



The Extraction Pressure Affects the Performance,
the Physico-Chemical Characteristics and the
Chemical Compounds of the Essential Oil of
Punamuña (Satureja Boliviana)

Fredy Taípe Pardo, Abel Isaias Barrial Lujan, Nidia García Nauto,
Jaime Laqui Estaña and David Choque Quispe

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

May 15, 2020

La presión de extracción afecta el rendimiento, las características físico-químicas y los compuestos químicos del aceite esencial de punamuña (*Satureja boliviana*)

The extraction pressure affects the performance, the physico-chemical characteristics and the chemical compounds of the essential oil of punamuña (*Satureja boliviana*)

1st Freddy Taype-Pardo*

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional José María Arguedas

Andahuaylas, Apurímac, Perú

 <https://orcid.org/0000-0002-8234-7643>

*Corresponding author

4th Jaime Laqui-Estaña

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Moquegua

Moquegua, Perú

 <https://orcid.org/0000-0002-3036-7175>

2nd Abel Isaias Barrial Lujan

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional José María Arguedas

Andahuaylas, Apurímac, Perú

 <https://orcid.org/0000-0002-2982-6354>

5th David Choque Quispe

Facultad de Ingeniería,

Universidad Nacional José María

Arguedas

Andahuaylas, Apurímac, Peru

 <https://orcid.org/0000-0003-4002-7526>

3rd Nidia Garcia Nauto

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Moquegua

Moquegua, Perú

 <https://orcid.org/0000-0002-6116-3503>

Resumen- Los aceites esenciales se han convertido en parte integral de nuestra vida, cuya extracción puede enriquecer o reducir la presencia de algunos componentes. por esta razón, investigó el efecto de diferentes niveles de presión de extracción (6, 10 y 14 psi) con vapor de agua sobre el rendimiento del aceite, las características físico-químicas y los compuestos químicos para el aceite esencial de punamuña (*Satureja boliviana*). El mayor rendimiento se obtuvo utilizando una presión de extracción de 10 psi (0,38%). La densidad, la acidez, el índice de peróxido y el índice de refracción fueron influenciados significativamente por la presión de extracción. Se identificaron 32 compuestos químicos utilizando las tres presiones de extracción: pulegone, isomentol y menthone a 6 psi; L-menthone, menthone y pulegone a 10 psi; y pulegone, timol y p-mentona a 14 psi. Los aceites esenciales están influenciados por la presión de extracción; aquí se observó que se obtiene un mayor rendimiento y número de compuestos químicos a 10 psi, lo que a su vez también da como resultado características físico-químicas adecuadas, como la densidad, la acidez y el índice de peróxido, que también estarían relacionados con los químicos extraídos del compuesto.

Palabras clave: plantas aromáticas; presión de extracción; aceite esencial; compuestos químicos.

Abstract— Essential oils have become an integral part of our life, the extraction of which can enrich or reduce the presence of some components. For this reason, he investigated the effect of different levels of extraction pressure (6, 10 and 14 psi) with steam on the oil's performance, the physico-chemical characteristics and the chemical compounds for the punamuña essential oil (*Satureja boliviana*). The highest performance was obtained using an extraction pressure of 10 psi (0.38%). Density, acidity, peroxide index and refractive index were significantly influenced by extraction pressure.

Thirty-two chemical compounds were identified using the three extraction pressures: pulegone, isomenthol and menthone at 6 psi; L-menthone, menthone and pulegone at 10 psi; and pulegone, thymol and p-mentona at 14 psi. Essential oils are influenced by the extraction pressure; here it was observed that a higher yield and number of chemical compounds are obtained at 10 psi, which in turn also results in adequate physical-chemical characteristics such as density, acidity and peroxide index that would also be related to the compound's extracted chemicals.

Keywords—Aromatic plants; extraction pressure; essential oil; chemical compounds.

I. INTRODUCCIÓN

La *Satureja boliviana* (perteneciente a la familia Lamiaceae) es una especie de planta originaria de las tierras altas conocidas popularmente como "Khoa", "Muña muña", "syac muña" o "pampa muña" y que crece en el Perú [1], Andes bolivianos y argentinos [2], [3]; [4]; (Viturro et al., 2007) Esta especie ha llamado la atención de la comunidad científica por su antifúngico, antibacteriano [5]; [6]; [7]; [8]; [9] y propiedades antioxidantes, debido a su alta concentración de compuestos fenólicos [10]; Por estas razones, se considera un antioxidante natural con el potencial de aumentar la vida útil de los alimentos [9].

