

CRECIMIENTO DE VARA PERLILLA (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) EN RESPUESTA A FERTILIZACIÓN Y ALTURA DE CORTE

GROWTH OF “VARA PERLILLA” (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) IN RESPONSE TO FERTILIZATION AND CLIPPING HEIGHT

Concepción Mendoza-Bautista¹, Miguel Á. López-López², Dante A. Rodríguez-Trejo^{1*},
Alejandro Velásquez-Martínez², Fortino García-Moreno³

¹División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Estado de México. (cmendoza_b@yahoo.com.mx), (dantarturo@yahoo.com). ²Postgrado Forestal, Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (lopezma@colpos.mx), (alejvela@colpos.mx). ³Comisión Nacional Forestal. Avenida Lázaro Cárdenas s/n, Edificio Fátima, 3er Piso, Villa Victoria, Estado de México. (f_garcia_m@yahoo.com.mx).

RESUMEN

Vara perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) se emplea para elaborar escobas rústicas y artesanías navideñas. Actualmente se aprovechan sus poblaciones naturales y se cultiva. Sin embargo, se carece de información suficiente del manejo de la especie. Con el objetivo de determinar los efectos de tres niveles de fertilización y dos alturas de corte se realizó este estudio en una plantación de tres años. El diagnóstico nutrimental se hizo con la metodología Tendencias de Concentración y se usó para diseñar la fórmula de fertilización. Se aplicaron los nutrientes que resultaron limitativos. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con seis tratamientos derivados de la combinación de las alturas de corte (6 y 12 cm) y las fórmulas de fertilización (testigo, Mn-Zn y NPK+Mn-Zn). Se evaluaron número de rebrotes, diámetro y longitud de rebrotes, diámetro promedio de rebrotes por arbusto, longitud promedio de rebrotes por arbusto y biomasa aérea, antes y seis meses después de la fertilización. La biomasa y la longitud de rebrotes mostraron efecto de la fertilización ($p \leq 0.1$), mientras que la altura de corte afectó el diámetro de arbusto y diámetro y longitud de rebrotes ($p \leq 0.1$). La fertilización NPK+Mn-Zn con el corte a 6 cm produjo el rendimiento mayor de vara ($p \leq 0.1$). La fertilización de vara perlilla incrementa los valores de las variables de interés comercial.

Palabras clave: arbusto, nutrición, plantación, rebrotes, *Symphoricarpos microphyllus*.

ABSTRACT

‘Vara perlilla’ (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) is used to elaborate rustic brooms and Christmas handicrafts. Currently, its natural populations are used and it is cultivated. However, there is a lack of sufficient information regarding species management. With the objective of determining the effects of three levels of fertilization and two clipping heights, this study was carried out in a three-year plantation. The nutritional diagnosis was performed by using the Trends in Concentration method which was used to design a fertilization formula. Nutrients that turned out to be limiting were applied. The experimental design was randomized complete blocks, with six treatments derived from the combination of clipping heights (6 and 12 cm) and fertilization formulas (control, Mn-Zn and NPK+Mn-Zn). The number of resprouts, diameter and length of resprouts, average diameter of resprouts per shrub, average length of resprouts per shrub and aerial biomass were evaluated, before and six months after fertilization. The biomass and the length of resprouts showed an effect from fertilization ($p \leq 0.1$), while the clipping height affected the diameter of the shrub and the length of resprouts ($p \leq 0.1$). Fertilization of NPK+Mn-Zn with clipping at 6 cm produced the highest stick yield ($p \leq 0.1$). Fertilization of ‘vara perlilla’ (pink snowberry) increases the values of variables of commercial interest.

Key words: shrub, nutrition, plantation, resprouts, *Symphoricarpos microphyllus*.

INTRODUCTION

The effects of adequate fertilization have been widely documented; generally, it corrects nutritional deficiencies in plants

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: febrero, 2012. Aprobado: septiembre, 2012.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 46: 719-729. 2012.

INTRODUCCIÓN

Los efectos de la fertilización adecuada han sido documentados ampliamente, en general corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas e incrementa el crecimiento y rendimiento (Kozłowski y Pallardi, 1997; Lambers *et al.*, 1998). Sin embargo, la información para especies arbustivas, como *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K. (vara perlilla) es limitada; aunque, sí se ha evaluado en *Corylus americana* (Breckenridge, 1956) y *Protea repens* (Witkowski, 1989).

La vara de perlilla tiene importancia económica en algunas regiones, ya que los rebrotes se utilizan para elaborar escobas rústicas y artesanías navideñas, lo que genera ingresos extra a los recolectores y comercializadores de esta especie. En algunos lugares su uso y venta excesivos han causado reducción de sus poblaciones (Monroy *et al.*, 2007) y en otros ya ha desaparecido del bosque (Rivera *et al.*, 2008); por lo que, los artesanos la compran de otras zonas.

La especie *S. microphyllus* es semitolerante o tolerante a irradiancia baja (Hernández y Rodríguez, 2008). Mendoza *et al.* (2011) obtuvieron la sobrevivencia y crecimiento mayores con radiación solar total alrededor de los 6000 MJ m⁻² año⁻¹ y con cobertura de copas de 40 a 60 %. La forma en la que se aprovecha *S. microphyllus* es mediante el corte de sus rebrotes, éste puede hacerse a nivel del suelo o varios centímetros arriba. Además de esta información, hace falta conocer otros aspectos, como la fertilización, para su manejo.

