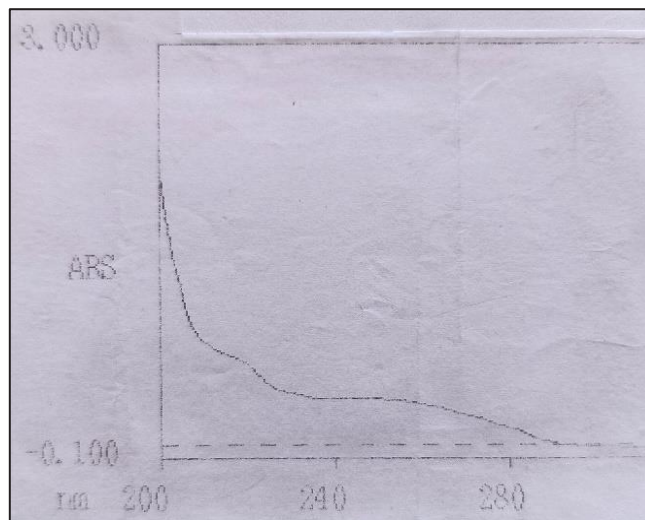
Fuente: Elaboración propia

El tiempo crítico y de cuidado principal en el proceso de extracción es el comprendido hasta los 30 minutos, en el que se habría extraído la mayor cantidad de aceite esencial, un segundo periodo comprende los 35 a 75 minutos en el que se extraen otras cantidades poco significativas pero no menos importantes. En relación a las características organolépticas halladas, y al no haber marco de referencia comercial creemos que fácilmente podrían adecuarse al comercio de este tipo de productos.

- Analíticas-Químicas-Biológicas

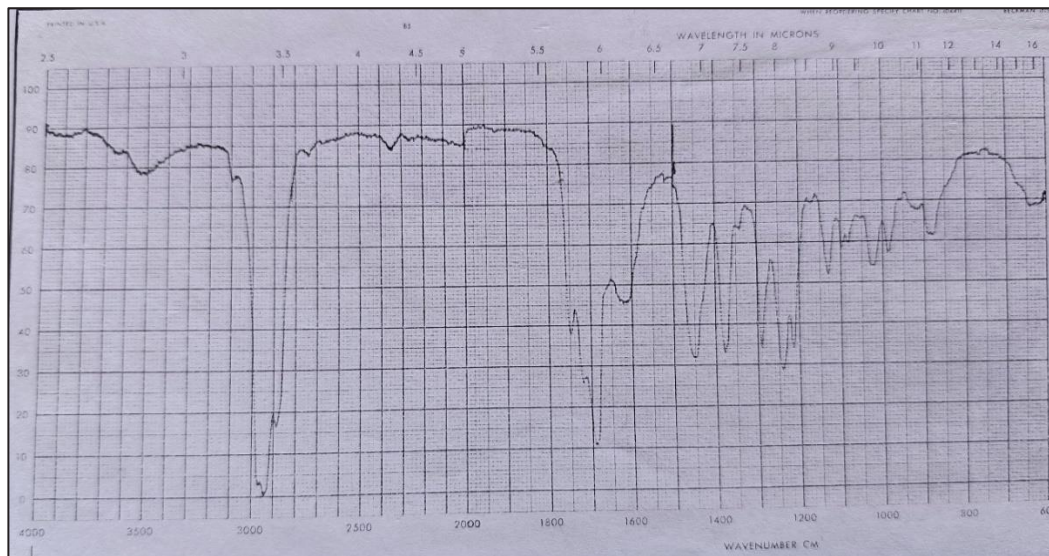
El espectro UV (Gráfica 3) de la *Satureja boliviana* presenta una banda de absorción con un punto máximo a 220 nm de longitud de onda y otra banda que encuentra su máximo a 255 nm de longitud de onda, ambas señales son indicativas de grupos insaturados y aromáticos al interior de la muestra; en el espectro IR (Gráfica 4) se determinó principalmente señales a 3500  $\text{cm}^{-1}$  indicativo muy leve del grupo hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ); a 1690, 1720 y 1750  $\text{cm}^{-1}$  señales intensas y características del grupo carbonilo cetónico ( $\text{C}=\text{O}$ ).

