

Adaptación de tres variedades de morera (*Morus* spp.) en el estado de Hidalgo*

Adaptation of three mulberry (*Morus* spp.) varieties in Hidalgo State

Alejandro Rodríguez-Ortega^{1§}, Aarón Martínez-Menchaca¹, Alejandro Ventura-Maza¹ y Jorge Vargas-Monter¹

¹Agrotecnología. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Carretera Tepatepec-San Juan Tepa, km 2. Francisco I. Madero, Estado de Hidalgo. C. P. 42660. Tel. 01 738 7241172. (amartinez@upfim.edu.mx), (aventura@upfim.edu.mx), (jvargas@upfim.edu.mx). [§]Autor para correspondencia: arodriguez@upfim.edu.mx.

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la adaptación de tres variedades de morera en las regiones del Valle del Mezquital, Huasteca y Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo, establecidas a principios de octubre de 2010 para el fomento de la sericultura. Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 (región) x 3 (variedad). Se registró información de 35 plantas por variedad por 6 meses de estudio. Las variables analizadas fueron: porcentaje de supervivencia, vigor de la planta, incidencia de plagas y enfermedades, altura, número de yemas, número de ramas, número de hojas por planta y área foliar. Se realizó ANOVA y comparación de medias, encontrando porcentajes de supervivencia mayores a 95% en las tres regiones de estudio ($p > 0.05$). La variedad SLP5 en la región Otomí-Tepehua ($p > 0.05$), presentó el menor porcentaje de supervivencia (89%). El vigor de planta fue inferior en el Valle del Mezquital y en la variedad SLP5. La altura final de plantas fue diferente entre regiones; Otomí-Tepehua (67.7 cm), Huasteca (63 cm) y Valle del Mezquital (44.7 cm). Las variedades SLP3 y SLP5 presentaron mayor altura ($p > 0.05$). En la región del Valle del Mezquital y en la variedad SLP5 se registró mayor emisión de yemas. La variedad SLP3 y Kamva registraron mayor número de ramas, hojas y área foliar en las regiones Huasteca y Otomí-Tepehua, mientras que la variedad SLP5

Abstract

The objective of this paper was to evaluate the adaptation of three varieties of mulberry in the regions of Valle del Mezquital, Huasteca and Otomí-Tepehua, Hidalgo State, established in early October, 2010, for the promotion of sericulture. We used a completely randomized design with factorial arrangement 3 (region) x 3 (variety). The information was recorded from 35 plants per variety during 6 months of study. The variables analyzed were: survival rate, plant vigor, pest and disease incidence, height, number of buds, number of branches, and number of leaves per plant and leaf area. ANOVA and mean comparison were performed, finding survival rates above 95% in the three regions studied ($p > 0.05$). SLP5 variety in the region Otomí-Tepehua ($p > 0.05$), had the lowest survival rate (89%). The plant vigor was lower in Valle del Mezquital and the variety SLP5. The final height of the plants was differed between regions; Otomí-Tepehua (67.7 cm), Huasteca (63 cm) and Valle del Mezquital (44.7 cm). SLP5 and SLP3 varieties showed higher height ($p > 0.05$). In the Valle del Mezquital region and, the SLP5 variety the largest bud issue was registered. The variety SLP3 and Kamva had a higher number of branches, leaves and leaf area in the Huasteca and Otomí-Tepehua regions, while the SLP5 variety presented small leaves and was susceptible

* Recibido: julio de 2011
Aceptado: abril de 2012

presentó hojas pequeñas y fue susceptible a enfermedades. Se concluye que es factible el establecimiento de la variedad SLP3 y Kamva por su alta adaptabilidad a las tres regiones del estado de Hidalgo.

Palabras claves: *Morus* spp., establecimiento, monitoreo.

Introducción

La morera *Morus* spp., (Moraceae) es originaria de las zonas templadas de Asia en regiones de China, Japón y el Himalaya (Medina *et al.*, 2009). Su cultivo se inició para implementar la sericultura en los países asiáticos hace alrededor de 4500 años, representa la parte agronómica de la industria de la sericultura por ser sus hojas el único alimento del gusano de seda (*Bombyx mori*) (Lepidoptera: Bombycidae). Los usos principales en más de 42 países del mundo son, en la sericultura, en el mejoramiento de ecosistemas y en la alimentación animal y humana (García *et al.*, 2006).

La planta se propaga fácilmente desde los 0 hasta los 2 500 msnm, para su crecimiento requiere temperaturas de 18 a 38 °C, con precipitación de 600 a 2 500 mm, fotoperiodo de 9 a 13 h y humedad relativa de 65 a 80% (Medina *et al.*, 2004). La adaptabilidad de la planta a diversas condiciones agroecológicas ha permitido el desarrollo de la sericultura por todo el mundo, por lo que la distribución actual del género *Morus* es en las zonas templadas, tropicales y subtropicales (Benavides, 2000).

En el mundo se encuentran distribuidas aproximadamente 68 especies, las más importantes son *Morus alba*, *Morus nigra*, *Morus indica*, *Morus laevigata* y *Morus bombycis*. El proceso de selección y mejoramiento han generado un gran número de variedades de excelente producción de biomasa de alta calidad y resistentes a las plagas y enfermedades, cultivadas y adecuadas para un amplio rango de condiciones de clima y suelo (Sánchez, 2002 y Medina *et al.*, 2004).

En México la superficie de cultivo de morera es reducida y esta focalizada en los estados de San Luis Potosí, Oaxaca y Tabasco con variedades introducidas y locales, identificadas como criollas, de las cuales se desconoce su capacidad de adaptación, su comportamiento morfológico y productivo en diferentes sistemas agroecológicos del país (Obrador *et al.*, 2007). El propósito del presente trabajo fue analizar la adaptabilidad y las características morfológicas de tres

to diseases. We conclude that it is feasible to establish the SLP3 and Kamva varieties for its high adaptability to the three regions of Hidalgo State.

Key words: *Morus* spp., establishment, monitoring.

Introduction

The mulberry *Morus* spp., (Moraceae) is native to the temperate zones of Asia in the regions of China, Japan and the Himalayas (Medina *et al.*, 2009). Its culture began to implement sericulture in Asian countries around 4 500 years ago, it represents the agricultural industry of sericulture, because its leaves are the only food for the silkworm (*Bombyx mori*) (Lepidoptera: Bombycidae). The main uses in over 42 countries around the world are in sericulture, the improvement of ecosystems and animal and human food (García *et al.*, 2006).