La capacidad de emitir rebrotes de algunas especies leñosas, tolerantes a irradiancias bajas, les permite su persistencia, pues representa un camino dominante de reproducción. Esta característica es un prerequisite importante para su regeneración exitosa en el sotobosque sombreado, donde frecuentemente sufren daños por la caída de ramas (Poorter *et al.*, 2010). Es el caso de *Erica arborea*, que mostró número mayor de rebrotes e incremento del diámetro promedio de los brotes nuevos con el incremento de la intensidad y frecuencia de afectación de la copa (Riba, 1998). En contraste, *E. multiflora* presentó número menor de rebrotes en los primeros 18 meses después de ser cortada (Vilà y Terradas, 1995). Otras especies forestales que habitan en el sotobosque de zonas templado-frías rebrotan luego de ser afectadas por el fuego (Whelan, 1997).

and increases growth and yield (Kozłowski and Pallardi, 1997; Lambers *et al.*, 1998). However, the information for shrub species, such as *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K. ('vara perlilla', pink snowberry) is limited, although it has been evaluated in *Corylus americana* (Breckenridge, 1956) and *Protea repens* (Witkowski, 1989).

'Vara perlilla' has economic importance in some regions, since resprouts are used to manufacture rustic brooms and Christmas handcrafts, generating extra income for collectors and merchants of this species. In some places its excessive use and sale has caused a reduction in populations (Monroy *et al.*, 2007), and in others it has disappeared from the forest (Rivera *et al.*, 2008); as a result, artisans purchase it from other areas.

The *S. microphyllus* species is semi-tolerant or tolerant to low irradiance (Hernández and Rodríguez, 2008). Mendoza *et al.* (2011) obtained greater survival and growth with sun radiation of around 6000 MJ m⁻² year⁻¹ and a crown coverage of 40 to 60 %. *S. microphyllus* is exploited through clipping its resprouts, which can be done at the ground level or many centimeters above it. In addition to this information, there is a need to understand other aspects such as fertilization, for its management.

The capacity of some woody species tolerant to low irradiance to resprout allows their persistence since it represents a dominant reproduction path. This characteristic is an important prerequisite for their successful regeneration in the shady undergrowth, where they frequently suffer damage from branches that fall (Poorter *et al.*, 2010). This is the case of *Erica arborea*, which showed a higher number of resprouts and an increase in average diameter of new shoots with the increase in intensity and affectation of the crown (Riba, 1998). In contrast, *E. multiflora* presented a lower number of resprouts in the first 18 months after being clipped (Vilà and Terradas, 1995). Other forest species that inhabit the undergrowth of temperate-cold zones resprout after being affected by fire (Whelan, 1997).

The objectives of this study were to determine the effects of three levels of fertilization and two clipping heights on the number and length of *S. microphyllus* resprouts, in La Mesa, San José del Rincón, Estado de México, and to determine the nutrients limiting their growth. The hypothesis was that fertilization with NPK+Mn-Zn contributes

Los objetivos de este estudio fueron determinar los efectos de tres niveles de fertilización y dos alturas de corte en el número y longitud de rebrotes de *S. microphyllus*, en la Mesa, San José del Rincón, Estado de México, y determinar los nutrimentos limitativos de su crecimiento. La hipótesis fue que la fertilización con NPK+Mn-Zn coadyuva al crecimiento de los arbustos y que el corte sobre el nivel del suelo (6 o 12 cm) promoverá la emisión mayor de rebrotes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad La Mesa, municipio de San José del Rincón, Estado de México (19° 34' 00" N y 100° 10' 00" O; INEGI, 2000a), en una plantación de vara perlilla de 3 años, con superficie de 0.75 ha, que recibe 50 % de la irradiancia natural por la presencia de *Pinus pseudostrobus* Lindl. Ésta es una plantación de 9 años, situada en 19° 34' 27" N y 100° 10' 24" O. El área de estudio se localiza en la provincia geológica del Eje Neovolcánico, caracterizado por rocas ígneas extrusivas (INEGI, 2000b). Los tipos de suelo son Andosol húmico y Andosol órtico (INEGI, 2000c). El primero tiene una capa superficial oscura o negra, rica en materia orgánica pero muy ácida y pobre en nutrientes; el segundo presenta una capa superficial clara, pobre en nutrientes. El predio se localiza en la región Hidrológica del Río Lerma, en la cuenca del Cutzamala (INEGI, 2000d). El clima de la región es templado sub-húmedo con lluvias en verano, entre junio y octubre, precipitación media anual de 787.3 mm y temperatura media anual de 14.1° C (García, 1973; Servicio Meteorológico Nacional, 2012).

Las especies arbóreas naturales en el lugar de estudio son: *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. montezumae* Lamb., *P. hartwegii* Lindl., *Abies religiosa* (Kunth) Schl. & Cham., *Cupressus lindleyii* Mill., *Alnus jorullensis* H. B. K., *Juniperus deppeana* Steud., *Arbutus xalapensis* H. B. K., *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal., *Salix bomplandiana* H. B. K., *Quercus rugosa* Née y *Q. laurina* Humb. & Bonpl. Dentro de los estratos arbustivo y herbáceo se encuentran: jarilla (*Dodonaea viscosa* Jacq.), escobilla (*Baccharis conferta* Kunth), vara de perlilla, vara blanca (*Croton reflexifolius* Kunth), lupinus (*Lupinus montanus* Kunth), zacatón (*Mulenbergia macroura* H. B. K.) y otros pastos (Martínez y Matuda, 1979; Yañez, 2004). El terreno en el que se encuentra establecida la plantación de vara perlilla y *P. pseudostrobus* ha tenido usos distintos, bosque de pino-encino original, cultivo agrícola de maíz y agroforestal actual.

En 2009, se seleccionaron ocho arbustos, con tamaños heterogéneos, de la plantación total y se midió su diámetro, altura, biomasa foliar y de los tallos, a muestras foliares se les determinó el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn. Estos valores

to the growth of shrubs and that clipping above ground level (6 or 12 cm) will promote resprouting.

