

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Variación estacional de compuestos fenólicos foliares en *Quercus sideroxyla* en diferentes tipos de suelo

Seasonal variation in the phenolic content of oak leaves (*Quercus sideroxyla*) in different soil textures

Jorge Armando Arámbula-Salazar¹, B.I. Ibarra-Salinas²,
Rubén Francisco González-Laredo^{1,3}, O.D. Muñoz-Galindo¹
y H. Hernández-Vela²

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue determinar la variación estacional y el efecto de la textura del suelo en el contenido fenólico (medido por el método de Folin-Ciocalteu) en hojas de encino colorado (*Quercus sideroxyla*), como parámetro de deterioro del género. Se muestreó el follaje de seis árboles, en ocho sitios diferentes, donde se determinaron los componentes edáficos en tres tipos de textura: franco arcillosa (12,5%), limo arcillosa (75%) y arcillo arenosa (12,5%), mismos que permanecieron inalterados durante el estudio. Se encontró para todos los suelos una disminución del contenido fenólico foliar en primavera y un aumento de éste en verano. Se determinó una correlación alta y positiva entre el contenido fenólico y la conductividad eléctrica en suelos de textura arcillo arenosa y también una correlación alta y positiva entre la retención de humedad del suelo y el contenido fenólico foliar, la cual fue independiente de la textura de los suelos.

PALABRAS CLAVE:

Encino, fenoles, foliar, *Quercus sideroxyla*, suelo.

ABSTRACT

The seasonal variation and the soil texture effect were evaluated in the phenolic contents (Folin-Ciocalteu) of *Quercus sideroxyla* (red oak) leaves as a parameter of the genus deterioration. Leaves of six trees from eight sites were sampled and their edaphic characteristics determined as soil texture: clayed (12,5%), lime-clayed (75%) and clay-sandy (12,5%). Soils and sites were unaltered during the four season collections. It was found in spring a notorious decrease in phenolic content of *Quercus* leaves followed by a substantial increase during summer. A high positive correlation was found between phenolic content of leaves and electric conductivity of clay-sandy soils, and also between soil moisture retention and phenolic content, independently of the soil texture.

KEYWORDS:

Oak, phenolic, leaves, *Quercus sideroxyla*, soil.

- 1 Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del estado de Durango, Río Papaloapan y Blvd. Durango s/n Col. Valle del Sur. 34120, Durango, México. Tel. (618) 130-10-96. a_ram_jorge@hotmail.com.
- 2 Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del estado de Durango, Circuito Universitario s/n Col. Valle del Sur. 34120, Durango, México. Tel (618) 130-11-20.
- 3 Instituto Tecnológico de Durango, Felipe Pescador 1830 Ote., Col. Nueva Vizcaya, 34080 Durango, México. Tel (618) 817-70-98.

INTRODUCCIÓN

Los encinos, por su abundancia y distribución constituyen, después de los pinos, el segundo grupo de importancia entre las especies maderables de clima templado-frío de México (Conafor, 2007). Los encinos son árboles que pertenecen a uno de los géneros más importantes mundialmente: *Quercus*. Este género es el más grande de la familia Fagaceae (Rodríguez y Romero, 2007). Se conocen dos centros de diversidad para *Quercus* (encinos o robles), el primero al sureste de Asia con alrededor de 125 especies y el segundo en México, con una lista preliminar de 161 especies para este género (Valencia-A., 2004). El género *Quercus* se encuentra distribuido en toda la República Mexicana, excepto en los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, normalmente en las regiones templadas y frías o en lugares montañosos (Rzedowski, 2006). Los bosques de encino han sido mal explotados maderablemente en nuestro país, el estado de Durango no es la excepción, aunque aproximadamente 44% de su superficie tiene hábitat adecuado para el desarrollo del género (Bacon-Sobbe, 1997; Bonfil, 1998). El aprovechamiento del encino ha sido reducido debido al desconocimiento tanto taxonómico como tecnológico de las especies existentes (Zamora y Torres, 2002), lo que ha propiciado la destrucción de grandes áreas forestales, así como el cambio de uso de extensas superficies que ha traído como consecuencia el deterioro ambiental (Martínez-Ruíz, 2005). Las plantaciones comerciales aún no tienen eco en Durango; los ejidos y comunidades se atienen a la reproducción de la naturaleza, pero son las plantaciones las que podrían redundar en un desarrollo sustentable del bosque (Meléndez-Moreno, 2008).

