

# VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA COMPOSICIÓN TERPÉNICA DE LA ACÍCULA DE *PINUS PINASTER* AIT.

B. FERNÁNDEZ DE SIMÓN\*<sup>1</sup>, M. C. GARCÍA-VALLEJO<sup>1</sup>, E. CADAHÍA<sup>1</sup>, C. ARRABAL<sup>2</sup>, M. CORTIJO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamentode Industrias Forestales, INIA-CIFOR, Apdo. 8111. 28080 Madrid. Telf: 91-3476783; Fax: 91-3572293; E-mail: fdesimon@inia.es.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Forestal. ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

## RESUMEN

Se determina la variación que experimenta la composición de monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, ácidos grasos y ácidos resínicos de las acículas de *Pinus pinaster* tomadas en dos épocas diferentes del año: verano e invierno. Se han encontrado 147 compuestos diferentes, de los cuales se han identificado 114, 67 de ellos descritos por primera vez en las acículas de esta especie de *Pinus*. Las acículas pueden clasificarse dentro de dos quimiotipos diferentes, especialmente en lo que se refiere a su composición de diterpenos, tanto ácidos como neutros. A lo largo del año la acícula de *P. pinaster* experimenta una variación estacional en su composición terpénica y de ácidos grasos, tanto a escala cuantitativa como cualitativa, y ambos tipos de variaciones están interrelacionadas. Además, esta evolución se produce de un modo particular en cada quimiotipo.

**P.C.:** terpenos, ácidos resínicos, ácidos grasos, *Pinus pinaster*, variación estacional.

## SUMMARY

Variation on monoterpene, sesquiterpene, neutral diterpene, fatty and resin acids composition was determined in needles of *Pinus pinaster*, sampled in two different moments of year: summer and winter. 147 different compounds were found, and 114 were identified, 67 of them described in the first time in needles of this *Pinus* specie. The needles can be classified in two different chemotypes, especially in relation to diterpene composition, both neutral and acids. Throughout the year, the terpenic and fatty acid composition of needles of *P. pinaster* shown a seasonal variation, both quantitative and qualitative, and these two types of variations were in correlation. Moreover, these seasonal variations take place in a peculiar mode in each chemotype.

**K.W.:** terpenes, resin acids, fatty acids, *Pinus pinaster*, seasonal variation.

## INTRODUCCIÓN

En coníferas, tanto las acículas como los tejidos corticales, la madera, las plántulas y las semillas, presentan distintas cantidades de terpenos y ácidos resínicos. Estas cantidades relativas pueden verse influenciadas por la especie, el origen geográfico, y otros factores medioambientales, tanto bióticos como abióticos. De entre los factores abióticos destacan la temperatura, la disponibilidad de agua y la disponibilidad de luz, por lo que pueden sufrir variaciones estacionales relacionadas con estos factores abióticos (CHAPIN *et al.*, 1987; LANGENHEIM, 1994; JOHNSON *et al.*, 1997; SALLAS *et al.*, 1999). Así, por ejemplo, se han encontrado variaciones estacionales en el contenido de monoterpenos, ácidos resínicos y fenoles totales en plántulas de *Pinus sylvestris* (NERG *et al.*, 1994). También las concentraciones de los ácidos resínicos, en las acículas de esta misma especie de *Pinus*, experimentan variaciones durante la estación de crecimiento (BURATTI *et al.* 1990) y las acículas y corteza de plántulas de *P. sylvestris*, *P. nigra* y *P. strobus* experimentan variaciones en las concentraciones de ácidos resínicos durante el crecimiento de las plántulas (TOBOLSKY & ZINKEL, 1987). Además, los ácidos resínicos son significativamente mayores en las acículas expuestas al sol que en las expuestas a la sombra (GREF & TENOW, 1987), habiéndose comprobado que en acículas de plántulas de *P. pinaster*, la biosíntesis de monoterpenos, especialmente  $\alpha$  y  $\beta$ -pineno, está fuertemente influenciada por la disponibilidad de luz, lo que no ocurre con los hidrocarburos diterpénicos,  $\beta$ -cariofileno y  $\alpha$ -humuleno (GLEIZES *et al.* 1980).