MATERIALS AND METHODS

The study was performed in the locality of La Mesa, municipality of San José del Rincón, Estado de México (19° 34' 00" N and 100° 10' 00" W; INEGI, 2000a), in a three year old 'vara perlilla' plantation, with a surface of 0.75 ha that receives 50% of natural irradiance because of the presence of *Pinus pseudostrobus* Lindl. This is a 9-year-old plantation, located at 19° 34' 27" N and 100° 10' 24" W. The study area is located in the geological province of the Neo-volcanic Axis, characterized by extrusive igneous rocks (INEGI, 2000b). The types of soils are humic Andosol and ochric Andosol (INEGI, 2000c). The first has a dark or black surface layer, rich in organic material but very acid and poor in nutrients; the second has a light surface layer, poor in nutrients. The study area is located in the Río Lerma Hydrologic region, in the Cutzamala basin (INEGI, 2000d). Weather in the region is temperate sub-humid with summer rains, between June and October, average rainfall of 787.3 mm and annual average temperature of 14.1° C (García, 1973; Servicio Meteorológico Nacional, 2012).

Natural tree species in the study area are: *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. montezumae* Lamb., *P. hartwegii* Lindl., *Abies religiosa* (Kunth) Schl. & Cham., *Cupressus lindleyii* Mill., *Alnus jorullensis* H. B. K., *Juniperus deppeana* Steud., *Arbutus xalapensis* H. B. K., *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal., *Salix bomplandiana* H. B. K., *Quercus rugosa* Née, and *Q. laurina* Humb. & Bonpl. Within the shrub and herbal strata, there are: 'jarilla' (*Dodonaea viscosa* Jacq.), 'escobilla' (*Baccharis conferta* Kunth), 'vara perlilla', 'vara blanca' (*Croton reflexifolius* Kunth), 'lupinus' (*Lupinus montanus* Kunth), 'zacatón' (*Mulenbergia macroura* H. B. K.) and other grasses (Martínez and Matuda, 1979; Yañez, 2004). The land where the 'vara perlilla' and *P. pseudostrobus* plantation is established has had different uses: original pine-live oak forest, and current agricultural maize cultivation and agroforestry.

In 2009, eight shrubs with heterogeneous sizes were selected, from the total plantation, and their diameter, height, foliar and stem biomass were measured; the content of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn were determined for leaf samples. These values were standardized to average zero and variance one, to make nutrient trends comparable (López and Estañol, 2007).

For the nutritional diagnosis, the "Trends in Concentration" method, developed by López and Estañol (2007), was used. The limiting nutrients for growth were determined, and the nutrients and dosages of fertilization to be applied in the study were established.

fueron estandarizados a media cero y varianza uno para hacer comparables las tendencias de los nutrimentos (López y Estañol, 2007).

Para el diagnóstico nutrimental se empleó la metodología "Tendencias de concentración" desarrollada por López y Estañol (2007). Se determinaron los nutrimentos limitativos del crecimiento y se establecieron los nutrimentos y dosis de fertilización para aplicar en el estudio.

También se obtuvieron tres muestras compuestas de suelo, cada una representativa de los ambientes de desarrollo de la vara de perilla: bajo las copas, en la orilla y fuera de las copas de de *P. pseudostrubus*. El análisis físico y químico de las muestras se realizó en el Laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo.

Se usó un diseño experimental en bloques completos al azar con seis tratamientos y seis repeticiones (Cuadro 1).

Cada unidad experimental (UE) tuvo 20 arbustos en una superficie de 12 m², en cada UE se cuantificó el número de rebrotes, diámetro y longitud de rebrotes, altura de arbusto, diámetro promedio de arbusto y biomasa aérea anhidra. Se obtuvieron datos en los periodos de diciembre de 2009 y noviembre de 2010. La longitud (cm) y el diámetro (mm) de los rebrotes se midió antes de cortarlos. La longitud de rebrote se midió desde la base del arbusto y la altura de arbusto se tomó de la base al ápice del brote más alto. El diámetro de rebrote se midió en la base del brote y el diámetro de arbusto estuvo representado por el diámetro promedio de los brotes. La biomasa medida del arbusto en 2009 fue la acumulada hasta ese momento y la de 2010 fue la que se produjo después del corte de 2009.

Además se obtuvo la suma de longitud de rebrotes y suma de diámetros, para estas se multiplicó el número de rebrotes por la longitud promedio de rebrote o por el diámetro de arbusto.

Para conocer la biomasa, después de medir los arbustos se cosecharon desde cada una de las alturas, se trasladaron al laboratorio de Semillas Forestales de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, se deshidrataron por 72 h a 70 °C en un horno de secado y se pesaron.

La distribución del corte de diciembre de 2009, fue al azar dentro de los bloques, después la fertilización se hizo en mayo de 2010 al inicio de la temporada de lluvias y su distribución también fue al azar.

Con base en los resultados del diagnóstico nutrimental, los nutrimentos seleccionados y aplicados fueron N, P, K, Mn y Zn. Las fórmulas de fertilización fueron: testigo (fertilización 0), Mn-Zn (fertilización 1), y NPK+Zn-Mn (fertilización 2). La cantidad aplicada se calculó con la fórmula presentada por Etchevers (1987) (1):

$$D = f((a - b) / c) \quad (1)$$

Three soil samples were also obtained, each one representative of the development environments for 'vara perilla': under the crowns, on the edge and outside the crowns of *P. pseudostrubus*. The physical and chemical analysis of samples was carried out in the Central Soil Laboratory of Chapingo Autonomous University.

An experimental randomized complete blocks design was used, with six treatments and six replicates (Table 1).