The plant spreads easily from 0 to 2 500 m, for growth requires temperatures from 18 to 38 °C, with precipitation from 600 to 2 500 mm, photoperiodism from 9 to 13 h and relative humidity of 65 to 80% (Medina *et al.*, 2004). The plant's adaptability to different agro-ecological conditions has allowed the development of sericulture throughout the world, so that the current distribution of the genus *Morus* is in temperate, tropical and subtropical regions (Benavides, 2000).

Around the world there are distributed approximately 68 species, the most important are *Morus alba*, *Morus nigra*, *Morus indica*, *Morus laevigata* and *Morus bombycis*. The process of selection and breeding have generated a large number of excellent varieties of biomass production of high quality and resistant to pests and diseases, cultivated and suitable for a wide range of weather and soil conditions (Sánchez, 2002 and Medina *et al.*, 2004).

In Mexico, mulberry acreage is quite small and is focused in the States of San Luis Potosí, Oaxaca and Tabasco, with introduced and local varieties, identified as landraces, unknowing its adaptability, behavior and productive morphological different agro-ecological systems in the country (Obrador *et al.*, 2007). The purpose of this study was to analyze the adaptability and morphological characteristics of three varieties of mulberry in the Hidalgo, Valle del Mezquital Otomí-Tepehua and Huasteca for introduction as an alternative for the development of sericulture.

variedades de morera en el estado de Hidalgo; Valle del Mezquital, Otomí-Tepehua y Huasteca para su introducción como una alternativa para el fomento de la sericultura.

Materiales y métodos

Las plantaciones de morera se establecieron en octubre de 2010 con variedades SLP3, SLP5 y Kamva para evaluar su adaptación en tres regiones representativas del estado de Hidalgo. En la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero del Valle del Mezquital (1 900 msnm, 17 °C y 540 mm de precipitación), en el Instituto Tecnológico de Huejutla de la región Huasteca (140 msnm, 31 °C, 1 500 mm de precipitación) y en San Bartolo Tutotepec de la zona Otomí-Tepehua (930 msnm, 19 °C y 2 600 mm de precipitación).

Las precipitaciones y temperaturas máximas y mínimas se registraron mediante tres estaciones meteorológicas del estado de Hidalgo; San Bartolo Tutotepec, Cinta Larga y Huejutla (Cuadro 1). Durante el período de evaluación los valores de precipitación representaron 7%, 2.8% y 4% del total anual de las regiones Huasteca, Otomí-Tepehua y Valle del Mezquital. Las Zonas Otomí-Tepehua y Valle del Mezquital presentaron incidencia de heladas.

Cuadro 1. Datos climáticos promedio durante el periodo experimental.

Table 1. Average weather data during the experimental period.

Parámetros	Huasteca	Otomí-Tepehua	Valle del Mezquital
Temperatura media (°C)	19.9	14.9	14.3
Máxima (°C)	26.9	19.86	27.1
Mínima (°C)	14.4	11.07	6.1
Precipitación (mm)	116.9	75.1	29.6

Las plantaciones se establecieron en terrenos planos del Valle del Mezquital y Huasteca Hidalguense y con relieve accidentado en la región Otomí Tepehua. Se eligió un sistema de plantación en marco real con una distancia entre plantas de 1.5 m y de 3 m entre hileras. El material vegetal se sembró en forma vertical en cepas de 30 cm de diámetro y profundidad, según lo recomendado por Benavides (1996), con lo cual se garantiza entre 95 y 100% de supervivencia.

Materials and methods

Mulberry plantations were established in October, 2010, SLP3, Kamva and SLP5 varieties to evaluate their adaptation in three representative regions of the State of Hidalgo. At the University of Francisco I. Madero, Valley Mezquital (1 900 m, 17 °C and 540 mm of precipitation) in the Technological Institute of Huejutla, Huasteca region (140 m, 31 °C, 1 500 mm of precipitation) and San Bartolo Tutotepec, Otomí-Tepehua area (930 m, 19 °C and 2 600 mm of precipitation).

Rainfall and maximum and minimum temperatures were recorded by three weather stations in the Hidalgo; San Bartolo Tutotepec, Cinta Larga and Huejutla (Table 1). During the evaluation period precipitation values represented 7%, 2.8% and 4% of the total annual for the Huasteca region, Otomí-Tepehua and Valle del Mezquital. Otomí-Tepehua and Valle del Mezquital presented frosts.

The plantations were established on plain in Valle del Mezquital and Huasteca and, with rugged terrain in the region Otomí-Tepehua. We chose a planting system in real framework with a spacing of 1.5 m and 3 m between rows. The plant material was planted vertically in strains of 30 cm in diameter and depth, as recommended by Benavides (1996), guaranteeing between 95 and 100% survival.

We conducted a general morphological description of varieties under study considering aspects of the leaf (size, texture, color, type of edge and apex), vegetative buds (buds look and distance) and the fruit's color. We used a completely randomized design with factorial arrangement 3 (region) x 3 (variety) and a total of 9 treatments.

The sample size consisted of 35 plants per variety. The registration of information is made for six months from the first month of planting. The variables analyzed were:

Se realizó una descripción morfológica general de las variedades en estudio considerando aspectos de la hoja (tamaño, textura, color, tipo de borde y ápice), yemas vegetativas (aparición y distancia entre yemas) y del color del fruto. Se empleó un diseño totalmente aleatorizado con arreglo factorial 3 (región) x 3 (variedad) y un total de 9 tratamientos.

El tamaño de muestra consistió de 35 plantas por variedad. El registro de la información se realizó por seis meses a partir del primer mes de la plantación. Las variables analizadas fueron: supervivencia, altura de la planta (desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama apical), número de yemas, número de ramas, número de hojas por planta y área foliar.

El vigor de planta y la incidencia de plagas y enfermedades fueron variables cualitativas. La escala de vigor fue de cinco valores, en donde 1 es el valor más malo y 5 el mejor, considerando el desarrollo de la planta, el color y aspecto fitosanitario. Para la determinación de incidencia de plagas y enfermedades se empleó la escala cualitativa de seis grados determinados por porcentajes de afectación en las hojas de cada planta (Machado *et al.*, 1999). Según la escala el grado 1 corresponde a 0% de afectación; 2 a 5%; 3 a 10%; 4 a 25%; 5 a 50%; y 6 al 100% de afectación. Los grados fueron clasificados en los siguientes niveles de incidencia: de 1 a 2 resistente, de 3 a 4 tolerante y de 5 a 6 susceptibles.