Los factores abióticos anteriormente mencionados, deben ser especialmente considerados en las condiciones mediterráneas, que se caracterizan por una marcada estacionalidad y un largo y seco verano con bajas precipitaciones, que coincide con una alta irradiación y una alta temperatura. En este trabajo estudiamos y comparamos los patrones de contenido estacional de terpenos, ácidos grasos y ácidos resínicos en acículas de *Pinus pinaster* en el curso de un año, en condiciones naturales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal.** Todas las muestras se tomaron de ortets y ramets de injertos situados en un banco clonal localizado en Segovia. Los injertos se hicieron seis años antes sobre pies de *P. pinaster* de la misma región, en los que se eliminaron todas las ramas. Acículas de 2 años de edad se recogieron en Junio de 1998 (verano) y en Febrero de 1999 (invierno), en los mismos ortets y ramets. Las acículas se congelaron en el campo inmediatamente a  $-70^{\circ}\text{C}$  con nitrógeno líquido, y se mantuvieron así hasta su análisis.

**Extracción y análisis cromatográfico y estadístico.** La extracción y el análisis cualitativo y cuantitativo de los terpenos neutros y de los ácidos grasos y resínicos en las acículas, se realizaron según lo descrito por FERNÁNDEZ DE SIMÓN *et al.* (2001a). Los datos obtenidos fueron analizados usando el paquete estadístico BMDP. Se realizó un análisis univariante (BMDP P7D), calculando la media y la desviación estándar para cada variable en cada momento del muestreo y en los dos quimiotipos encontrados, incluyendo los test de comparación de medias de Tukey, de Duncan y Student-Newman-Keuls, para un intervalo de confianza del 95%, con el fin de determinar el nivel de significación de las diferencias entre medias, para cada variable. También se utilizó el paquete estadístico SAS, para realizar un análisis multivariante canónico (CAND.SAS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las acículas de *Pinus pinaster* pueden agruparse en dos quimiotipos diferentes, no relacionados con el origen geográfico (FERNÁNDEZ DE SIMÓN *et al.* 2001a). Estos mismos quimiotipos han sido detectados en las muestras estudiadas en este trabajo. En la tabla 1 se muestran los resultados de los análisis globales de cada uno de los grupos de compuestos estudiados, expresados en mg por gramo de acícula. Como puede observarse en esta tabla, en invierno se produce una disminución del contenido, tanto de los componentes neutros como de los componentes ácidos, o del contenido global, respecto a los contenidos de estos mismos compuestos que presentan las acículas en verano. Se confirma, por tanto, que el contenido terpénico de la acícula está sujeto a una variación estacional. Dentro de los componentes neutros, esta variación estacional es especialmente significativa en lo que se refiere al contenido total de monoterpenos, lo que está de acuerdo con lo descrito por la bibliografía (GLEIZES *et al.* 1980; SCHÖNWITZ *et al.*, 1990; NERG *et al.*, 1994). Respecto de los componentes ácidos, no hemos encontrado datos en la bibliografía que hagan referencia a variación estacional de ácidos grasos, aunque sí de ácidos resínicos, y confirman los resultados expuestos aquí por nosotros, en el sentido de que se produce una disminución del contenido global cuando en las condiciones medioambientales se produce una disminución de la temperatura y la disponibilidad de luz, y un aumento de la disponibilidad de agua (GREF & TENOW, 1987; TOBOLSKY & ZINKEL, 1987; BURATTI *et al.* 1990; NERG *et al.*, 1994).

Comparando los resultados obtenidos, en su conjunto, en las muestras de los dos quimiotipos, vemos que la variación estacional presenta algunas diferencias. Así, en las muestras del quimiotipo 1, los componentes que más disminuyen de media son los monoterpenos (66%), seguidos de los ácidos grasos (44%) y resínicos (37%); y sin embargo, en las acículas del quimiotipo 2 son los ácidos grasos (57%) y resínicos (50%) los que más disminuyen, seguidos de los monoterpenos (32%). En el análisis canónico multivariante realizado con las muestras del quimiotipo 1, se obtuvo una función discriminante que explica el 100% de la varianza, con una correlación canónica del 67.12%. Su representación gráfica permite ver que la variación estacional que se produce en la composición química de la acícula no es lo suficientemente importante como para permitir una clara diferenciación entre las muestras recogidas en verano de las recogidas en invierno. Así, aunque la disminución en el contenido de monoterpenos es importante, y son los componentes que más se correlacionan con la