La destilación por arrastre de vapor es el método más común para extraer el aceite esencial de las plantas [11]; [12]; [13]. Este método de extracción se lleva a cabo poniendo un vapor a presión en contacto con las células de la planta para liberar el aceite esencial, atrápándolos posteriormente en el vapor de agua que luego se condensa, recoge y separa. El aceite obtenido mediante este procedimiento es de alta pureza y solo requiere una redistilación para eliminar impurezas y

componentes indeseables que pueden transmitir un olor indeseable [14] Aunque esta técnica de extracción es una de las más utilizadas para extraer aceites esenciales de las plantas, no hay información sobre el rendimiento y los compuestos químicos obtenidos a diferentes presiones de tracción de vapor en condiciones de sobresaturación para el aceite esencial Satureja boliviana.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue investigar el efecto de la presión de extracción en el rendimiento del aceite, las características físico-químicas y los compuestos químicos del aceite esencial de punamuña (Satureja boliviana), recolectados en Apurimac, Perú.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestreo

Las hojas frescas de punamuña (Satureja boliviana) se recolectaron de plantas silvestres correspondientes al período de vegetación (foliación), de marzo a agosto de 2017. El área de recolección se encuentra en una latitud de $13^{\circ} 36' 07.89'' S$ y una longitud de $73^{\circ} 16' 33.13'' O$, más de 3200 metros sobre el nivel del mar (Campanayoc, Yunca alta, Andahuaylas) Apurimac, Perú.

2.2. Extracción de aceites esenciales.

Para obtener el aceite esencial, la materia prima se sometió a un proceso de extracción de arrastre de vapor sobresaturado utilizando equipos diseñados por investigadores de la Universidad Nacional José María Arguedas "Fig. 1", que consta de los siguientes componentes: un generador de vapor; una cámara de extracción hermética con entrada y salida de vapor, donde se depositan las hojas de punamuña; un condensador adaptado al refrigerante; y un vaso florentino (recipiente desmontable que facilita la separación de agua y aceite).

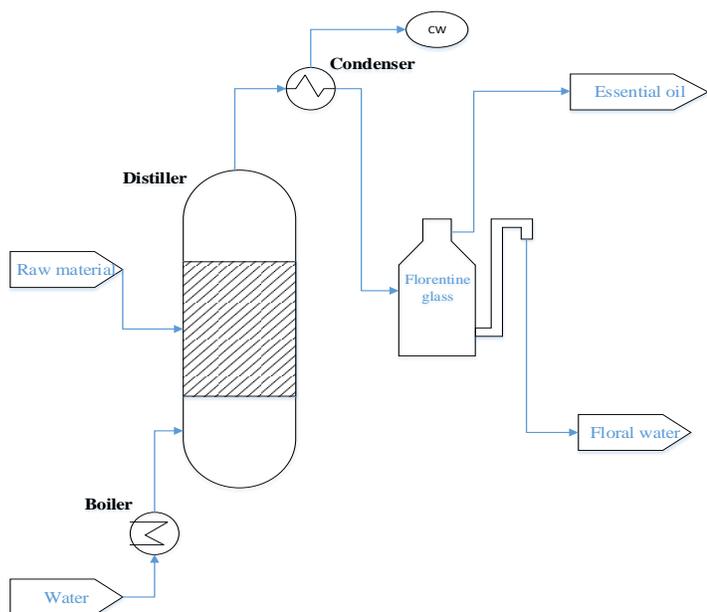


Fig. 1. Esquema del equipo de extracción, adaptado de [15]

Para el proceso de extracción, se agregaron 12 L de agua del grifo al generador de vapor y luego el proceso de extracción se realizó a 6, 10, 14 psi en 2500 g de hojas de punamuña, acondicionado en la cámara de extracción durante $3 \pm 0,5$ h. Para cada nivel de presión, el aceite esencial se separó del agua por decantación, se almacenó en botellas de color ámbar con tapas esmeriladas y se protegió de la luz a temperatura ambiente ($19 \pm 0,6^{\circ} C$) durante 3 meses para su posterior análisis.

2.3. Rendimiento

El porcentaje de rendimiento de aceite esencial (% RAE) se determinó por análisis gravimétrico y volumétrico. Para hacerlo, se pesaron las hojas frescas al inicio y se midió el volumen del aceite esencial obtenido (ml) al final del proceso de extracción. Finalmente, el RAE se calculó usando la ecuación. 1:

$$\% RAE = \frac{v}{w} * 100 \quad (1)$$

Donde % RAE representa el rendimiento de aceite expresado en (% v / w), v es el Volumen de aceite esencial obtenido (ml) y w es el peso de las hojas frescas de punamuña (g).

