

## Potencialidad para producción de aceites esenciales en especies de *Eucalyptus* cultivadas en Uruguay

Mantero, C.<sup>1</sup>; García, C.<sup>2</sup>; Rodríguez, P.<sup>2</sup>; Escudero, R.<sup>1</sup>; Priore, E.<sup>3</sup> y Menéndez, P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Producción Forestal y Tecnología de la Madera, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Gral. E. Garzón 780 Montevideo, Uruguay.

<sup>2</sup> Cátedra de Farmacognosia, Facultad de Química, Universidad de la República.

<sup>3</sup> Departamento de Biometría, Estadística y Computación, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Correo electrónico: cmantero@fagro.edu.uy

Recibido: 17/11/07 Aceptado:26/12/07

### Resumen

Se estudió el rendimiento en aceite esencial y el porcentaje de 1,8-cineol de nueve especies y subespecies de *Eucalyptus* cultivadas en Uruguay. Entre las especies con mayor área de cultivo y buen potencial para producción de aceites esenciales se estudiaron además posibles fuentes de variación sobre las variables relacionadas con la producción. Los resultados muestran que las tres subespecies de *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. smithii*, *E. badjensis* y *E. bosistoana* son promisorias para la producción de aceites esenciales, con un porcentaje de rendimiento en aceite igual o mayor al 1,00 % y porcentaje de 1,8-cineol superior al 75 %. Entre las tres subespecies de *E. globulus*, las fuentes de variación año de cosecha, localización geográfica, tipo de hojas, estación de cosecha y subespecie fueron estadísticamente significativas para algunas variables relacionadas con la producción de aceites esenciales.

**Palabras clave:** eucalyptol, 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno, hojas y ramillas

### Summary

## Essential oil production potential for uruguayan grown *Eucalyptus* species

Essential oil yield and 1,8-cineole percentage were studied for nine Uruguayan grown *Eucalyptus* species and subspecies. Within the more cultivated species with good potential for essential oil production, possible sources of variation of variables related to oil production were studied. Results show that three subspecies of *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. smithii*, *E. badjensis* y *E. bosistoana* are promising for essential oil production, with essential oil yield equal or higher than 1.00 % and 1,8-cineole percentage higher than 75 %. Within the three subspecies of *E. globulus* the sources of variation harvest year, geographic situation, leaf type, harvest season and subspecies, were statistically significant for some essential oil production related variables.

**Key words:** eucalyptol, 1,8-cineol  $\alpha$ -pinene, leaves and branchlets

### Introducción

Hasta el año 1988, la silvicultura de plantaciones en Uruguay se limitaba a unas 31 mil hectáreas plantadas (17 mil hectáreas de eucaliptos, 11 mil con pinos y 3 mil con otras especies menores). En la actualidad, la superficie de bosques, naturales e implantados, se estima en 1.350.000 hectáreas (7,7 % de la superficie total del país) (Torres y Fossati, 2004).

La industria forestal al amparo del marco promocional de 1987 se orientó principalmente hacia *Eucalyptus* (74 % del área forestada corresponde a este género), siendo la especie más utilizada el *Eucalyptus globulus*, la cual pasó de 90 hectáreas en 1975 a 249.544 hectáreas en el 2002 (MGAP, 2005).

Esta industria se dedica a la producción para usos como madera sólida y para la obtención de pulpa

celulósica para la industria del papel, sin realizar un aprovechamiento global de los residuos, en especial de hojas, ramas y ramillas que quedan abandonadas en el suelo. Las hojas de *Eucalyptus* son ricas en aceites esenciales (Clark y Cameron, 2000) que se pueden obtener fácilmente a partir de las mismas por un proceso de destilación por arrastre con vapor (FAO Forestry Department, 1995; Bruneton, 1995).

Estos aceites tienen una reconocida acción bacteriostática y bactericida (Dellacassa *et al.*, 1989) así como también alelopática (Romagni *et al.*, 2000) por lo que su extracción antes de volver las hojas al suelo constituye una práctica ecológicamente recomendable.