Para la interpretación de los resultados se utilizó estadística descriptiva, análisis de varianza mediante procedimiento GLM y se realizó comparación de medias con prueba de Duncan a ($p > 0.05$) (SAS Ver.9, 2004).

Resultados y discusión

Descripción morfológica

La variedad SLP3, presentó hojas grandes enteras de color verde limón de morfología caudada acorazonada, pendulante, con base lineal, borde serrado mastoidal, ápice prolongado y con longitud de peciolo de 6.5 cm (Figura 1).

La apariencia de la yema presentó inclinación en la punta y la distancia entre yemas promedio fue de 6 cm. El fruto fue de color blanco.

survival, plant height (from ground level to the apex of the apical branch), number of buds, number of branches, and number of leaves per plant and leaf area.

Plant vigor and incidence of pests and diseases were qualitative variables. Vigor scale was conformed by five values, where 1 is the worst and 5 being the best, considering the plant development, color and plant's health. In order to determine the incidence of pests and diseases qualitative scale of percentages set by six degrees of involvement in the leaves of each plant was used (Machado *et al.*, 1999). According to the scale, level 1 corresponds to 0% of affectation, 2 to 5%, 3 to 10%, 4 to 25%, 5 to 50% and 6 to 100% affectation. The grades were classified into the following levels of incidence: 1 to 2 resistant, 3 to 4 tolerant and 5 to 6 susceptible.

For the interpretation of results using descriptive statistics, analysis of variance using GLM procedure and mean comparison was performed with Duncan test ($p > 0.05$) (SAS Ver.9, 2004).

Results and discussion

Morphological description

SLP3 variety presented green large leaf, caudate cordate morphology, pendulous, linear based, mastoid serrated edge, long apex and petiole length of 6.5 cm (Figure 1).



Figura 1. Morfología de hoja y tipo de yema de la variedad SLP3.
Figure 1. SLP3's leaf morphology and bud type.

La variedad SLP5, presento hojas ovales de tamaño medio de color verde intenso, caudadas, con base acunada, tipo de borde serrado mastoidal, presenta lámina lisa y gruesa (Figura 2).



Figura 2. Morfología de hoja y tipo de yema de la variedad SLP5.
Figure 2. SLP5's leaf morphology and bud type.

Se encontró yemas adheridas a las ramas con distancia entre yemas promedio de 4.5 cm. El fruto fue de color blanco.

La variedad Kanva, es una planta que presento hojas de tamaño medio, de color verde intenso, de forma elíptica caudada, con base acunada y borde aserrado no pendular, de lámina de grosor medio y borde liso (Figura 3).

Las yemas se encontraron separadas de la rama en la punta y a 5cm distantes entre sí. Los frutos fueron de color morado.

Indicadores de adaptabilidad

La adaptabilidad a diversos ambientes agroecológicos de las plantas de morera propicia la presentación de diferencias en las características morfológicas de las variedades en estudio. Se cuantificó un porcentaje de supervivencia de 89-99% de plantas en el primer mes de su establecimiento en campo sin presentar diferencias estadísticas en las tres regiones.

En la región Otomí-Tepehua la variedad SLP5 presentó el menor porcentaje de supervivencia (Cuadro 2). Los resultados coinciden con lo reportado por diversos autores (Benavides, 1996; Martín *et al.*, 1998; Boschini, 2002; Jaramillo, 2006 y Salas *et al.*, 2006). El elevado porcentaje de supervivencia es una característica fisiológica de esta especie, por su gran proporción de carbohidratos solubles, hormonas reguladoras y triterpenoides relacionados con

The appearance of the bud presented inclination on the tip and the average distance between buds was 6 cm. The fruit was white.

The variety SLP5, presented medium-sized oval leaves, bright green, caudate, based coined, type of mastoid serrated edge, smooth and thick leaf presented (Figure 2).

Buds were found clinging to the branches with an average distance of 4.5 cm. The fruit was white.

The variety Kanva, is a plant that present medium-sized leaves, bright green, elliptical caudate, based serrated coined and not pendulous, medium thick leaf and smooth edge (Figure 3).



Figura 3. Morfología de hoja y tipo de yema de la variedad Kanva.
Figure 3. Kanva's leaf morphology and bud type.

The buds were separated from the branch tip, 5cm between. The fruits were purple.

Adaptability indicators

Adaptability to different agro-ecological environments of mulberry plants encourages the submission of differences in the morphological characteristics of the varieties under study. 89-99% of plants survived during the first month of its establishment in the field without showing statistical differences in the regions.

In the region Otomí-Tepehua, SLP5 variety had the lowest survival rate (Table 2). The results are consistent with those reported by several authors (Benavides, 1996; Martín *et al.*, 1998; Boschini, 2002; Jaramillo, 2006; and Salas *et al.*,

el metabolismo del crecimiento a nivel de tallo lo que le confiere a la planta gran fortaleza y vigorosidad (García *et al.*, 2005).

2006). The high percentage of survival is a physiological characteristic of this species, its high proportion of soluble carbohydrates and triterpenoids regulating

Cuadro 2. Supervivencia, vigor e incidencia de plagas y enfermedades en tres variedades de morera (*Morus spp.*) en las regiones Huasteca, Otomí-Tephua y Valle del Mezquital del estado de Hidalgo.

Table 2. Survival, vigor and incidence of pests and diseases in three varieties of mulberry (*Morus spp.*) in the Huasteca, Otomí-Tepechua, and Valle del Mezquital regions, Hidalgo.

Región	Variedad	n	Sobrevivencia (%)	Vigor (grado)	Plagas y enfermedades (grado de incidencia)
Huasteca	SLP3	35	94.5 ^a	3.9 ^{ab}	Tolerante (3.1 ^b)
	SLP5	35	94.3 ^a	2.4 ^b	Susceptible (5.0 ^a)
	KAMVA	35	95.9 ^a	3.9 ^{ab}	Tolerante (3.1 ^b)
	M.G.		94.9 ^a	3.4 ^{bc}	Tolerante (3.7 ^{ab})
Otomí-Tepehua	SLP3	35	99 ^a	4.3 ^{ab}	Tolerante (3.0 ^b)
	SLP5	35	89 ^b	3.4 ^{bc}	Tolerante (4.8 ^a)
	KAMVA	35	99 ^a	5.0 ^a	Resistente (1.5 ^c)
	M.G.		95.7 ^a	4.2 ^a	Tolerante (3.1 ^b)
Valle del Mezquital	SLP3	35	97.5 ^a	3.0 ^{bc}	Tolerante (3.0 ^b)
	SLP5	35	99 ^a	2.7 ^{bc}	Susceptible (5.0 ^a)
	KAMVA	35	99 ^a	0.5 ^c	Tolerante (3.0 ^b)
	M.G.		98.5 ^a	2.1 ^{bc}	Tolerante (3.6 ^{ab})

M.G.= media general por región de estudio; a, b, c. Valores con diferentes letras en una misma columna presentaron diferencias ($p > 0.05$).