estructura canónica total, se trata de unos compuestos que sólo representan entre el 8 y el 6% del total de componentes estudiados. Por el contrario, la representación gráfica de la función discriminante obtenida para el quimiotipo 2 (100% varianza, 91.93% de correlación canónica total), agrupa las muestras según el momento de muestreo, verano o invierno. Esto se debe a que la disminución que se produce en el contenido de ácidos, tanto grasos como resínicos, es importante, y además estos últimos representan un alto porcentaje del total de componentes estudiados.

Para conocer si estos cambios estacionales en la acícula son cualitativos además de cuantitativos, se ha estudiado la composición individualizada de monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos neutros, ácidos grasos y ácidos resínicos, en verano e invierno, en estas mismas acículas. En total se han detectado 147 compuestos diferentes, de los cuales se han identificado 114 (FERNANDEZ DE SIMÓN *et al.*, 2001b). En las tablas 2 (neutros) y 3 (ácidos) sólo aparecen reflejados los componentes que presentan diferencias significativas en alguno de los dos quimiotipos, entre las muestras tomadas en verano e invierno. Como podemos apreciar, en las muestras del quimiotipo 1 hay un mayor número de componentes, tanto mayoritarios como minoritarios, neutros o ácidos, que presentan diferencias significativas en los test de comparación de medias. De entre todos los componentes estudiados, nos parece interesante destacar que son muy pocos los que experimentan la misma evolución en las muestras de los dos quimiotipos. Así, aumentan significativamente su porcentaje,  $\alpha$ -pineno, neoabietol y el ácido nonadecanoico, y disminuyen significativamente su porcentaje  $\beta$ -pineno y el ácido esteárico. El resto de componentes experimentan una evolución diferente en cada grupo de muestras. En el análisis multivariante canónico aplicado a cada grupo de componentes, se obtiene una función discriminante que explica el 100% de la varianza en todos los casos, y con coeficientes de correlación como mínimo del 80%, y en general del 95%. La representación gráfica de estas funciones discriminantes permite agrupar las muestras según el momento de muestreo en todos los casos, excepto para sesquiterpenos y diterpenos de las muestras del quimiotipo 2.

Podemos concluir por tanto, que la acícula de *P. pinaster* experimenta una variación estacional en su composición terpénica y de ácidos grasos, tanto a escala cuantitativa como cualitativa, y que ambos tipos de variaciones están interrelacionadas. Además, esta evolución se produce de un modo particular en cada quimiotipo.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA) con el proyecto SC97-118-C2-1. Agradecemos al Dr. D. Ricardo Alía y sus colaboradores su ayuda en la recogida de las muestras, y a Dña. Rosa Calvo por su colaboración en el análisis estadístico.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- BURATTI, L., ALLAIS, J.P., GERI, C. & BARBIER, M.; (1990). *Abietane and pimarane diterpene acid evolution in Scots pine Pinus sylvestris needles in relation to feeding of the pine sawfly, Diprion pini L.* Ann. Sci. For. 47, 161-171.
- CHAPIN, F.S., BLOOM, A.J., FIELD, C.B. & WARING, R.H.; (1987). *Plant responses to multiple environmental factors.* BioScience 37, 49-57.
- FERNÁNDEZ DE SIMÓN, B., GARCIA VALLEJO, C., CADAHIA, E., ARRABAL, C. & CORTIJO, M.; (2001a). *Characterization of two chemotypes of Pinus pinaster by their terpene and fatty acids patterns in needles.* Trees (enviado para su publicación)
- FERNÁNDEZ DE SIMÓN, B., GARCIA VALLEJO, C., CADAHIA, E., ARRABAL, C. & CORTIJO, M.; (2001b). *Composición terpénica de la acícula de Pinus pinaster Ait. en monte y banco clonal.* III Congreso Forestal Español. Sierra Nevada.
- GLEIZES, M., PAULY, G., BERNARD-DAGAN, C. & JACQUES, R.; (1980). *Effects of light on terpene hydrocarbons synthesis in Pinus pinaster.* Physiol. Plant. 40, 16-20.
- GRAF, R. & TENOW, O.; (1987). *Resin acid variation in sun and shade needles of Scots pine (Pinus sylvestris L.).* Can. J. For. Res. 17, 346-349.
- LANGENHEIM, J.H.; (1994). *Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles.* J. Chem. Ecol. 20, 1223-1280.