Los aceites de *Eucalyptus* se clasifican en el mercado en tres grupos de acuerdo a su composición y uso final: medicinal, industrial y perfumería. De éstos el más importante por el volumen de producción y comercialización es el medicinal, caracterizado por su alto contenido en 1,8-cineol con un mínimo de 80 % (Coppen y Hone, 1992).

El 1,8-cineol es el éter monoterpénico bicíclico 1,3,3-trimetil-2-oxabicyclo[2.2.2]octano conocido vulgarmente como eucalyptol, o simplemente como cineol. Este compuesto se halla en una concentración aproximada del 70% en la esencia del *E. globulus*, lo que hace a este aceite el más utilizado para la producción comercial de esta molécula (Clark y Cameron, 2000).

El desarrollo de las plantaciones de las especies estudiadas en este trabajo es diferente; *E. grandis* y las tres subespecies de *E. globulus* son recomendadas por la ley forestal y por consiguiente son los eucaliptos más plantados en el país. Estas especies fueron muestreadas, en tres zonas del territorio, en dos años distintos y dos estaciones de cosecha.

*E. dunnii* y *E. viminalis*, especies utilizadas por su mayor tolerancia a heladas para resolver problemas silviculturales de las plantaciones, ocupan una superficie importante en algunas de las zonas forestales de mayor desarrollo. En este trabajo se tomaron muestras para conocer su potencialidad y estudiar algunos de los componentes del rendimiento en aceite esencial y el porcentaje de 1,8-cineol.

El resto de las especies estudiadas no siempre están presentes en todas las zonas y ocupan escasa superficie. Se encuentran plantadas en ensayos de introducción de especies y han mostrado buen desempeño en otras características productivas, fueron colectadas para tener una idea de su potencialidad para la producción de aceites esenciales.

La producción de esencia de eucalipto puede hacerse a partir de residuos generados durante la cosecha y los tratamientos silviculturales intermedios realizados para otros destinos industriales o partiendo de plantaciones especialmente diseñadas para esta producción. Para este trabajo se supone que la primera posibilidad es la que tiene mayor probabilidad de desarrollo inmediato en el país, por lo cual se incluyó en la muestra material de plantaciones comerciales con material de varios árboles por plantación.

Se plantea el estudio sistemático de la obtención del aceite esencial de hojas de *Eucalyptus*, la determinación del porcentaje de 1,8-cineol y  $\alpha$ -pineno en el aceite y la influencia de diversas variables sobre la producción del aceite y el rendimiento en 1,8-cineol.

## Materiales y métodos

### Material vegetal

Se estudiaron 9 especies o subespecies: *Eucalyptus badjensis* Beuzev & Welch; *Eucalyptus bosistoana* F. Mueller; *Eucalyptus dunnii* Maiden; *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* Labill; *Eucalyptus globulus* ssp. *bicostata* (Maiden, Blakely et Simmonds) Kirk; *Eucalyptus globulus* ssp. *maidenii* (F. Mueller) Kirk.; *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden); *Eucalyptus smithii* R. T. Baker; *Eucalyptus viminalis* Labill.

Las muestras fueron compuestas por follaje de al menos cinco árboles en cada plantación. Las muestras de hojas y ramillas fueron colectadas y guardadas en bolsas plásticas a 4°C previo a la extracción.

En las plantaciones de las tres subespecies de *E. globulus*, se cosechó por separado follaje juvenil y follaje adulto de manera de estudiar la influencia de esta variable sobre la producción de aceite.

Las zonas donde se cosecharon las hojas fueron: zona Norte (Rivera y Tacuarembó); zona litoral Oeste (Paysandú y Río Negro); zona Sur – Este (Montevideo, Maldonado, Lavalleja y Colonia).

Las épocas de cosecha fueron: una estación fría, entre los meses de mayo y setiembre, y una caliente en los meses restantes.

### Extracción de aceites

Las hojas y ramillas, fueron destiladas por arrastre con vapor exógeno en un aparato de vidrio durante dos horas. El agua condensada con el aceite fue extraída tres veces con  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ . Este extracto se secó sobre  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y el  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  fue removido por destilación bajo

presión reducida. De cada muestra se realizaron dos extracciones y se tomaron las medias como valores para los análisis posteriores.