**Gráfica 3.** Espectro UV del aceite esencial de *Satureja boliviana*



Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4. Espectro IR del aceite esencial de *Satureja boliviana*

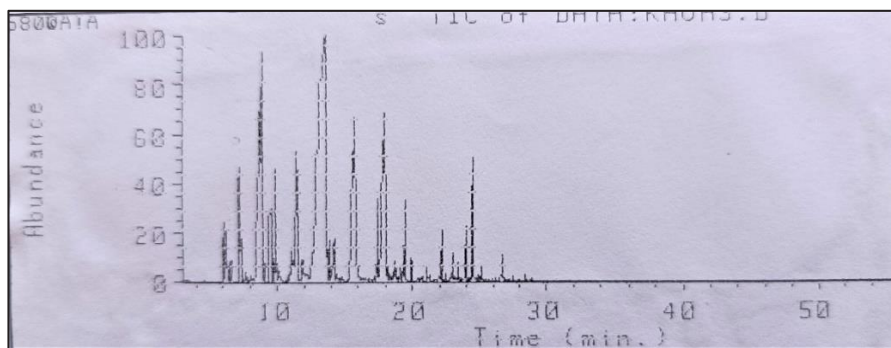
Fuente: Elaboración propia

Los componentes principales del aceite esencial fueron identificados por cromatografía de gases-espectrometría de masas realizado en el Instituto Agronómico de Campinas, Sección de Fitoquímica de la Universidad Estatal de Campinas - Brasil (Gráfica 5), y se encuentran listados en la Tabla 2. El aceite esencial de *Satureja boliviana* presenta una composición muy compleja y de la misma fue posible identificar a 18 de los componentes principales de este aceite esencial, los componentes mayoritarios del aceite esencial han sido identificados como: Isomentona (33,61%), Carvacrol (11,14%), Pulegona (9,79%), 1,8-Cineol (9,02%), 1-metil-2-(1-metil)-benceno (9,04%).

**Tabla 2.** Tiempos de Retención (TR) y porcentajes (%) de los principales componentes del a.e. de *S. boliviana*, identificados por CG-EM.

Compuesto	%	Compuesto	%
$\alpha$ -Tujeno	1,35	$\alpha$ -Terpineol	1,00
$\alpha$ -Pineno (3)	1,09	Pulegona (24)	9,79
Sabineno	2,92	Indo bornil acetato	1,53
1-metil-2-(1-metil)-benceno	9,04	Carvacrol (32)	11,14
1,8-Cineol (37)	9,02	Cariofileno	1,00
$\gamma$ -Terpineno	1,04	Epibiciclosquifelandreno	0,97
Isomentona	33,61	Espatulenol	0,43

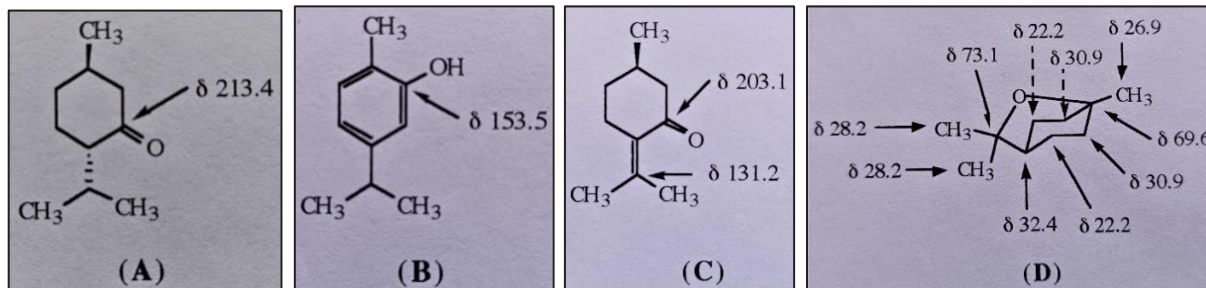
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5. Cromatograma de Gases-Espectrometría de Masas del aceite esencial de *Satureja boliviana*.

