

RADIACIÓN SOLAR Y SUPERVIVENCIA EN UNA PLANTACIÓN DE VARA DE PERLILLA (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.)

J. D. Hernández-García; D. A. Rodríguez-Trejo

División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo,
Chapingo, Estado de México. C. P. 56230

RESUMEN

En el vivero de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, se estableció una plantación de arbustos de vara de perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.), con el fin de estudiar su supervivencia y crecimiento a diferentes niveles de radiación solar. Para ello, los arbustos fueron plantados bajo una plantación de pino, en diferentes condiciones de cobertura de copas. Mediante una cámara digital con lente hemisférica y el uso del programa Hemiview© se midió: radiación solar directa, radiación solar difusa y porción de cielo visible. De los arbustos se obtuvo supervivencia, número y longitud de ramas, biomasa de la parte aérea, biomasa subterránea y biomasa total. La probabilidad de mortalidad se obtuvo con un modelo logístico, utilizando como variable explicatoria la radiación solar directa. Así mismo, se usaron modelos de regresión lineal simple para relacionar las variables de los arbustos con las variables ambientales. El modelo logístico fue significativo al 10 % ($P=0.0970$), encontrándose una relación directa entre radiación y mortalidad. Respecto a las regresiones lineales, no fueron significativas o su R^2 fue muy baja.

PALABRAS CLAVE: radiación solar directa, regresión logística, *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.

SOLAR RADIATION AND SURVIVAL IN A VARA DE PERLILLA (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.) FOREST PLANTATION

SUMMARY

A "Vara de perlilla" (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.) plantation was established in the forest nursery of the División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. The objective was to study survival and growth under different solar radiation conditions. The shrubs were planted under a pine forest plantation in different light conditions. With a digital camera with hemispheric lens and the Hemiview program©, were measured direct and diffuse solar radiation, and visible sky. From the shrubs was recorded survival, number and length of branches, shoot and root biomass and total biomass. The probability of mortality was obtained with a logistic model, using as explanatory variable direct solar radiation. Also was employed linear regression. The logistic model was significant ($P= 0.0970$), with higher mortality at higher light levels. The lineal regressions were not significant or had a verly low R^2 .

KEY WORDS: direct solar radiation, logistic regression, *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.

INTRODUCCIÓN

La vara de perlilla *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K., es un arbusto de la familia Caprifoliaceae. Se encuentra ampliamente distribuida desde Nuevo México hasta Guatemala, y está presente en casi toda la zona montañosa del Valle de México: desde Pachuca y Real del Monte a Amecameca y Tlalpan, a una altitud de 2,250 – 3,100 m. Prospera en el sotobosque de bosques mixtos (pino-encino) principalmente, aunque también se le halla a orillas de cauces, así como en matorrales y pastizales (Arreguín, 1985), además de los bosques de oyamel (Benitez, 1986).

No obstante, la especie se encuentra bajo una fuerte presión humana, pues la vara de perlilla es usada para la elaboración de artesanías navideñas y sus ramas resultan muy apropiadas para elaborar escobas con las cuales se barren calles, como las que usa el servicio de limpieza de la ciudad de México. Todos estos materiales proceden de poblaciones naturales.

Por lo anterior están aumentando los esfuerzos tanto para propagar esta especie sexual o asexualmente y plantarla y, por ende, para investigarla (por ejemplo, Quintero *et al.*, 2008). Así, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, del gobierno

de la Ciudad de México, se produce esta especie (Ing. Salvador Castro Zavala¹, comunicación personal, 2006). Tanto en el vivero como en la plantación todavía existen interrogantes para el más eficiente manejo tanto de la semilla como de la planta, como es el caso de los niveles de radiación solar adecuados, pues el arbusto crece y se desarrolla bajo las copas del arbolado en diversas áreas.

Con base en lo anterior, la hipótesis del presente estudio es que los niveles altos de radiación solar afectan negativamente la supervivencia de la procedencia estudiada. Los objetivos de este trabajo son: analizar la relación que existe entre la supervivencia y los niveles de radiación solar, y conocer el incremento en la biomasa que la especie tiene en plantaciones forestales.