De ahí que sea importante conocer el tipo de suelo y las condiciones que

favorecen la producción forestal. Las plantas carecen de un sistema inmunológico, pero sintetizan compuestos que han sido clasificados como metabolitos secundarios (Hadacek, 2002). Estos compuestos han sido considerados como productos de desintoxicación, sobreexpresiones del metabolismo primario, productos de degradación y productos de almacenamiento (Hadacek, 2002). Los metabolitos secundarios son clasificados de acuerdo con su origen biosintético en tres grandes grupos: polifenoles, terpenos y compuestos nitrogenados (Taiz y Zeiger, 1991). Los polifenoles son los metabolitos secundarios más ampliamente distribuidos dentro del reino vegetal, son sustancias que poseen al menos un anillo aromático con un radical hidroxilo sustituyente en su estructura química (Markham, 1982). Además juegan un papel importante en la defensa contra el herbivorismo y suelen incrementarse en situaciones de estrés (Salminen *et al.*, 2004; Isaza-M, 2007). Estos compuestos han sido objeto de estudio, evaluando su contenido en cortezas de pino y encino (Rosales-Castro y González-Laredo, 2003), y recientemente valorando los compuestos fenólicos y propiedades nutraceuticas de hojas de encinos de Durango (Rocha-Guzman *et al.*, 2009). Existe un interés creciente a nivel mundial en estudiar los compuestos polifenólicos, ya que son capaces de inhibir procesos oxidativos asociados con alteraciones de la salud (Cala-Molina *et al.*, 2007). Se han determinado los compuestos fenólicos totales en diversos tejidos vegetales, por ejemplo, las hojas secas de *Coccinia grandis* y *Cymbopogon citratus* contienen 1,6 y 1,0 mg/g de compuestos fenólicos totales, respectivamente; los frutos secos de *Psidium guajava* y *Cucurbita pepo* contienen 0,60 y 0,20 mg/g de compuestos fenólicos totales, respectivamente (Mongkolsilp *et al.*,

2004). Los frutos secos de *Prunus persica*, *Phaseolus vulgaris* y *Ficus carica* contienen 0,50; 0,35 y 0,59 mg/g de compuestos fenólicos totales, respectivamente; y los tallos secos de *Allium cepa* y *Allium porrum* contienen 0,36 y 0,27 mg/g de compuestos fenólicos totales, respectivamente (Marinova *et al.*, 2005).

Los compuestos polifenólicos son sintetizados a partir de esqueletos de carbono, al igual que los rebrotes jóvenes que también necesitan y demandan reservas de carbono para su formación y crecimiento (Masashi *et al.*, 2007). Esta competencia incide en la formación de follaje, de ahí la importancia de la medición del contenido fenólico en los encinos, a mayor contenido fenólico menor producción de rebrotes.

La pregunta de investigación que se planteó fue si había un mejor suelo para la plantación de los *Quercus sideroxyla* y la forma en que el factor suelo afectaba el contenido fenólico foliar, ya que el tipo de suelo se ha relacionado siempre con los nutrientes disponibles que asimila la planta y, por lo tanto, diferentes tipos de suelo podrían incidir en el contenido fenólico foliar de los encinos.

La importancia de este estudio radica en la probable relación inversa entre la formación de rebrotes en *Quercus sideroxyla* y el contenido fenólico foliar.