2.4. Características físico-químicas

Las características físico-químicas se obtuvieron siguiendo las instrucciones citadas en la Norma Técnica Peruana (densidad, índice de refracción% y acidez). Para la determinación de la densidad, expresada en g / ml, los aceites se calcularon en un picnómetro a $20^{\circ} C$ [16]. El índice de refracción se obtuvo utilizando un refractómetro (ABBE, marca Sper Scientific), previamente calibrado con agua destilada. Para esto, primero se colocó una gota de la muestra en el prisma y la lectura se realizó a $20^{\circ} C$ [17] La acidez se determinó mediante valoración, en función de la cantidad de KOH necesaria para neutralizar los ácidos libres contenido en 1 g de aceite esencial [18]. Finalmente, el índice de peróxido se determinó mediante análisis volumétrico; esto consistió en medir la capacidad de los peróxidos para oxidar los iones yoduro de KI y producir yodo que se tituló con tiosulfato de sodio [19].

2.5. Determinación de compuestos químicos por GC / MS

Los compuestos químicos se estimaron por cromatografía de gases, combinando espectrometría de masas (GC / MS - Agilent 6890N) con un detector de espectrómetro de masas Agilent 5975B y un inyector automático Agilent 7683B. Se usó una columna Agilent HP-5MS de fenilmetilsiloxano al 5%, con una temperatura inicial del inyector de $200^{\circ} C$. El volumen de inyección fue de $0,1 \mu l$ de muestra pura, utilizando helio como vehículo gaseoso, a un caudal de 1 ml / min. El programa de temperatura fue el siguiente: la temperatura inicial del horno fue de $60^{\circ} C$ durante 1,0 min, con una velocidad de calentamiento de $5^{\circ} C / min$, y una temperatura final de $240^{\circ} C$, que se mantuvo

durante 3,0 min. El tiempo total de ejecución fue de 36.0 min. Los compuestos oleosos se identificaron según la [20]

2.6. Análisis estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de Tukey para la comparación por pares. Todos los análisis se realizaron a un nivel de significación del 5%. Los compuestos volátiles también se analizaron mediante el análisis de componentes principales (PCA), considerando la matriz de correlación de Pearson [21] El lenguaje R se utilizó para el análisis de datos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Rendimiento

Los rendimientos de aceite esencial de Satureja boliviana obtenidos a diferentes presiones de extracción fueron 0.187 %, 0.38 % y 0.31 % para 6, 10 y 14 psi, respectivamente. Estadísticamente, el mayor rendimiento de extracción se logró a 10 psi; sin embargo, este rendimiento es diferente en cada especie de planta aromática [22]; por ejemplo, en Satureja incana es 0.49 % [23], en Satureja boliviana es 0.27 %, en Satureja parvifolia es 0.57 % (v / w) de muestra fresca [24] y en Satureja spicigera es de 0.9% (p / p) (Eftekhari et al., 2009). Del mismo modo, Sefidkon y

Akbarinia (2009) mencionan que esta diferencia en el rendimiento de la extracción de aceites esenciales varía según el período vegetativo, disminuyendo desde el principio hasta el final de la floración. Además, el aceite esencial de las plantas cultivadas en altitudes más altas (más de 500 metros sobre el nivel del mar) han mostrado rendimientos más altos que los recolectados en altitudes más bajas [25]; Por otro lado, [26], ha mencionado que la presión de extracción óptima en flavedo de mandarina es de 14 psi, con un rendimiento del 0,4%, resultados que concuerdan con los nuestros en que los mayores rendimientos se obtuvieron a presiones de extracción 10 (0,38%) y 14 (0,31%) psi.

3.2. Características fisicoquímicas de los aceites esenciales.

La presión de extracción influyó significativamente en las características físico-químicas del aceite (ver Tabla 1). La densidad del aceite esencial de Satureja boliviana extraído a 10 psi con 0.933 g / mL fue menor que la observada para el aceite extraído a las otras presiones (6 y 14 psi); Esto probablemente se deba a que el aceite tiene un peso específico más bajo, lo que permite la separación de agua y aceite, obteniendo un mayor rendimiento. Resultados similares fueron reportados por [27], con 0.90 g / mL para el aceite esencial Satureja brevicalyx y 0.9816 g / mL para Satureja incana [28].

Tabla 1. Composición fisicoquímica del aceite esencial de Satureja boliviana a diferentes presiones de extracción.

	6 psi		10 psi		14 psi	
Densidad (g / mL)	0.939	± 0.003 ^{AB}	0.933	± 0.002 ^A	0.941	± 0.004 ^B
Acidez (% de ácido oleico)	4.289	± 0.011 ^A	3.319	± 0.008 ^C	4.100	± 0.009 ^B
Índice de peróxido (meq O ₂ / kg EO)	0.839	± 0.005 ^C	0.700	± 0.002 ^A	0.800	± 0.001 ^B
Índice de refracción	1.510	± 0.009 ^A	1.528	± 0.005 ^B	1.535	± 0.003 ^B

Los valores representan medias ± desviación estándar (por triplicado). Diferentes letras en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre las presiones de extracción según la prueba de Tukey con una significancia del 5%. EO: aceite esencial.