Each experimental unit (EU) had 20 shrubs in a surface of 12 m²; in each EU the number of resprouts, diameter and length of resprouts, height of the shrub, average diameter of the shrub and aerial anhydrous biomass were quantified. Data were obtained in the periods of December 2009 and November 2010. The length (cm) and the diameter (mm) of the resprouts were measured before they were clipped. The length of the resprout was measured from the base of the shrub and the height of the shrub was taken from the base to the apex of the highest shoot. The diameter of the resprout was measured at the base of the shoot and the diameter of the shrub was represented by the average diameter of the shoots. The shrub biomass measured in 2009 was that accumulated until that time, and the one measured in 2010 was what was produced after the 2009 clipping.

In addition, the sum of the length of resprouts and the sum of diameters were obtained; for doing these, the number of resprouts was multiplied by the average length of the resprout or by the shrub diameter.

To get the biomass, after being measured, shrubs were harvested from each of the heights, transported to the Forest Seeds Laboratory in the Forest Sciences Division in Chapingo Autonomous University, dehydrated for 72 h at 70 °C in a drying oven, and weighed.

The distribution of the December 2009 clipping was random within the blocks, and fertilization was later done in May 2010, at the beginning of the rainy season, and its distribution was also random.

Cuadro 1. Tratamientos en una plantación de *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.

Table 1. Treatments in a *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K. plantation.

Tratamiento (Núm.)	Altura de corte (cm)	Fertilización	
		Mn-Zn	NPK
1	6	sin	sin
2	12	sin	sin
3	6	con	sin
4	12	con	sin
5	6	sin	con
6	12	sin	con

donde f es función de D , es la dosis de fertilización, a es la demanda de nutrimentos por el cultivo, b es la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, c es la eficiencia del fertilizante.

Al aplicar la fórmula, a fue el promedio de las cuatro concentraciones más altas de las ocho muestras multiplicado por su biomasa (cantidad de nutrimentos probablemente cercana a la ideal), y b fue el promedio de concentración de las ocho muestras multiplicado por su biomasa (nutrimentos que las plantas pudieron utilizar realmente). La eficiencia para N se consideró 25 % y 30 % para P y K.

Los fertilizantes aplicados fueron urea [CO (NH₂)], ácido fosfórico (H₃PO₄), sulfato de potasio (K₂SO₄), quelato de zinc (EDTA-Zn) y quelato de manganeso (EDTA-Mn) (Cuadro 2).

La fertilización se aplicó en dosis única. Los macronutrimentos se solubilizaron en 20 L de agua y se aplicó 1 L en el pie de cada arbusto y los micronutrimentos se asperjaron al follaje.

Los rebrotes cosechados se clasificaron en tres usos posibles en dependencia de su longitud, de acuerdo con las especificaciones solicitadas para su comercialización: los de menos de 1 mm de diámetro y 30 cm de longitud sin uso comercial, los de 1 a 3 mm de diámetro y 30 a 90 cm de longitud para artesanías y los de 1 a 4 mm de diámetro y más de 90 cm de longitud para elaboración de escobas.

El análisis de varianza para todas variables se hizo con el procedimiento ANOVA del programa SAS v. 9.0. Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.1$) y el modelo estadístico fue:

$$y_{ijkl} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde y_{ijkl} = variable de respuesta, μ = media general, α_i = efecto del i -ésimo nivel del factor fertilización, β_j = efecto del j -ésimo bloque, γ_k = efecto del k -ésimo nivel del factor altura de corte, $(\alpha\gamma)_{ik}$ = efecto de la interacción entre el i -ésimo nivel del factor fertilización y el k -ésimo nivel de altura de corte y ε_{ijkl} = error aleatorio.

Based on the results from the nutritional diagnosis, nutrients selected and applied were N, P, K, Mn and Zn. The fertilization formulas were: control (fertilization 0), Mn-Zn (fertilization 1), and NPK+Mn-Zn (fertilization 2). The amount applied was calculated with the formula presented by Etchevers (1987) (1):

$$D = f((a - b) / c) \tag{1}$$

where f is function of D , is the fertilization dosage, a is the nutrient demand by the crop, b is the availability of nutrients in the soil, c is the fertilizer efficiency.

When applying the formula, a was the average of the four highest concentrations of the eight samples multiplied by their biomass (amount of nutrients probably close to the ideal), and b was the concentration average of the eight samples multiplied by their biomass (nutrients that plants could really use). The efficiency for N was considered to be 25 % and for P and K, 30 %.

The fertilizers applied were urea [CO (NH₂)], phosphoric acid (H₃PO₄), potassium sulfate (K₂SO₄), zinc chelate (EDTA-Zn) and manganese chelate (EDTA-Mn) (Table 2).

Fertilization was applied in a single dose. The macronutrients were solubilized in 20 L of water and 1 L was applied at the foot of every shrub and micronutrients were sprayed on the foliage.

The resprouts harvested were classified into three possible uses depending on their length, based on the specifications requested for their commercialization: those of less than 1 mm diameter and 30 cm length with no commercial use, those of 1 to 3 mm diameter and 30 to 90 cm length for handicrafts, and those of 1 to 4 mm diameter and more than 90 cm length for broom making.

The analysis of variance for all variables was performed with the ANOVA procedure of the SAS software v. 9.0. Averages were compared by using the Tukey test ($p \leq 0.1$) and the statistical model was:

$$y_{ijkl} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$$

Cuadro 2. Cantidad de fertilizante aplicado por parcela de 12 m² con *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K. (en paréntesis está su equivalente en kg ha⁻¹ o L ha⁻¹).

Table 2. Amount of fertilizer applied per plot of 12 m² with *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K. (its equivalent in kg ha⁻¹ or L ha⁻¹ is in parenthesis).