OBJETIVO

Por lo anterior el objetivo planteado es determinar la variación estacional en el contenido fenólico foliar del encino rojo (*Quercus sideroxyla*), como un parámetro del deterioro del género, para que pueda servir de base en la implementación de una plantación comercial.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el Predio "Las Bayas", localizado en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, a 100 km al sur de la ciudad de Durango, a una altitud de 2500 msnm a 2900 msnm, por el camino Durango-La Flor. El predio cuenta con 5 068 ha, de las cuales 3 200 ha se encuentran en producción, y está dividido en 36 rodales, de los que se seleccionaron 8 subrodales ubicados en 6 rodales diferentes como área de estudio con centro 23° 28' Norte, 104° 51' Oeste.

Muestreo foliar. Se realizó muestreo aleatorio estratificado, donde los estratos fueron las unidades de manejo donde se presentaba la especie de interés, *Quercus sideroxyla*. El muestreo se realizó en sitios altos, por encima de los 2700 msnm, durante las cuatro estaciones del año; se inició con el invierno (5 y 6 de febrero, 2008), luego primavera (23 y 24 de mayo), después verano (20 y 21 de agosto) y finalmente otoño (4 y 5 de diciembre). El tamaño de los sitios de muestreo fue de un décimo de hectárea (1000 m²) en forma circular. Siempre se tomó como punto de referencia el árbol de mayor tamaño. Sólo se utilizaron árboles de apariencia sana y de la misma edad, con una altura promedio de 7 m a 9 m. Para calcular la edad de los árboles se estimaron los parámetros, diámetro a la altura del pecho y altura total del árbol (Reed *et al.*, 1992). El muestreo de hojas se realizó en la parte media del árbol, evitando coleccionar hojas exteriores o en activo crecimiento. Las hojas se colocaron en bolsas de polietileno, se trasladaron en hielo y se mantuvieron en refrigeración en el laboratorio. Para la preparación del extracto se analizaron hojas de cada individuo de manera separada, éstas se secaron bajo la sombra, a temperatura ambiente durante siete días y se molieron hasta tener un polvo fino homogéneo.

Extracción de fenoles. Se tomó polvo de hoja seca (1 g) y se agregaron 10 mL de

metanol (50%). Se dejó reposar (1 h), se filtró y a 10 μ L de extracto se le agregó 1 mL de metanol (50%).

Contenido fenólico foliar. El análisis de compuestos fenólicos totales se realizó por el método de Folin-Ciocalteu modificado por Dewanto *et al.* (2002), utilizando ácido tánico como estándar. La cantidad de compuestos fenólicos totales se expresa como equivalentes de ácido tánico (EAT, mg de ácido tánico/g de muestra), a través de una curva de calibración de ácido tánico. La curva de calibración tuvo rango de (20-120) mg/mL ($R^2 = 0,9996$). El límite de detección del método fue de 20 mg/mL de ácido tánico que corresponde a 0,004 unidades de absorbancia.

Este método espectrofotométrico consiste en agregar 0,1 mL de muestra a un matraz de 10 mL que contenga 6 mL de agua desionizada, luego se añade 0,5 mL del reactivo comercial de Folin-Ciocalteu. Después de 60 s se agrega 1,5 mL de Na_2CO_3 (20%), se afora a 10 mL con agua desionizada, se mezcla y después de 2 h se mide la absorbancia a 760 nm. Para cada determinación se realizaron tres repeticiones. Para este estudio se utilizó un espectrofotómetro marca GENESIS.

Muestreo del suelo. La toma de muestra se realizó a 25 cm de profundidad. Cada muestra correspondió a la ubicación de un árbol, de acuerdo con el método descrito por Rodríguez-Fuentes (2002).

pH del suelo. Se utilizó el método AS-02 señalado en la NOM-021-SEMARNAT, manejando un potenciómetro manual OAKTON CE. Para cada determinación se realizaron tres repeticiones.