- NERG, A., KAINULAINEN, P., VUORINEN, M., HANSO, M., HOLOPAINEN, J.K. & KURKELA, T.; (1994). *Seasonal and geographical variation on terpenes, resin acids and total phenolics in nursery grown seedlings of Scots pine (Pinus sylvestris L.)* New Phytol. 128, 703-713.
- SALLAS, L., VUORINEN, M., KAINULAINEN, P. & HOLOPAINEN, J.P.; (1999). *Effects of planting on concentrations of terpenes, resin acids and total phenolics in Pinus sylvestris seedlings.* Scand. J. For. Res. 14, 218-226.
- SCHÖNWITZ, R., LOHWASSER, K., KLOOS, M. & ZIEGLER, H.; (1990). *Seasonal variation in the monoterpenes in needles of Picea abies (L.) Karst.* Trees 4, 34-40.
- TOBOLSKY, J.J. & ZINKEL, D.F.; (1987). *Variation in needle and cortex resin acids during shoot development in Pinus sylvestris, P. nigra and P. strobus.* Forest Sci., 4, 785-796.

Tabla 1.- Variación del contenido global de terpenos y ácidos, según la fecha de muestreo (mg/g acícula)

	Quimiotipo 1			Quimiotipo 2		
	verano	invierno	C/SL	verano	invierno	C/SL
	media ± sd	media ± sd		media ± sd	media ± sd	
monoterpenos	3.44 ± 1.16	1.62 ± 0.88	0.85**	2.26 ± 0.85	1.53 ± 0.36	0.55*
sesquiterpenos	3.16 ± 0.89	2.30 ± 1.02	0.55**	3.15 ± 1.20	2.37 ± 0.86	0.40
diterpenos	1.71 ± 0.60	1.20 ± 0.74	0.48*	9.23 ± 3.92	8.41 ± 3.49	0.12
<b>total neutros</b>	<b>8.30 ± 2.17</b>	<b>5.11 ± 1.99</b>	<b>0.80**</b>	<b>14.63 ± 5.55</b>	<b>12.30 ± 4.17</b>	<b>0.26</b>
ácidos grasos	1.88 ± 1.14	1.04 ± 0.26	0.49*	1.26 ± 0.48	0.54 ± 0.16	0.79**
ácidos resínicos	30.41 ± 17.01	18.98 ± 7.43	0.44*	11.58 ± 3.54	5.80 ± 1.54	0.71**
<b>total ácidos</b>	<b>32.30 ± 17.58</b>	<b>20.02 ± 7.57</b>	<b>0.46*</b>	<b>12.84 ± 3.91</b>	<b>6.33 ± 1.66</b>	<b>0.74**</b>
<b>total</b>	<b>40.60 ± 19.18</b>	<b>25.13 ± 9.23</b>	<b>0.52**</b>	<b>27.47 ± 5.16</b>	<b>18.64 ± 4.55</b>	<b>0.67**</b>

C=Correlación canónica; SL= Nivel de significación; \*\*=1%; \*=5%

Tabla 2.- Variación del porcentaje de cada terpeno neutro, según la fecha de muestreo