METODOLOGÍA

El experimento se estableció en el vivero de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, bajo una plantación de pino. El vivero se encuentra en las coordenadas 19°29'23"N y 98°52'14"O, a una altitud de 2,280 m. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), el clima corresponde a un tipo subhúmedo, con régimen de lluvias en verano, poca variación térmica, temperatura media anual de 17.1 °C, máxima promedio de 23.5 °C y mínima promedio de 6.3 °C. Se presentan heladas con poca frecuencia y la precipitación media anual es de 686.0 mm (García, 1988). Los suelos son aluviales y profundos.

Se aprovechó la planta producida en vivero a partir de estacas producidas por Quintero *et al.* (2008), quienes estudiaron el efecto de enraizadores en el prendimiento de las mismas. La procedencia de las estacas corresponde a un bosque de pino a 2,720 m en el municipio de Nanacamilpa, Tlaxcala.

72 arbustos se plantaron al azar, en diferentes posiciones que implicaron distintos niveles de radiación solar. Se incluyeron arbustos a cuyas estacas no se les aplicó enraizador, pero también otros a los que sí se les aplicó Radix® 10,000 o Raizone® plus en la producción de vivero (24 arbustos en cada tratamiento con enraizador). La plantación se realizó el 16 de septiembre de 2005. Se abrieron cepas de 25 x 25 x 25 cm. Durante el crecimiento de los árboles, se realizaron tres deshierbes manuales, alrededor de la cepa de los arbustos de perilla, para evitar la competencia por luz y agua con herbáceas y zacates. También se aplicaron tres riegos de auxilio, de forma manual, proporcionando aproximadamente 1.5 litros por arbusto.

Un año después de la plantación, las variables que se

midieron en campo fueron: supervivencia, número y longitud de ramas. Los arbustos fueron removidos cuidando que las raíces salieran completas.

En ese momento se tomaron fotografías Hemisféricas, una por punto de plantación, con una cámara digital, a la que se acopló una lente hemisférica (ojo de pescado). Las 72 fotos se tomaron hacia el cielo, desde una estructura con nivel y brújula integradas, y orientada al norte. Con el programa Hemiview© se obtuvieron para cada punto fotografiado: radiación solar directa, radiación solar difusa y porción de cielo visible. Para ello también se alimentó al programa con los datos de latitud, longitud y altitud por sitio, así como la fecha de toma de fotos. En las Figuras 1 y 2 se muestran dos fotos con doseles contrastantes y algunos datos obtenidos de Hemiview©.

Los arbustos cosechados fueron procesados en el Laboratorio de Semillas Forestales de la División de Ciencias Forestales, UACH, donde fueron cortados en partes y puestos en bolsas de papel dentro de hornos de secado a 70 °C hasta su deshidratación (obtención de peso constante). De esta fase se obtuvieron pesos secos: de raíz, de la parte aérea y el peso seco total y se calcularon: la longitud total de ramas y el peso relativo, tanto de la parte aérea (dividiendo el peso seco de la parte aérea entre el peso seco total), como de la raíz (dividiendo el peso seco de la raíz entre el peso seco total) y peso seco total.

Para la comparación de variables de los arbustos de vara de perilla por tratamiento con enraizador en el vivero, se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) para microcomputadoras, v. 8.0. El modelo estadístico utilizado para el análisis fue el siguiente:

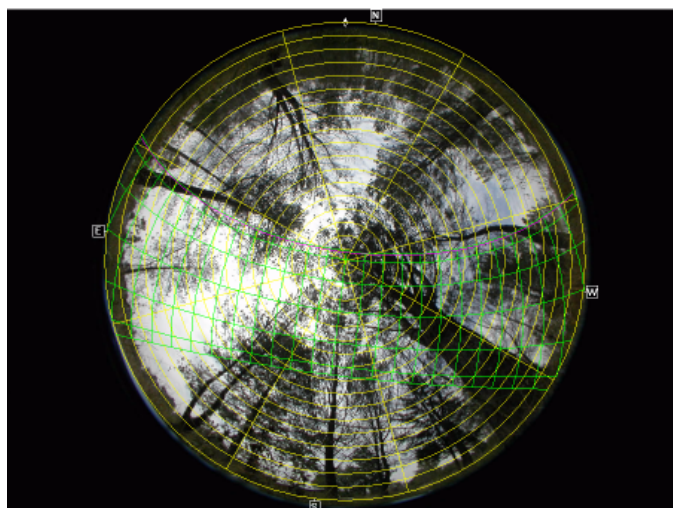


FIGURA 1. Condición de dosel denso, con una fracción de cielo visible igual a 0.314. El arbusto recibió en este punto 3850 MJ m⁻² año⁻¹ de radiación solar directa.