Fórmula de fertilización	CO(NH ₂) (g)	H ₃ PO ₄ (g)	K ₂ SO ₄ (g)	EDTA [†] -Zn (mL)	EDTA [†] -Mn (mL)
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	100 (50)	80 (40)
2	16 (192)	7.3 (88)	13 (156)	100 (50)	80 (40)

[†] Ácido Etilen-Diamino-Tetra-Acético.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nutrientes limitativos del crecimiento

El suelo donde se desarrolló el estudio tuvo pH ligeramente ácido (6.48), 6.28 % de materia orgánica y textura franca a franca arenosa. El estado nutrimental en 2009 mostró que los nutrientes limitativos del crecimiento fueron Zn, Mn, K, Ca, y N (Figura 1); el P estaba en un nivel de suficiencia y el Fe, Cu y Mg estuvieron sujetos a proceso de concentración. Se obtuvieron las ecuaciones y los valores de R^2 para las líneas de tendencia (Cuadro 3).

Los nutrientes limitativos para el crecimiento de vara perilla concuerdan con lo señalado por Binkley (1986) en el sentido de que el N es el nutriente que comúnmente limita el crecimiento en los sistemas forestales, y que la deficiencia de Mn puede ocurrir en árboles para sombra, donde crece vara perilla. Este autor también señaló que los macronutrientes limitan el crecimiento de los bosques en la mayor parte del mundo; sin embargo, en este estudio fueron identificados dos micronutrientes como limitativos.

Las deficiencias de Zn son poco comunes en bosques naturales y plantaciones forestales, pero pueden presentarse en suelos arenosos, ácidos y fuertemente lixiviados (Binkley, 1986); el terreno en el que se

where y_{ijkl} = response variable, μ = general average, α_i = effect of the i^{th} level of the fertilization factor, β_j = effect of the j^{th} block, γ_k = effect of the k^{th} level of the clipping height factor, $(\alpha\gamma)_{ik}$ = effect of the interaction between the i^{th} level of the fertilization factor and the k^{th} level of the clipping height factor, and ε_{ijkl} = random error.

RESULTS AND DISCUSSION

Limiting nutrients for growth

The soil where the study took place had a slightly acidic pH (6.48), 6.28 % organic matter and loamy to loamy-sandy texture. The nutritional status in 2009 showed that growth limiting nutrients were Zn, Mn, K, Ca and N (Figure 1); P was at a level of sufficiency and the Fe, Cu and Mg were subject to a process of concentration. The equations and R^2 values for trend lines were obtained (Table 3).

The limiting nutrients for 'vara perilla' growth coincide with those mentioned by Binkley (1986) in the sense that N is the nutrient that commonly limits growth in forest systems, and that Mn deficiency could occur in trees in shaded environments, where 'vara perilla' grows. This author also pointed out that macronutrients limit the growth of forests in most parts of the world; however, in this study two micronutrients were identified as limiting.

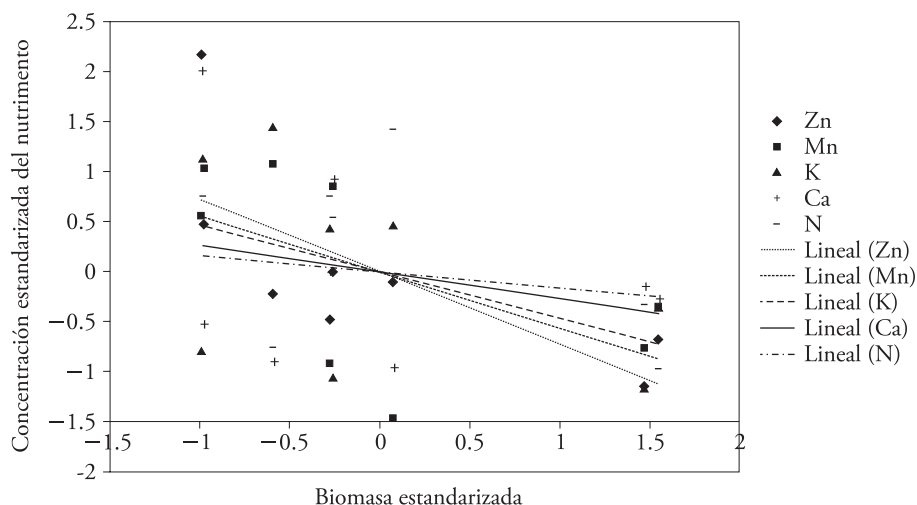


Figura 1. Nutrientes que limitaban el crecimiento de vara perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) en La Mesa, municipio de San José del Rincón, Estado de México.

Figure 1. Nutrients that limited growth of 'vara perilla' (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) in La Mesa, municipality of San José del Rincón, Estado de México.

Cuadro 3. Ecuación de línea de tendencia y valores de R² de los nutrientes limitativos del crecimiento de vara perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.).

Table 3. Trend line equation and R² values of limiting nutrients for 'vara perlilla' (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) growth.

Nutriemento	Ecuación de la línea de tendencia	Valor de R ²
Zn	$y = -0.727x - 6(10)^6$	0.529
Mn	$y = -0.565x + 8(10)^{-15}$	0.319
K	$y = -0.4664x - 5(10)^{-15}$	0.218
Ca	$y = -0.2706x - 2(10)^{-15}$	0.073
N	$y = -0.1631x + 4(10)^{-15}$	0.027

encuentra la plantación evaluada tuvo uso agrícola, lo cual implica cierto grado de erosión, aunque el pH es ligeramente ácido y la textura franca a franca arenosa.

Combatt *et al.* (2005) determinaron deficiencias de Zn en suelos agroforestales calcáreos con pH básicos en Colombia; estos autores mencionan que bajo esas condiciones de reacción del suelo hay insolubilización y precipitación de dicho elemento y se encuentra poco asimilable para las especies forestales. La deficiencia de Zn en suelos calcáreos está documentada para el nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en varias etapas de su desarrollo fisiológico (Ojeda *et al.*, 2009).