Conductividad eléctrica del suelo. Se utilizó una bomba de vacío marca FELISA, con papel filtro de poro fino Whatman 42,

de acuerdo con el método descrito por Rodríguez-Fuentes (2002). Para cada determinación se realizaron tres repeticiones.

Retención de humedad del suelo. Se utilizó un horno marca ARSA, según el método gravimétrico descrito por Rodríguez-Fuentes (2002). Para cada determinación se realizaron tres repeticiones.

Textura del suelo. Se utilizó el método de Boyoucos (Rodríguez-Fuentes, 2002).

Los datos registrados se analizaron estadísticamente utilizando el PROC TTEST y el PROC CORR procedimiento del SAS/STAT® (SAS Institute Inc., 2004).

Formulación de hipótesis. Se establecieron como base de la investigación cuatro hipótesis que se enuncian de la siguiente manera:

Hipótesis 1. El contenido fenólico foliar varía en función de las características del suelo, estacionalmente.

Hipótesis 2. Existe una relación significativa entre el contenido fenólico foliar y la conductividad eléctrica del suelo.

Hipótesis 3. Existe una relación significativa entre el contenido fenólico foliar y la retención de humedad del suelo.

Hipótesis 4. Existe una relación significativa entre el contenido fenólico foliar y la acidez del suelo (pH).

Operacionalización

Para la operacionalización de las variables en la Hipótesis 1 se estableció el tipo de suelo y se determinó el contenido fenólico foliar promedio (mg/g) en mues-

Tabla 1. Determinación de variables por tipo de suelo.

	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
Tipo de suelo	Estación	Contenido fenólico foliar
Determinado experimentalmente	Invierno Primavera Verano Otoño	Determinado experimentalmente

Tabla 2. Operacionalización de Hipótesis 2, 3 y 4.

	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE
TIPO DE SUELO	Conductividad eléctrica Retención de Humedad pH	Contenido fenólico foliar

tras tomadas en las diferentes estaciones del año (Tabla 1).

La operacionalización de las hipótesis subsecuentes se realizó determinando conductividad eléctrica, retención de humedad, pH del suelo y estimando el contenido fenólico foliar de las muestras tomadas en las diferentes estaciones del año, en función del tipo de suelo (Tabla 2).

Para la verificación de las hipótesis 2, 3 y 4 se determinó la relación utilizando el coeficiente de correlación de Pearson (r_x) entre las variables involucradas en cada una de las hipótesis, relacionando:

1. El contenido fenólico foliar y la conductividad eléctrica.
2. El contenido fenólico foliar y la retención de humedad.
3. El contenido fenólico foliar y el pH del suelo.

RESULTADOS

Resultados por variable

Tipo de suelos. A partir de la toma de muestras se determinó la presencia de tres tipos de textura (Tabla 3).

Tabla 3. Tipo de suelo en muestras analizadas.

Tipo de suelo	%
Franco arcilloso	12,5
Limo arcilloso	75
Arcillo arenoso	12,5

Contenido fenólico foliar. Los resultados obtenidos estacionalmente por tipo de suelo se señalan en la tabla 4 y figura 1.

El contenido fenólico foliar de *Quercus sideroxylla* varía de forma diferenciada, en función del tipo de suelo a lo largo del año, observándose un comportamiento semejante en el contenido foliar

Tabla 4. Contenido fenólico foliar*

Textura	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Promedios
	mg/g de hoja seca	mg/g de hoja seca	mg/g de hoja seca	mg/g de hoja seca	
FRANCO ARCILLOSA	0,271	0,236	0,274	0,256	0,259
LIMO ARCILLOSA	0,264	0,233	0,258	0,249	0,251
ARCILLO ARENOSA	0,227	0,226	0,281	0,242	0,244