¹Gerente del Vivero San Luis Tlaxiataltemalco, Gobierno de la Ciudad de México.

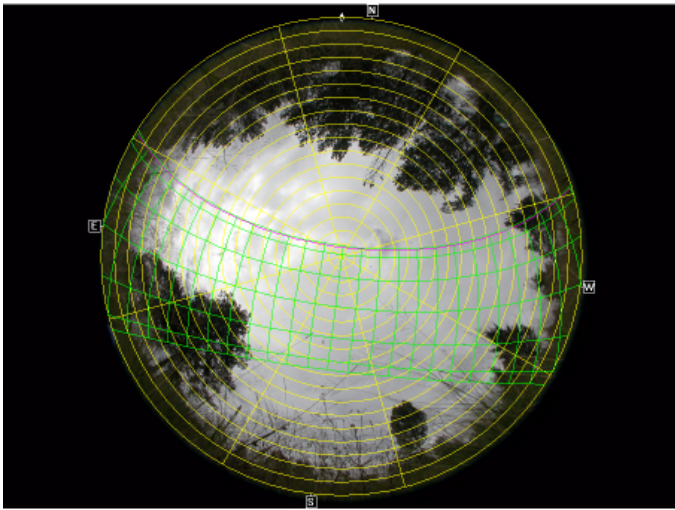


FIGURA 2. Condición de dosel abierto, con una fracción de cielo visible igual a 0.506. Aquí el arbusto recibió 8565 MJ m⁻² año⁻¹ de radiación solar directa.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij} \quad (1)$$

Donde: μ = Media general, α_i = Efecto de i-ésimo enraizador, E_{ij} = Error experimental.

Con el procedimiento logistic del mismo paquete estadístico se hizo una regresión logística para determinar

la posible influencia de la variable ambiental obtenida con el sistema Hemiview® (radiación solar directa), empleándose el modelo siguiente (Hosmer y Lemeshow, 2000) (2):

$$p = 1 / 1 + e^{-(\alpha_1 + \beta_1 x_1)} \quad (2)$$

Donde: p = Probabilidad de mortalidad, e = base de los logaritmos naturales, α = intercepto, β_1 = constante asociada a la variable independiente radiación solar directa (X_1), X_1 = valor de la radiación solar directa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque en el vivero sí hubo efectos en el prendimiento de estacas, debidos a los enraizadores aplicados (Quintero *et al.*, 2008), en el presente trabajo, correspondiente a la plantación, no se hallaron efectos en la supervivencia, ni en las dimensiones de los arbustos, debidas a los enraizadores aplicados en vivero. Los datos de biomasa se sintetizan en el Cuadro 1.

Como no hubo efecto de los enraizadores en las variables estudiadas del arbusto, el análisis de regresión logística se hizo considerando todos los arbustos, independientemente del tratamiento recibido en vivero. Así, la regresión logística para estimar la probabilidad de mortalidad en los arbustos, con la radiación solar directa como variable explicativa, resultó significativa ($P \leq 0.10$) (Cuadro 2). No obstante, los límites de confianza al 95 % incluyeron el valor 1.

CUADRO 1. Variables medidas a los arbustos al plantar y un año después. Los datos al momento de plantar se obtuvieron de Quintero *et al.* (2008).

Variable medida	Tratamiento	Al plantar	Al cosechar la plantación	Incremento	Incremento promedio
Peso seco aéreo	Radix 10,000	18.3 g	19.5 g	1.2 g·año ⁻¹	1.2 g·año ⁻¹
	Raizone Plus	22.9 g	23.5 g	0.6 g·año ⁻¹	
	Testigo	25.9 g	27.6 g	1.7 g·año ⁻¹	
Peso seco subterráneo	Radix 10,000	2.6 g	13 g	10.4 g·año ⁻¹	10.7 g·año ⁻¹
	Raizone Plus	3.4 g	14 g	10.6 g·año ⁻¹	
	Testigo	4.0 g	15 g	11.0 g·año ⁻¹	
Peso seco total	Radix 10,000	20.9 g	32.5 g	11.6 g·año ⁻¹	11.9 g·año ⁻¹
	Raizone Plus	26.3 g	37.5 g	11.2 g·año ⁻¹	
	Testigo	29.8 g	42.6 g	12.8 g·año ⁻¹	
Suma de la longitud de las ramas	Radix 10,000	50.5 cm	336 cm	285.5 cm·año ⁻¹	284.8 cm·año ⁻¹
	Raizone Plus	42.8 cm	330 cm	287.2 cm·año ⁻¹	
	Testigo	50.3 cm	332 cm	281.7 cm·año ⁻¹	
Número de ramas	Radix 10,000	5.5	9	3.5 año ⁻¹	4.7 año ⁻¹
	Raizone Plus	6	12	6.0 año ⁻¹	
	Testigo	6.5	11	4.5 año ⁻¹	

CUADRO 2. Significancia de parámetros del modelo de regresión logística para predecir mortalidad en función de la radiación solar directa.

Parámetro	Grados de libertad	Estimación	Error estándar	χ^2	P
Intercepto	1	-0.6693	0.9872	0.4596	0.4978
Radiación solar directa	1	0.000296	0.000178	2.7540	0.0970

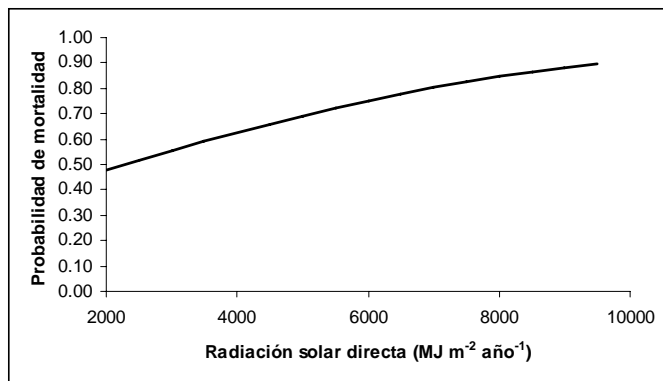


FIGURA 3. Expresión gráfica del modelo logístico de probabilidad de mortalidad como función de radiación solar directa.

Con base en los datos del Cuadro 2, el modelo logístico quedó expresado como sigue (3), y su expresión gráfica se aprecia en la Figura 3.

$$P = 1 / 1 + e^{-(-0.6693 + 0.000296 X)} \quad (3)$$

La tendencia encontrada refleja un carácter semitolerante o tolerante a la sombra de la especie estudiada. Las plantaciones comerciales de estos arbustos se podrían establecer bajo el dosel de plantaciones forestales, con una cobertura de copas del orden de 70 % (ver Figuras 1 y 3). La supervivencia promedio para las diferentes condiciones de luz analizadas, resultó en 28 %.

Bajo el dosel arbóreo las plantas reciben cierta cantidad de radiación directa y también radiación difusa, la cual es rica en longitudes de onda azul, que es la más efectiva para la fotosíntesis (Smith *et al.*, 1997). El arbusto estudiado puede ser un buen indicador ecológico de que la sucesión se está presentando en bosques en restauración dentro del intervalo de distribución de la especie estudiada. Lo anterior porque las especies tolerantes tienden a presentarse más conforme la sucesión avanza (Spurr y Barnes, 1980; Martin y Gower, 1996). En Nueva Zelanda, se hallaron 202 especies nativas de sotobosque y 70 exóticas bajo el dosel de sus extensas plantaciones comerciales con *Pinus radiata* D. Don., si bien en las plantaciones más viejas la proporción de especies nativas tendió a aumentar (Brockerhoff *et al.*, 2003).

Los datos de estudios sobre tolerancia de especies arbustivas nacionales son escasos, si bien Humbert *et al.* (2007) señalan su relevancia para estimar supervivencia, crecimiento y respuestas ante disturbios, de especies del sotobosque en los Estados Unidos.

La tolerancia a la sombra muchas veces es ligada a otros factores limitativos. Por ejemplo, Daniel *et al.* (1982) la definen como la capacidad relativa de un árbol para competir en condiciones de escasa iluminación y elevada competencia de raíces. También puntualizan la influencia de la temperatura, denotando que en los bosques de Viena, *Fagus* sp. requiere de sólo 1.8 % de luz solar para establecerse bajo dosel, pero que en los de Noruega, con temperaturas más bajas, necesita de 20 %. También cabe recordar que la tolerancia se tiende a perder con la edad en muchas especies (Spurr y Barnes, 1980).

Con base en lo anterior, debe tenerse presente que los resultados del presente trabajo aplican para la procedencia estudiada, pero probablemente en otras procedencias haya menor o mayor tolerancia a la sombra, al menos en cierta proporción.

La mayoría de las regresiones lineales entre variables de los arbustos y variables ambientales, no resultaron significativas. Algunas sí resultaron significativas, su R^2 fue muy baja, por lo que en este rubro los resultados no fueron concluyentes.

CONCLUSIONES

Por lo menos durante el primer año de plantación, el nivel de radiación solar está directamente relacionado con la probabilidad de mortalidad de *Symphoricarpos microphyllus*, lo que denota a la procedencia estudiada como semitolerante o tolerante a la sombra.

Los enraizadores aplicados en el vivero, no tuvieron efecto ni en la supervivencia ni en el crecimiento posterior de los arbustos.

Dados los requerimientos de sombra encontrados, se puede usar la especie en plantaciones bajo plantaciones forestales que tengan una cobertura del orden de 70 %.

AGRADECIMIENTOS

A: Dr. Enrique Guizar Nolazco, por proponer el trabajo de vivero con esta especie, que permitió la realización de la fase de plantación, y por su invaluable apoyo para conseguir las estacas. A: Dr. José Guadalupe Álvarez Moctezuma, M. C. Guillermo Carrillo Espinosa, M. C. Javier Santillán Pérez, y Dr. José Amando Gil Vera Castillo, por las valiosas observaciones realizadas al trabajo. A la Ing. Alva Isidra Quintero Sánchez, por facilitar su material de vivero para continuar con la etapa de plantación. Al Sr. Gerardo Mendoza Ángeles, por su paciente apoyo en el trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- ARREGUÍN S., M. DE LA L. 1985. Caprifoliaceae. pp. 402-405. *In*: Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. II. Rzedowski, J.; Rzedowski, G. C. de. (eds.). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional-Instituto de Ecología. México, D. F.
- BENITEZ B., G. 1986. Árboles y flores del Ajusco. Instituto de Ecología-Museo de Historia Natural de la Ciudad de México. México, D. F. 183 p.
- BROCKERHOFF, E. G.; ECROYD, C. E.; LECKIE, A. C.; KIMBERLEY, M. O. 2003. Diversity and succession of adventive and indigenous vascular understory plants in *Pinus radiata* plantation forests in New Zealand. *Forest Ecology and Management* 185: 307-326.
- DANIEL, P. W., HELMS, U. E.; BAKER, F. S. 1982. Principios de silvicultura. 2ª ed. McGraw-Hill. México, D. F. 492 p.
- GARCÍA DE M., E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificaciones Climáticas de Koppen. 4ª ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 216 p.
- HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. 2000. Applied logistic regression. Wiley. New York. 392 p.
- HUMBERT, L.; GAGNON, D.; KNEESHAW, D.; MESSIER, C. 2007. A shade tolerance index for common understory species of north-eastern North America. *Forest Ecology and Management* 7: 195-207.
- MARTIN, J.; GOWER, T. 1996. Tolerance of tree species. *Forestry facts* Núm. 9. Department of Forest Ecology and Management. University of Wisconsin-Madison. 2 p.
- QUINTERO S., A. I.; RODRÍGUEZ T., D. A.; GUIZAR N., E.; BONILLAB., R. 2008. Propagación vegetativa de la vara de perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.). *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(1): 21-26.
- SMITH, D. M.; LARSON, B. C.; KELTY, M. J.; ASHTON, P. M. S. 1997. The practice of silviculture: applied forest ecology. 9th ed. John Wiley. New York. 537 p.
- SPURR, S. H.; BARNES, B. B. 1980. *Ecología forestal*. AGT. México, D. F. 690 p.