Respuesta de crecimiento

El número de rebrotes no fue afectado por los tratamientos, ni por la interacción de los factores; sin embargo, el número de rebrotes en 2009 (3.81) fue diferente ($p \leq 0.1$) al emitido 12 meses después del corte (8.12). Esta es una respuesta diferente a la mostrada por *E. multiflora*, que 18 meses después de un corte presentó menos rebrotes que en el ciclo previo (Vilà y Terradas, 1995); el contraste puede atribuirse tanto a la eliminación del vástago, donde están las auxinas que inhiben el desarrollo de nuevas yemas para la rebrotación (Miller, 2000), como al hecho de que en *S. microphyllus* existió deficiencia de Mn y Zn, elementos necesarios en la síntesis de ácido indolacético (Mengel y Kirkby, 1987), auxina que promueve enraizamiento e inhibe el brote de las yemas basales.

La fertilización afectó la longitud de rebrotes y su biomasa, mientras que el corte afectó el número de rebrotes, su diámetro y diámetro de arbusto. Para

The Zn deficiencies are not very common in natural forests and forest plantations, but they can be present in sandy, acid and strongly lixiviated soils (Binkley, 1986); the terrain where the plantation evaluated is located had agricultural use, which implies a certain degree of erosion, although the pH is slightly acid and the texture is loamy to loamy-sandy.

Combatt *et al.* (2005) determined deficiencies of Zn in calcareous agroforestry soils with a basic pH in Colombia; these authors mention that under these conditions of soil reaction there is insolubilization and precipitation of the element and it is not assimilable for forest species. Deficiency of Zn in calcareous soils is documented for pecan tree (*Carya illinoensis*) in several stages of its physiological development (Ojeda *et al.*, 2009).

Growth response

The number of resprouts was not affected by treatments or by the interaction of factors; however, the number of resprouts in 2009 (3.81) was different ($p \leq 0.1$) to those produced 12 months after clipping (8.12). This is a different response than that shown by *E. multiflora*, which 18 months after clipping showed less resprouts than in the previous cycle (Vilà and Terradas, 1995); the contrast can be attributed both to the elimination of the shoot, where auxins that inhibit the development of new leaf buds for resprouting are found (Miller 2000), and to the fact that in *S. microphyllus* there was a deficiency of Mn and Zn, elements necessary in the synthesis of indolacetic acid (Mengel and Kirby, 1987), auxin that promotes rooting and inhibits sprouting of basal leaf buds.

Fertilization affected the length of resprouts and their biomass, while clipping affected the number of resprouts, their diameter and the diameter of the shrub. For none of the variables was the interaction effect observed (Table 4).

The biomass accumulated a year later, in response to clipping, increased (20.945 g). A similar response has been observed in other species, such as *Corylus americana*, since in even less time it recovered 82 % of the stem biomass in open grasslands and only 17 % in shady forests (Pelc *et al.*, 2011); it is convenient to mention that *C. americana* is a shade intolerant plant (Breckenridge, 1956) and *S. microphyllus* is a half shade shrub (Mendoza *et al.*, 2011).

ninguna de las variables se observó efecto de la interacción (Cuadro 4).

La biomasa acumulada un año después, en respuesta al corte, incrementó (20.945 g). Una respuesta similar se ha observado en otras especies, como *Corylus americana*, pues incluso en menos tiempo recobró un 82 % de la biomasa de tallos en sabana abierta y solamente 17 % en bosques sombreados (Pelc *et al.*, 2011); es conveniente mencionar que *C. americana* es una planta de plena luz (Breckenridge, 1956) y *S. microphyllus* es un arbusto de media sombra (Mendoza *et al.*, 2011).

Las respuesta de vara perilla a la fertilización fue distinta a la de las plántulas del arbusto esclerófilo *Protea repens* L., cultivado en macetas; en este caso la aplicación creciente de N redujo su biomasa total y área foliar, mientras que aplicaciones crecientes de P aumentaron la biomasa seca foliar, de tallos y total y el área foliar (Witkowski, 1989). Cabe señalar que las condiciones de crecimiento difieren entre las especies, pues *P. repens* crece en ambientes secos y la vara de perilla en ambientes húmedos.

La biomasa de los arbustos de vara perilla fertilizados fue superior que el testigo; el resultado es atribuible al Mn aplicado, pues este elemento es indispensable para la fotosíntesis (Binkley, 1986); en un estudio con fertilización fraccionada con NPK en papa (*Solanum phureja*), la aplicación de Mn se relacionó con el aumento de materia seca que podría contribuir al incremento de la fotosíntesis neta (Pérez *et al.*, 2008).

La longitud de rebrotes y su biomasa fueron superiores en los tratamientos fertilizados; en ambos casos el porcentaje de crecimiento de los arbustos fertiliza-

The response from 'vara perilla' to fertilization was different than that of the sclerophyll *Protea repens* L. shrub seedlings, cultivated in pots; in this case the increasing application of N reduced its total biomass and leaf area, while increasing applications of P increased the dry foliar, stem and total biomass, and the leaf area (Witkowski, 1989). It is worth mentioning that the growth conditions differ among species, as *P. repens* grows in dry environments and 'vara perilla' in humid environments.

The biomass of fertilized 'vara perilla' shrubs was higher than that of the control shrubs; the result is attributable to the Mn applied, since this element is indispensable for photosynthesis (Binkley, 1986); in a study with fractionated fertilization with NPK in potato (*Solanum phureja*), applying Mn was related with the increase in dry matter that could contribute to the increase in net photosynthesis (Pérez *et al.*, 2008).

The length of resprouts and their biomass were higher in fertilized treatments; in both cases the percentage of growth of shrubs fertilized with NPK+Mn-Zn (108 and 146 %) is higher than those fertilized solely with Mn-Zn (104 and 114 %). This proves that the nutrients applied were limiting for growth in the study area and that the diagnosis procedure used was adequate.

In the number of resprouts with no use, there was no difference between fertilization treatment or clipping height; however, in resprouts for handicrafts the effect of clipping was found ($p \leq 0.1$), but not from fertilization or from the interaction, and in those used for brooms the effect was present only from the interaction ($p \leq 0.1$), consistently increasing with the level of fertilization applied (Table 5 and Figure 2).

Cuadro 4. Crecimiento del arbusto *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K. en el primer año según el tratamiento aplicado.
Table 4. Growth of the *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K. shrub in the first year, according to treatment applied.

Variable	Fertilización			p	Altura de corte		p
	0	1	2		6 cm	12 cm	
Número de rebrotes	7.694a	8.000a	8.667a	0.4178	7.639a	8.602a	0.1179
Longitud de rebrotes (cm)	53.646a	55.929ab	58.071b	0.0645	57.923a	54.236b	0.0559
Diámetro de rebrotes (mm)	2.448a	2.466a	2.620a	0.1395	2.617a	2.424b	0.0114
Suma de longitud de rebrotes (cm)	414.465a	448.999a	501.881a	0.1806	442.749a	467.481a	0.5235
Longitud de arbusto (cm)	105.138a	109.403a	113.64a	0.3713	106.335a	112.68a	0.2142
Diámetro de arbusto (mm)	2.450a	2.517a	2.653a	0.1795	2.625a	2.455b	0.0624
Biomasa (g)	21.755a	24.965ab	31.827b	0.0245	25.859a	26.506a	0.8327

Para una variable y un factor valores con distinta letra son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.1$) ❖ Values with a different letter are statistically different to a variable and a factor, according to Tukey test ($p \leq 0.1$).

dos con NPK+Mn-Zn (108 y 146 %), es mayor que los fertilizados solamente con Mn-Zn (104 y 114 %). Lo anterior demuestra que los nutrientes aplicados eran limitativos del crecimiento en el área de estudio y que el procedimiento de diagnóstico fue adecuado.

El número de rebrotes sin uso comercial no fue diferente entre tratamientos de fertilización o altura de corte; sin embargo, en los rebrotes para artesanías se encontró efecto del corte ($p \leq 0.1$), pero no de la fertilización ni de la interacción y, en aquellos usados para escobas se presentó efecto sólo de la interacción ($p \leq 0.1$), aumentando consistentemente con el nivel de fertilización aplicado (Cuadro 5 y Figura 2).

Sin fertilización el número de rebrotes fue mayor para el corte a los 12 cm. Sin embargo, con la fertilización el número de rebrotes aumentó sólo para el corte a 6 cm (Figura 2).

Los rebrotes de vara perlilla presentaron su longitud y diámetro mayores, así como diámetro de arbusto, con el corte a 6 cm ($p \leq 0.1$) (Cuadro 4); estas variables son importantes desde el punto de vista comercial. Por este motivo, es recomendable la valoración económica de los resultados del presente estudio.

CONCLUSIONES

En la región de estudio el crecimiento de vara perlilla estuvo limitado por Mn, Zn, Ca, P y N, sin embargo, al fertilizar sólo el número de rebrotes y la biomasa se ven influenciados positivamente. En cambio, el corte afectó las dos variables de interés comercial, diámetro y longitud de los rebrotes. La hipótesis planteada se cumplió parcialmente, pues las diferencias entre el crecimiento de los arbustos no fueron significativas entre los tratamientos de fertilización; además, el corte a 6 cm es el que produjo el mayor incremento en las variables de interés.

Without fertilization the number of sprouts was greater for clipping at 12 cm. However, with fertilization the number of sprouts increased only for clipping at 6 cm (Figure 2).

‘Vara perlilla’ sprouts presented higher length and diameter, as well as shrub diameter, with clipping at 6 cm ($p \leq 0.1$) (Table 4); these variables are important from the commercial point of view. Therefore, the economic valuation of results from this study is recommended.

CONCLUSIONS

In the study region, growth of ‘vara perlilla’ was limited by Mn, Zn, Ca, P and N; however, when fertilizing, only the number of sprouts and the

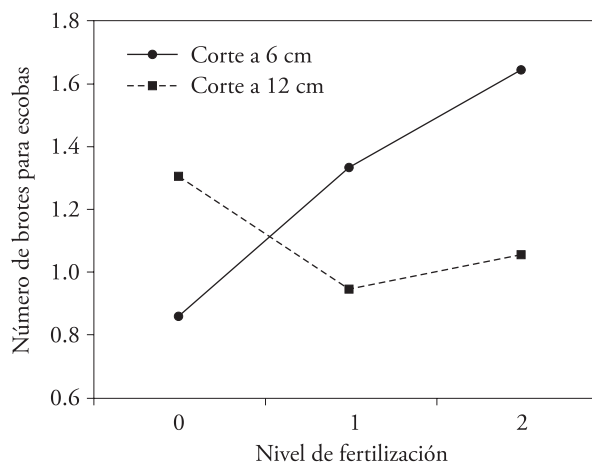


Figura 2. Efecto de la interacción entre la fertilización y el corte en el número de rebrotes, para elaboración de escobas, de *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.

Figure 2. Effect of the interaction between fertilization and clipping in the number of sprouts, to elaborate brooms, of *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.

Cuadro 5. Número promedio de rebrotes de vara perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) para diferentes usos.
Table 5. Average number of ‘vara perlilla’ (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.) sprouts for different uses.

Uso	Nivel de fertilización			P	Altura de corte		P
	0	1	2		6 cm	12 cm	
Sin uso	1.694a	1.569a	1.764a	0.8038	1.481a	1.870a	0.1116
Artesanías	4.917a	5.292a	5.556a	0.4965	4.880a	5.630b	0.0915
Escobas	1.083a	1.139a	1.347a	0.4973	1.278a	1.102a	0.3603

Para un tipo de uso y un factor, valores con distinta letra son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) ❖
Values with a different letter are statistically different to a variable and a factor, according to Tukey test ($p \leq 0.05$).