*medias aritméticas

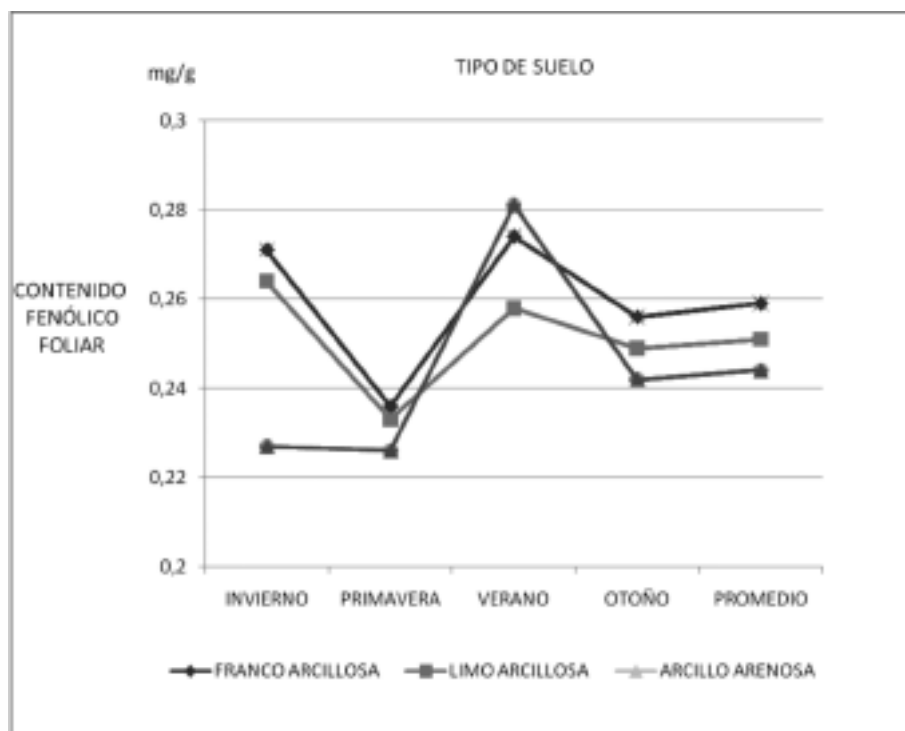


Figura 1. Contenido fenólico foliar* estacionalmente por tipo de suelo.

*medias aritméticas

de los encinos en suelos franco arcilloso y limo arcilloso, manteniéndose siempre el limo arcilloso por debajo del franco arcilloso con valores semejantes durante la primavera. Esto no ocurre en los encinos de suelos arcillo arenosos que presentan un bajo contenido fenólico foliar en invierno y primavera, lo que garantiza la

formación de rebrote, aunque durante el verano es el que presenta el valor más alto de contenido fenólico foliar que disminuye radicalmente en el otoño para volver a colocarse por debajo de los otros dos tipos de suelo, situación que no se refleja en los valores promedio.

Conductividad eléctrica. Los resultados obtenidos estacionalmente por tipo de suelo se presentan en la tabla 5. Independientemente de la textura de los suelos, las conductividades más bajas se encuentran en el invierno, debido al menor contenido de humedad y a un menor metabolismo de la planta, mientras que lo contrario ocurre en el verano cuando hay mayor humedad y temperaturas más altas que incrementan el metabolismo vegetal.

Humedad del suelo. Los resultados obtenidos estacionalmente por tipo de suelo se señalan en la tabla 6. Para cualquier tipo de suelo la retención de humedad es

menor de 20% en la primavera y mayor de 40% en el verano, en las estaciones de invierno y verano no se presentó una diferencia significativa en la retención de humedad entre los diferentes suelos.

Acidez del suelo. Los resultados obtenidos estacionalmente por tipo de suelo se señalan en la tabla 7. Aquí el pH se presenta extremadamente ácido en invierno, aumentando hasta moderadamente ácido en el otoño, para los suelos limo arcilloso y arcillo arenoso. Aunque el pH del suelo franco arcilloso incrementa casi en la misma proporción, no logró llegar al rango de moderadamente ácido.

