

Evaluación de variedades de morera en la alimentación del gusano de seda (*Bombyx mori*) en Hidalgo, México*

Evaluation of mulberry varieties as feeding for silkworms (*Bombyx mori*) in Hidalgo, Mexico

Alejandro Rodríguez-Ortega^{1§}, Aarón Martínez-Menchaca¹, Alejandro Ventura-Maza¹, Jorge Vargas-Monter¹, Muhammad Ehsan¹ y Francisco M. Lara Viveros¹

¹Ingeniería en Agrotecnología. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Carretera Tepatepec-San Juan Tepa, km 2. Francisco I. Madero, Hidalgo. C. P. 42660. Tel. 01738 72 41172, (aaron6694@hotmail.com); (aventura@upfim.edu.mx); (jvamonter@yahoo.com.mx); (ehsanm2000@hotmail.com); (franciscolaraviveros_cp@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: arodriguez@upfim.edu.mx.

Resumen

El estudio se realizó en septiembre de 2011 en el laboratorio del gusano de seda ubicado en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero en el municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo. Se llevó a cabo un análisis proximal a tres variedades de morera (*Morus* sp.) SLP5, SLP3 y Kanva. Mediante un diseño completamente al azar con tres tratamientos y dos repeticiones, se evaluaron las variedades de morera en la alimentación de 6 poblaciones de 500 larvas de gusanos seda (*Bombyx mori*) de raza Kinshu Showa y su efecto en indicadores técnico-productivos en la fase larvaria y de encapullado. Se determinó los componentes del análisis proximal de las hojas de morera; materia seca, proteína, fibra, extracto etéreo y cenizas. En la fase larvaria se estudió mortalidad, peso, longitud y diámetro torácico. En la fase de encapullado se analizó el peso de capullo con y sin crisálida, peso de crisálida, producción de capullo, forma y tamaño del mismo. Los resultados del análisis proximal indican porcentajes de proteína en las tres variedades mayores al 20%, siendo la variedad SLP5 y la Kanva la de mayor valor y menor nivel proteico la SLP3 ($p > 0.05$). En la fase larvaria, las larvas alimentadas con la variedad Kanva ganaron más peso, mayor longitud y diámetro torácico; sin embargo, las poblaciones alimentadas con la variedad SLP3 presentaron menor porcentaje de mortalidad, mayor producción de

Abstract

The study was conducted in September 2011 in the laboratory for silkworms located at the Polytechnic University of Francisco I. Madero in the municipality of Francisco I. Madero, Hidalgo. A proximate analysis of three varieties of mulberry (*Morus* sp.) was performed: SLP5, SLP3 and Kanva. Using a completely randomized design with three treatments and two replicates, the varieties of mulberry were evaluated as feeding for 6 populations of 500 silkworm larvae (*Bombyx mori*) of the Kinshu Showa race. The effect of the feeding on technical and production indicators in the larval and pupal stages was assessed. We determined the proximate analysis components of mulberry leaves: dry matter, protein, fiber, ether extract and ash. In the larval stage we studied mortality, weight, length and thoracic diameter. In the pupal stage we analyzed the weight of the cocoon with and without chrysalis, the weight of the chrysalis, cocoon production, shape and size. The results of the proximate analysis indicate that the protein percentages in the three varieties are over 20%, with the SLP5 and Kanva varieties having the highest value, and the SLP3 variety the lower protein content ($p > 0.05$). In the larval stage, the larvae fed with the Kanva variety gained more weight, length and thoracic diameter; however, the populations fed with the SLP3 variety had a lower mortality

* Recibido: junio de 2012
Aceptado: febrero de 2013

capullos, capullos de mayor tamaño y mayor cantidad de capullos elípticos. La variedad SLP5 obtuvo capullos de mayor peso.

Palabras clave: *Bombyx mori*, *Morus* sp., Kinshu showa.

Introducción

La seda se obtiene a partir del gusano de seda (*Bombyx mori*), el cual se alimenta en la etapa larval únicamente de hojas de morera (*Morus* sp.), las cuales contienen el *flavonoide morina*, semioquímico que actúa como kairomona para la atracción de este lepidóptero hacia la morera (Schoonhoven *et al.*, 1998). El alimento y la calidad nutricional tienen gran influencia en el desempeño del gusano de seda, en la fase larvaria y de encapullado (Takahashi, 2000). Sin embargo, las características físicas como; dureza, pilosidad, ceras, etc., y nutricionales que presenta cada variedad de morera son diferentes e influyen sobre el consumo de los gusanos (Roy *et al.*, 2000). Algunas sustancias químicas presentes en las ceras son estimulantes de la alimentación, por ejemplo los alcoholes hexacosanol (C26) y octacosanol (C28) se comportan como fagoestimulantes para las larvas recién nacidas (Bemays y Chapman, 1994).

El gusano de seda para su desarrollo morfológico y para llevar a cabo sus funciones fisiológicas necesita de dos nutrientes importantes: proteína cruda y carbohidratos, estos nutrientes se encuentran concentrados en porcentajes altos en las hojas jóvenes. La cantidad de nutrientes en las hojas de morera; proteínas, lípidos, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y agua varía de acuerdo a la variedad, fertilidad del suelo, clima, época del año, edad y posición de las hojas (Roy *et al.*, 2000).

La larva del gusano de seda ingiere aproximadamente 20-22 g de morera fresca o de 5 a 5.5 g de morera seca. El 40% del consumo se asimila y 60% restante se elimina por medio de los excrementos y sólo 25% del alimento digerido se transforma en seda bruta en la formación del capullo (Cifuentes y Shon, 1998). La calidad y cantidad de capullos cosechados están directamente determinados por tres factores principales: las condiciones ambientales, la nutrición y la sanidad. Estos factores afectan los indicadores morfológicos de la fase larvaria y fase de encapullamiento tales como; duración de la fase, peso,

rate, higher cocoon production, larger cocoons, and a larger amount of elliptical cocoons. The SLP5 variety produced heavier cocoons.

Keywords: *Bombyx mori*, *Morus* sp., Kinshu showa.

Introduction

Silk is obtained from silkworms (*Bombyx mori*), which, in the larval stage, feeds only on mulberry leaves (*Morus* sp.), which contain the flavonoid morine, a semiochemical that acts as a kairomone to attract this lepidopteran towards the mulberry (Schoonhoven *et al.*, 1998). The nutritional quality of its food has a great influence on the performance of the silkworm in both the larval and the pupa stages (Takahashi, 2000). However, the physical (hardness, hairiness, waxes, etc.) and nutritional characteristics of each every variety of mulberry are different, and produce a different effect on the worms (Roy *et al.*, 2000). Some chemical substances present in the waxes are feeding stimulants; the alcohols hexacosanol (C26) and octacosanol (C28), for example, behave as phagostimulants for neonate larvae (Bernays and Chapman, 1994).

For its morphological development and to carry out its physiological functions, the silkworm requires two important nutrients: crude protein and carbohydrates. Young mulberry leaves have high concentrations of these nutrients. The amount of nutrients in mulberry leaves: proteins, lipids, carbohydrates, vitamins, minerals and water, varies according to the variety, soil fertility, climate, time of year, age and position of leaves (Roy *et al.*, 2000).

The silkworm larvae eat about 20-22 g of fresh mulberry leaves or 5 to 5.5 g of dry mulberry leaves. 40% of the consumption is assimilated, and the remaining 60% is excreted through the feces; only 25% of the digested food becomes raw silk when the cocoon is formed (Cifuentes and Shon, 1998). The quality and quantity of the harvested cocoons are directly determined by three main factors: environmental conditions, nutrition and health. These factors affect the morphological indicators of the larval and pupa stages such as: stage duration, weight, length, thoracic diameter, larval mortality, quantity, weight, shape and size of the cocoon (Cifuentes and Shon, 1998). Therefore, when the silkworm larvae are fed with different mulberry varieties, they present differences in weight, length, thoracic diameter,

longitud, diámetro torácico, mortalidad de las larvas, cantidad, peso, forma y tamaño del capullo (Cifuentes y Shon, 1998). Por lo tanto, al alimentar a larvas del gusano de seda con variedades diferentes presentaran diferencias en peso, longitud, diámetro torácico, producción y calidad de capullo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de tres variedades de morera en la alimentación de gusanos de seda y su efecto sobre algunos parámetros morfológicos durante la fase larvaria y de encapullamiento.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el otoño de 2011, en el laboratorio de experimentación del gusano de seda de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, en el municipio de Francisco I. Madero en el estado de Hidalgo. El lugar se encuentra a 1 995 msnm de altitud, con coordenadas geográficas de 20° 15' 20" de latitud norte y de 99° 00' 10" de longitud oeste, presenta clima templado frío, con 17 °C de temperatura media anual y precipitación pluvial anual de 540 mL.

En el laboratorio de nutrición animal del departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, se realizó análisis proximal de las hojas de tres variedades de *Morus* sp., conocidas como SLP3, SLP5 y Kanva. La proteína cruda se determino por el método simple propuesto por Chow *et al.* (1980) y el extracto etero por el método de Soxhlet, para los demás componentes se siguió la metodología descrita por la AOAC (1984).

Se trabajó con 6 poblaciones de 500 gusanos poli híbridos kinshu showa (raza china x japonesa) de 14 días de edad. El diseño experimental fue completamente al azar, se evaluaron tres tratamientos de alimentación con dos repeticiones; Tratamiento uno (T1) se nutrió con la variedad SLP5, tratamiento dos (T2), se alimentó a con la variedad SLP3 y el tratamiento tres (T3), se proveyó con la variedad Kanva.

Las poblaciones de gusanos se alimentaron tres veces al día con hojas frescas en cantidades similares durante los días correspondientes a su cuarta y quinta edad hasta llegar a su estado adulto. En los días de muda no se les proporcionó alimento. El esquema de alimentación se describe a continuación (Cuadro 1).

cocoon production and quality. The aim of this study was to evaluate the use of three mulberry varieties as feeding for silkworms and their effect on some morphological parameters during the larval and pupa stages.

Materials and methods

The study was conducted in the fall of 2011, in the experimental laboratory for silkworms of the Polytechnic University of Francisco I. Madero, in the municipality of Francisco I. Madero in the state of Hidalgo. The place is located at 1995 masl, with geographical coordinates of 20° 15' 20" N and 99° 00' 10" W; it has a cool temperate climate, with a mean annual temperature of 17 °C and an annual precipitation of 540 mL.

A proximate analysis of the leaves of three varieties of *Morus* sp. (known as SLP3, SLP5 and Kanva) was carried out in the laboratory of animal nutrition of the department of Zootechnics at the Chapingo Autonomous University. Crude protein was determined by the simple method proposed by Chow *et al.* (1980), and the ether extract by the Soxhlet method; for determining the other components we followed the methodology described by the AOAC (1984).

We worked with 6 populations of 500 14 days old Kinshu showa polyhybrid worms (a Chinese x Japanese race). The experimental design was completely randomized, evaluating three feeding treatments with two replicates; treatment one (T1) involved feeding with the SLP5 variety, treatment two (T2) feeding with the SLP3 variety, and treatment three (T3) feeding with the Kanva variety.

The worm populations were fed three times daily with fresh leaves in similar amounts during the days corresponding to their fourth and fifth ages until they reached the adult stage. In molting days no food was provided. The feeding scheme is described below (Table 1).

In the larval stage, the sample size was of 50 silkworm larvae per replicate. The information from the morphological indicators evaluated (weight, length, diameter and thoracic diameter) was recorded every 7 days. The percentage of harvested cocoons was recorded in the pupal stage, as was the weight of the cocoons with and without chrysalis,

Cuadro 1. Calendario de alimentación de poblaciones de 500 gusanos de seda (*Bombyx mori*).
Table 1. Feeding schedule of populations of 500 silkworms (*Bombyx mori*).

Día de vida de la larva	Hoja de morera (g)			Total
	Primera comida	Segunda comida	Tercera comida	
15	100	100	100	300
16	100	100	100	300
17	100	100	100	300
18	100	100	100	300
19	Muda del quinto instar			
20				
21	250	100	250	600
22	300	200	300	800
23	300	200	400	900
24	400	200	400	1000
25	400	200	400	1000
26	400	300	400	1100
27	300	300	400	1000
28	Gusano adulto			

En la fase larvaria, el tamaño de muestra fue de 50 larvas de gusano de seda por repetición, se registro información de indicadores morfológicos cada 7 días; peso, longitud, diámetro torácico y mortalidad. En la etapa de encapullado se registró el porcentaje de capullos cosechados, peso del capullo con crisálida, peso de capullo sin crisálida, peso de crisálida, forma del capullo y tamaño del capullo (largo y ancho). Se realizo análisis estadístico descriptivo de las variables en estudio y se determinó el análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (SAS, 2001).

Resultados y discusión

Bromatología de la morera

Se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los componentes del análisis proximal para las variedades en estudio (Cuadro 2). El porcentaje de proteína en las tres variedades estuvo por arriba de 20%, siendo la variedad SLP5 y la Kanva la de mayor y menor nivel proteico. Los porcentajes de proteína encontrados son característicos de esta especie y son similares a los reportados por diversos

the weight of the chrysalis, and the shape and size of the cocoons (length and width). A descriptive statistical analysis of the study variables was conducted, and the analysis of variance and the comparison of means were determined using the Tukey test (SAS, 2001).

Results and discussion

Bromatology of mulberry

There were significant differences ($p > 0.05$) in the proximate analysis components for the three varieties under study (Table 2). The percentage of protein in the three varieties was above 20%, with the SLP5 and Kanva varieties having the highest and the lowest protein content levels. The percentages of protein found are characteristic of this species and are similar to those reported by several authors, who reported crude protein contents of between 11% and 28% (González *et al.*, 1998; Benavides, 2000; Boschini, 2002; Singh and Makkar, 2002). The mulberry is an important source of amino acids, half of which are essential, besides presenting appreciable amounts of vitamins, including nicotinic acid, ascorbic acid, pantothenic acid, vitamin C and riboflavin (Sánchez, 2002).

autores, quienes reportan contenidos de proteína cruda de 11% a 28% (González *et al.*, 1998; Benavides, 2000; Boschini, 2002; Singh y Makkar, 2002). La morera constituye una fuente importante de aminoácidos, de los cuales la mitad son esenciales, además de presentar cantidades apreciables de vitaminas, entre las que se destacan los ácidos nicotínico, ascórbico y pantoténico, la vitamina C y la riboflavina (Sánchez, 2002).

La fracción fibrosa de la morera es baja, comparada con valores 14% que se reportan en la literatura (Soca *et al.*, 2010). Se encontraron valores de 10.2% para la variedad SLP5 y 9% en las variedades SLP3 y Kanva. El bajo valor de fibra cruda representa un grado de lignificación menor y un mayor valor nutritivo (Boschini, 2002).

El porcentaje de extracto etéreo no presentó diferencias significativas y los valores encontrados son similares a lo reportado por Ortiz *et al.* (2010). Se encontró diferencia significativa para el componente de cenizas entre variedades ($p > 0.05$). La morera se caracteriza por su alto contenido de cenizas, la variedad Kanva presentó mayor porcentaje, seguida de la variedad SLP3 y SLP5. Según Espinoza (1996), las hojas de morera presentan 17% de cenizas, con contenidos normales de calcio entre 1.8 a 2.4% y de fósforo de 0.14 a 0.24%.

Fase larvaria

Las medias generales del peso de las larvas alimentadas con diferentes variedades no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). Las larvas que fueron alimentadas con la variedad Kanva presentaron mayor peso a los 21 y 28 días del ciclo de vida seguidas por la variedad SLP3 y la variedad SLP5, sin embargo el peso al momento del primer registro no fue homogéneo (Cuadro 3). En el día 28 de vida, las larvas presentaron pesos entre 2 462 y 2 575 mg. Los pesos de las larvas encontrados son similares a los 2 200 mg en larvas al final del quinto instar (Hanada, y Watanabe (1986) y a los 2 200 a 2 600 mg reportados para larvas del séptimo día del quinto instar (Radjabi, 2010 y Dingle *et al.*, 2005). Rahmathulla *et al.* (2004) en un estudio bajo condiciones de estrés encontraron pesos de larvas del quinto instar mayores de 2 900 mg Mahmood *et al.* (2002) reportaron pesos de larvas del quinto instar superiores a 4 300 mg alimentadas con hojas adicionadas con diferentes concentraciones de nitrógeno.

Cuadro 2. Bromatología de hojas de tres variedades de morera (*Morus sp.*) en el estado de Hidalgo.

Table 2. Bromatology of the leaves of three varieties of mulberry (*Morus sp.*) in the state of Hidalgo.

Componente	SLP5	SLP3	Kanva
Materia seca (%)	29.5 ^a	26.8 ^b	27.4 ^b
Proteína cruda (%)	22.5 ^a	21.6 ^a	20.3 ^b
Fibra cruda (%)	10.2 ^a	9.05 ^b	9.03 ^b
Extracto etéreo (%)	3.6 ^a	4.06 ^a	4.06 ^a
Cenizas (%)	13.6 ^b	12.5 ^c	16.2 ^a

a,b,c: medias con la misma literal en una misma hilera difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

The fiber fraction of the mulberry is low, compared with values of 14% reported in the literature (Soca *et al.*, 2010). Values of 10.2% were found for the SLP5 variety, and of 9% for the SLP3 and Kanva varieties. The low value of crude fiber represents a lower degree of lignification and a higher nutritional value (Boschini, 2002).

The percentage of ether extract did not show significant differences, and the values found were similar to those reported by Ortiz *et al.* (2010). A significant difference was found among varieties with respect to the ash component ($p > 0.05$). The mulberry is characterized by its high ash content; the Kanva variety had the highest ash percentage, followed by the SLP5 variety and the SLP3. According to Espinoza (1996), the mulberry leaves have an ash content of 17%, with normal calcium content of between 1.8 and 2.4%, and phosphorus content of between 0.14 and 0.24%.

Larval stage

The overall weight means of the larvae fed with different varieties were not significantly different ($p < 0.05$). The larvae fed with the Kanva variety were heavier at the 21th and 28th days of their life cycle, followed by the SLP3 variety and the SLP5 variety; however, the weight of the larvae at the time of the first record was not homogeneous (Table 3). On day 28 of their life, the larvae weighed between 2462 and 2575 mg. The weights found are similar to the 2200 mg in larvae at the end of the fifth instar (Hanada, and Watanabe, 1986) and the 2200-2600 mg reported for larvae at the seventh day of the fifth instar (Radjabi, 2010 and Dingle *et al.*, 2005). Rahmathulla *et al.* (2004), in a study under stress conditions, found weights of fifth instar larvae of over

Cuadro 3. Crecimiento y desarrollo de gusanos de seda (*Bombyx mori*) alimentados con tres variedades de morera en el estado de Hidalgo.

Table 3. Growth and development of silkworms (*Bombyx mori*) fed with three mulberry varieties in the state of Hidalgo.

Variedades	Peso (mg)			Tasa de crecimiento (mg/día)
	Día 14	Día 21	Día 28	
SLP5	410 ^a	2329 ^a	2462 ^a	98.58 ^b
SLP3	396 ^a	2290 ^a	2468 ^a	100.21 ^b
Kanva	394 ^a	2337 ^a	2575 ^a	106.25 ^a

a,b,c: medias con la misma literal en una misma columna difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

El crecimiento y ganancia de peso del gusano de seda depende del suministro de morera, calidad de hoja, condiciones ambientales raza o tipo de gusano (Figura 1). En la fase adulta, el gusano consume 98% del total de alimento suministrado en su estado larval, consumiendo 10% en el cuarto instar y 88% en el quinto instar la cuarta y quinta edad, periodo con más rapidez de crecimiento y peso (Duarte y Mercado, 2001). En el quinto instar la glándula sericígena, logra su grado de desarrollo, representando 40% del peso total de la larva e inicia el proceso de purga, elimina el contenido de orina y excremento, cambia el color de la cutícula y se prepara para la formación de capullo. Por ello un menor peso promedio de larvas corresponde a un menor desarrollo de las glándulas de seda (Pelicano *et al.*, 2004).



Figura 1. Larva de cuarto instar de gusano de seda (*Bombyx mori*) alimentándose de morera.

Figure 1. Fourth instar silkworm larva (*Bombyx mori*) feeding on mulberry.

El crecimiento en longitud presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) a los 21 y 28 días de edad larvaria (Cuadro 4). La mayor longitud se registró en larvas alimentadas con la variedad Kanva (59.28 mm) seguida por las que

2900 mg. Mahmood *et al.* (2002) reported weights higher than 4300 mg for fifth instar larvae fed with leaves added with different concentrations of nitrogen.

Growth and weight gain in the silkworm depends on the supply of mulberry, on the leaf quality, the environmental conditions, and the race or type of worm (Figure 1). In the adult stage, the worm consumes 98% of the total food supplied in its larval stage, consuming 10% in the fourth instar and 88% in the fifth instar; the fourth and fifth instars are the periods of faster growth and weight gain (Duarte and Mercado, 2001). On the fifth instar, the serictery attains full development, representing 40% of the total weight of the larva, which starts then the purge process, eliminating urine and feces content, changing the color of the cuticle and preparing for the construction of the cocoon. That is why a lower average weight of the larvae corresponds to a lower development of the silk glands (Pelicano *et al.*, 2004).

Growth in length showed a significant difference ($p < 0.05$) between 21 and 28 days old larvae (Table 4). The greater length was recorded in larvae fed with the Kanva variety (59.28 mm), followed by the larvae fed with the SLP5 variety (55.96 mm) and the SLP3 variety (54.58 mm). This values match those reported in Australia, where early fourth instar larvae were 25.8 mm in length, at the start of the fifth instar reached 40.88 mm, and at the end of the fifth instar, before the purge, they had a length of 56 mm (Dingle *et al.*, 2005).

The overall means of the thoracic diameter variable were different at 21 and 28 days ($p > 0.05$). The largest thoracic diameter was found in the larvae that were fed with the Kanva variety, followed by those fed with SLP3 and with the SLP5 variety. In a study conducted in Misiones, Argentina, growth in length of 4.5 cm and 5.5 mm in diameter were recorded (Fernandez and Tricio, 2009). Salice *et al.* (2001) suggest that the fourth instar lasts 3.5 to 4 days, at which point the

se alimentaron con la variedad SLP5 (55.96 mm) y la variedad SLP3 (54.58 mm). Los valores coinciden a lo reportado en Australia donde larvas al inicio del cuarto instar obtuvieron una longitud de 25.8 mm, para el inicio el quinto instar llegaron a medir de 40.88 mm y al término del quinto instar antes de la purga, con una longitud de 56 mm (Dingle *et al.*, 2005).

larvae reach a length of about 40 mm, and that when they get to the fifth and final instar, they reach a size of 70-80 mm in length.

The growth and development of the silkworm is affected by climatic factors such as temperature, humidity and air (Singh *et al.*, 1998). These insects are poikilothermic, and

Cuadro 4. Morfología de gusanos de seda (*Bombyx mori*) alimentados con tres variedades de morera en el estado de Hidalgo.
Table 4. Morphology of silkworms (*Bombyx mori*) fed with three mulberry varieties in the state of Hidalgo.

Variedad	Día 14		Día 21		Día 28	
	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
SLP5	25.35 ^a	2.44 ^a	53.27 ^b	4.57 ^{ab}	55.96 ^b	4.74 ^b
SLP3	25.49 ^a	2.58 ^a	52.79 ^b	4.71 ^a	54.58 ^b	4.93 ^a
Kanva	25.61 ^a	2.54 ^a	56.66 ^a	4.48 ^b	59.28 ^a	4.95 ^a

a,b: medias con la misma literal en una misma columna difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

Las medias generales del variable diámetro torácico fueron diferentes a los 21 y a los 28 días ($p > 0.05$). El mayor diámetro torácico se encontró en las larvas que fueron alimentadas con la variedad Kanva seguida por la variedad SLP3 y la variedad SLP5. En un trabajo realizado en Misiones, Argentina registraron crecimientos de 4.5 cm de longitud y 5.5 mm de diámetros (Fernández y Tricio, 2009). Salice *et al.* (2001) indican que la cuarta edad tiene una duración de 3.5 a 4 días, las larvas llegan a medir unos 40 mm de longitud, y al llegar a la quinta y última edad, alcanzó un tamaño de 70 a 80 mm de longitud.

El crecimiento y desarrollo del gusano de seda se afecta por factores climáticos como la temperatura, la humedad y el aire (Singh *et al.*, 1998). Estos insectos son poiquilotérmicos, las temperaturas debajo de los 20 °C y por arriba de 30 °C pueden afectar la alimentación y la digestión del gusano de seda y por ende su crecimiento y desarrollo. El porcentaje de mortalidad durante la etapa larvaria fue diferente ($p < 0.05$). El mayor porcentaje de mortalidad en larvas se encontró en las que fueron alimentadas con la variedad Kanva seguida por la variedad SLP5 y la variedad SLP3 (Cuadro 5). Estudios en Japón reportan que la mortalidad de larvas cuando la temperatura de la caseta va de 25 °C a 28 °C va de 5.1% al 7.4% (AICAF, 1995). Al respecto algunos autores(as) reportan valores de mortalidad 20% (Chandi *et al.* 2009).

Los gusanos adultos son más débiles para resistir condiciones de altas temperaturas y altas humedades (Omana y Karumathil, 1995). Cifuentes y Kee Wook (1998) reportaron

temperatures below 20 °C and above 30 °C can affect the feeding and digestion of the silkworm, and thus their growth and development. The mortality rate during the larval stage was different between treatments ($p < 0.05$). The highest mortality rate was found in larvae that were fed with the Kanva variety, followed by those fed with the SLP5 variety and the SLP3 variety (Table 5). Studies in Japan reported that the mortality of larvae increases from 5.1% to 7.4% when the temperature increases from 25 °C to 28 °C (AICAF, 1995). In this regard, some authors reported mortality values of 20% (Chandi *et al.* 2009).

Cuadro 5. Mortalidad de gusanos de seda (*Bombyx mori*) alimentados con tres variedades de morera en el estado de Hidalgo.

Table 5. Mortality of silkworms (*Bombyx mori*) fed with three mulberry varieties in the state of Hidalgo.

Variedades	Mortalidad (%)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
SLP5	23.3 ^b	25.05	76.83
SLP3	19 ^c	25.05	76.83
Kanva	26.4 ^a	25.05	76.83

a,b,c: medias con la misma literal en una misma columna difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

The adult worms are less able to withstand high temperature and high humidity conditions (Omana and Karumathil, 1995). Cifuentes and Kee Wook (1998) reported that at a temperature of 20 °C, the mortality rate of fourth and fifth

que a una temperatura de 20 °C en la cuarta y quinta edad la mortalidad es 9.2%, si la temperatura es 24 °C la mortalidad es 18.7% y a una temperatura de 28 °C la mortalidad 42.8%.

Fase de encapullado

Las medidas generales para la variable peso de capullo (Figura 2) con crisálida y peso de la crisálida no mostraron diferencia significativas ($p > 0.05$). El mayor peso de capullo con crisálida se registró en larvas que fueron alimentadas con la variedad SLP5 seguida por la variedad Kanva y la variedad SLP3 (Cuadro 6). El peso del capullo sin crisálida es la variable de mayor importancia por su relación directa al rendimiento serícola y presentó diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$). El mayor peso de capullo sin crisálida y peso de crisálida se obtuvo en larvas alimentadas con la variedad SLP5 seguida por la variedad Kanva y la variedad SLP3.



Figura 2. Capullos blancos y amarillos y en forma de cacahuete de gusanos de seda.

Figure 2. White and yellow peanut-shaped cocoons of silkworms.

Cuadro 6. Peso de capullo y crisálida de gusanos de seda (*Bombyx mori*) alimentados con tres variedades de morera en el estado de Hidalgo.

Table 6. Weight of cocoon and chrysalis of silkworms (*Bombyx mori*) fed with three mulberry varieties in the state of Hidalgo.

Variedades	Capullo con crisálida (mg)	Capullo sin crisálida (mg)	Crisálida (mg)
SLP5	1954 ^a	407 ^a	1547 ^a
SLP3	1756 ^a	326 ^c	1430 ^a
Kanva	1846 ^a	367 ^b	1479 ^a

a,b,c: medias con la misma literal en una misma columna difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

Los pesos de capullos encontrados son similares a lo reportado en poblaciones de gusano de seda en Mysore, India, donde se encontraron pesos de capullo con crisálida de 1.8 g en condiciones controladas (Singh *et al.*, 1998).

instar larvae is 9.2%; if the temperature reaches 24 °C the mortality rate is 18.7%, and at a temperature of 28 °C, the mortality rate is 42.8%.

Pupal stage

The overall measurements of the variables cocoon weight (Figure 2) with chrysalis and chrysalis weight showed no significant differences ($p > 0.05$). The greater weight of the cocoon with chrysalis was recorded in larvae that were fed with the SLP5 variety, followed by those fed with the Kanva variety and the SLP3 variety (Table 6). The weight of the cocoon without chrysalis is the most important variable due to its direct relationship with silk yield, and it showed differences between the treatments ($p > 0.05$). The greatest weight of cocoon without chrysalis and of chrysalis were obtained in larvae fed with the SLP5 variety, followed by those fed with the Kanva variety and the SLP3 variety.

The weights of cocoons found are similar to those reported for silkworms in Mysore, India, where chrysalis cocoon weights of 1.8 g were found in controlled conditions (Singh *et al.*, 1998). However, the values do not match those reported in Bulgaria, where cocoon weights of 1.44 g were obtained (Chandi *et al.*, 2009). Studies in Japan reported that the weight of the fresh cocoon goes from 2010 to 2130 mg (AICAF, 1995). In breedings made in South Korea with the hybrid Chilbojam silkworm, an average weight of cocoon with chrysalis of 2.07 to 2.20 g was obtained, with a cocoon rind percentage of 21.6 to 23.6% (Sohn, 1996).

The values found for pupal weight are lower than the 1 660 mg-1710 mg reported by Montoya (2009), and greater than the 750 mg reported by Radjabi (2010). The weight of the

cocoon depends on the quality and quantity of the feeding in the larval stage and on the environmental conditions at the time of the pupal stage, as well as on the genetic characteristics of the worm (Cifuentes and Wook Kee, 1998).

Sin embargo, los valores no coinciden con lo reportado en Bulgaria donde el peso de capullo es de 1.44 g (Chandi *et al.*, 2009). Estudios realizados en Japón reportan que el peso del capullo fresco va de 2 010 mg a 2 130 mg (AICAF, 1995). En crianzas efectuadas en Corea del Sur con el híbrido de gusano de seda Chilbojam, se obtuvo un peso promedio de capullo con crisálida de 2.07 a 2.20 g, un porcentaje de corteza de capullo 21.6 a 23.6% (Sohn, 1996).

Los valores encontrados para peso de la crisálida son inferiores a los 1 660 mg a 1 710 mg reportados por Montoya (2009), y son mayores a los 750 mg reportados por Radjabi (2010). El peso de capullo depende de la calidad y cantidad de la alimentación en la fase larvaria y de las condiciones ambientales presentes al momento del encapullado así como de las características genéticas de los gusano (Cifuentes y Kee Wook, 1998).

La mayor producción de capullos que se alcanzó en larvas alimentadas con la variedad SLP3 con 81%, seguida por 77% y 74% de las larvas alimentadas con la variedad SLP5 y Kanva respectivamente (Cuadro 7). Los resultados encontrados difieren a lo reportado en estudios realizados en Australia donde se reporta que el porcentaje general de producción de capullo es 97.36% (Dingle *et al.*, 2005). Gangwar (2011), reportó porcentajes 90 de producción de capullos bajo condiciones controladas.

La morfología de los capullos se clasificó como capullos elípticos, acacahutados, deformes y dobles y de baja firmeza (Cuadro 7). Las larvas que fueron alimentadas con la variedad SLP3 produjeron el mayor porcentaje de capullos elípticos seguida por la variedad SLP5 y la variedad Kanva. La forma acacahutada poco apretados, se encontró en mayor porcentaje en las larvas que se alimentaron con la variedad Kanva seguida por la variedad SLP5 y la variedad SLP3. El mayor porcentaje de capullos deformes y dobles se presentó en larvas alimentadas con la variedad Kanva, seguida por la variedad SLP5 y la variedad SLP3. Las larvas alimentadas con la variedad SLP5 y Kanva obtuvieron el mayor porcentaje en la producción de capullos de baja firmeza.

La forma de capullo se debe a la raza, al manejo de la cría, sexo, medio ambiente, temperatura, humedad y a la calidad de la morera. La morfología del capullo está influenciada en mayor proporción por la raza; las razas chinas tienen capullos grandes o cortos de forma redonda y elíptica; las razas japonesas presentan formas con cintura pronunciada; y la raza europea tiene cintura poco pronunciada, en tanto

The highest cocoon production was 81%, for larvae fed with the SLP3 variety, followed by the larvae fed with the SLP5 variety with 77%, and the larvae fed with the Kanva variety, with 74% (Table 7). These results differ from those reported in studies in Australia, where it is reported that the overall percentage of cocoon production was 97.36% (Dingle *et al.*, 2005). Gangwar (2011) reported a cocoon production of 90% under controlled conditions.

Cuadro 7. Morfología y porcentaje de producción de capullos alimentados con tres variedades de morera en el estado de Hidalgo.

Table 7. Morphology and percentage of cocoon production of silkworms fed with three mulberry varieties in the state of Hidalgo.

	SLP5	SLP3	Kanva
Producción de capullos (%)	77	81	74
Morfología			
Elípticos (%)	60.06	69.66	54.02
Acacahutados (%)	3.85	3.24	5.18
Deformes y dobles (%)	10.78	6.48	12.58
Baja firmeza (%)	2.31	1.62	2.22

The cocoons were morphologically classified as elliptical, peanut-shaped, double and deformed, and of low strength (Table 7). The larvae that were fed with the SLP3 variety produced the highest percentage of elliptical cocoons, followed by larvae fed with the SLP5 variety and with the Kanva variety. Peanut-shaped not too tight cocoons were found in greatest percentages in the larvae fed with the Kanva variety, followed by those fed with the SLP5 variety and the SLP3 variety. The highest percentage of double and deformed cocoons were present in larvae fed with the Kanva variety, followed by those fed with the SLP5 variety and the SLP3 variety. The larvae fed with the Kanva and SLP5 varieties obtained the highest percentage in the production of cocoons of low strength.

The shape of the cocoon depends on the race, the management of the breeding, the gender, environment, temperature, humidity and quality of mulberry. The morphology of the cocoon is influenced to a greater extent by race; the Chinese races have large cocoons or short and round or elliptical; the Japanese races present forms with a pronounced waist, while the European race has a little pronounced waist; the crosses between Chinese x Japanese lines are more elliptical and have a slightly pronounced waist (Soria *et al.* 2001) (Figure 3).

que los cruzamientos entre líneas china x japonesa son más elípticas y con cintura poco pronunciada (Soria *et al.* 2001) (Figura 3).

La morfología elíptica y de mayor tamaño es la más deseable en la sericultura. El tamaño del capullo se califica por su diámetro, el cual es una medida que se toma por donde está la cintura más amplia. Los capullos pequeños que tengan un diámetro de 1.5 cm se consideran capullos de segunda (Cifuentes y Kim, 1998). Se encontró mayor tamaño en largo y ancho en capullos elípticos de las larvas que fueron alimentadas con la variedad SLP3 seguida por la variedad SLP5 y la variedad Kanva (Cuadro 8). En los capullos de morfología acacahuatada se encontró mayor tamaño en las larvas que fueron alimentadas con la variedad SLP5. En capullos de morfología deforme y doble el mayor tamaño en largo y ancho se registro en larvas que fueron alimentadas con la variedad SLP3 seguida por la variedad SLP5 y la variedad Kanva. El mayor tamaño en largo y ancho en capullos de baja firmeza se registró para las larvas que se alimentaron con la variedad SLP5.



Figura 3. Huevo, larva, hoja de morera, pupa, capullo de seda y el adulto de *Bombyx mori*.

Figure 3. Egg, larva, mulberry leaf, pupa, cocoon and adult of *Bombyx mori*.

A large, elliptical morphology is the most desirable in sericulture. The size of the cocoon is rated by its diameter, which is a measure taken at the point where the waist is wider.

Cuadro 8. Tamaño de capullos alimentados con tres variedades de morera en el estado de Hidalgo.

Table 8. Size of cocoons of silkworms fed with three mulberry varieties in the state of Hidalgo.

Variedad	Cm							
	Elípticos		Acacahuatados		Deformes y dobles		Baja firmeza	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Lncho
SLP5	3.4 ^{ab}	1.8 ^b ^c	3.2 ^{ab}	1.6 ^c	3.3 ^{ab}	2.8 ^a	2.9 ^b	1.6 ^c
SLP3	3.5 ^a	1.9 ^b ^c	3.0 ^{ab}	1.5 ^c	3.4 ^{ab}	2.8 ^a	3.0 ^{ab}	1.7 ^{bc}
Kanva	3.3 ^{ab}	1.8 ^b ^c	3.1 ^{ab}	1.5 ^c	3.2 ^{ab}	2.2 ^b	3.0 ^{ab}	1.6 ^c

a,b,c: medias con la misma literal en una misma columna difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

El tamaño del capullo es una característica importante para verificar la calidad del filamento, presentando los capullos de tamaño grande una tendencia a poseer un filamento grueso y largo, encontrándose todo lo contrario en capullos de tamaño pequeño (Luzariaga, 2008). Por lo general el capullo tiene de largo 2.5 - 4.5 cm y de ancho 1.3 - 2.3, pero se usa el ancho del capullo para indicar el tamaño (Cifuentes y Kee Wook, 1998).

Conclusiones

Se concluye que la variedad más apropiada para la alimentación de la larva del gusano de seda es la SLP3. Las variedades estudiadas presentaron diferencias en su comportamiento;

The small cocoons with a diameter of 1.5 cm are considered second rate cocoons (Cifuentes and Kim, 1998). We found a larger size in length and width in elliptical cocoons of the larvae that were fed with the SLP3 variety, followed by those fed with the Kanva variety and the SLP5 variety (Table 8). In peanut-shaped cocoons, the largest larvae were the ones fed with the SLP5 variety. In double and deformed cocoons, the largest size in length and width was recorded in larvae that were fed with the SLP3 variety, followed by the SLP5 variety and the Kanva variety. The largest size in length and width in low strength cocoons was recorded for larvae fed with the SLP5 variety.

Cocoon size is an important feature for verifying the quality of the filament, as the large cocoons tend to have a long, thick filament; the opposite is true for small cocoons (Luzariaga,

las larvas alimentadas con la variedad SLP3 se caracterizaron por presentar menor porcentaje de mortalidad, mayor porcentaje de capullos, mayor porcentaje de capullos elípticos y de mayor tamaño, menor porcentaje en la producción de capullos deformes y dobles y de baja firmeza. Las larvas alimentadas con la variedad SLP5 presentaron mayor peso de capullo con y sin crisálida y de crisálida. Las larvas alimentadas con la variedad Kanva registraron mayor peso larval, mayor longitud y mayor diámetro torácico.

Lo anterior permite concluir que es necesario seguir realizando estudios de comportamiento morfológico y complementar con investigaciones sobre variedades de morera que se utilizan en la alimentación del gusano de seda. Con esto se puede determinar la mejor época de producción, además que es importante comparar diferentes técnicas de producción para conocer la idónea, para lograr mayor supervivencia y mejor calidad en el capullo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al 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

- Official Methods for Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1984 14th (Ed.). Arlington, VA. 1141 pp.
- Association for international cooperation of Agriculture and forestry (AICAF). 1995. Sericulture in the tropics. Pub. By. Japan. 150 pp.
- 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.
- Bernays, E. A. and Chapman, R. F. 1994. Host plant selection by phytophagous insects. Chapman and Hall. New York, 312 p.
- Boschini, C. 2002. Establishment and management of mulberry for intensive forage production. *In: animal production and health*. Paper No. 147. Sánchez, M. (Ed.). FAO, Rome. 115-122 pp.
- Boschini, C. y Rodríguez, A. M. 2002. Inducción del crecimiento de estacas de morera (*Morus alba*), con ácido indol butírico (AIB). *Agronomía Mesoamericana*. 13(1):19-24.

2008). Usually, the cocoon is 2.5 - 4.5 cm in length and 1.3 - 2.3 cm in width, but the width of the cocoon is used to indicate the size (Cifuentes and Kee Wook, 1998).

Conclusions

We conclude that the most appropriate mulberry variety for feeding the silkworm larva is the SLP3. The varieties studied differed in their behavior; the larvae fed with the SLP3 variety were characterized by a lower mortality rate, a higher percentage of cocoons, a highest percentage of elliptical and large cocoons, a lower production percentage of double and deformed cocoons and of low strength cocoons. The larvae fed with the SLP5 variety presented a higher cocoon weight with and without chrysalis, and also higher chrysalis weight. The larvae fed with the Kanva variety had higher larval weight, more length and larger thoracic diameter.

This leads to the conclusion that it is necessary to conduct further studies of morphological behavior and supplement these researches about the mulberry varieties used in the feeding of the silkworm. With this it will be possible to determine the best season for production, as well as to compare different production techniques in order to find the most suitable for achieving a higher survival rate and better cocoon quality.

End of the English version



- Chandi, L.; Tzenov, P.; Saviane, A. y Cappelozza, S. 2009. Evaluación del comportamiento biológico de tres razas de gusano de seda (*Bombyx mori*) de origen búlgaro, utilizando como alimento la dieta artificial a base de la hoja de morera (*Morus ssp.*) y hoja fresca de morera, en la producción de capullo de seda. Instituto Italo Latinoamericano (IILA). Red Latinoamericana Andina de la Seda (RELEASEDA). www.redandinadelaseda.org/redeseda/.../200907171813330.Raza%20bulgaria%20dieta%20y%20hoja%2009-07-09.pdf. 7 p.
- Chow, K. W.; Rumsey, G. L. and Woldrroup, P. W. 1980. Linear programming in fish diet formulation. *In: Fish feed technology*, UNDP/FAO/ADCO/REP/80/11. 395 pp.
- Cifuentes, C. A. y Kee, W. 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.
- Dingle, J. G.; Hassan, E.; Gupta, M.; George, D.; Anota, L. and Begum, H. 2005. Silk Production in Australia. No. 05/145 Rural Industries Research and Development Corporation. 113 p.

- Duarte, J. y Mercado, C. 2001. Perfil técnico promocional de la sericultura y elaboración de hilo de seda en forma artesanal en la Selva Central de Perú: crianza del gusano de seda. *Revista del INIAA-Sector Agrario. Chanchamayo-Perú.* 2(4):18-20.
- Espinoza, E. 1996. Efecto del sitio y el nivel de fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de 3 variedades de Morera (*Morus* sp.) en Costa Rica. Tesis de Maestría en Ciencias. Turrialba, C. R. CATIE. 55-162 pp.
- Fernández, D. C. y Tricio, E. A. 2009. Gusano de seda: biología y manejo. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 24 p.
- Gangwar, S. K. 2011. Screening of popular bivoltine silkworm (Linn.) hybrid breeds of West Bengal in Monsoon and Autumn seasons of Uttar Pradesh climatic condition *Bombyx mori*. *Asian J. Exp. Biol. Sci.* 2(4):704-714.
- González, E.; Delgado, D. y Cáceres, O. 1998. Rendimiento, calidad y degradabilidad ruminal potencial de los principales nutrientes en el forraje de morera (*Morus alba*). *In: Memorias III Taller Internacional Silvopastoril. Los árboles y arbustos en la ganadería. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.* 69-72 pp.
- Hanada, y Watanabe, J. 1986. Manual de criação do bicho da seda. Curitiba: COCAMAR. Brasil. 224 pp.
- Luzuriaga, Z. R. J. 2008. Evaluación del efecto de cuatro cantidades de hoja de morera (*Morus indica* Variedad Kanva 2), y tres áreas de alojamiento sobre la producción de capullo de gusano de seda (*Bombyx Mori* Variedad Pilamo 1), durante la época lluviosa en Santo Domingo de los Colorados. Facultad de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias. ESPE-IASA II. Sede Santo Domingo. 163 p.
- Mahmood, R.; Jan, M. T. and Khan, M. I. 2002. Effect of nitrogen (farmyard manure + urea) treated mulberry trees on the larval development and cocoon weight of silkworm, *Bombyx mori* L. *Asian J. Plant Sci.* 2(1):93-94.
- Montoya, J. L. 2009. Cría del gusano de seda Eri para seda artesanal. Delegación de SAGARPA San Luis Potosí. http://www.sedarh.gob.mx/elcenzontle/A04N02AGO09/gusano_eri.pdf.
- Omana, J. and Karumathil, P. G. 1995. Heat shock response in mulberry silkworm races with different thermotolerances. *J. Biosci.* 20(4):499-513.
- Ortiz, M. F.; Lara, P. E y Lara, M. 2010. Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda. *Zootecnia Trop.* 28(4):477-487.
- Radjabi, R. 2010. Effect of mulberry leaves enrichment with amino acid supplementary nutrients on silkworm, *Bombyx mori* L. at North of Iran. *Academic J. Entomol.* 3(1):45-51.
- Rahmathulla, V. K.; Mathur, V. B. and Geetha, D. R. G. 2004. Growth and dietary efficiency of mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) under various nutritional and environmental stress conditions. *Philippine J. Sci.* 133(1):39-43.
- Roy, A. K.; Singh, M. K.; Singh, B. D.; Mishra, P. K.; Jayaswa, L. J. and Andrai, S. 2000. Comparative effect of mulberry varieties on rearing performance of silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Advanced Zoology.* 21(1):39-42.
- Salice, G.; Soria, S. y Avendaño, F. 2001. Guía práctica de sericultura. ROMA. 87-128.
- 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 pp.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2001. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Schoonhoven, L. M.; Jermy, T. and van Loon, J. J. A. 1998. Insect and flowers: the beauty of mutualism. *In: insect-plant biology: from physiology to evolution. Chapman & Hall. London, New York, Tokyo.* 409 pp.
- Singh, B. and Makkar, P. S. 2002. The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India. <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/aga/agap/frg/mulberry/papers/html/singh&m>.
- Soca, M.; Ojeda, F.; García, D. E. y Soca, M. 2010. Efecto del forraje de *Morus alba* en los indicadores productivos y de salud de bovinos jóvenes en pastoreo. *Pastos y Forrajes.* 33(4):1-10.
- Sohn, K. W. 1996. Dos nuevos híbridos de gusano de seda creadas por el CDTS. *Sericultura Colombiana, Centro de Desarrollo Tecnológico de Sericultura (CDTS). Pereira-Colombia.* 3(14):7-8.
- Soria, S. 2001. Guía práctica de sericultura: la morera. Roma, It. 21-62 p.
- Takahashi, R.; Kronka, S. N. a Hirose, T. 2000. Desenvolvimento da glândula sericígena do bichoda-seda (*Bombyx mori* L.) sob a influência de diferentes tipos de adubação na amoreira. *Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa.* 47(2):121-125.
- Pelicano, A.; Mareggiani, G.; Plante, E.; Zamuner, N. y Carrizo, P. 2004. Calidad de hojas de morera y su influencia en la cría del gusano de seda, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *IDESIA.* 22(2):49-53.