Con respecto a la acidez, fue mayor a 6 y 14 psi, pero disminuyó a 10 psi. Esta disminución podría deberse a la menor presencia de ácidos orgánicos, porque la acidez de los aceites esenciales está influenciada por la presencia de ácidos orgánicos de cadena corta que pueden volatilizarse fácilmente y volverse solubles en el aceite esencial [29].

El índice de peróxido para el aceite esencial es mayor a presiones de extracción de 6 y 14 psi. Esto podría deberse a la oxidación de los compuestos de aceites esenciales extraídos a estas presiones, formando hidroperóxidos, que pueden degradarse en una variedad de compuestos secundarios, como cetonas y aldehídos [30]; [31]. Por otro lado, a 10 psi, el índice de peróxido fue menor, lo que puede deberse a la presencia de compuestos antioxidantes extraídos [32]

Sin embargo, el índice de refracción obtenido a las tres presiones de extracción muestra valores por encima del límite

establecido por el Codex Alimentarius [33], que está entre 1.462 y 1.472 a 20 ° C. Asimismo, [27] informó un índice de refracción de 1.475 en el aceite esencial Satureja brevicalyx y 1.487 en Satureja incana [28], ambos valores más altos que el Codex. Es posible que estos valores de índice de refracción, elevados por encima del límite establecido por el Codex, sean causados por la presencia de compuestos oxigenados o alicíclicos extraídos en el aceite esencial (Domínguez, 1973).

Composición química de aceites esenciales.

Se identificaron 32 compuestos químicos en los aceites esenciales Satureja boliviana a las diferentes presiones de extracción (6, 10 y 14 psi), de los cuales 21 compuestos se extrajeron a 6 psi, 28 a 10 psi y 20 compuestos a 14 psi (ver Tabla 2) Además del número de compuestos, las presiones aplicadas en este estudio también influyeron en el contenido de compuestos químicos. Por ejemplo, el pulegón y el β-

cadineno disminuyeron a medida que aumentó la presión de extracción, mientras que el eucaliptol, el linalool, el p-menthone, el α -terpineol y el timol aumentaron ver Tabla 2.

Tabla 2. Reporte GC / MS de compuestos químicos (%) del aceite esencial de Satureja boliviana a diferentes presiones de extracción.

Nº	Compounds	R.T.	6 psi	10 psi	14 psi
1	1-Octen-3-ol	8.38	-	0.233 \pm 0.001	0.542 \pm 0.004
2	β -Pinene	8.43	0.166 \pm 0.027	0.124 \pm 0.001	0.187 \pm 0.002
3	3-Octanol	8.84	-	0.161 \pm 0.001	0.711 \pm 0.102
4	o-Cymene	9.89	-	-	6.588 \pm 0.015
5	D-Limonene	9.93	0.383 \pm 0.110	0.190 \pm 0.00	0.499 \pm 0.007
6	Eucalyptol	10.09	0.331 \pm 0.100	0.961 \pm 0.004	1.140 \pm 0.006
7	γ -Terpinene	10.87	-	0.141 \pm 0.00	4.759 \pm 0.007
8	Linalool	12.02	1.525 \pm 0.007	3.247 \pm 0.006	3.667 \pm 0.012
9	Menthone	13.92	10.864 \pm 0.027	16.419 \pm 0.018	12.500 \pm 0.036
10	Isomenthol	14.26	19.069 \pm 0.051	-	-
11	L-Menthone	14.25	-	19.495 \pm 0.057	1.825 \pm 0.012
12	p-Menthone	14.56	0.208 \pm 0.003	2.094 \pm 0.007	15.044 \pm 0.022
13	α -Terpineol	14.95	0.175 \pm 0.000	0.182 \pm 0.002	0.266 \pm 0.001
14	Pulegone	16.24	32.906 \pm 0.089	15.757 \pm 0.000	17.614 \pm 0.001
15	3-Cyclohexen-1-one. 2-isopropyl-5-methyl	16.76	2.784 \pm 0.014	15.753 \pm 0.023	-
16	Thymol	17.53	0.177 \pm 0.036	1.617 \pm 0.197	16.293 \pm 0.075
17	Eucarbono	18.81	8.987 \pm 0.022	0.139 \pm 0.005	-
18	Biosol	18.09	-	-	1.272 \pm 0.009
19	β -Bourbonene	19.49	-	1.357 \pm 0.005	-
20	Caryophyllene	21.52	6.145 \pm 0.034	0.160 \pm 0.002	4.898 \pm 0.011
21	3.5-Octadiene. 4.5-diethyl-	21.87	\pm	5.508 \pm 0.015	-
22	γ -Muurolene	23.13	0.251 \pm 0.003	0.374 \pm 0.031	-
23	Bicyclogermacrene	23.71	5.175 \pm 0.020	0.430 \pm 0.001	-
24	γ -Elemene	23.94	-	-	6.255 \pm 0.038
25	Naphthalene*	24.10	0.434 \pm 0.003	3.054 \pm 0.002	-
26	β -Cadinene	24.41	1.600 \pm 0.012	0.710 \pm 0.003	0.140 \pm 0.004
27	α -Cadinene	24.49	-	2.900 \pm 0.004	\pm
28	1H-Cycloprop3*	26.01	0.667 \pm 0.002	0.368 \pm 0.039	0.793 \pm 0.007
29	Caryophyllene oxide	26.14	0.671 \pm 0.004	0.462 \pm 0.116	-
30	1H-Cycloprop4*	26.35	-	0.578 \pm 0.002	0.352 \pm 0.002
31	Bicyclo*	27.71	0.798 \pm 0.007	1.515 \pm 0.051	-
32	α -Cadinol	28.39	0.808 \pm 0.056	1.858 \pm 0.007	-