AGRADECIMIENTOS

A la División de Ciencias Forestales por permitir a la primera autora realizar los estudios de posgrado en su Programa; a la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento otorgado a través del proyecto de investigación 11790503 y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca número 231301. Al Posgrado Forestal del CP, por su apoyo con el uso del laboratorio de nutrición vegetal.

LITERATURA CITADA

- Avelar M., J. J., P. Sánchez G., D. Téllez O., y E. Zavaleta M. 2005. El declinamiento y su relación con el estado nutricional del guayabo (*Psidium guajava* L.). Rev. Mex. Fitopatol. 23(3): 275-281.
- Balakrishnan, K., C. Rajendran, y G. Kulandaivelu. 2000. Differential responses of iron, magnesium, and zinc deficiency on pigment composition, nutrient content, and photosynthetic activity in tropical fruit crops. Photosynthetica 38(3): 477-479.
- Binkley, D. 1986. Forest Nutrition Management. First edition. Ed. Wiley Interscience. USA. 290 p.
- Breckenridge, W. J. 1956. Measurements of the habitat niche of the Least Flycatcher. Wilson Bull. 68(1): 47-51.
- Combatt, E. M., G. Martínez, y J. Polo. 2005. Caracterización química y física de los suelos agroforestales de la zona Alta de Córdoba. Temas Agrarios 10(2): 5-14.
- Etchevers, B. 1987. El diagnóstico visual como apoyo para la fertilización. Agroproductividad 1: 15-19.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen. UNAM. Instituto de Geografía. México, D. F. 246 p.
- Hernández G., J. D., y D. A. Rodríguez T. 2008. Radiación solar y supervivencia en una plantación de vara de perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.) México. Rev. Chapingo Serie Ciencias Forest. Ambient 14(1): 27-31.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2000a. Carta topográfica 1:50000, Angangueo E14A26 México y Michoacán. Instituto Nacional de Información Geografía y Estadística.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2000b. Carta geológica 1:50000, Angangueo E14A26 México y Michoacán. Instituto Nacional de Información Geografía y Estadística.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2000c. Carta edafológica 1:50000, Angangueo E14A26 México y Michoacán. Instituto Nacional de Información Geografía y Estadística.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2000d. Carta hidrológica 1:50000, Angangueo E14A26 México y Michoacán. Instituto Nacional de Información Geografía y Estadística.
- Kozłowski, T. T., y S. G. Pallardi. 1997. Physiology of woody plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego. U.S.A. 411 p.
- Lambers, H., F. S. Chapin III, y T. L. Pons. 1998. Physiological Plant Ecology. Springer. New York. 540 p.
- López L., M. A., y E. Estañol, B. 2007. Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutricional. Terra Latinoamericana 25: 9-15.
- Martínez, M., y E. Matuda. 1979. Flora del Estado de México. Edición facsimilar de los fascículos publicados en los años 1953 a 1972. Tomo 1. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México. pp. 440-443.
- Mendoza B., C., F. García M., D. A. Rodríguez T., y S. Castro Z. 2011. Radiación y calidad de planta en supervivencia y crecimiento de vara perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.). Agrociencia 44(2): 235-243.
- Mengel, K., and E. A. Kirbky. 1987. Principles of Plant Nutrition. Ed. International Potash Institute. USA. 687 p.
- Miller, M. 2000. Fire autoecology. In: J. K. Brown and J. K. Smith (eds.). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-42. Ogden Utah, Vol. 2, pp: 9-34.
- Monroy, R., G. Castillo, C., y H. Colín. 2007. La perlita o perlilla, *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K. (Caprifoliaceae), especie no maderable utilizada en una comunidad del corredor biológico Chichinautzin, Morelos, México. Polibotánica 23: 23-36.
- Ojeda B., D. L., O. A. Hernández R., J. Martínez T, A. Núñez B., y E. Perea P. 2009. Aplicación foliar de quelatos de zinc en nogal pecanero. Rev. Chapingo Serie Hort. 15(2): 205-210.
- Pelc, B. D., R. A. Montgomery, and P. B. Reich. 2011. Frequency and timing of stem removal influence *Corylus americana* resprout vigor in oak savanna. Forest Ecol. Manag. 261(1): 136-142.
- Pérez, L. C., L. E. Rodríguez, y M. I. Gómez. 2008. Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. Agronomía Colombiana 26(3): 477-486.
- Poorter, L., K. Kitajima, P. Mercado, J. Chubiña, I. Melgar, and H. H. T. Prins. 2010. Resprouting as a persistence strategy of tropical forest trees: relations with carbohydrate storage and shade tolerance. Ecology 91(9): 2613-2627.
- Rivera C., M. L., P. Alberti M., V. Vázquez G., y M. M. Mendoza O. 2008. La artesanía como producción cultural susceptible de ser atractivo turístico en Santa Catarina del Monte, Texcoco. Convergencia 15(46): 225-247.

—End of the English version—



- Servicio Meteorológico Nacional. 2012. Normales climatológicas. In: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75 20/01/2012
- Vilà, M. y Terradas, J. 1995. Sprout recruitment and self-thinning of *Erica multiflora* after clipping. *Oecologia* 102(1): 64-69.
- Whelan, R. J. 1997. The ecology of fire. Cambridge University Press. Cambridge. 346 p.
- Witkowski, E. T. F. 1989 Effects of nutrients on the distribution of dry mass, nitrogen and phosphorus in seedlings of *Protea repens* (L.) L. (Proteaceae). *New Phytol.* 112(4): 481-487.
- Yañez E., L. 2004. Las principales familias de árboles en México. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 189 p.