	Quimiotipo 1			Quimiotipo 2		
	verano	invierno	C/SL	verano	invierno	C/SL
	media ± sd	media ± sd		media ± sd	media ± sd	
<b>Monoterpenos</b>						
α-pineno	33.36 ± 5.28	44.02 ± 7.47	0.75**	35.78 ± 4.83	44.04 ± 4.84	0.76**
β-pineno	41.95 ± 6.22	27.73 ± 9.10	-0.78**	39.13 ± 4.89	29.20 ± 6.57	-0.76**
3-careno	5.04 ± 2.86	2.21 ± 3.04	0.33*	2.45 ± 1.78	4.98 ± 2.93	0.25
trans-ocimeno	0.43 ± 0.19	1.19 ± 0.90	-0.33*	0.82 ± 0.62	1.46 ± 0.78	0.41
terpinoleno	1.34 ± 1.58	1.61 ± 1.22	0.51**	1.31 ± 0.78	1.54 ± 0.93	0.16
acetato de geranilo	0.38 ± 0.22	1.16 ± 0.77	0.48**	0.50 ± 0.20	0.93 ± 0.47	0.38
metil-eugenol	0.38 ± 0.14	0.89 ± 0.57	0.62**	0.37 ± 0.10	0.65 ± 0.35	0.20
feniletilisovalerاناتo	1.03 ± 0.66	3.39 ± 2.84	0.47**	1.70 ± 2.09	2.57 ± 1.10	0.23
<b>Sesquiterpenos</b>						
α-cubebeno	1.01 ± 0.31	1.31 ± 0.35	0.39**	0.48 ± 0.16	0.42 ± 0.13	-0.12
α-ylangeno	0.41 ± 0.12	0.45 ± 0.14	0.28*	0.37 ± 0.17	0.23 ± 0.07	-0.34
cariofileno	20.65 ± 6.57	24.16 ± 7.88	0.22	16.54 ± 2.40	19.00 ± 2.45	-0.47*
β-gurjuneno	1.02 ± 0.28	0.86 ± 0.27	-0.28*	0.82 ± 0.20	0.33 ± 0.11	0.66**
α-amorfenoleno	0.43 ± 0.11	0.35 ± 0.11	0.34*	0.36 ± 0.18	0.40 ± 0.39	-0.12
γ-muurolenoleno	4.86 ± 1.28	6.52 ± 1.89	0.47**	2.98 ± 1.31	3.58 ± 1.39	-0.23
germacreno D	37.16 ± 8.72	26.09 ± 9.59	-0.49**	45.85 ± 6.53	45.93 ± 6.90	-0.01
isolongifoleno	2.17 ± 0.56	3.00 ± 0.77	0.52**	1.39 ± 0.49	1.81 ± 0.82	-0.32
α-muurolenoleno	1.83 ± 0.43	2.19 ± 0.77	0.30*	1.47 ± 0.31	1.92 ± 1.08	-0.28
hidrocarburo sesquiterpénico	0.86 ± 0.21	1.11 ± 0.39	0.39**	0.67 ± 0.21	0.70 ± 0.29	0.07
γ-cadineno	6.14 ± 1.19	7.47 ± 1.90	0.40**	3.92 ± 1.05	3.75 ± 1.22	-0.08
δ-cadineno	7.02 ± 1.75	9.49 ± 2.64	0.49**	4.90 ± 1.83	5.23 ± 2.16	-0.08
cadina-1,4-dieno	0.75 ± 0.20	0.80 ± 0.24	0.33*	0.57 ± 0.15	0.38 ± 0.06	-0.04
α-bisaboleno	0.92 ± 0.34	1.31 ± 0.55	0.32*	0.83 ± 0.40	0.84 ± 0.33	-0.11
τ-cadinol	0.62 ± 0.16	0.93 ± 0.22	0.51**	0.59 ± 0.16	0.58 ± 0.14	0.31