Los valores representan medias \pm desviación estándar (por triplicado). Diferentes letras en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes presiones de extracción (prueba de Tukey, valor $p < 0,05$). Naftaleno: naftaleno, 1,2,4a, 5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1- (1-metiletil) -; 1H-Cycloprop3: 1H-Cycloprop [e] azuleno-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4- metileno-, [1aR- (1a.alpha., 4a.alpha., 7.beta., 7a.beta., 7b.alpha.)] -; 1H-Cycloprop4: 1H-Cycloprop [e] azuleno-4-ol, decahidro-1,1,4,7-tetrametil-, [1aR- (1a.alpha., 4.beta., 4a.beta., 7. alfa., 7a.beta., 7b.alfa.)] -; Bicyclo: Bicyclo [4,4,0] dec-1-eno, 2-isopropil-5-metil-9-metileno.

Para complementar la composición química, se consultó literatura de referencia para crear la Tabla 3, en la cual es posible inferir similitud con los compuestos reportados por otros autores. De acuerdo con esta tabla, los compuestos con los porcentajes más altos fueron pulegone, menthone, isomenthone y timol [2]; [3]; (Senatore et al., 1998); Viturro et al., 2000 ; (Gohari et al., 2005), [34]; [35], Sin embargo, la extracción de estos compuestos podría variar en función de la presión de extracción, como lo demuestran los principales

compuestos extraídos a diferentes presiones: pulegone, isomentol y menthone (6 psi); L-menthone, menthone y pulegone (10 psi); pulegone, timol y p-menthone (14 psi). Por otro lado, se observó que a una presión de extracción de 10 psi, se obtuvo un mayor número de compuestos químicos, en comparación con las otras presiones (ver Figura 3). Del mismo modo, se observó que a las presiones más altas de 10 y 15 psi, se obtienen niveles más altos de compuestos [26]

Tabla 3. Compuestos químicos (%) de aceite esencial de las especies de *Satureja* de diferentes regiones.