#### Condiciones cromatográficas

Se utilizó para el análisis de los aceites un cromatógrafo de gases Shimadzu GC6-AM equipado con FID y para procesar los datos un software EZ-Chrom.

Se usaron dos columnas capilares, una SE-52 (30 m x 0.32 mm d.i, 0,45  $\mu$ m *film*, Mega, Legnano, Italy) y otra Carbowax 20M (25 m x 0.32 mm d.i., 0.25  $\mu$ m *film*, Ohio Valley, USA). El programa de temperaturas utilizado fue 60° C, 8 minutos; 60° C - 210° C, a 3° C/min; Temperatura del inyector: 240° C, temperatura del detector: 250° C. Gas portador: H<sub>2</sub> 0,50 kg/cm<sup>2</sup>; sistema de inyección: split; (1:50) y volumen inyectado: 0.2  $\mu$ l de aceite.

#### Condiciones de GC-MS

Los análisis de GC-MS del aceite se realizaron usando un Shimadzu QP5050 en las mismas condiciones mencionadas anteriormente. Se utilizó como gas portador He, un voltaje de ionización 70eV y T. interfase: 250° C.

#### Identificación y cuantificación

La identificación se realizó mediante comparación de los tiempos de retención con estándares e índices de Kovats, y por comparación de los espectros de masa con bibliotecas de espectros (Adams, 2001).

#### Análisis de datos

Las variables analizadas fueron porcentaje de rendimiento en aceite esencial, porcentaje de 1,8-cineol y  $\alpha$ - pineno.

El porcentaje de rendimiento de aceite esencial se calculó como el cociente entre el peso de aceite extraído y el peso del material vegetal fresco; el porcentaje de 1,8-cineol se calcula como porcentaje de área en el GC.

Se analizaron los datos con el procedimiento GLM del SAS 1996. Para las tres subespecies de *E. globulus* se hizo el análisis de varianza con subespecie, año de cosecha, estación de cosecha, localización geográfica y tipo de hoja como fuentes de variación. En los casos en que los efectos fueron significativos se hicieron pruebas de comparación de medias ajustadas PDIFF.

#### Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan los resultados de rendimiento en aceite, porcentaje de 1,8-cineol, y  $\alpha$ -pineno para las especies y subespecies que fueron estudiadas.

El menor rendimiento de aceite se obtuvo con el *E. grandis* (0,27 %). Los datos bibliográficos de esta especie muestran un amplio rango ya sea respecto al rendimiento en aceite como en la concentración de 1,8-cineol. En los datos anteriormente reportados para Uruguay (Dellacassa *et al.*, 1990) el rendimiento en aceite fue de 0,06 % y el 1,8-cineol fue el componente mayoritario con 18 %. El 1,8-cineol fue encontrado como

**Cuadro 1.** Rendimiento en aceite, porcentaje de 1,8-cineol y  $\alpha$ -pineno.

Especie	n	Rendimiento		% 1,8- cineol media	Desvío	% $\alpha$ -pineno media	Desvío
		medio en aceite %	Desvío				
<i>Eucalyptus badjensis</i>	2	1,25	0,78	85,95	4,03		
<i>Eucalyptus bosistoana</i>	1	1,00	-	82,80	-		
<i>Eucalyptus dunnii</i>	4	0,30	0,08	65,15	9,78		
<i>Eucalyptus globulus</i> <i>ssp.bicostata</i>	6	0,88	0,17	87,33	4,11	3,32	1,43
<i>Eucalyptus globulus</i> <i>ssp.globulus</i>	10	1,05	0,48	76,24	8,28	7,64	2,37
<i>Eucalyptus globulus</i> <i>ssp.maidennii</i>	8	1,4	0,32	78,3	8,65	5,86	2,45
<i>Eucalyptus grandis</i>	4	0,27	0,07	16,60	3,16		
<i>Eucalyptus smithii</i>	2	1,05	0,64	77,70	-		
<i>Eucalyptus viminalis</i>	4	1,23	0,43	79,95	6,34		

componente mayoritario en Australia (Boland *et al.*, 1991) y Turquía (Azcan *et al.*, 1994). También hay reportes donde los componentes mayoritarios son el  $\alpha$ -pineno (Dethier *et al.*, 1994), el p-cimeno (Menut *et al.*, 1992) o  $\alpha$ - y  $\beta$ -pineno (Dagne, *et al.*, 2000). En general el 1,8-cineol es mayoritario pero no en alta concentración. En Nigeria, reportan una esencia con 0 % de 1,8-cineol y como componente mayoritario el  $\alpha$ -pineno (Ogunwande *et al.*, 2003), lo cual coincide con el reporte de *E. grandis* creciendo en Burundi (Dethier *et al.*, 1994).