Tabla 5. Conductividad del suelo*

Textura	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Promedios
FRANCO ARCILLOSA	31,9 μ S/cm	36,5 μ S/cm	38,3 μ S/cm	37,4 μ S/cm	36,0 μ S/cm
LIMO ARCILLOSA	25,6 μ S/cm	40,7 μ S/cm	43,7 μ S/cm	30,8 μ S/cm	35,2 μ S/cm
ARCILLO ARENOSA	20,1 μ S/cm	36,7 μ S/cm	40,4 μ S/cm	27,6 μ S/cm	31,2 μ S/cm

*medias aritméticas

Tabla 6. Humedad del suelo*

Textura	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Promedios
FRANCO ARCILLOSA	28,82%	12,25%	41,21%	28,16%	27,61 %
LIMO ARCILLOSA	28,90%	13,23%	41,47%	24,52%	27,03 %
ARCILLO ARENOSA	30,59%	19,44%	40,38%	32,18%	30,64 %

*medias aritméticas

Tabla 7. pH del suelo*

Textura	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Promedios
FRANCO ARCILLOSA	4,0	4,1	4,3	5,2	4,4
	EA	EA	EA	FA	EA
LIMO ARCILLOSA	4,3	4,6	4,7	5,6	4,8
	EA	FA	FA	MO	FA
ARCILLO ARENOSA	4,0	4,3	4,5	5,5	4,5
	EA	EA	FA	MO	FA

*medias aritméticas

EA = extremadamente ácido, FA = fuertemente ácido, MO = moderadamente ácido

Evaluación de las hipótesis

Los resultados de la evaluación de la Hipótesis 1, considerando el contenido fenólico foliar promedio por tipo de suelo, comparado estacionalmente (invierno-primavera; primavera-verano y verano-otoño) se presenta en la tabla 8.

Se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido fenólico foliar, en todos los suelos, en las diferentes estaciones del año, con excepción del suelo arcillo arenoso en invierno-primavera, en donde no hay diferencias estadísticamente significativas en el contenido fenólico foliar.

Tabla 8. Contenido fenólico foliar estacional por tipo de suelo.

Tipo de suelo		Hipótesis	H ₀		p value
FRANCO ARCILLOSO	Inv-Prim	H _{0,1}	$\bar{X}_1 = \bar{X}_2$	0,0001	$\alpha < 0,05$
	Prim-Ver	H _{0,2}	$\bar{X}_2 = \bar{X}_3$	0,0001	$\alpha < 0,05$
	Ver-Oto	H _{0,3}	$\bar{X}_3 = \bar{X}_4$	0,0001	$\alpha < 0,05$
LIMO ARCILLOSO	Inv-Prim	H _{0,4}	$\bar{X}_5 = \bar{X}_6$	0,0001	$\alpha < 0,05$
	Prim-Ver	H _{0,5}	$\bar{X}_6 = \bar{X}_7$	0,0001	$\alpha < 0,05$
	Ver-Oto	H _{0,6}	$\bar{X}_7 = \bar{X}_8$	0,0039	$\alpha < 0,05$
ARCILLOSO ARENOSO	Inv-Prim	H _{0,7}	$\bar{X}_9 = \bar{X}_{10}$	0,5178	$\alpha > 0,05$
	Prim-Ver	H _{0,8}	$\bar{X}_{10} = \bar{X}_{11}$	0,0001	$\alpha < 0,05$
	Ver-Oto	H _{0,9}	$\bar{X}_{11} = \bar{X}_{12}$	0,0001	$\alpha < 0,05$

Tabla 9. Correlación de Variable del Contenido Fenólico Foliar con Conductividad Eléctrica, Retención de Humedad y pH.