Species	Country	Major components	References
<i>Satureja boliviana</i>	Peru	Menthone (54.11), isomenthone (15.12), carvacrol (6.76), isopulegone (5.45), 1.8-cineole (4.20), pulegone (2.22), p-cymene (1.84), linalool (1.77)	(Velasco-Neguerruela <i>et al.</i> , 1994)
<i>Satureja boliviana</i>	Peru	Isomenthone (29.0), menthone (12.6), pulegone (12.6), thyrnol (6.8), p-cymene (4.3), 1.8-cineole (4.2), isopulegone (4.1), bicyclogermacrene (3.0), linalool (3.0)	(Vila <i>et al.</i> , 1996)
<i>Satureja boliviana</i>	Bolivia	Isornenthone (27.0), pulegone (20.0), thymol (14.7), 1.8-cineole (9.8), p-cymene (5.4), spathulenol (2.3)	(Vila <i>et al.</i> , 1996)
<i>Satureja boliviana</i>	Peru	Isomenthone (29.7), menthone (24.2), pulegone (10.7), <i>cis</i> -dihydrocarvon (6.3), thymol (4.5), 1.8-cineole (4.0), p-cymene (3.4), linalool (3.1)	(Senatore <i>et al.</i> , 1998)
<i>Satureja brevicalex</i>	Peru	Menthone (37.5), isomenthone (25.2), pulegone (8.4), <i>cis</i> -dihydrocarvone (5.0), linalool (3.6), 1.8-cineole (2.8), p-cymene (2.3)	(Senatore <i>et al.</i> , 1998)
<i>Satureja boliviana</i>	Argentina	γ -Terpinene (15.4), <i>trans</i> -caryophyllene (10.20), germacrene D, bicyclogermacrene (8.3), 1.8-cineole (7.4), linalool (4.8), <i>trans</i> -pinan-2-ol (3.9), <i>trans</i> - β -ocimene (3.4), δ -cadinene (2.80), p-cymene (2.80)	(Viturro <i>et al.</i> , 2000)
<i>Satureja Mutica</i>	Azarbaijan	Thymol (62.6), p-cymene (9.4), methyl thymol (5.4), carvacrol (6.6), γ -terpinene (3.4), α -copaene (1.7), caryophyllene oxide (1.6)	(Gohari <i>et al.</i> , 2005)
<i>Satureja atropatana</i>	Azarbaijan	Thymol (62.1), p-cymene (6.1), spathulenol (5.2), γ -terpinene (3.3), carvacrol (1.5), hexadecanoic acid (1.4)	(Gohari <i>et al.</i> , 2005)
<i>Satureja bachtiarica</i>	Iran	Thymol (65.1), γ -terpinene (15.0), β -caryophyllene (4.85), p-cymene (4.4), linalool (3.5), borneol (3.05), α -terpipene (1.1)	(Moein <i>et al.</i> , 2012)
<i>Satureja incana</i>	Peru	Germacrene D (25.91), caryofileno (22.10), α -ocimene (12.62), 4(8)-p-menthone (6.73), bicyclogermacrene (4.12), humulene (3.95), caryophyllene oxide (3.08), limonene (2.44)	(Ricaldi and Martínez, 2014)
<i>Satureja briquetii</i>	Morocco	Borneol (27.64), β -bisabolene (9.58), α -pinene (6.97), linalool (6.77), camphene (5.72), α -longipinene (4.24), camphor (3.57), <i>cis</i> - α -bisabolene (3.47), β -pinene (3.25)	(Jennan. <i>et al.</i> , 2018)
<i>Satureja atlantica</i>	Morocco	Piperitenone oxide (24.27), limonene (20.57), pulegone (16.88), <i>cis</i> -piperitone oxide (15.55), menthalone (6.84), borneol (1.83)	(Jennan. <i>et al.</i> , 2018)
<i>Satureja Alpina</i>	Morocco	Pulegone (87.74), α -pinene (2.50), menthone (1.69), <i>trans</i> -isopulegone (1.39), limonene (1.13)	(Jennan. <i>et al.</i> , 2018)

Cabe señalar que los niveles de compuestos disminuyen cada vez que aumenta la presión de extracción, que es directamente proporcional a la temperatura de extracción. Por lo tanto, el punto de ebullición de cada compuesto dependerá de las presiones de vapor más altas (Pavia, 2002). Además, la extracción de estos compuestos está relacionada con la volatilidad, es decir, la facilidad de vaporización de cada compuesto [36].