acetato de germacren D-4-ol				5.08 ± 1.65	1.02 ± 0.61	0.86**
acetato de (Z,E)-farnesol	0.32 ± 0.14	0.22 ± 0.11	-0.32*	0.45 ± 0.11	0.41 ± 0.31	0.05
propionato de (Z,E)-farnesol	1.39 ± 0.86	0.56 ± 0.37	-0.29*	5.73 ± 1.51	4.99 ± 1.96	0.22
propionato de (E,E)-farnesol	0.74 ± 0.51	1.11 ± 0.95	0.31*	0.95 ± 0.65	0.92 ± 0.65	0.02
isovalerato de (E,E)-farnesol	2.63 ± 1.08	0.59 ± 0.43	-0.70**	0.41 ± 0.17	1.19 ± 0.71	-0.63
<b>Diterpenos</b>						
19-nor-4,8,11,13-abietatetraeno	1.59 ± 0.57	0.78 ± 0.44	0.51**	0.46 ± 0.13	0.30 ± 0.22	0.43
7,13-abietadieno	0.60 ± 0.14	0.62 ± 0.67	-0.41**	4.68 ± 4.14	7.70 ± 3.55	-0.38
8(14),12-abietadieno	1.23 ± 0.64	0.35 ± 0.32	0.26*	8.47 ± 5.02	12.04 ± 3.67	-0.39
diterpeno oxigenado				0.36 ± 0.08	0.16 ± 0.14	0.80**
19-nor-6,8,11,13-abietate	1.74 ± 0.59	0.65 ± 0.29	0.63**	0.18 ± 0.08	0.19 ± 0.06	-0.07
8,11,13-abietatrieno	2.73 ± 1.00	1.44 ± 0.94	0.50**	3.05 ± 0.67	2.63 ± 0.90	0.27
8,13-abietadieno	7.00 ± 1.73	2.53 ± 2.57	0.72**	34.32 ± 8.62	36.53 ± 9.48	-0.13
8(14),13(15)-abietadieno				5.51 ± 1.85	7.91 ± 1.91	-0.56*
8,15-pimaradien-18-al	4.30 ± 1.15	2.38 ± 1.72	0.55**	0.41 ± 0.19	0.33 ± 0.17	0.24
8(14),11,13(15)-abietatrieno				0.72 ± 0.17	0.29 ± 0.08	0.86**
isopimaral	2.78 ± 1.04	0.79 ± 0.49	0.61**			
alcohol diterpénico	1.09 ± 0.37	5.18 ± 4.18	-0.76**			
levopimaral	5.91 ± 2.99	4.62 ± 2.89	0.18	1.40 ± 0.23	0.33 ± 0.30	0.64**
diterpeno oxigenado	1.04 ± 0.46	0.46 ± 0.20	0.31*	0.60 ± 0.23	0.36 ± 0.38	0.36
abietal+levopimarato+palustrato	15.63 ± 4.17	15.70 ± 3.95	-0.01	3.37 ± 0.98	1.67 ± 0.39	0.77**
isopimarol	0.62 ± 0.35	2.42 ± 1.63	-0.57**	1.08 ± 0.58	0.83 ± 0.52	0.23
neoabietal+imbricataloato	3.47 ± 3.69	4.90 ± 4.07	-0.16	0.42 ± 0.12	0.63 ± 0.24	-0.50*
abietato de metilo	8.43 ± 2.50	4.59 ± 2.31	0.47**	0.44 ± 0.40	1.18 ± 0.67	-0.63**
abietol	0.99 ± 1.54	4.03 ± 3.44	-0.66**	3.15 ± 2.42	1.79 ± 1.22	0.35
diterpeno oxigenado				1.40 ± 0.62	0.13 ± 0.05	0.85**
diterpeno oxigenado	1.37 ± 0.70	1.05 ± 0.79	0.25	0.36 ± 0.15	0.25 ± 0.14	0.20
diterpeno oxigenado	2.80 ± 2.06	1.02 ± 0.83	0.33*	0.17 ± 0.09	0.35 ± 0.11	-0.14
neoabietato de metilo	5.42 ± 3.53	5.69 ± 2.89	-0.03	1.82 ± 0.98	0.16 ± 0.11	0.78**
neoabietol	1.59 ± 1.86	1.98 ± 1.23	-0.62**	0.65 ± 0.29	1.16 ± 0.36	-0.64**

C=Correlación canónica; SL= Nivel de significación; \*\*=1%; \*=5%

Tabla 3.- Variación del porcentaje de cada ácido (como ésteres metílicos), según la fecha de muestreo.

	Quimiotipo 1			Quimiotipo 2		
	verano	invierno	C/SL	verano	invierno	C/SL
	media ± sd	media ± sd		media ± sd	media ± sd	
<b>Ácidos grasos</b>						
Laúrico C <sub>12:0</sub>	2.81 ± 2.48	1.97 ± 1.22	0.23	1.07 ± 0.75	1.98 ± 0.92	-0.70**
Pentadecanoico C <sub>15:0</sub>	1.58 ± 0.81	1.03 ± 0.86	-0.02	3.55 ± 0.55	1.89 ± 1.03	0.73**
Palmítico C <sub>16:0</sub>	11.54 ± 7.43	10.88 ± 3.02	-0.03	30.23 ± 5.71	20.67 ± 3.01	0.75**
Linoleico C <sub>18:2 (9,12)</sub>	3.03 ± 2.56	7.36 ± 4.37	0.57**			
Octadecenoico C <sub>18:1 (10)</sub>	10.13 ± 4.50	20.34 ± 7.87	0.69**			
Oleico C <sub>18:1 (9)</sub>	13.26 ± 13.4	10.39 ± 10.4	-0.04	10.98 ± 5.78	19.56 ± 8.43	-0.53*
Estearico C <sub>18:0</sub>	23.73 ± 9.69	11.76 ± 4.65	-0.52**	22.83 ± 6.38	14.28 ± 5.80	0.60**
Nonadecenoico C <sub>19:1 (9)</sub>	0.96 ± 0.56	4.90 ± 2.32	0.89**			
Nonadecanoico C <sub>19:0</sub>	0.97 ± 0.75	1.82 ± 0.80	0.50**	3.16 ± 1.07	3.65 ± 0.85	-0.58*
Behénico C <sub>22:0</sub>	8.19 ± 6.04	1.46 ± 1.97	-0.49**	3.35 ± 1.76	5.07 ± 4.36	-0.40
<b>Ácidos resínicos</b>						
Seco I*	0.16 ± 0.17	0.31 ± 0.30	0.30*			
secodehidroabiético isómero	0.17 ± 0.17	0.35 ± 0.32	0.36**			
anticopálico isómero				5.83 ± 2.60	8.91 ± 1.48	0.61**

anticopálico isómero				1.79 ± 0.89	2.95 ± 0.79	0.59*
levopimárico + palústrico	26.67 ± 8.25	35.80 ± 6.38	0.47**			
dehidroabiético	6.02 ± 1.69	4.76 ± 1.29	-0.34*	2.95 ± 1.06	3.23 ± 1.75	0.10
ácido resínico	0.24 ± 0.15	0.28 ± 0.20	0.48**			
imbricataloico	11.71 ± 5.55	7.15 ± 6.06	-0.34*	0.87 ± 0.77	0.29 ± 0.21	-0.41
ácido resínico				0.39 ± 0.14	0.14 ± 0.10	-0.74**
neoabiético	22.99 ± 6.44	28.23 ± 6.26	0.35*	4.07 ± 3.85	2.08 ± 0.60	-0.35
dimetildihidroagatato	0.93 ± 0.49	0.64 ± 0.62	-0.30*	0.84 ± 0.37	0.55 ± 0.29	-0.27
Hidroxiresínico (M <sup>+</sup> 334)	0.89 ± 0.59	0.50 ± 0.72	-0.39**			
Metoxiresínico (M <sup>+</sup> 346)	0.98 ± 0.95	1.67 ± 0.56	0.38**			
Oxohidroxidehidroabietico	3.32 ± 1.71	0.53 ± 0.52	-0.60**			
Hidroxiabietico (M <sup>+</sup> 332)	0.82 ± 0.67	0.29 ± 0.13	-0.36*			
Hidroxidehidroabietico	0.50 ± 0.42	0.11 ± 0.09	-0.37**			
Oxoresínico (M <sup>+</sup> 328)	1.09 ± 0.51	0.12 ± 0.09	-0.68**			
15-hidroxidehidroabietico	2.46 ± 1.75	0.08 ± 0.06	-0.56**			
Dihidroxiresínico (M <sup>+</sup> 348)	1.42 ± 0.87	0.05 ± 0.03	-0.61**			
Dihidroxiresínico (M <sup>+</sup> 348)	1.39 ± 0.81	0.04 ± 0.05	-0.49**			

\*2 $\alpha$ -[2'(m-isopropilfenil)etil]-1 $\beta$ .3 $\alpha$ -dimetil-ciclohexancarboxílico; C=Correlación canónica; SL= Nivel de significación; \*\*=1%; \*=5%