En cuanto a vigor, las plantas mostraron diferencias estadísticas significativas, entre regiones y variedades. Las plantaciones en las regiones Otomí- Tepehua y Huasteca mostraron mayor adaptación y desarrollo durante la fase de estudio con valores de vigor por arriba de 3, mientras que en el Valle del Mezquital el vigor de las plantas fue detrimento debido a la afectación por heladas persistentes a partir de los 35 días del establecimiento lo que provocó muerte tisular en hojas, ramas y tallos. Las variedades SLP3 y Kamva mostraron mayor vigor mientras que las plantas de la variedad SLP5 presentaron dificultad en su desarrollo morfo estructural.

Las plantaciones en las tres regiones de estudio fueron clasificadas como tolerantes a la incidencia plagas y enfermedades. Las variedades SLP3 y Kamva mostraron menor grado de incidencia, mientras que la variedad SLP5 en las tres regiones registró incidencia de grado 5 por lo que fue considerada como susceptible. En las tres regiones no se identificaron insectos plaga, las lesiones foliares se asociaron por sus características a enfermedades reportadas en la literatura (Martín *et al.*, 2007), como roya bacteriana (*Pseudomonas mori*), y mildiu polvoriento (*Phyllactinia moricola*).

hormones related to metabolism of stem growth at which the plant gives great strength and stamina (García *et al.*, 2005).

About vigor, the plants were significantly different among the regions and varieties as well. Plantations in the Huasteca and Otomí-Tepehua regions showed better adaptation and development during the study phase with vigor values above 3, while in the Valle del Mezquital, the vigor of the plants was detrimental due to the involvement of permafrost after 35 days of the establishment, which caused tissue death in the leaves, branches and stems. SLP3 and Kamva varieties showed higher vigor while the plants of the variety SLP5 had difficulty for developing.

Plantations in the three study regions were classified as tolerant to pest and disease incidence. Kamva and SLP3 varieties showed lesser incidence, while the variety SLP5 in all the three regions recorded incidence of grade 5, considered susceptible. In all the three regions were insect pest not identified, the leaf lesions were associated by their disease characteristics reported in

Indicadores morfo agronómicos

El crecimiento y desarrollo de las plantas indica la capacidad de estas para establecerse al medio agroecológico (Penton *et al.*, 2007). En el estudio se encontró que la región de establecimiento tuvo efecto significativo sobre la altura de las plantas, registrándose diferencias significativas entre variedades. Las medias generales de la variable altura a los 6 meses de establecimiento (Cuadro 3), indican que se alcanzó mayor altura en la región Otomí-Tepehua (67.7 cm) y Huasteca (63 cm) seguidas por la región del Valle del Mezquital (44.7 cm). Las variedades SLP3 y SLP5 alcanzaron mayor altura en las tres regiones de estudio.

the literature (Martín *et al.*, 2007) and bacterial blight (*Pseudomonas mori*), and powdery mildew (*Phyllactinia moricola*).

Agronomic morphological indicators

The growth and development of plants indicates the ability of these to establish the agro-ecological medium (Penton *et al.*, 2007). The study found that, the region of establishment had significant effect on the plant's height, showing significant differences between varieties. Overall, means of the variable height at 6 months of establishment (Table 3) indicated that greater height was attained in the Otomí-Tepehua region (67.7 cm) and Huasteca (63 cm)

Cuadro 3. Características morfológicas de tres variedades de morera (*Morus* spp.) en tres regiones del estado de Hidalgo. Table 3. Morphological characteristics of three varieties of mulberry (*Morus* spp.) in three regions of Hidalgo State.

	Variedad	n	Altura (cm)	Emisión de yemas (Número/día)	Número de ramas
Huasteca	SLP3	35	90 ^a	0.45 ^b	4.7 ^a
	SLP5	35	65.4 ^{ac}	0.41 ^b	2.2 ^{bc}
	KAMVA	35	33.8 ^c	0.18 ^c	3.2 ^a
	M.G.		63 ^a	0.35 ^b	3.3 ^{ab}
Otomí-Tepehua	SLP3	35	81.6 ^{ab}	0.16 ^c	2.5 ^a
	SLP5	35	60.3 ^{abc}	0.19 ^c	1.8 ^c
	KAMVA	35	61.2 ^{abc}	0.13 ^c	2.7 ^a
	M.G.		67.7 ^a	0.16 ^c	2.3 ^b
Valle del Mezquital	SLP3	35	52.5 ^{bc}	0.58 ^{ab}	3.5 ^{ab}
	SLP5	35	51.0 ^{bc}	1 ^a	4.4 ^a
	KAMVA	35	30.7 ^d	0.57 ^{ab}	3.9 ^a
	M.G.		44.7 ^b	0.72 ^a	3.9 ^a

M.G.= media general por región; a, b, c. Valores con diferentes letras en una misma columna presentaron diferencias ($p>0.05$).

Los valores de altura obtenidos en este estudio son inferiores a lo reportado en la literatura donde se encuentran registros de 302 cm de longitud del tallo principal a los 150 días después del trasplante (Loko *et al.*, 2003) y en estudios de variedades locales cubanas donde se reportan 280 cm de altura al año de edad (Martín *et al.*, 1998). Toral *et al.* (2010) consideran un buen indicador del establecimiento de las plantaciones si se alcanza una altura de 2 m a los 12 meses; sin embargo, las investigaciones desarrolladas en relación al incremento de altura han determinado que el crecimiento se afecta por diversos factores climáticos y de manejo agronómico (Boschini, 2002).

followed by the Valle del Mezquital region (44.7 cm). SLP5 and SLP3 varieties reached higher on the three study regions.