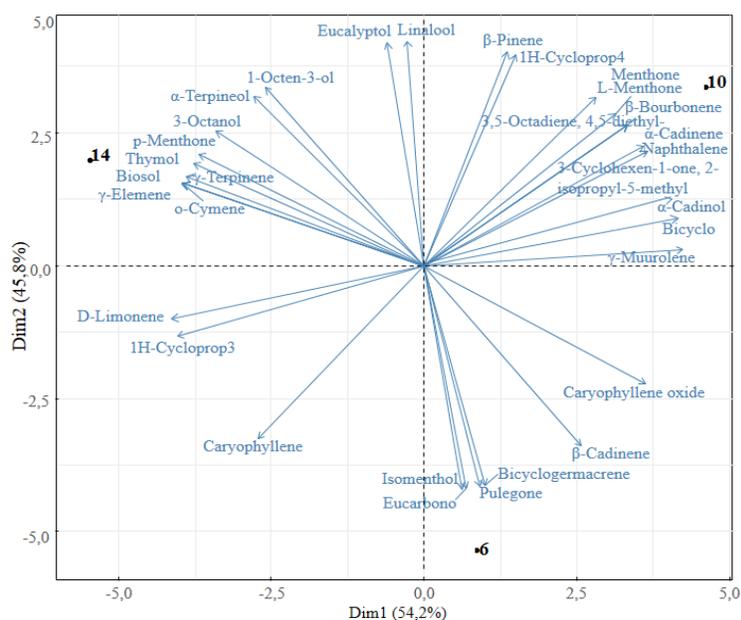


Fig. 2. PCA of chemical compounds of the essential oils of *Satureja boliviana*,

IV. CONCLUSIÓN

El rendimiento de los aceites esenciales varía según las presiones de extracción, lo que indica una relación directa entre ellos, aunque se observó un mayor rendimiento a 10 psi, que presentó índices favorables de densidad, ácido y peróxido. Con respecto a los compuestos químicos del aceite esencial de Punamuña, se obtuvo un mayor número de compuestos químicos a una presión de extracción de 10 psi.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el proyecto - UNAJMA- 2017, de acuerdo con la resolución No. 0233-2017-CO-UNAJMA.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] J. Soukup, "Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y catálogo de los géneros.," Editorial Salesiana 446 pp., Perú, 1987. .
- [2] A. Velasco, G. Esenarro, J. Pérez M and J. L. Esteban, "Essential oil of Satureja boliviana Briq. from Peru," *Journal of Essential Oil Research*, vol. 6, no. 6, pp. 641-642, 1994.
- [3] R. Vila, B. Milo, C. Labbé, O. Muñoz, E. Urrunaga and R. Urrunaga, "Chemical composition of two samples of essential oil of Satureja boliviana (Benth.) Briq from Peru and Bolivia.," *Journal of Essential Oil Research*, vol. 3, no. 8, pp. 307-309, 1996.
- [4] F. Senatore, E. Urrunaga, R. Urrunaga, G. Della and V. De Feo, "Essential Oils from Two Peruvian Satureja Species.," *Flavour and Fragrance Journal*, no. 13, pp. 1-4, 1998.
- [5] D. Azaz, F. Demirci, F. Satil, M. Kurkcuglu and K. Başer, "Antimicrobial activity of some Satureja essential oils. Zeitschrift fur Naturforsch C.," *Journal of biosciences*, vol. 10, no. 57, pp. 817-821, 2002.
- [6] X. A. Domínguez, "Métodos de investigación fitoquímica," Editorial Limusa, México, 280 pp, 1973.
- [7] M. Güllüce, M. Sökmen, D. Deferera, G. Agar, H. Özkan, M. Polissiou, A. Sökmen and F. Şahin, " In vitro antibacterial, antifungal and antioxidant activities of the essential oil and methanol extracts of herbal parts and callus cultures of Satureja," *Journal Agricultura Food Chemistry*, vol. 14, no. 51, pp. 3944-3456, 2003.
- [8] F. K. I. Şahin, M. Gulluce, H. Ogutcu, M. Sengul, A. Adiguzel, S. Ozturk and R. Kotan, "Evaluation of antimicrobial activities of Satureja hortensis L.," *Journal of Ethnopharmacology*, no. 87, pp. 61-65, 2003.
- [9] M. Azimi, M. Naghadehi, F. Moulodi, S. Rohani and M. Khaledabad, "The effects of Satureja hortensis L. essential oil on the growth and survival of Salmonella Typhimorium in minced poultry meat during refrigerated storage," *Journal of Kermansh University of Medical Sciences*, 2018.
- [10] G. Yaldiz and M. Çamlıca, "Antioxidant activities of Satureja hortensis L. essential oil during the flowering period.," *Indian journal of pharmaceutical education and research*, vol. 3, no. 51, pp. 258-261., 2017.
- [11] A. Stratakos and A. Koidis, "Methods for Extracting Essential Oils. In V.R. Preedy (Ed.). Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. San Diego: Irish Academic Press.," pp. Pp. 31-38, 2016.
- [12] G. Montoya, "Aceites esenciales," Editorial Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. 1ra Edición. 74, Colombia, 2010.
- [13] P. Monk, " Physical Chemistry, Understanding our Chemical World, Ed. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, 619 pp.," England. , 2004.
- [14] F. Sefidkon and A. Akbarinia, "Essential oil content and composition of Satureja sahendica Bornm. at different stages of plant growth.," *Journal of Essential Oil Research*, vol. 2, no. 21, pp. 112-114., 2009. .
- [15] D. Choque, F. Taïpe and C. Ligarda, " Obtaining essential oil of punamuña (Satureja boliviana) by steam entrainment under supersaturated conditions. Fenómenos de Transferencia," vol. 1, no. 7, pp. 1-8, 2012.
- [16] NTP and 279 ISO, "Aceites esenciales determinación de densidad y densidad relativa a 20 °C," Lima Perú, 2011.
- [17] NTP and I. 280, "Aceites esenciales, determinación del índice de refracción," Lima, Perú., 2011.
- [18] 3. NTP, "Aceites esenciales, determinación de la acidez," Lima, Perú, 1974.
- [19] D. Firestone and M. Yurawecz, "Chapter 41 - Oils and Fat. In AOAC, Official Method of Analysis. U.S.," p. Pp. 12, 2000.
- [20] K. Lynam, " Potential allergens in aromatherapy oils by GC/MS Using an Agilent J&W DB-XLB Capillary Column," *Agilent Technologies publication*, pp. 5990-5293, 2014.
- [21] E. Saldaña, A. De Olivera, M. Selani, M. Hagiwara, M. De Almeida, R. Siche and C.-C. C., "A Sensometric approach to the development of mortadela with healthier fats. Meat Science," no. 137, pp. 176-190, 2018.
- [22] T. Chacón, H. Gonzáles and G. Cueva, " Characteristics of essential oil obtained by distillation from "Rosewood" (Aniba rosaodora Ducke). Folia Amazónica," Vols. 1-2, no. 15, pp. 5-18, 2006.