*E. dunni* dio bajos rendimientos en aceite (0,30 %). En Australia encontraron una variación de 0,9 a 2,1 % (Boland *et al.*, 1991). Respecto al porcentaje en 1,8-cineol (65,15 %) es similar al encontrado en Brasil donde se reporta 63,16 % de 1,8-cineol (Ming *et al.*, 1995) pero superior al informado en Australia con una variación de 30 a 50 % (Boland *et al.*, 1991).

Para *E. viminalis* tanto el rendimiento de aceite como el porcentaje de 1,8-cineol fueron altos (cuadro 1). En Australia se informa 1,05 a 1,6 % de rendimiento en aceite y 63,73 % de 1,8-cineol (Boland *et al.*, 1991). También se encuentran reportados porcentajes menores de 1,8-cineol (23 %) (Ming *et al.*, 1995). En un estudio anteriormente realizado en Uruguay, se reporta de un 43,6 % de 1,8-cineol y un rendimiento en aceite de 0,44% (Dellacasa *et al.*, 1990).

*E. smithii* dio un rendimiento medio de aceite de 1,05 % con 77,7 % de 1,8-cineol, datos que se asemejan a los obtenidos en Rwanda (Chalchat *et al.*, 1997).

*E. bosistoana* tuvo un rendimiento en aceite de 1% y un porcentaje de 1,8-cineol de 82,8 %. Holeman (1987) reportó un rendimiento en aceite de 1,47 % y 60 % de 1,8-cineol, mientras que Zrira (1996) informa una variación del rendimiento en aceite de 3,7 a 4,2 % (medido en base seca) y del porcentaje de 1,8-cineol de 71,9 % a 79,2 % entre los meses de 1989 en Marruecos.

Con el *E. badjensis* se obtuvo un rendimiento de aceite del 1,25 % y un porcentaje de 1,8-cineol de 85,95 %. En Australia se informó para esta especie un rendimiento en aceite de 2,8 % y 70 % de 1,8-cineol. (Boland *et al.*, 1991).

Del cuadro 1 se desprende que las tres subespecies de *E. globulus* y *E. viminalis*, son las más promisorias para la producción comercial de 1,8-cineol, entre las especies que cubren un área importante en las zonas forestales del país. *E. viminalis* solo es abundante en parte del departamento de Colonia y en Soriano. Dada la abundancia de las plantaciones de las tres subespecies de *E. globulus* en todas las zonas forestales, se decidió estudiar para las tres subespecies la variabilidad exis-

tente entre algunas de las variables de producción y se afinó el estudio de la composición del aceite, agregando el porcentaje de  $\alpha$ -pineno.

Los rendimientos en aceite de las tres subespecies en conjunto varían entre 0,88 % y 1,4 % mientras el porcentaje de 1,8-cineol lo hace entre 76,24 y 87,33 %. La variación reportada en Australia para las tres subespecies es entre 1 % y 2,8 % para rendimiento en aceite y entre 33 % y 70 % en porcentaje de 1,8-cineol (Boland *et al.*, 1991).

Son varios los factores citados como fuentes de variación en la composición y rendimiento de aceites esenciales de los eucaliptos: la variabilidad genética, el tipo y edad de las hojas, la influencia de factores ambientales, los tratamientos silviculturales y la forma de ejecución del muestreo y análisis del aceite. (Boland *et al.*, 1991; Vitti y Brito, 2003; Zrira y Benjilali, 1996; Chalchat *et al.*, 1995; Viturro *et al.*, 2003; Mandal *et al.*, 2001).