FRANCO ARCILLOSO				
VARIABLE		CONDUCTIVIDAD	RETENCIÓN DE HUMEDAD	pH
CONTENIDO FENÓLICO FOLIAR	r _x	-0,149	0,842**	-0,076
	A	0,486	< 0,0001	0,720
	SD	4,72	10,83	0,48
	N	24	24 2	4
LIMO ARCILLOSO				
VARIABLE		CONDUCTIVIDAD	RETENCIÓN DE HUMEDAD	pH
CONTENIDO FENÓLICO FOLIAR	r _x	-0,023	0,474**	-0,038
	A	0,783	< 0,0001	0,650
	SD	8,04	10,48	0,49
	N	144	144 1	44
ARCILLO ARENOSO				
VARIABLE		CONDUCTIVIDAD	RETENCIÓN DE HUMEDAD	pH
CONTENIDO FENÓLICO FOLIAR	r _x	0,610**	0,734**	0,220
	A	0,001	< 0,0001	0,301
	SD	8,25	8,13	0,57
	N	24	24	24

Hipótesis 2, 3 y 4. A partir de los resultados reportados en la tabla 9, se puede afirmar que hay una correlación entre el contenido fenólico foliar y la retención de humedad en los tres tipos de suelo (muy alta para los suelos franco arcilloso y arcillo arenoso). En tanto, que no se presenta correlación con pH en el rango en que se encontraron estos suelos (pH 4,0 a 5,6); en el caso de la relación de contenido fenólico y la conductividad, sólo es significativa para el suelo arcillo arenoso.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este artículo se ha analizado estacionalmente la producción fenólica foliar, como un parámetro de deterioro del género *Quercus*, observándose de forma general que, independientemente de la textura de los suelos, el contenido fenólico foliar fue más bajo en primavera, ganando en la competencia de las reservas energéticas la producción de hojas nuevas sobre la generación de compuestos fenólicos foliares (Masashi *et al.*, 2007).

Como ha sido observado por otros investigadores, el contenido fenólico foliar aumenta durante el verano independientemente de la textura del suelo, lo que se atribuye a que la mayoría de estos compuestos cumplen funciones de defensa contra depredadores, patógenos e irradiación solar (Salminen *et al.*, 2004), característicos en esta estación; mientras que su disminución durante el otoño se atribuye a la moderación de esos factores.

El mejor suelo será entonces el que, por un lado, promueva el menor contenido fenólico foliar durante la primavera para permitir un mayor número de rebrotes y que, por otro lado, produzca mayor cantidad de compuestos polifenólicos para protección del árbol en el verano. Bajo estas circunstancias se puede decir que el mejor suelo es el de textura arcillo arenosa, por ser el que

genera en el encino la menor producción de compuestos polifenólicos en primavera y la mayor en verano en relación con los otros tipos de suelo, además de que presenta el mayor contenido de humedad en invierno, primavera y otoño, siendo más o menos equivalente en el verano como resultado de precipitaciones abundantes y en donde la correlación de conductividad significativa pareciera ser una variable asociada al contenido fenólico foliar.

RECONOCIMIENTO

Se agradece al Fondo Mixto Conacyt-Gobierno del Estado de Durango, el apoyo económico para la realización de esta investigación (clave: DGO-2006-C01-43998).

REFERENCIAS

- Bacon-Sobbe, J.R. 1997. Diagnóstico del encino y su industrialización en el estado de Durango, México: Parte 1: Problemática desde el punto de vista biológico. Colección Productos de Investigación Universitaria. Serie Ecológica Forestal Núm. 1. Universidad Juárez del Estado de Durango. México. 24 pp.
- Bonfil, C. 1998. *Quercus rugosa* Née (1801). Anales de Ciencias Naturales 3(275):124-127.
- Cala-Molina, M., A. Vásquez-Cardaño, J.R. Martínez-Morales y E.E. Stashenko. 2007. Caracterización de compuestos fenólicos por electroforesis capilar de la especie *Phyllanthus acuminatus* (Euphorbiaceae) y estudio de su actividad antioxidante. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Scientia et Technica. Año XIII (33):173-175.
- Conafor. 2007. Más por los bosques y las Selvas de México. Pro Árbol. México. 17 pp.