Fuente: Elaboración propia

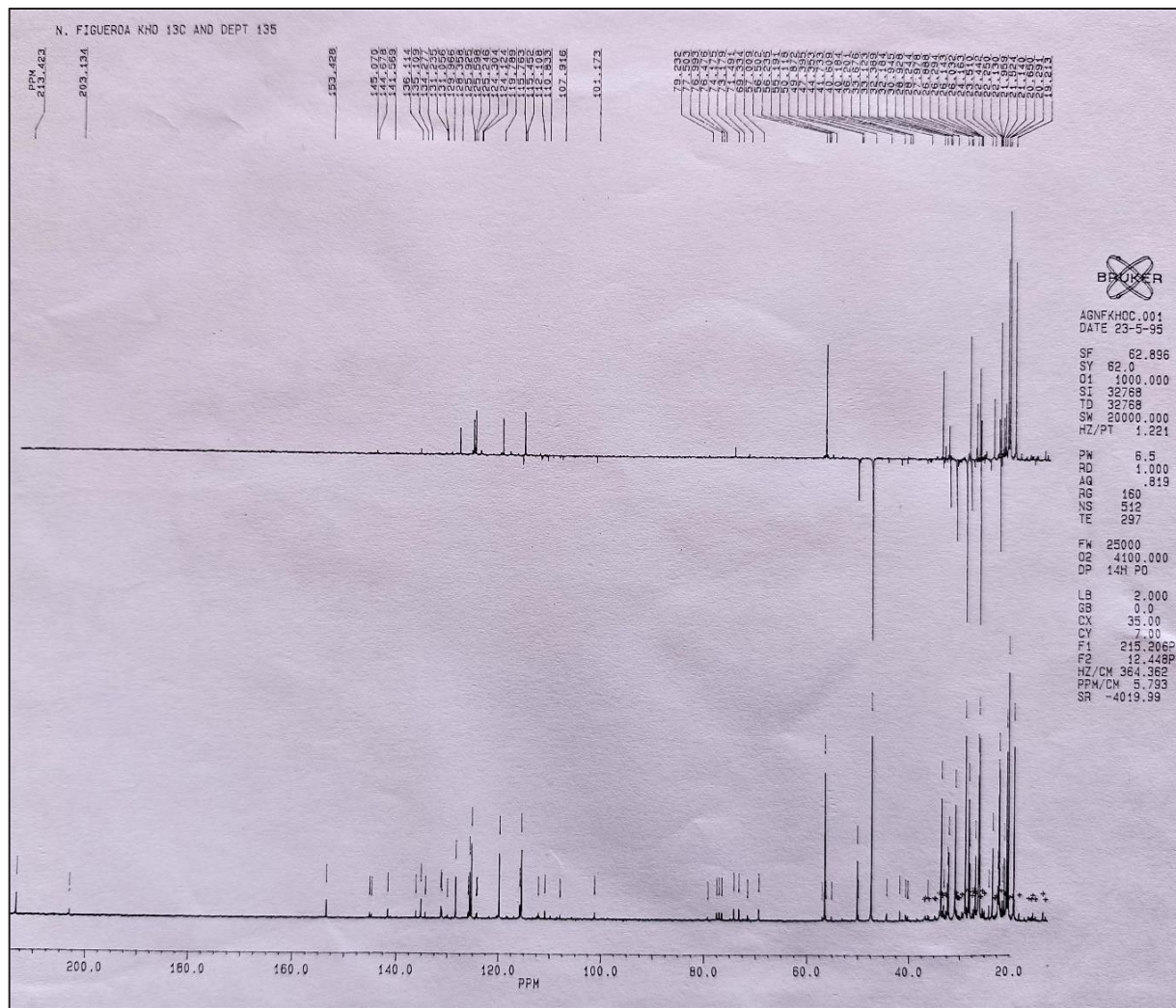
El análisis de RMN (Gráfica 6) habiéndose obtenido los espectros de  $C^{13}$ RMN y DEPT 135, permite asignar los valores correspondientes a los compuestos mayoritarios (Fig. 4.), entre ellos la Isomentona (A), Carvacrol (B), Pulegona (C) y 1,8-Cineol (D) respectivamente.

**Fig. 4.** Asignaciones de  $C^{13}$ RMN y DEPT 135 a las estructuras de la Isomentona (A), Carvacrol (B), Pulegona (C) y 1,8-Cineol (D), obtenidos del aceite esencial de Satureja boliviana.



Fuente: Elaboración propia

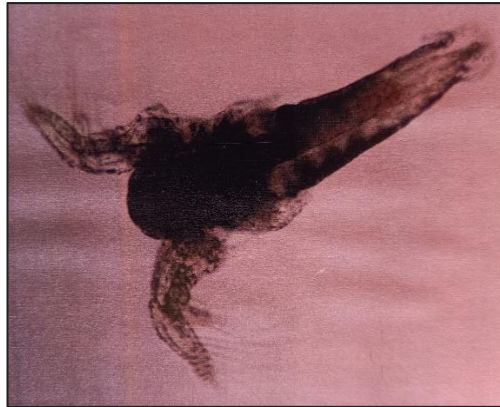
**Gráfica 6.** Espectro de  $C^{13}$ RMN y DEPT 135 del aceite esencial extraído de la *Satureja boliviana*



Fuente: Elaboración propia

Entre las pruebas instrumentales se verifican aspectos altamente coincidentes como ser: en la espectroscopia IR, comparativamente con espectros patrón, las señales del grupo carbonilo corresponden a los compuestos Isomentona y Pulegona principalmente, en cambio la señal del grupo alcohol viene a ser correspondiente al Carvacrol. El hecho de presentar en su composición química a la Isomentona y la Pulegona la hacen muy particular y característica visto los datos referenciales, siendo que comercialmente este quimiotipo tendría mejores perspectivas de mercado; por lo que entonces viene a presentarse como un aceite esencial muy promisorio.

El aceite esencial extraído de la Satureja boliviana presenta además una moderada DL-50 de 90 ppm contra la *Artemia salina*, lo que implicaría potencial actividad insecticida contra plagas agrícolas comunes, es más, en función a conocimientos ancestrales los comunarios emplean la planta entera de la *Satureja boliviana* en forma de sahumeros como insecticida contra piojos, ese tipo de aplicación nos permite inferir que indirectamente se está produciendo la liberación y obviamente el empleo de los aceites esenciales.



### CONCLUSIONES

La investigación realizada a cerca del aceite esencial extraído de la *Satureja boliviana* nos depara abrigar expectativas mayúsculas en su tratamiento posterior dados los resultados obtenidos.

Los aspectos Químico Comerciales presentan que la *Satureja boliviana* tiene un excelente rendimiento (2,20%) en consideración al rendimiento normal esperado y reportado en la bibliografía internacional de este tipo de metabolito secundario que presentan las especies vegetales aromáticas mismo que oscila entre el 0,1 al 1%.

En vista de las características organolépticas presentadas por el aceite esencial de *Satureja boliviana* así como los rendimientos de extracción conseguidos, podemos aseverar que la metodología empleada para la extracción del aceite esencial, Arrastre por Corriente de Vapor de Agua con nuestras modificaciones implementadas (logrando mejor operatividad), es muy eficiente así como óptima lo que nos permite lograr “alto rendimiento del producto obtenido a bajo costo de operación”, con lo que inclusive muy bien podríamos lograr la implementación de una planta piloto de extracción de aceites esenciales a mayor escala, que en caso necesario y/o alternativo derivaría en la transferencia de tecnología.

El aceite esencial de *Satureja boliviana*, en consideración a las determinaciones instrumentales espectroscópicas (UV, IR, CG-EM, RMN) tiene una composición química compleja lo que dificulta principalmente el trabajo de elucidación e identificación de sus componentes, además está el hecho de que al ser una especie vegetal aromática nativa situada normalmente en pisos ecológicos de altura existen factores internos y externos (ej. ambientales, de hábitat, etc.) que influyen demasiado en los quimiotipos que presentan, aspecto que incidiría en dificultades para encontrar parámetros para una estandarización y posterior normalización de los aceites esenciales a nivel nacional.

Los rendimientos de extracción conseguidos, los caracteres organolépticos y los aspectos químicos obtenidos del aceite esencial de *Satureja boliviana* si se acomodan a las indicadas en Normas Internacionales para Aromas y Saborizantes (IRAN-SAIPA-Argentina; CODE de BONS USAGES, IFRA-Francia). Esto vendría a avalar los resultados encontrados y brindarían la confianza necesaria del proceso de investigación realizado.

El aceite esencial extraído de *Satureja boliviana* presenta Toxicidad General con un DL-50 de 90 ppm que se interpretaría como alta a moderadamente tóxica siendo que se puede asociar directamente con actividad insecticida en el entendido que la prueba del Camarón salino es indicativa de alta probabilidad de actividad insecticida.

### CONFLICTO DE INTERES

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés con la presente investigación.

### AGRADECIMIENTOS

Instituto Agronómico de Campinas, Sección de Fitoquímica de la Universidad Estatal de Campinas – Brasil (por la determinación del a.e. en CG-EM).  
Dirección Nacional de Investigación Ciencia y Tecnología - DNICYT

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IIFB; IBBA; IIQ; HNLBP-UMSA; CIBE-UMS, Proyecto “Conservación Ambiental a través de la Valoración Etnobotánica y Etnofarmacológica en Bolivia” financiado por el FONAMA, La Paz Octubre (1993).
- [2] Giraoult Louis, “Kallawaya, Curanderos Itinerantes de Los Andes”, Ed. UNCEF, OPS, OMS, La Paz, (1989).
- [3] Bandoni Arnoldo, Mizrahi Isaac, “Taller: Normalización de Esencias”, del 28 al 30 de Julio, Prog. Agroquímico-CORDECO-UMSS, Cochabamba, (1993).
- [4] Lock de Ugaz Olga, “Investigación Fitoquímica”, Lima, Ed. PUCP, (1995).
- [5] Retamar Juan, “Curso sobre Aceites Esenciales” 1a parte, del 21 al 29 de Oct., FCPN-UMSA, La Paz, (1993).
- [6] Molli José, “Curso sobre Aceites Esenciales” 2a parte, del 15 al 19 de Nov., FCPN-UMSA, La Paz, (1993).
- [7] De Olivera José Vladimir, “Recientes Pesquisas en Extracción Supercrítica No DEQ-UFSC” en Memorias del I Encontro sobre Extração Supercrítica de Produtos Naturais, 23-23 Agosto, UNICAMP, Campinas-Brasil, (1994).
- [8] Meyer B.N., Ferigni N.R., Patnam J.E., Jacobsen L.B., Nichols D.E., Mc Laughlin J.L., “Brine shrimp: a convenient bioassay for active plant constituents”, *Planta Médica*, 45, (1982).
- [9] Pablo Solis, Colin W. Wright, Margareth M. Anderson, Mahabir P. Gupta and J. Davis Phillipson, “A microwell Cytotoxicity assay using *Artemia salina* (Brine shrimp)”, *Journal of Medicinal Plant research*, 59, (1992).
- [10] Perruci et al., “In vitro Antimycotic Activity of Some Natural Products Against *Saprolegnia ferax*”, *Phytotherapy Research*, 9, (1995).

- [11] Villarreal Sosa María Teresa, “Evaluación de la Actividad Antibacteriana de Plantas utilizadas por la Comunidad Raqaypampa, Provincia Mizque-Cochabamba, para su Posible Uso en Enfermedades Diarréicas”, Tesis de Licenciatura en Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales UMSA, (1996).
- [12] Ortiz Morales Mariela del Rosario, “Pruebas Antifúngicas y de Toxicidad General en 100 especies vegetales de la Etnia Chácobo”, Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas UMSA, (1995).
- [13] Balderrama Luisa, “Contribución al estudio Químico de la Satureja boliviana”, Tesis.
- [14] Normalización para Aromas y saborizantes IRAN-SAIPA, Argentina.
- [15] “THE SADTLER”, Standard Spectra, FCPN-UMSA.
- [16] Code Des Bons Usages IFRA, Francia.



**Nelson V. Figueroa Solíz,**  
Licenciado en Bioquímica  
y Farmacia de la Facultad  
de Ciencia Farmacéuticas  
y Bioquímicas –  
Universidad Mayor de San  
Andrés. Diplomado en  
Investigación Científica –  
Universidad Tecnológica  
Boliviana, Diplomado en

Metodología de la Investigación Científica – CEUB-UMSA.

Investigador de la Dirección Nacional de Investigación Ciencia y Tecnología – Escuela Militar de Ingeniería.



**Alberto L. Figueroa Solíz,**  
Licenciado en  
Bioquímica y Farmacia  
de la Facultad de Ciencia  
Farmacéuticas y  
Bioquímicas – UMSA.  
Doctorado en Ciencias  
de la Educación –  
UMRPSFXCH,

Posdoctorado en Investigación, Ciencia y Tecnología UMSA-UNIBREMEN. Docente Investigador Emérito de la Facultad de Agronomía UMSA.