- [24] C. Viturro, A. Molina, I. Guy, B. Charles, G. H. and A. Fournet, "Essential oils of *Satureja boliviana* and *S. Parvifolia* growing in the region of Jujuy, Argentina.," *Flavour and Fragrance Journal*, no. 15, pp. 377-382, 2000.
- [25] M. Ghorbanpur and H. J., "Variation of the phytochemical constituents of different individual plants in *Satureja macrosiphonia* Bornm (Labiatae) growing wild in Iran.," *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, no. 3, pp. 720-728, 2017.
- [26] V. Valdez, "Optimización del rendimiento y determinación del contenido de limoneno del aceite esencial de flavedo de mandarina. Tesis de Grado, Universidad San Ignacio de Loyola.," Lima. Perú, 2017.
- [27] M. Carhuapoma, "Composición química, actividad anti-*Helicobacter pylori* y antioxidante del aceite esencial de *Satureja brevicalyx* Epling "Urqu muña". Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.," Lima. Perú, 2007.
- [28] J. Ricaldi and A. Martínez, "Cromatografía de gases–espectrometría de masas de compuestos fitobioactivos del aceite esencial de *Satureja incana*," *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, vol. 4, no. 2, pp. 280-287, 2014.
- [29] J. DeMan, F. Tie and L. deMan, "Formation of short chain volatile organic acids in the automated AOM method," *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 7, no. 64, pp. 993-996, 1987.
- [30] L. T.P. and L. Dugan, "Kinetics of lipid oxidation in foods. C. R. C.," *Critical Reviews in Food Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 355-405, 1971.
- [31] J. Gray, "Measurement of lipid oxidation: a review. J.," *ournal of the american oil chemical society*, no. 55, pp. 539-546., 1978.
- [32] M. Ortega, M. Robles, L. Vasquez, E. Cortez, A. Gonzales, A. Morales and H. Gonzales, "Toxic and Persistent Effect of Oregano's Essential Oil against *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) in Stored Dry Beans," *Southwestern Entomologist*, vol. 39, no. 1, pp. 147-161, 2014.
- [33] C. A. – I. f. standards, "FAO – Food and Agriculture organization of the United Nations. Available in," 1996. [Online]. Available: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/meetings/archives/es/?y=1997&s=1995>.
- [34] M. Moein, F. Karami, H. Tavallali and Y. Ghasemi, "Chemical composition of the essential oil of *Satureja bachtiarica* Bunge. from Iran.," *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 4, no. 8, pp. 277-281, 2012.
- [35] S. Jennan, R. Fouad, A. Nordine, A. Farah, B. Bennani, S. Moja, G. H. and F. Mahjoubi, "Chemical composition and antibacterial screening of aerial parts of essential oils of three *Satureja* species (*Satureja briquetii*, *Satureja atlántica* and *Satureja alpina*) growing wild in the middle atlas Mountains of Morocco .," *Juurnal of Eseeenteal Oil Beraring Plants*, vol. 3, no. 21, pp. 741-748, 2018.
- [36] M. Aftel, "Essence and Alchemy, a book about perfumes. 1era Edición, Rio de Janeiro, Brasil.," p. 256 pp, 2006.
- [37] F. K. I. Şahin, M. Gulluce, H. Ogutcu, M. Sengul, A. Adiguzel, S. Ozturk and R. Kotan, "Evaluation of antimicrobial activities of *Satureja hortensis* L.," *Journal of Ethnopharmacology*, pp. 87: 61-65, 2003.
- [38] A. Gohari, A. Hadjiakhoondi, A. S. E. Shafiee and V. Mozaffarian, "Chemical composition of the essential oils of *Satureja atropatana* and *Satureja mutica* growing wild in Iran.," *Journal of Essential Oil Research*, vol. 1, no. 17, pp. : 17-18, 2005.
- [39] I. Viturro, A. C. Molina, C. Heit, M. A. Elechosa, A. M. Molina and M. A. Juárez, "Valuación de la composición de los aceites esenciales de *satureja boliviana*, *s. odora* y *s. parvifolia*, obtenidos de colectas en tucumán, Argentina," *Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas*, vol. 6, no. 5, pp. 288-289, 2007.