The high values obtained in this study are lower than those reported in the literature, with records of 302 cm length on the main stem at 150 days after transplantation (Loko *et al.*, 2003) and studies of local varieties in Cuba which reported 280 cm in height per year of age (Martín *et al.*, 1998). Toral *et al.* (2010) considered a good indicator of plantation establishment if it reaches a height of 2 m at 12 months; however, researches conducted in relation to

El aumento en la cantidad de yemas, constituye un indicador importante para describir el desarrollo morfoestructural de una planta. La mayor disponibilidad de tejido meristemático activo (yemas) y la movilización de los carbohidratos solubles y otras reservas favorece la fotosíntesis lo que permiten una mayor emisión de rebrotes y ramas primarias (Medina *et al.*, 2007). En el estudio se encontraron diferencias significativas para las variables número de yemas entre regiones y variedades. La emisión de yemas por día fue mayor en el Valle del Mezquital (0.72) y la Huasteca (0.35) siendo la región Otomí-Tepehua (0.16) la de menor emisión. Los registros se asemejan al rango de tasas de emisión de yemas por día de 0 a 0.32 encontrado en variedades criollas, indonesia, Cubana y Tigreada (Pentón *et al.*, 2007). La media general de número de yemas durante la fase de estudio indica que la variedad SLP5 tuvo mayor número de emisión de yemas, seguida por la SLP3 y la kamva (Cuadro 3), aunque la variedad SLP5 fue muy prolifera en la emisión de yemas, manifestó marcadas dificultades en el porcentaje de supervivencia de éstas. La diferencia en la emisión de yemas puede estar asociada a factores condicionantes como la altura de planta, la distancia entre nudos y a características intrínsecas de la variedad (García, 2004).

La presencia de yemas es el precedente para la inducción de ramas primarias. La variable número de ramas mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) para las regiones y variedades de estudio (Cuadro 3). Las plantas de la región del Valle del Mezquital presentaron mayor número de ramas (3.9) seguidas por las de la Huasteca (3.3) y las de la región Otomí-Tepehua (2.3), lo que coincide con el rango de 2 a 3 ramas reportado en un estudio morfo agronómico de variedades derivadas de cultivo *in vitro* (Salas *et al.*, 2006). La variedad SLP3 y Kamva mostraron mayor emisión de ramas en las regiones cálidas (Huasteca y Otomí-Tepehua) mientras que la variedad SLP5 presentó mejor comportamiento en la región del Valle del Mezquital. La ramificación es consecuencia de la acumulación de nutrientes en los puntos de emisión de los brotes y del desarrollo radical de la planta (Caballero *et al.*, 2006).

La producción de hojas estuvo determinada significativamente ($p > 0.05$) por la variedad y la región de establecimiento. En las regiones cálidas, Otomí-Tepehua y Huasteca, la inducción foliar se favoreció principalmente en las variedades Kamva y SLP3 mostrando el mayor número de hojas (Cuadro 4).

height increase has determined that, growth is affected by various weather factors and agronomic management (Boschini, 2002).

The increase in the number of buds is an important indicator to describe the morphostructural development of a plant. The increased availability of active meristematic tissue (buds) and the mobilization of soluble carbohydrates and other photosynthesis reserves, allowing greater emission of shoots and primary branches (Medina *et al.*, 2007). The study found significant differences for the variables number of buds between regions and varieties. The issuance of buds per day was higher in the Valle del Mezquital (0.72) and the Huasteca (0.35) being the Otomí-Tepehua region (0.16) with the lowest emission. The records are similar to the range of emission rates of buds per day of 0 to 0.32 found in landraces, indonesia, Cuban and Tigreada (Penton *et al.*, 2007). The overall average number of buds during the study indicates that the SLP5 variety issued a higher number of buds, followed by SLP3 and kamva (Table 3), although the SLP5 variety was very prolific to the issuance of buds, showing marked difficulties in the survival rate. The difference in the emission of buds may be associated with conditioning factors such as plant height, distance between nodes and intrinsic characteristics of the variety (García, 2004).

The presence of buds is the precedent for induction of primary branches. The variable number of branches showed significant differences ($p > 0.05$) for the regions and varieties of the study (Table 3). The plants from Valle del Mezquital had the highest number of branches (3.9) followed by Huasteca (3.3) and the Otompi-Tepehua region (2.3), which coincides with the range from 2 to 3 branches reported in a morphological study of agronomic crop varieties derived from *in vitro* (Chambers *et al.*, 2006). The variety Kamva and SLP3 showed increased emission of branches in warm regions (Huasteca and Otomí-Tepehua) while the variety SLP5 presented better behavior in the Valle del Mezquital. The branching is a consequence of the accumulation of nutrients in the emission points of outbreaks and plant root development (Knight *et al.*, 2006).

Leaf production was significantly determined ($p > 0.05$) for the variety and the region of establishment. In warm regions, Otomí-Tepehua and Huasteca, leaf induction was favored mainly in the SLP3 and Kamva varieties, showing the highest number of leaves (Table 4).

Cuadro 4. Características morfológicas de tres variedades de morera (*Morus spp.*) en tres regiones del estado de Hidalgo.
Table 4. Morphological characteristics of three varieties of mulberry (*Morus spp.*) in three regions of Hidalgo State.

Región	Variedad	N	Número de hojas	Área Foliar (cm ²)
Huasteca	SLP3	35	22.9 ^{ab}	37.4 ^a
	SLP5	35	12 ^b ^c	31.6 ^{ab}
	KAMVA	35	25.1 ^{ab}	40.1 ^a
	M.G.		20 ^a	36.3 ^a
Otomí-Tepehua	SLP3	35	10.4 ^{bc}	20.1 ^{bcd}
	SLP5	35	8.0 ^{bc}	17 ^{cd}
	KAMVA	35	27.2 ^a	19.9 ^{bcd}
	M.G.		15.2 ^a	19 ^b
Valle del Mezquital	SLP3	35	16.6 ^{abc}	10 ^d
	SLP5	35	3.2 ^c	9.2 ^d
	KAMVA	35	N.D.	N.D.
	M.G.		9.9 ^b	9.6 ^c

M. G.= media general por región; N. D.= no determinada; a, b, c. Valores con diferentes letras en una misma columna presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

En el Valle del Mezquital se registró una baja cantidad de hojas y área foliar en las variedades estudiadas, debido a que la región fue afectada por la incidencia de heladas del primero al quinto mes de establecimiento. Lo que provocó muerte de tejidos de hojas, ramas y tallos. La variedad SLP5 presento en las tres regiones menor número de hojas por la susceptibilidad al ataque de roya bacteriana (*Pseudomonas mori*). La producción de hojas pudo estar asociada al efecto estacional del establecimiento de la morera debido a su naturaleza caducifolia y por presentar dormancia en el invierno (Martín *et al.*, 2000). En la literatura se reporta la producción de hojas en términos de producción de biomasa por hectárea y por año. La producción de biomasa se afecta por la densidad de plantas, la fertilización, la cantidad de materia orgánica en el suelo, la variedad y por las regiones agroecológicas de establecimiento (Boschini, 2002; Noda *et al.*, 2004; Pentón *et al.*, 2007).