Es claro que al intentar medir la influencia de factores ambientales, existe una intrincada red de variables que pueden incidir y sobre las cuales no hay mucha información disponible. Se intentó medir la influencia de algunas variables con repercusión directa en la producción comercial y las decisiones de cosecha. Se hizo análisis de varianza para rendimiento en aceite, porcentaje de 1,8-cineol y porcentaje de  $\alpha$ -pineno para las tres subespecies de *E. globulus* con: "año de cosecha, subespecie, estación de cosecha, localización geográfica y tipo de hoja" como fuentes de variación y en los casos de efectos significativos se hizo comparación de medias obteniéndose los resultados que se muestran en los cuadros 2 a 8. Medias seguidas de letras diferentes son estadísticamente distintas ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 2.** Comparación de medias de rendimiento en aceite según estación de cosecha para tres subespecies de *E. globulus*.

Estación	Rendimiento medio (%)
Fría	2,00 A
Cálida	0,87 B

Se encontró efecto significativo ( $p < 0,05$ ) de estación de cosecha, subespecie y localización sobre el rendimiento en aceite.

Boland y colaboradores (1991) encontraron para *E. globulus* ssp. *bicostata* rendimientos en aceite de 1,7 a 2 % en muestras de Victoria y de 1 a 1,5 % en material colectado en Urriara. Las muestras generales dieron una variación de 33 % a 65 % y las de Urriara 72 % a 80 %

**Cuadro 3.** Comparación de medias de rendimiento en aceite, porcentaje de 1,8 - cineol y porcentaje de  $\alpha$ - pineno según subespecie de *E. globulus*.

Subespecie	Rendimiento medio (%)	Media de 1,8 cineol (%)	Media de $\alpha$ - pineno (%)
<i>maidenii</i>	1,73 A	76.04 B	6,26 A
<i>globulus</i>	1,45 AB	73.18 B	8.87 B
<i>bicostata</i>	1,13 B	84,42 A	4.44 A

de 1,8- cineol. Los mismos autores, reportan para *E. globulus* ssp. *globulus*, rendimientos en aceite de 1,4 % a 2,4 % (base fresca) en muestras de Victoria y en muestras tomadas en Tasmania 4,6 % (base seca) para hojas juveniles y 3,8 % para hojas adultas. El porcentaje de 1,8-cineol fue 69,1 % para las muestras de Victoria y en las de Tasmania 51,9 % y 46,8 % para hojas juveniles y adultas respectivamente. En el caso de *E. globulus* ssp. *maidenii* reportan rendimiento en

**Cuadro 4.** Comparación de medias de rendimiento en aceite según localización geográfica para tres subespecies de *E. globulus*.

Localización	Rendimiento medio (%)
Norte	2,08 A
Sur	1,32 B
Litoral	0,91 B

**Cuadro 5.** Comparación de medias de porcentaje de 1,8-cineol según año para tres subespecies de *E. globulus*.

Año de cosecha	Media de 1,8 cineol (%)
2001	84.69 A
2000	71.07 B

**Cuadro 6.** Comparación de medias de porcentaje de  $\alpha$ -pineno según año.

Año	Media de $\alpha$ -pineno (%)
2000	8.82 A
2001	4.23 B

aceite de 2,2 % a 2,8 % y porcentaje de 1,8-cineol de 46 % a 70 %.

Se encontró efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de estación de cosecha, subespecie y localización sobre el rendimiento en aceite.

La estación de cosecha fría dio medias de rendimiento en aceite mayores que la cálida. En Marruecos encontraron que el rendimiento en aceite de *E. globulus* ssp. *globulus* y *E. globulus* ssp. *maidenii* era dependiente de la época de cosecha, pero los mayores rendimientos se daban durante la estación más cálida (Zrira y Benjilali, 1996). Las combinaciones entre humedad y temperatura de las distintas estaciones del año son diferentes en las distintas localizaciones donde se estudió su influencia sobre el rendimiento en aceite.

La media de rendimiento en aceite de *E. globulus* ssp. *maidenii* se diferenció estadísticamente de la de *E. globulus* ssp. *bicostata* mientras que la de *E. globulus* ssp. *globulus* no se diferenció de las medias de las otras dos subespecies.

La zona Norte produce un rendimiento en aceite mayor que las otras zonas, que no se diferencian entre sí para esta variable. Chalchat y colaboradores compararon *Eucalyptus globulus* Labill. cultivados en las costas de Montenegro con la misma especie cultivada en las costas españolas mediterráneas del Este, los porcentajes variaron de 1 % a 3,5 %, fue mayor en una de las localizaciones sobre el Adriático (Chalchat *et al.*, 1995). Reportes de Argentina informan variación para el *Eucalyptus globulus* ssp. *bicostata* entre el 3,9 % en la zona de Jujuy (Viturro *et al.*, 2003) y el 1,3 % - 1,8 % para Buenos Aires (Bandoni *et al.*, 1993). Existen también reportes respecto a la variación geográfica en Marruecos, las cuales se ubican entre 1,9 % y 2,7 % en base seca (Zrira y Benjilali, 1992).

Las tres zonas elegidas son diferentes entre sí en los distintos componentes del sitio forestal, tienen diferentes suelos, diferencias en la precipitación media anual, diferencias en temperatura media, temperatura mínima del mes más frío y temperatura máxima del mes

más cálido entre otras (Cruz *et al.*, 2000; Dirección Nacional de Meteorología, 1996; INIA, 2006).

Hubo efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de año de cosecha y subespecie sobre el porcentaje de 1,8-cineol. Las muestras cosechadas en 2001 tuvieron un porcentaje de 1,8-cineol estadísticamente mayor que las de 2000. Parece clara la influencia del efecto año sobre el porcentaje de 1,8-cineol, pero con el muestreo realizado en este trabajo no es posible definir qué componentes de los años fueron responsables de la diferencia, por otra parte dos años no permiten tener una idea de la variabilidad esperable entre años para el porcentaje de 1,8-cineol.

*E. globulus* ssp. *bicostata* produjo un porcentaje de 1,8-cineol superior a las otras dos subespecies que no se diferenciaron estadísticamente entre sí. Se reportó para la India un 73 % de 1,8-cineol para la subespecie (Dayal y Ayyar, 1990) mientras que para Argentina, se informó un porcentaje de 1,8-cineol de 88 % (Viturro *et al.*, 2003), valor similar al obtenido en este trabajo. En Australia, también encontraron porcentajes de 1,8 cineol mayores que en las otras dos subespecies, en especial en muestras de Urriara, 72 % a 80 % (Boland *et al.*, 1991).

Hubo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del año y la subespecie sobre el porcentaje de  $\alpha$ -pineno. El porcentaje de este compuesto fue mayor en la composición del aceite de las muestras colectadas durante 2000 y *E. globulus* ssp. *globulus* tuvo un porcentaje mayor que las otras subespecies que no se diferenciaron estadísticamente entre sí, en Australia, se reportó una variación en el porcentaje de  $\alpha$ -pineno para *E. globulus* ssp. *globulus* entre 6 % y 11 %; de 5 % a 22 % en *E. globulus* ssp. *bicostata* y de 8 % a 10 % en *E. globulus* ssp. *maidennii*, informando de diferencias entre localizaciones geográficas y entre tipos de hoja (Boland *et al.*, 1991). Mientras que Mandal y colaboradores informaron variaciones entre 11 % y 29,9 % en plantaciones de distintas zonas de la India para *E. globulus* (Mandal *et al.*, 2001). Por su parte, Silvestre y colaboradores (1997) informan no haber encontrado diferencias significativas en la composición del aceite esencial entre estaciones de cosecha y localización geográfica en Portugal.