- Dewanto, V., X. Wu, K.K. Adom, R.H. Liu. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50:3010-3014.
- Hadacek, F. 2002. Secondary metabolites as plant traits: current assessment and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Science* (21):273-322.
- Isaza-M., J.H. 2007. Taninos o Polifenoles Vegetales. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. *Scientia et Technica.* Año XIII (33):13-18.
- Marinova, D., F. Ribarova y M. Atanassova. 2005. Total phenolics and total flavonoids in bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 40(3):255-260.
- Markham, K.R. 1982. Techniques of flavonoid identification. London, Academic Press.
- Martínez-Ruíz, R. 2005. Reseña de "Silvicultura de plantaciones forestales comerciales" de Miguel Ángel Musálem. *Ra Ximhai.* 1(2):421-425.
- Masashi, K., N. Takashi y H. Kouhei. 2007. Among-tree variation in leaf and herbivore attacks in a deciduous oak. *Quercus dentate.* *Scandinavian Journal of Forestry Research* 22:221-218.
- Meléndez-Moreno, N. 2008. Presidente de la Unión de Permissionarios de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal (Upucodefo No. 4). "El Siglo de Durango" 2 de abril de 2008.
- Mongkolsilp, S., I. Pongbupakit, N. Sae-Lee y W. Sitthithaworn. 2004. Radical scavenging activity and total phenolic content of medical plants used in primary health care. *SWU J Pharm Sci.* 9(1):32-35.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis.
- Reed, D.D., E.A. Jones, M.J. Holmes y L.G. Fuller. 1992. Modeling diameter growth in local populations: a case study involving four North American deciduous species. *For. Ecol. Manage* 54:95-114.
- Rocha-Guzmán, N., J. Gallegos-Infante, R. González-Laredo, R. Reynoso-Camacho, M. Ramos-Gómez, T. García-Gasca, E. Rodríguez-Muñoz, H. Guzmán-Maldonado, L. Medina-Torres y A. Luján-García. 2009. Antioxidant activity and genotoxic effect on HeLa cells of phenolic compounds from infusions of *Quercus resinosa* leaves. *Food Chemistry.* 115(4):1320-1325.
- Rodríguez-Fuentes, H. 2002. Métodos de Análisis de Suelos y Plantas. Ed. Trillas. México. 292 pp.
- Rodríguez, I. y S. Romero. 2007. Arquitectura foliar de diez especies de encino (*Quercus*, Fagaceae) de México. *Acta Botánica Mexicana.* 81:9-34.
- Rosales-Castro, M. y R.F. González-Laredo. 2003. Comparación del contenido de compuestos fenólicos en la corteza de ocho especies de pino. *Madera y Bosques* 9(2):41-49.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1a Edición Digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- Salminen, J., P. Roslin, M. Karonen, J. Sinkkonen, K. Pihlaja y P. Pulkkinen. 2004.

- Seasonal variation in the content of hydrolyzable tannins, flavonoid glycosides, and proanthocyanidins in oak leaves. *J Chem Ecology*. 30(9):1693-1711.
- SAS Institute Inc. 2004 SAS/STAT® 9.1.2. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*, California, Benjamin Cummings.
- Valencia-A., S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 75:33-53.
- Zamora, M. y J.M. Torres. 2002. Estado actual de la información sobre productos forestales no maderables. Estado de la Información Forestal de México. Monografías de Países Vol. 11. Comisión Europea y FAO. 179-279

Manuscrito recibido el 22 de abril de 2009
Aceptado el 12 de diciembre de 2009

Este documento se debe citar como:

Arámbula-Salazar, J.A., B.I. Ibarra-Salinas, R.F. González-Laredo, O.D. Muñoz-Galindo y H. Hernández-Vela. 2010. Variación estacional de compuestos fenólicos foliares en *Quercus sideroxylla* en diferentes tipos de suelo. *Madera y Bosques* 16(3):49-59.