El desarrollo morfológico de hojas fue estadísticamente diferente entre regiones y variedades. El área foliar de las plantas fue mayor en la Huasteca (36.3 cm²) seguidas por la Otomí-Tepehua (19.9 cm²) y el Valle del Mezquital (9.6 cm²). En las regiones Huasteca y Otomí-Tepehua la variedad SLP3 y Kamva desarrollaron hojas grandes y la variedad SLP5 fue reconocida por hojas pequeñas y numerosas. Los resultados señalan que existen importantes diferencias varietales en la morfología de la hoja de *Morus spp.*, debido a las particularidades de cada región de establecimiento (Cifuentes and Kee-Wook, 1998).

In Valle del Mezquital, there was a small amount of leaves and leaf area in the varieties studied, because the region was hit by the first frosts of the fifth month of establishment. Causing death of the leaves' tissues, branches and stems. The variety SLP5 presented in the three regions leaves less susceptible to the attack by bacterial blight (*Pseudomonas mori*). Leaf production could be associated to the seasonal effect of the establishment of mulberry because of its nature and present deciduous dormancy during winter (Martín *et al.*, 2000). The literature reports the production of leaves in terms of biomass production per hectare per year. Biomass production is affected by plant density, fertilization, the amount of organic matter in the soil, variety and agro-ecological regions of establishment (Boschini, 2002; Noda *et al.*, 2004; Penton *et al.*, 2007).

The morphological development of leaves was significantly different between the regions and varieties. The leaf area of the plants was higher in Huasteca (36.3 cm²) followed by the Otomí-Tepehua (19.9 cm²) and Valle del Mezquital (9.6 cm²). In the Huasteca and Otomí-Tepehua region, the variety Kamva and SLP3 developed larger leaves and the variety SLP5 was recognized by numerous small leaves. The results indicated that there are significant varietal differences in the leaf's morphology of *Morus spp.* due to the particularities of each region of establishment (Cifuentes and Kee-Wook, 1998).

Dinámica de crecimiento

Las tasas de crecimiento fueron irregulares y no se presentaron diferencias significativas entre regiones; sin embargo, las condiciones de temperatura y de lluvia en las regiones Huasteca y Otomí-Tepehua favorecieron el crecimiento en los primeros tres meses de establecimiento (Figura 4).

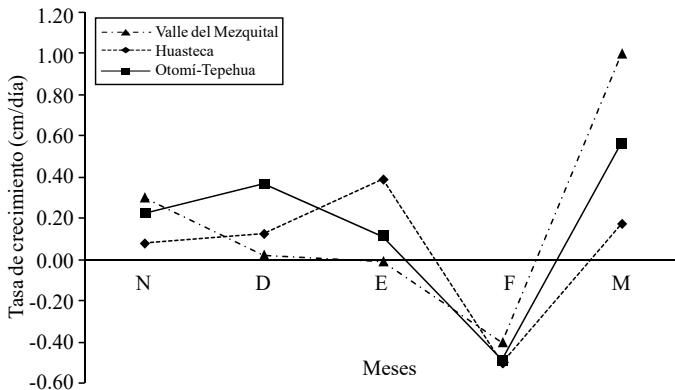


Figura 4. Dinámica de crecimiento de plantas de morera (*Morus* spp.) en tres regiones del estado de Hidalgo.
Figure 4. Growth dynamics of plants of mulberry (*Morus* spp.) in three regions of Hidalgo State.

En la región Otomí- Tepehua se registró la tasa de crecimiento promedio mayor de 0.1 cm/día, seguidas de las plantas de la región Huasteca con 0.05 cm/día y de las de la región del Valle del Mezquital con 0.01 cm/día. La tasas de crecimiento encontradas en las tres regiones difieren de las reportadas en la literatura donde los valores de crecimiento son de 0.71 cm y de 1.01 cm/día en un estudio donde la altura de la planta y la tasa de crecimiento se favorecieron con distancias entre plantas de 1 y 2 m (Medina *et al.*, 2007). Los factores condicionantes del crecimiento son diversos desde las condiciones agroclimáticas de cada región hasta la particularidad de las variedades en estudio.

En la región Otomí-Tepehua la variedad Kanva registro la mayor tasa de crecimiento promedio de 0.23 cm/día mientras que variedad SLP3 y kanva presentaron diferencias en la tasa de crecimiento siendo de 0.134 y -0.06 cm/día respectivamente (Figura 5).

Las plantas de la variedad SLP3 presentaron crecimiento durante el primer mes de establecimiento, posteriormente el crecimiento fue decreciente muy probablemente porque fue establecida en la zona de mayor pendiente del predio y la

Growth dynamic

Growth rates were irregular and there were no significant differences between the regions, but the conditions of temperature and rainfall in the Huasteca and Otomí-Tepehua regions supported growth in the first three months of establishment (Figure 4).

In the Otomí-Tepehua region was recorded an average growth rate of 0.1 cm/day, followed by plants from the Huasteca region with 0.05 cm/day and Valle del Mezquital region with 0.01 cm/day. The growth rates found in the three regions differ from those reported in the literature where growth stocks are 0.71 cm and 1.01 cm/day in a study where the plant height and growth rate were favored with distances between plants 1 and 2 m (Medina *et al.*, 2007). The determinants of growth are different from the growing conditions in each region to the particularity of the varieties under study.

In the Otomí-Tepehua region, the variety Kanva recorded the highest average growth rate of 0.23 cm/day while the variety Kanva and SLP3 showed different growth rates of 0.134 and being -0.06 cm/day respectively (Figure 5).