## Conclusiones

1. Los rendimientos en aceite y el porcentaje de 1,8-cineol obtenidos en este trabajo a partir del material colectado de *E. dunnii* y *E. grandis* no justifican la producción de aceites esenciales como subproducto de plantaciones con otros destinos.
2. *E. smithii*, *E. viminalis*, *E. badjensis* y *E. bositoana* mostraron interesantes datos de rendimiento y de porcentaje de 1,8-cineol. En especial *E. badjensis*, por lo que se justifican estudios complementarios para su inclusión entre las especies recomendables.
3. Dada la frecuencia de plantación en el país de las tres subespecies de *E. globulus* y los altos valores en cuanto a rendimiento en aceite y porcentaje de 1,8-cineol se colocan en la mejor situación para la producción de aceites como subproductos. Las fuentes de variación encontradas para las variables relacionadas con la cosecha y producción, permiten visualizar que es conveniente cosechar entre los meses de mayo y setiembre, que la variación entre años parece importante para la producción de 1,8-cineol y que en la zona norte se obtienen mayores rendimientos. *E. globulus* ssp. *maidennii* es el que produce un mayor porcentaje de aceite, mientras que *E. globulus* ssp. *bicostata* produce un mayor porcentaje de 1,8-cineol. Se considera que es conveniente aumentar el conocimiento de las fuentes de variación y los estados fisiológicos de los árboles que justifican las diferencias, a través de un análisis más prolongado en el tiempo que permita separar la influencia de los diferentes componentes del sitio forestal, la genética y las distintas interacciones sobre la producción deseada.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a CONICYT por la financiación del Proyecto Clemente Estable "Bioproducción de terpenos a partir de desechos de la industria forestal".

## Bibliografía

- Adams, R. P. 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy, Allured, Illinois
- Azcan, N.; Kara, M.; Baser, K. H. C.; Kirlmer, N.; Kukcuoglu, M.; Ozek, T.; Gubaba, G.; Aslan, S. and Gunes, K. 1995. Systematic Study of Essential Oils of *Eucalyptus* species Grown in Turkey. A Proceedings of 13<sup>a</sup> International Congress of Flavours, Fragrances and Essential Oils, Istanbul, Turkey, 2: 181-189
- Bandoni, A.; Juarez, M. y Mizrahi, I. 1993. Estudio de esencias "tipo eucalipto" obtenidas de algunas especies de *Eucalyptus* de la provincia de Buenos Aires. Anales de S.A.L.P.A. 11: 171-181

- Boland, D. J.; Brophy, J. J. and House, P. N.** 1991. *Eucalyptus* Leaf Oils. Use, Chemistry, Distillation and Marketing. Inkata Press Melbourne, 253 pp.
- Bruneton, J.** 1995. Pharmacognosy Phytochemistry Medicinal Plants, Ed. Lavoisier, Paris, pp 406-466.
- Clark, G. and Cameron, S.** 2000. *Eucalyptol*. Perfumer & Flavorist, 25: 6-16.
- Coppen, J. and Hone, G. A.** 1992. *Eucalyptus* oils: a review of production and markets. N.R.I. Bulletin 56: 45-75
- Cruz, G.; Munka, C. y Pedocchi, R.** 2000. Regionalización agroclimática del litoral centro - oeste del Uruguay. Agrociencia IV (1), 87-92.
- Chalchat, J. C.; Chabard, J. L.; Gorunovic, M. S.; Djermanovic, V. and Bulatovic, V.** 1995. Chemical composition of *Eucalyptus globulus* oils from the Montenegro coast and east coast of Spain. J. Essent. Oil Res. 7(2), 147-52.
- Chalchat, J. C.; Muhayimana, A.; Habimana, J. B. and Chabard, J. L.** 1997. Aromatic plants of Rwanda II. Chemical composition of essential oils of ten *Eucalyptus* species growing in Ruhande Arboretum, Butare, Rwanda. J. Essent. Oil Res. 9 (2), 159-165.
- Dagne, E.; Bisrat, D.; Alemayehu, M. and Worku, T.** 2000. Essential oils of twelve *Eucalyptus* species from Ethiopia. J. Essent. Oil Res. 12 (4), 467- 470.
- Dayal, R. and Ayyar, K. S.** 1990. Analysis of Medicinal Oil from *Eucalyptus globules ssp. bicostata* leaves. Planta Med. 52: 163-166.
- Dellacassa, E. ; Menéndez, P. and Moyna P.** 1990. Chemical Composition of *Eucalyptus* Essential Oils Grown in Uruguay. Flav. Frag. J., 5: 91-95.
- Dellacassa, E.; Menéndez, P.; Cerdeiras, P. and Moyna, P.** 1989. Antimicrobial activity of *Eucalyptus* essential oils Fitoterapia. 60: 6-8.
- Dethier, M.; Nokuwimana, A.; Cordier, Y.; Menut, C. and Lamathy, G.** 1994. Aromatic Plants of Tropical Central Africa XVI. Studies on Essential Oils of Five *Eucalyptus* Species Grown in Burundi J. Essent. Oil Res.6: 463-473.
- Dirección Nacional de Meteorología.** 1996. Normales Climatológicas.
- FAO** (U.N. Food and Agriculture Organization), Forestry Department 1995. In. Flavours and fragrances of plant origin, chapter 5 *Eucalyptus* oils. [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/V5350E/V5350E00.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/V5350E/V5350E00.htm) 111pp.; consulta octubre 2004.
- Holeman, M.; Rombourg, M.; Fechtal, M.; Gorrichon, J. P. et Lassaigue, G.** 1987. *Eucalyptus astringens* Maiden, *Eucalyptus blakelyi* Maiden et *Eucalyptus bosistoana* F. Muell.: un même chemotype. Plantes médicinales et phytothérapie 4: 311-316.
- INIA** (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) Unidad de agro-clima y sistemas de información. <http://www.inia.org.uy/gras/>. Consulta julio 2006.
- Mandal, S.; Dwivedi, P. D.; Singh, A.; Naqvi, A. A. and Bagchi, G. D.** 2001. Capillary gas chromatographic analysis of *Eucalyptus globulus* from different geoclimatic zones in India. J. Essent.Oil Res. 13(3), 196-197.
- Menut, C.; Lamaty, G.; Mallanda-kiyabou, G. and Bessiere, J. M.** 1992. Aromatic Plants of Tropical Central Africa VII. Individual Selection of *Eucalyptus* for Essential oil production in the Congo J. Essenti. Oil Res. 4: 427-429.
- Ming, L. C.; Takemura, O. S.; MarquesinI, N. R. and Moreira, E. A.** 1995. Essential oils in some species of *Eucalyptus*. Revista Brasileira de Farmacia 76(2), 45-47.
- MGAP** (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca). 2005. Boletín Estadístico. Dirección Nacional Forestal. Montevideo, pp. 8-10.
- Ogunwande, I. A.; Olawore, N. O.; Adeleke, K.A. and Konig, W. A.** 2003. Chemical composition of the essential oils from the leaves of three *Eucalyptus* species growing in Nigeria. J. Essent. Oil Res., 15(5), 297-301.
- Romagni, J. G.; Allen, S. N. and Dayan, F. E.** 2000. Allelopathic effects of volatile cineoles on two weedy plant species. J. Chem. Ecol. 26:303-313
- SAS** Institute Inc. 1996. SAS/STAT ® Software changes and enhancements through release 6.11. Cary, NC. 1104pp.
- Silvestre, A. J. D.; Cavaleiro, J. A. S.; Delmond, B.; Filliatre, C. and Bourgeois, G.** 1997. Analysis of the variation of the essential oil composition of *Eucalyptus globulus* from Portugal using multivariate statistical analysis. Industrial Crops and Products 6(1): 27-33.
- Torres, J. M. y Fossati, A.** 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina: Informe Nacional Uruguay FAO. Roma <http://www.fao.org/docrep/007/j2807s/j2807s00.htm>
- Vitti, A. M. S. e Brito, J. O.** 2003. Óleo essencial de eucalipto. Documentos Florestais N° 17, Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Sao Paulo. 26pp.
- Vitturo, C. I.; Molina, A. C. and Heit, C. I.** 2003. Volatile components of *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *bicostata* from Jujuy, Argentina. Journal of Essential Oil Research. 15(3), 206-208.
- Zrira, S. S. and Benjilali B. B.** 1992. Essential oils of twenty seven *Eucalyptus* Species grown in Morocco. J. Essent. Oil Res. 4: 259-264.
- Zrira, S. S. and Benjilali B. B.** 1996. Seasonal changes in the volatile oil and cineole contents of five *Eucalyptus* Species growing in Morocco. J. Essent. Oil Res. 8: 19-24.