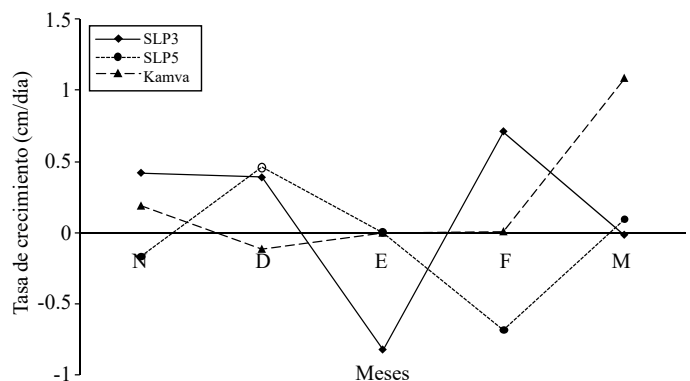


Figura 5. Dinámica de crecimiento de tres variedades de morera (*Morus* spp.) en la región Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo.

Figure 5. Dynamics of growth of three varieties of mulberry (*Morus* spp.) in the Otomí- Tepehua region, Hidalgo.

The plants of the variety SLP3 showed growth during the first month of establishment, then the growth was most likely due to decrease, established in the area of greatest slope of the land and water retention was limited. In contrast, the variety Kanva showed steady growth because it was placed in the lower slope of the land, with

retención de humedad fue limitada. En contraste la variedad Kamva mostro crecimiento constante debido a que se situó en la zona de menor pendiente del predio y con mayor capacidad de retención de agua. El comportamiento anormal del crecimiento de la variedad SLP5 fue consecuencia de su afectación por frío y por incidencia de enfermedades antes mencionadas.

En la región Huasteca no se encontraron diferencias significativas entre variedades. La variedad Kamva registró una tasa de crecimiento promedio mayor de 0.23 cm/día, seguida de la variedad SLP3 con 0.13 cm/día y la variedad SLP5 presentó en promedio una tasa de crecimiento negativa -0.06 cm/día durante el periodo de estudio, debido a las bajas temperaturas (Figura 6).

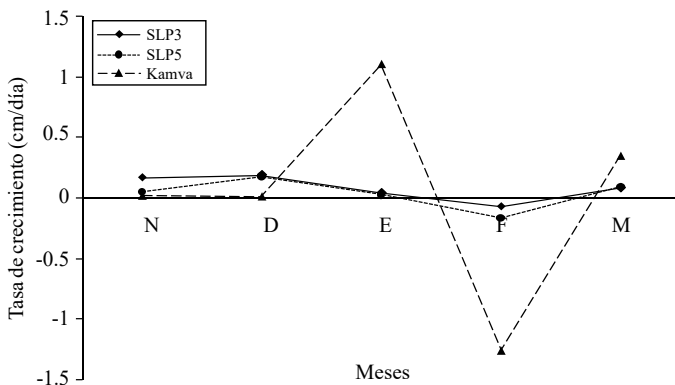


Figura 6. Dinámica de crecimiento de tres variedades de morera (*Morus spp.*) en la región Huasteca del estado de Hidalgo.

Figure 6. Dynamics of growth of three varieties of mulberry (*Morus spp.*) in the Huasteca region, Hidalgo State.

En la región de la Huasteca hidalguense las tres variedades mostraron crecimiento constante en el primer mes de establecimiento, se vieron favorecidos por la precipitación de los primeros meses; sin embargo, durante la época de invierno las tasas de crecimiento se vieron seriamente afectadas por la ausencia de lluvia y la entrada a la época de estiaje.

En la región del Valle del Mezquital no se encontraron diferencias significativas entre variedades. La variedad SLP3 registró una tasa de crecimiento promedio mayor de 0.14 cm/día, seguida de la variedad Kamva con 0.13 cm/día y la variedad SLP5 presentó tasa de crecimiento negativa -0.06 cm/día durante el periodo de estudio (Figura 7).

more water holding capacity. The abnormal behavior of the variety SLP5 growth resulted from his involvement from cold and disease incidence.

In the Huasteca region, there were no significant differences between the varieties. The variety Kamva registered an average growth rate of 0.23 cm/day, followed by the variety SLP3 with 0.13 cm/day and the variety SLP5 showed an average negative growth rate of -0.06 cm/day during the study period due to low temperatures (Figure 6).

In the Huasteca region of Hidalgo, the three varieties showed steady growth in the first month of establishment, favored by the precipitation of the first few months but, during the winter, growth rates were seriously affected by the absence of rain and the entrance to the dry season.

In the region of Valle del Mezquital, no significant differences between varieties were found. The variety SLP3 recorded a higher average growth rate of 0.14 cm/day, followed by the variety Kamva with 0.13 cm/day and the variety SLP5 showed negative growth rate of -0.06 cm/day during the study period (Figure 7).

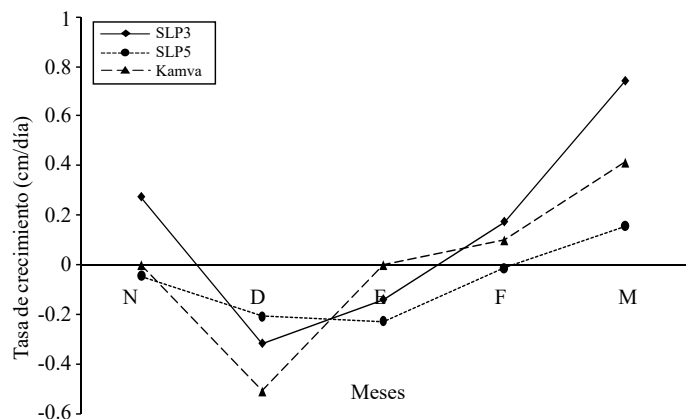


Figura 7. Dinámica de crecimiento de tres variedades de morera (*Morus spp.*) en la región Valle del Mezquital del estado de Hidalgo.

Figure 7. Dynamics of growth of three varieties of mulberry (*Morus spp.*) in the region Valle del Mezquital, Hidalgo State.

The growth rates were declining in all the varieties, due to low temperatures during the winter and the absence of rain recorded in the region, noting the recovery in growth with the arrival of spring.

Las tasas de crecimiento fueron decrecientes en las tres variedades, debido a las bajas temperaturas del periodo invernal y a la ausencia de lluvia que se registró en la región y se observó recuperación en el crecimiento con la llegada de la primavera.

Conclusiones

En el presente estudio se concluye que es factible el establecimiento de morera (*Morus* spp.) en las tres regiones de estudio; Huasteca, Otomí-Tepehua y Valle del Mezquital, por su alta tasa de supervivencia. El análisis del desempeño morfológico de las variedades de morera permite concluir en términos generales; que las condiciones agroecológicas de las regiones Huasteca y Otomí-Tepehua favorecieron el mejor desarrollo morfológico de las plantas, seguidas por la región del Valle del Mezquital.

Las variedades con mejor comportamiento morfo estructural en las tres regiones de estudio fueron la SLP3 y la Kamva. También es importante señalar que es necesario seguir realizando los estudios de comportamiento morfológico y complementar con investigaciones sobre los rendimientos de materia seca por hectárea y del valor nutricional para implementar estrategias de aprovechamiento en los sistemas de producción serícola.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del estado de Hidalgo, por el financiamiento otorgado a través del proyecto "Plantaciones de Morera y poblaciones de gusano de seda (*Bombyx mori*) para su adaptación en las regiones del Valle del Mezquital, Huasteca y Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo" (Fomix, 131264) para la realización de este trabajo.

Literatura citada

Benavides, J. E. 1996. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. Agroforestería en las Américas. 2(7):27-30.

Conclusions

This study concludes that it is possible the establishment of mulberry (*Morus* spp.) in the three study regions, Huasteca, Otomí-Tepehua and Valle del Mezquital because of its high survival rate. The morphological analysis of the performance of the mulberry varieties can be concluded in general terms that, the agro-ecological conditions of the Huasteca and Otomí-Tepehua region favored better plant morphological development, followed by Valle del Mezquital.

The best morphological-structural performing varieties in the three study regions were SLP3 and Kamva. It is also important to note the need to continue performing morphological and behavioral studies complemented by research on the yields of dry matter per hectare and nutritional value to implement strategies to use in sericulture production systems.

End of the English version



- Benavides, J. E. 2000. La morera un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. Pastos y Forrajes. 23(2):1-14.
- Boschini, C. 2002. Establishment and management of mulberry for intensive forage production. *In*: Sánchez, M. (Ed.) Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. 115-122 pp.
- Caballero, C.; Marín, L.; Soto, R. A.; Parets, E.; Ramírez, D.; Kuan, Y.; Padrón, R. y Socorro, A. 2006. Efecto del grosor del esqueje de morera (*Morus alba*) sobre su comportamiento durante los primeros 60 días de plantada. Memorias I Taller de Agricultura Alternativa. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba. 25-30 pp.
- Cifuentes, C. A. y Kee-Wook, S. 1998. Manual técnico de sericultura: cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Convenio SENA-CDTS. Colombia. 438 p.
- García, D.; Noda, Y.; Medina, G.; Martín, G. y Soca, M. 2006. La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. Rev. AIA. 10(1):55-72.
- García, F. L. 2004. Evaluación agronómica de la morera (*Morus alba* cv. Cubana) en un suelo ferralítico rojo típico. Tesis maestría en pastos y forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.

- García, D. E.; Medina, M. G. y Ojeda, F. 2005. Carbohidratos solubles en cuatro variedades de morera (*Morus alba* Linn.). Pastos y Forrajes. 28(3):233-239.
- Jaramillo, I. J. 2006. Evaluación nutricional y agronómica de *Morus alba* y *Sanbucusnigray* su utilización en la alimentación de rumiantes y monogástricos. Revista de investigación. 6(2):189-197.
- Loko, A.; Madan, G. and Doug, G. 2003. Evaluation of agronomic characters of mulberry in south east Queensland. <http://www.regional.org.au/au/asa/2003/c/11/anota.htm>. (Consulta: junio 2011).
- Machado, R.; Roche, R.; Toral O. y González, E. 1999. Metodología para la colecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería. Pastos y Forrajes. 22(3):181-203.
- Martín, G.; Yepes, I.; Hernández, I. y Benavides, J. E. 1998. Evaluación del comportamiento de cuatro variedades de morera durante la fase de establecimiento. In: Memorias III Taller Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 92 p.
- Martín, G.; García, F.; Reyes, F.; Hernández, I.; González, T. y Milera, M. 2000. Estudios agronómicos realizados en Cuba en *Morus alba*. Pastos y Forrajes. 23(4):323-332.
- Martín, G. J.; Noda, Y.; Pentón, G.; García, D. E.; García, E.; González, F.; Milera, M.; López, O.; Leiva, L. y Arece, J. 2007. La morera (*Morus alba* Linn.): una especie de interés para la alimentación animal. Pastos y Forrajes. 30(3):3-19.
- Medina, M. G.; Lamela, L. y García, D. E. 2004. Supervivencia de la Morera (*Morus alba*) en una asociación sometida a pastoreo y corte. Pastos y Forrajes. 27(3):241-245.
- Medina, M. G.; García D. E.; Clavero, T. y López, J. G. 2007. Influencia de la distancia entre surcos y altura de corte en algunos indicadores de *Morus alba* (L.) sometida a pastoreo. Rev. Fac. Agron. 24(3): 8-14.
- Medina, M. G.; García, D. E.; Moratinos, P. y Cova, L. J. 2009. La morera (*Morus* spp.) como recurso forrajero: Avances y consideraciones de investigación. Zootecnia Tropical. 27(4):343-362.
- Noda, Y.; Pentón, G.; y Martín, G. 2004. Comportamiento de nueve variedades de *Morus alba* (L.) durante la fase de vivero. Pastos y Forrajes. 27(2):131-138.
- Obrador, O. O. P.; Hernández, S. D.; Aranda, I. E. M.; Gómez, V. A.; Camacho, C. y Cobos, P. 2007. Evaluación de los forrajes de morera *Morus alba* y tulipán *Hibiscus rosa-sinensis* diferentes edades de corte como suplemento para corderos en pastoreo. Universidad y Ciencia. 23 (2):115-125.
- Pentón, G.; Martín, G.; Pérez, A. y Noda, Y. 2007. Comportamiento morfoagronómico de variedades de morera (*Morus alba* L.) durante el establecimiento. Pastos y Forrajes 30(3):315-325.
- Salas, B. J.; Agramonte, D. P.; Jiménez, T. F.; Collado, R. L. y Pérez, M. P. 2006. Caracteres morfológicos de plantas de *Morus alba* L. derivadas del cultivo *in vitro* en condiciones de campo. Ra Xihmai. 2(2):469-479.
- Sánchez, M. D. 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. In: Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. 1-8 p.
- Statistical Analysis System (SAS). 2004. SAS/STAT User's guide. (Release 9.1) SAS publishing, Cary (NC). 1-7:180.
- Toral, O.; Simon, L. y Matías, Y. 2010. Caracterización de morera en condiciones de arboretum. Nota técnica. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba.