

## **Crecimiento de *Morus alba* L. durante la etapa de establecimiento, a partir del trasplante de posturas**

### **Growth of *Morus alba* L. during the establishment stage, since seedling transplant**

Gertrudis Pentón, G. J. Martín, Katerine Oropesa, Yolai Noda y F. Alonso

<sup>1</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"

Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

E-mail: gertrudis.penton@indio.atenas.inf.cu

#### **Resumen**

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento morfoagronómico de la especie *Morus alba* L. var. Tigreada durante la primera etapa de establecimiento, a partir del trasplante de posturas. Para ello, se determinó la respuesta del cultivo al manejo de estas para el trasplante, se caracterizó el crecimiento y se determinaron las variables lineales que permiten cuantificar el área foliar de dicha variedad. Las posturas se mantuvieron en el vivero durante 120 días y se trasplantaron en el período lluvioso. Los surcos se orientaron de este a oeste, con un marco de siembra de 1,0 x 0,5 m. Se mantuvo un adecuado control de las malezas, las plagas y las enfermedades. No se regó y se aplicó materia orgánica en el momento del trasplante. Se establecieron dos formas de manejo de las posturas para el trasplante: deshoje total, y corte a la altura de 50 cm y deshoje total. Durante la etapa inicial de crecimiento posterior al trasplante, se obtuvo un ligero aumento en la capacidad de rebrote de las posturas cortadas y deshojadas. Ello no afectó el establecimiento de la especie, pues a los 135 días la producción de biomasa foliar varió entre 100 y 116 g/planta. El crecimiento en los primeros 155 días describió una curva sigmoidea, caracterizada por un ritmo lento durante los primeros 21 días; a ello le siguió un crecimiento intenso entre los 30 y 135 días, el cual se tornó nuevamente lento con el inicio de la época seca o invernal. Se demostró que la medición del largo de la hoja y su ajuste a través de los modelos no lineales  $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$  y  $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2 + B_3X^3$  permiten estimar el área foliar, y ello se cumple para la condición de que el largo del óvalo foliar mida entre 1,3 y 20,4 cm. La alta correlación encontrada hace apropiado este procedimiento de estimación.

Palabras clave: Crecimiento, establecimiento, *Morus alba* L.

#### **Abstract**

The objective of this study was to evaluate the morphoagronomic performance of the specie *Morus alba* L. var. Tigreada during the first establishment stage, since seedling transplant. For such purpose, the response of the crop to seedling management for transplant was determined, growth was characterized and the linear variables that allow quantifying the leaf area of such variety were determined. The seedlings were maintained in the nursery for 120 days and they were transplanted in the rainy season. The rows were oriented from East to West, with a planting frame of 1,0 x 0,5 m. Adequate weed, pest and disease control was maintained. There was no irrigation and organic matter was applied at the moment of transplant. Two management forms of the seedlings for transplant were established: total defoliation, and cutting at 50 cm of height and total defoliation. During the initial growth stage after transplant, a slight increase was obtained in the regrowth capacity of the cut and defoliated seedlings. This did not affect the establishment of the species, because after 135 days the leaf biomass production varied between 100 and 116 g/plant. Growth in the first 155 days described a sigmoid curve, characterized by a slow rate during the first 21 days; this was followed by intense growth between 30 and 135 days, becoming slow again with the beginning of the dry or winter season. It was proven that the measurement of the leaf length and its adjustment through the nonlinear models  $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$  and  $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2 + B_3X^3$  allow estimating the leaf area, and this is achieved for the condition that the length of the leaf oval measures between 1,3 and 20,4 cm. The high correlation found makes this estimation procedure appropriate.

Key words: Growth, establishment, *Morus alba* L.

### Introducción

La morera (*Morus alba* L.) es una planta milenaria que se ha impuesto como recurso forrajero en los sistemas agroforestales. La variedad Tigreada –la cual es objeto de estudio en este trabajo– presenta una alta dinámica de emergencia de las yemas y de la tasa de crecimiento y desarrollo de las ramas y las hojas. Se caracteriza por poseer puntos definidos sobre la cutícula del tallo, y sus hojas, de forma lobulada, alcanzan un tamaño de 1,3 a 20,4 cm de largo del limbo con 3 y 12 meses de edad, respectivamente (Pentón *et al.*, 2007).

Las primeras referencias sobre los métodos de multiplicación de *M. alba* en Cuba datan de la década de los años treinta del siglo XX. Fernández (1935) comentó sobre las posibilidades de sembrar por semilla botánica, estaca y postura. Sin embargo, la tendencia según lo informado por Infojardín (2011) es el empleo de estacas, debido a la fácil manipulación de este medio de propagación y el alto porcentaje de supervivencia de las plantaciones, y la propagación por injertos de púa o de yema sobre plantas obtenidas de semilla. No obstante, no deben obviarse las ventajas del trasplante de posturas, que si bien exige de más tiempo y dedicación durante la etapa de vivero, constituye una garantía para el establecimiento de las plantaciones, aún más cuando se emplea el método de deshoje y poda de las posturas antes del trasplante (Cifuentes y Kee-Wook, 1998). Cabe señalar también que las evaluaciones de morera en la fase de vivero han mostrado altos niveles de supervivencia (80 y 100%) a los 35 días de la plantación (Noda *et al.*, 2004).

Debido a que la morera es altamente dependiente de las reservas acumuladas en el tallo durante la etapa inicial de crecimiento, así como a que presenta un comportamiento estacional, con cierta caducifoliedad en los meses de invierno, es necesario profundizar en los estudios sobre el crecimiento y el desarrollo durante el establecimiento. Es conocido que el análisis del crecimiento se refiere a la evaluación de la producción de las plantas, derivada del proceso fotosintético y el resultado del desempeño del

### Introduction

Mulberry (*Morus alba* L.) is a millennial plant, which has become a forage resource in agroforestry systems. The variety Tigreada – which is the study object of this work- shows high bud emergence dynamics and growth and development rate of the branches and leaves. It has defined dots on the stem cuticle, and its leaves, lobulated, reach from 1,3 to 20,4 cm of blade length with 3 and 12 months of age, respectively (Pentón *et al.*, 2007).

The first references to the multiplication methods of *M. alba* in Cuba are from the 30's of the 20<sup>th</sup> century. Fernández (1935) commented about the possibilities of planting by seed, cutting and seedling. However, the trend according to the report by Infojardín (2011) is the use of cuttings, due to the easy handling of this propagation means and the high survival percentage of the plantations, and the propagation by cleft or budding grafts on plants obtained from seed. Nevertheless, the advantages of seedling planting cannot be obviated, although it demands more time and dedication during the nursery stage, it constitutes a warrant for the establishment of the plantations, especially when the method of seedling defoliation and pruning is used before the transplant (Cifuentes and Kee-Wook, 1998). It should be also stated that the evaluations of mulberry in the nursery stage have shown high survival rates (80 and 100%) 35 days after planting (Noda *et al.*, 2004).

Because mulberry is highly dependent on the reserves accumulated in the stem during the initial growth stage, and because it shows a seasonal behavior, with a certain semideciduous character in the winter months, it is necessary to conduct further studies about growth and development during the establishment.

It is known that the growth analysis refers to the evaluation of plant production, derived from the photosynthetic process and the result of the performance of the assimilatory system during a certain period of time. According to Jidão *et al.* (2004), it was developed and first applied by physiologists from the English school, and it is internationally considered as the pattern method

sistema asimilatorio durante un cierto periodo de tiempo. Según Jidão *et al.* (s.a.), este fue desarrollado y aplicado por primera vez por los fisiólogos de la escuela inglesa, y se considera internacionalmente como el método patrón para la estimación de la productividad biológica o la productividad primaria de las comunidades vegetales. El área foliar es una variable que describe la dimensión del sistema fotosintético (Kozłowski *et al.*, 1991), de ahí la importancia de su estimación a través de variables alométricas simples.

Lal y Subba Rao (1951) plantearon que el área foliar podía ser medida con instrumentos complejos, como el planímetro óptico, o a través de métodos simples y laboriosos, como el planímetro mecánico. Esta puede ser estimada con la aplicación de ecuaciones y coeficientes, cuya selección depende del objetivo de la medición y del nivel de precisión deseado en el trabajo. Dichas estimaciones pueden partir de medidas lineales y figuras geométricas (Simón y Trujillo de Leal, 1990), o de la relación entre el área y el peso de las hojas (Del Pozo y Álvarez, 2001; Paytas, 2005).

Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento morfoagronómico de la especie *M. alba* durante la primera etapa de establecimiento. Para ello, se determinó el efecto del manejo de las posturas en el momento del trasplante, en los indicadores del rendimiento; se caracterizó el crecimiento, de forma general; y se determinaron las variables lineales que permiten caracterizar el área foliar de la variedad Tigreada, independientemente del manejo al que sea sometido el cultivo.

### Materiales y Métodos

*Ubicación del experimento.* El estudio se realizó en las áreas del banco de germoplasma de morera, ubicado en la EEPF "Indio Hatuey". Su duración fue de 153 días a partir del trasplante de las posturas.

*Características del suelo.* El suelo del lugar es del tipo Ferralítico Rojo (Hernández *et al.*, 2003), con buen drenaje superficial e interno. La composición química se caracteriza por una baja

for estimating the biological or primary productivity of plant communities. The leaf area is a variable that describes the dimension of the photosynthetic system (Kozłowski *et al.*, 1991), hence the importance of its estimation through simple allometric variables.

Lal and Subba Rao (1951) stated that the leaf area could be measured with complex instruments, such as the optical planimeter, or through simple and arduous methods, such as the mechanical planimeter. It can be estimated with the application of equations and coefficients, which selection depends on the objective of the measurement and the accuracy level desired in the work. Such estimations must start from linear measures and geometrical figures (Simón and Trujillo de Leal, 1990), or from the relation between leaf area and weight (Del Pozo and Álvarez, 2001; Paytas, 2005).

Due to all the above-explained facts, the objective of this study was to evaluate the morfoagronomic performance of the species *M. alba* during the first stage of establishment. For such purpose, the effect of seedling management at the moment of transplant on the yield indicators was determined; growth was characterized, in general; and the linear variables that allow characterizing the leaf area of the variety Tigreada, independently from the crop to which the crop is subject, were determined.

### Materials and Methods

*Trial location.* The study was conducted in areas of the mulberry germplasm bank, located in the EEPF "Indio Hatuey". Its duration was 153 days since the seedling transplant.

*Soil characteristics.* The soil of the site is Ferralitic Red (Hernández *et al.*, 2003), with good surface and internal drainage. The chemical composition is characterized by low mineral availability and low content of  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  and organic matter. The pH is slightly acid to neutral (table 1).

*Experimental procedure.* Mulberry seedlings which had been growing for 120 days in nursery and were 1,20 m high as average, were planted. The plots (5 x 15 m) had five rows oriented from

disponibilidad de minerales y un contenido bajo de  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  y materia orgánica. El pH es ligeramente ácido a neutro (tabla 1).

*Procedimiento experimental.* Se plantaron posturas de morera que tenían 120 días de crecimiento en vivero y una altura promedio de 1,20 m. Las parcelas (de 5 x 15 m) contaban con cinco surcos orientados de este a oeste, con 30 plantas en cada uno (marco de 1,0 x 0,5 m). Se aplicó materia orgánica en el momento del trasplante de las posturas, a razón de 15 t de estiércol/ha. Se mantuvo un adecuado control de las malezas y de las plagas y enfermedades. No se aplicó riego.

Para determinar el efecto del manejo de las posturas al momento del trasplante en los indicadores del rendimiento, se establecieron dos formas: deshoje total, y corte a la altura de 50 cm y deshoje total. Los muestreos se realizaron a los 15, 21, 135 y 150 días posteriores a la plantación.

*Diseño experimental.* Se estableció un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de yemas emitidas (u), porcentaje de plantas rebrotadas, producción de biomasa foliar (g/planta), número de ramas (u), longitud de las ramas (cm), grosor de las ramas (mm), longitud del tallo principal (cm) y grosor del tallo principal (mm).

En las posturas podadas a la altura de 50 cm y deshojadas, se caracterizó el crecimiento en general y se determinaron las variables lineales para cuantificar el área foliar de la variedad. Para ello se hicieron evaluaciones con una frecuencia semanal, desde los 15 hasta los 150 días. Las variables evaluadas fueron: número de ramas (u), longitud de las ramas (cm), grosor de las ramas (mm), longitud del tallo principal (cm), grosor de la base del tallo principal (mm), largo y ancho de las hojas (cm).

East to West, with 30 plants in each (frame 1,0 x 0,5 m). Organic matter was applied at the moment of seedling transplant, at a rate of 15 t of manure/ha. Adequate control was maintained of weeds and pests and diseases. No irrigation was applied.

In order to determine the effect of seedling management at the moment of transplant on yield indicators, two forms were established: total defoliation, and cutting at a height of 50 cm and total defoliation. The samplings were conducted 15, 21, 135 and 150 days after planting.

*Experimental design.* A randomized block design with four repetitions was established. The evaluated variables were: number of buds emerged (u), percentage of regrown leaves, leaf biomass production (g/plant), number of branches (u), branch length (cm), branch diameter (mm), length of the main stem (cm) and diameter of the main stem (mm).

In the seedlings pruned at 50 cm and defoliated, growth in general was characterized and the linear variables to quantify the leaf area of the variety were determined. For such purpose, evaluations were made weekly, since 15 until 150 days after planting. The evaluated variables were: number of branches (u), branch length (cm), branch diameter (mm), length of the main stem (cm), diameter of the main stem base (mm), leaf length and width (cm).

The samplings to establish the estimation model through linear variables were conducted after 90 days of regrowth and 365 days after the mulberry plantation was established; previously, five representative leaves had been selected per individual (a total of 100 leaves). In the case of the determination of blade length (L) and width (W), with a millimetrical ruler the length of the central nervure was measured and, on the middle point of the leaf length, the length from outer

Tabla 1. Algunas características iniciales del horizonte cultivable en el área experimental.

Table 1. Some initial characteristics of the arable horizon in the experimental area.

	Na (cmol/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	P (ppm)	MO (%)	pH (H <sub>2</sub> O)
Valor superior	0,08	0,14	16,0	3,7	22,0	2,22	6,3
Valor inferior	0,04	0,10	10,8	3,2	13,0	1,50	6,1

Los muestreos para establecer el modelo de estimación a través de variables lineales se realizaron a los 90 días de rebrote y a los 365 días de establecida la plantación de morera; previamente se seleccionaron cinco hojas representativas por individuo (un total de 100 hojas). En el caso de la determinación del largo (L) y el ancho (A) del limbo, con una regla milimetrada se midió la longitud del nervio central y, en el punto medio del largo de la hoja, la longitud de extremo a extremo exterior en sentido perpendicular al nervio central. Para medir el área foliar (AF) se colocó cada óvalo debajo de un cristal transparente, y sin causar daños ni destrucción de tejidos se midió el área con un planímetro óptico (PZO WARSZAWA PL1).

*Procesamiento estadístico.* Se realizó un análisis de varianza a través del modelo general lineal. Las medias se compararon mediante de la prueba de comparación múltiple de Duncan (1955), para un nivel de significación de 0,05. Se utilizaron los análisis de correlación y regresión simple para conocer la interrelación entre las variables y los modelos de mejor ajuste. El paquete estadístico empleado fue Infostat, versión libre.

### Resultados y Discusión

Es conocido que en el proceso de trasplante de diferentes especies vegetales, el corte de la zona apical y/o el deshoje de las posturas estimulan la acción de las hormonas de crecimiento en función de la emisión de nuevos brotes y hojas, en dependencia del lugar donde se ubiquen los puntos de crecimiento. En el caso de *M. alba* L., aunque la emisión de nuevas yemas y el porcentaje de plantas brotadas fueron superiores en las posturas cortadas y deshojadas, las diferencias no fueron significativas (figs. 1 y 2). Dicha respuesta tiene su explicación en el hecho de que esta especie emite yemas a todo lo largo del tallo y concentra una gran cantidad de reservas en su base.

De manera general, los resultados coinciden con los de Milera *et al.* (2003), quienes observaron, en condiciones edafoclimáticas similares, que las plantas de morera emiten el 71% de las yemas durante los primeros 15 días de la plantación.

extreme to extreme perpendicularly to the central nervure was also measured. To measure the leaf area (LA), each oval was placed beneath a transparent glass, and without causing damage or tissue destruction the area was measured with an optical planimeter (PZO WARSZAWA PL1).

*Statistical processing.* A variance analysis was made through the general linear model. The means were compared through Duncan's (1955) multiple comparison test, for a significance level of 0,05. The correlation and simple regression analyses were used to learn the interrelation among the variables and the best adjustment models. The statistical pack used was Infostat, free version.

### Results y Discussion

It is known that in the transplant process of different plant species, the cutting of the apical zone and/or the defoliation of the seedlings stimulate the action of growth hormones regarding the production of new shoots and leaves, depending on the site where the growth spots are located. In the case of *M. alba* L., although the production of new shoots and the percentage of emerged plants were higher in the cut and defoliated seedlings, the differences were not significant (figs. 1 and 2). Such response is explained by the fact that this species produces buds all along the stem and concentrates a large amount of reserves in its base.

In general, the results coincide with those reported by Milera *et al.* (2003), who observed, under similar edaphoclimatic conditions that mulberry plants produce 71% of the buds during the first 15 days of the plantation.

In this regard, Satoh (cited by Yamashita, 1985) stated that, in general, the regrowth of new organs after a pruning or defoliation is determined, to a large extent, by the action of cytokinin (originated in the roots), which, by being stored in the remaining leaves, promotes the chloroplastic multiplication and protein and chlorophyll synthesis. This author found an increase in the chlorophyll concentration (30 mg/cm<sup>2</sup>) until 40 days after plant cutting. At the same time he observed that after the opening of the first leaf,

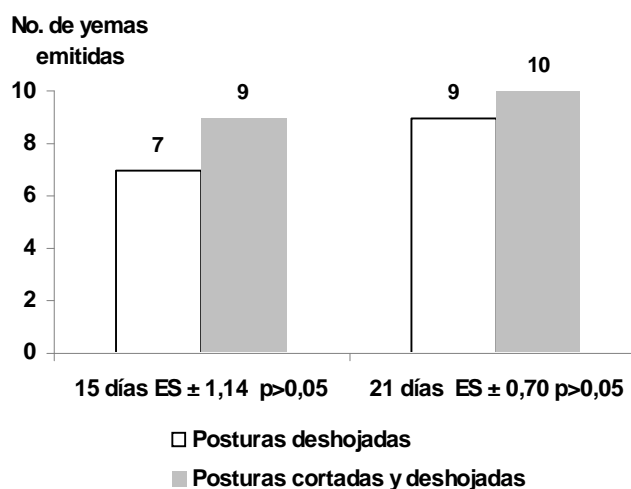


Fig. 1. Efecto del manejo de las posturas en la emisión de nuevas yemas.

Fig. 1. Effect of seedling management on the production of new buds.

#### % plantas brotadas

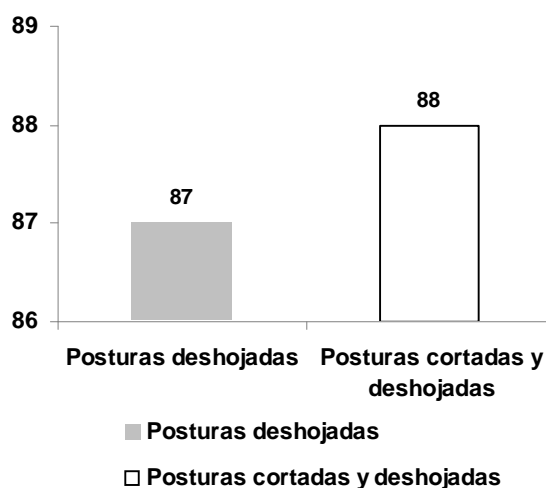


Fig. 2. Efecto del manejo de las posturas en el rebrote de las plantas a los 21 del trasplante.

Fig. 2. Effect of seedling management on plant regrowth 21 days after transplant.

Al respecto, Satoh (citado por Yamashita, 1985) señaló que, en general, el rebrote de nuevos órganos después de una poda o deshoje está determinado, en gran medida, por la acción de la citoquinina (que tiene su origen en las raíces), la cual, al almacenarse en las hojas que permanecen, promueve la multiplicación cloroplástica y la síntesis de proteína y de clorofila. Este autor

7 days after the propagules were planted, the chlorophyll content increased rapidly to 3 mg/g fresh weight, in a 14-day interval, independently from the location of the shoots with regards to the soil level.

Leaf biomass production 135 days after transplant did not significantly differ between treatments, and varied between 100,87 and

encontró un incremento en la concentración de clorofila ( $30 \text{ mg/cm}^2$ ) hasta los 40 días posteriores al corte de la planta. Al mismo tiempo observó que, después de la apertura de la primera hoja, a los siete días de sembrados los propágulos, el contenido de clorofila se incrementó con rapidez hasta  $3 \text{ mg/g}$  de peso fresco, en un intervalo de 14 días, independientemente de la ubicación de los brotes respecto al nivel del suelo.

La producción de biomasa foliar a los 135 días del trasplante no difirió significativamente entre tratamientos, y varió entre 100,87 y 116,35 g/planta (fig. 3), lo cual coincidió con el comportamiento indiferente de los atributos del crecimiento a los 155 días (tabla 2). Ello permite considerar que la ventaja del corte y deshoje de las posturas radica en facilitar las labores de traslado y trasplante de las posturas aviveradas.

Como tendencia, los valores de la longitud del tallo principal y el grosor de la base del tallo se corresponden con las observaciones de Pentón *et al.* (2006), quienes plantearon que el patrón de crecimiento descrito, a partir de la siembra de estacas de morera en los meses de julio y septiembre, permite establecer como momento adecuado para el establecimiento entre ocho y diez meses. En este período se observa un rápido crecimiento, el cual se manifiesta en alturas de 0,60 y 2,00 m a los 7 y 12 meses, respectivamente.

Se encontró una alta correlación entre la longitud y el grosor de las ramas y el tallo, con coeficientes superiores a 0,63 (tabla 3). Cabe señalar que en el mundo oriental se le otorga gran importancia a este tipo de análisis para predecir la productividad de la morera. De manera empírica ha sido empleado durante cientos de años por quienes cultivan esta especie. El análisis

116,35 g/plant (fig. 3), which coincided with the indifferent performance of the growth attributes after 155 days (table 2). This allows considering that the advantage of seedling cutting and defoliation lies on facilitating the transfer and transplant works of the nursery seedlings.

As a trend, the values of main stem length and diameter of the stem base are in correspondence with the observations made by Pentón *et al.* (2006), who stated that the described growth pattern, from the planting of mulberry cuttings in July and September, allows establishing between eight and ten months as adequate moment for the establishment. In this period a fast growth is observed, which is shown in heights of 0,60 and 2,00 m after 7 and 12 months, respectively.

A high correlation was found between the branch and stem length and diameter, with coefficients higher than 0,63 (table 3). It should be stated that in the Eastern world high importance is assigned to this type of analysis for predicting the mulberry productivity. It has been empirically used for hundreds of years by those who cultivate this species. The quantitative analysis of growth was defined by Domínguez *et al.* (2003) as "dimensional analysis technique". It is based on finding the indicators or morphological variables of best adjustment and, from this principle, developing different formulas to estimate production (Murray and Jacobson, 1982).

Among other uses, this technique is used as an indicator of the habitat value (Harniss and Murray, 1976), as a factor to evaluate the utilization degree of resources (Jonson *et al.*, 1988) and as a tool to estimate directly the growth (Roundy *et al.*, 1989). It is based on a non-

Tabla 2. Efecto del manejo en los indicadores del rendimiento a los 150 días.  
Table 2. Effect of management on yield indicators 150 days after planting.

	Número de ramas (u)	Longitud de las ramas (cm)	Grosor de las ramas (mm)	Longitud del tallo principal (cm)	Grosor de la base del tallo (mm)
Posturas deshojadas	11	91,17	6,92	129,75	10,95
Posturas cortadas y deshojadas	11	86,00	6,57	139,70	12,48
ES±	1,16	8,75	0,74	9,96	1,00

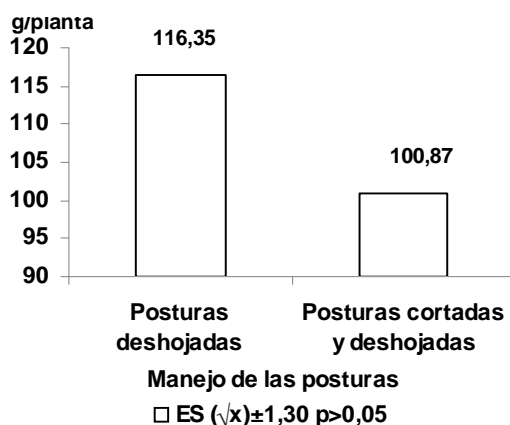


Fig. 3. Efecto del manejo en la producción de biomasa foliar a los 135 días del trasplante.

Fig. 3. Effect of management on leaf biomass production 135 days after transplant.

Tabla 3. Correlación entre los atributos de crecimiento evaluados.

Table 3. Correlation among the evaluated growth attributes.

Variable	No. de ramas (u)	Longitud de las ramas (cm)	Grosor de las ramas (mm)	Longitud del tallo principal (cm)
Longitud de las ramas	0,47**			
Grosor de las ramas	0,42**	0,90**		
Longitud del tallo principal	0,41**	0,74**	0,63**	
Grosor del tallo principal	0,41**	0,74**	0,67**	0,84**

cuantitativo del crecimiento fue definido por Domínguez *et al.* (2003) como “técnica de análisis dimensional”. Este se basa en encontrar los indicadores o variables morfológicas de mayor ajuste y, a partir de ese principio, desarrollar distintas fórmulas para estimar la producción (Murray y Jacobson, 1982).

Entre otros usos, esta técnica es empleada como un indicador del valor del hábitat (Harniss y Murray, 1976), como un factor para evaluar el grado de utilización de los recursos (Jonson *et al.*, 1988) y como herramienta para estimar directamente el crecimiento (Roundy *et al.*, 1989). Se apoya en un procedimiento no destructivo que reduce considerablemente los costos de evaluación (Uresk *et al.*, 1977). Autores como Tikader y Roy (1999) encontraron correlaciones positivas altamente significativas entre variables, tales como: la longitud total de las ramas primarias

destructive procedure which remarkably reduces the evaluation costs (Uresk *et al.*, 1977). Authors such as Tikader and Roy (1999) found highly significant positive correlations, for example: total length of primary branches per plant, total length of secondary branches and edible biomass yield. In addition, they observed, in 10 exotic mulberry accessions in Bengal, that the rooting percentage had a positive correlation to stem length, number of leaves per sample and their dry and fresh weight, fresh and dry stem weight, biomass weight, root weight, length, volume and number of roots per sample. Sahu *et al.* (1997), when analyzing 15 mulberry varieties, observed highly complex interactions between stem weight per plant and leaf weight per plant. Besides, they noted an indirect effect on the yield of variables, such as the number of branches per plant and the internode length.



por planta, la longitud total de las ramas secundarias y el rendimiento en biomasa comestible. Además observaron, en 10 accesiones exóticas de morera en Bengal, India, que el porcentaje de enraizamiento tuvo una correlación positiva con la longitud del tallo, el número de hojas por muestra y su peso seco y fresco, el peso del tallo fresco y seco, el peso de la biomasa, el peso de la raíz, su longitud, el volumen y el número de raíces por muestra. Sahu *et al.* (1997), al analizar 15 variedades de morera, observaron interacciones de alta complejidad entre el peso del tallo por planta y el peso de las hojas por planta, e hicieron notar un efecto indirecto sobre el rendimiento de variables, como el número de ramas por planta y la longitud internodal.

Todas las variables de crecimiento describieron una curva en el tiempo que coincide con el modelo de regresión Gompertz (tabla 4). Al respecto, se conoce que la curva de crecimiento en forma de sigmoide, como es el caso de este modelo de regresión, está relacionada con fenómenos metabólicos ligados a la redistribución, a través de las plantas, de los portadores energéticos en las primeras etapas. Se definieron tres momentos durante el establecimiento inicial de la morera a partir de posturas trasplantadas (fig. 4). El primero fue entre 0 y 21 días y se caracterizó por un ritmo de crecimiento lento, en correspondencia con el hecho de que, durante los primeros 30 días de plantada, ocurrió un decrecimiento rápido de los carbohidratos y aminoácidos acumulados en los tallos leñosos, en función de los nuevos órganos en desarrollo (Yamashita, 1985). Entre 30 y 135 días aumentó la velocidad de crecimiento y, a partir de 135 días, el ascenso en la dinámica de crecimiento en

All the growth variables described a curve in time which coincides with the Gompertz regression model (table 4). In this regard, it is known that the sigmoid-shaped growth curve, as in the case of this regression model, is related to metabolic phenomena linked to the redistribution, through plants, of the energy porters in the first stages. Three moments were defined during the initial establishment of mulberry from transplanted seedlings (fig. 4). The first occurred between 0 and 21 days and was characterized by a slow growth rate, in correspondence with the fact that, during the first 30 days after planting, a fast decrease of carbohydrates and aminoacids accumulated in the ligneous stems occurred, related to the new developing organs (Yamashita, 1985). Between 30 and 135 days the growth rate increased and, from 135 days, the increase of the growth dynamics in length became remarkably slow, which coincided with the beginning of the dry or winter season. Pentón *et al.* (2006) determined that the species *M. alba* L. is characterized by a vigorous growth during May to November and a decrease of the fresh leaf and stem production during the period from January to April.

When evaluating the linear variables which allowed quantifying the leaf area of this crop, the results pointed towards the quadratic and cubic equations as the best models, due to their higher contribution (table 5). From the length of the leaf blade as well as the width or the length by width product (L x W), the quadratic and cubic equations exceeded in, at least, one R<sup>2</sup> unit the other equations.

In the equations, from the L x W product, the correlation coefficient (R<sup>2</sup>) did not exceed 80%.

Tabla 4. Mejores ajustes obtenidos entre las variables de crecimiento y la edad de establecimiento.

Table 4. Best adjustments obtained between the growth variables and establishment age.

Variables	Modelo	Signific.	Coef. de Spearman	Parámetros (ES ±)		
				β1	β2	β3
No. de ramas (u)	Gompertz	p≤0,05	0,70***	14,01 (±0,75)	5,14 (±2,00)	0,07 (±0,02)
Grosor de las ramas (mm)	Gompertz	p≤0,0001	0,76***	13,10 (±2,33)	2,51 (±0,15)	0,01 (±0,004)
Longitud del tallo (cm)	Gompertz	p≤0,0001	0,74***	130,36 (±5,17)	2,02 (0,26±)	0,03 (0,004±)
Grosor de la base del tallo principal (mm)	Gompertz	p≤0,0001	0,68***	11,68 (±0,57)	1,47 (±0,17)	0,03 (±0,005)

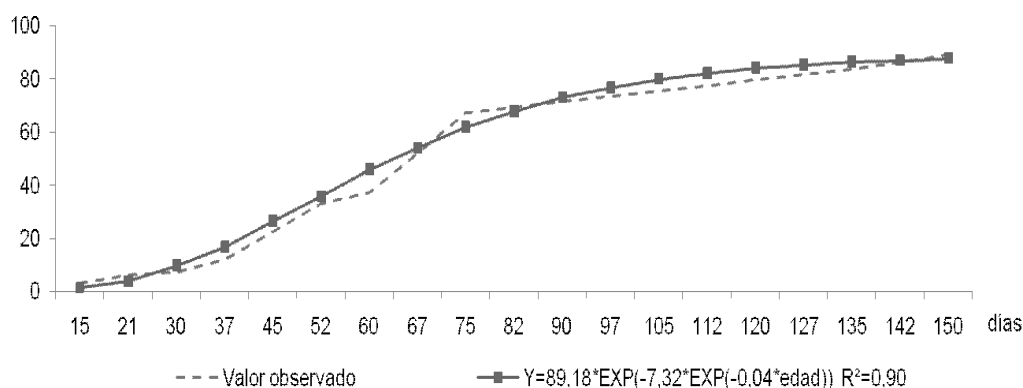


Fig. 4. Curva de crecimiento en longitud de las ramas (cm) durante el establecimiento de la morera.

Fig. 4. Growth curve in branch length (cm) during the establishment of mulberry.

longitud se tornó notablemente lento, lo cual coincidió con el inicio de la época seca o invernal. Pentón *et al.* (2006) determinaron que la especie *M. alba* L. se caracteriza por un crecimiento vigoroso durante los meses de mayo a noviembre y una caída de la producción de hojas y tallos tiernos durante la etapa de enero a abril.

Al evaluar las variables lineales que permitieron cuantificar el área foliar de este cultivo, los resultados apuntaron hacia las ecuaciones cuadráticas y cúbicas como los mejores modelos, debido a su mayor contribución (tabla 5). Tanto a partir del largo del limbo foliar, como del ancho o del producto largo por ancho ( $L \times A$ ), las ecuaciones cuadráticas y cúbicas superaron en, al menos, una unidad de  $R^2$  a las restantes ecuaciones.

En las ecuaciones, a partir del producto  $L \times A$ , el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) no superó el 80%. Las estimaciones basadas en la medición del ancho de las hojas ( $A$ ) estuvieron por debajo del 50% de contribución. Sin embargo, las ecuaciones derivadas de la variable largo del limbo ( $L$ ) tuvieron una contribución superior a 91%, con una mayor significación.

La relación estrecha del largo del limbo respecto al área foliar difiere de los resultados obtenidos por Pentón *et al.* (2006) con *M. alba* L. var. Acorazonada, lo cual está determinado por las características varietales distintivas que presenta la especie en cuanto a la forma de las hojas. En la var. Acorazonada estas se distinguen por ser aserradas, en forma de corazón;

The estimations based on the measurement of the leaf width ( $W$ ) were below 50% contribution. However, the equations derived from the variable leaf blade length ( $L$ ) had a contribution higher than 91%, with higher significance.

The close relation of the blade length with regards to leaf area differs from the results obtained by Pentón *et al.* (2006) with *M. alba* L. var. Acorazonada, which is determined by the distinctive varietal characteristics shown by the species regarding leaf shape. In the var. Acorazonada, they are distinguished by being serrated, heart-shaped; while in the var. Tigreada, they are lobulated. These authors recommended, for the variety Acorazonada, equations from the parameter  $L \times W$  with  $R^2$  higher than 0,99.

In this regard, Simón and Trujillo de Leal (1990) observed in *Xanthosoma sagittifolium* (L.) that in the clones where the leaf lamina showed a discreetly undulated margin, the  $R^2$  of the simple linear model, from the independent variable  $L \times W$ , was higher than 90%. Nevertheless, in the clones in which the number of undulations in the lamina caused the formation of folds, the  $R^2$  values were lower than 90%. These authors suggested that such modifications in leaf shape interfered in the estimation, by introducing an error by underestimation in area measurement.

Leaf morphology is an aspect of relevant importance in the selection of the measures used. When plants are characterized by having leaves with regular shapes, simple mathematical

Tabla 5. Ajustes entre las variables lineales y su combinación y el área foliar.  
Table 5. Adjustments among the linear variables and their combination and leaf area.

Modelos	Largo x ancho del limbo foliar			Largo del limbo			Ancho del limbo		
	R <sup>2</sup>	ES <sub>+</sub>	Signif.	R <sup>2</sup>	ES <sub>+</sub>	Signif.	R <sup>2</sup>	ES <sub>+</sub>	Signif.
Lineal	0,79	0,24	p≤0,001	0,85	0,20	p≤0,001	0,48	0,38	P≤0,001
Cuadrático	0,80	0,24		0,91	0,15		0,50	0,38	
Cúbico	0,80	0,24		0,92	0,15		0,49	0,38	
Exponencial	0,55	0,87		0,79	0,59		0,41	0,99	
Logarítmico	0,63	0,32		0,64	0,31		0,40	0,41	
Potencial	0,76	0,63		0,76	0,63		0,48	0,93	

mientras que en Tigreada describen una forma lobulada. Dichos autores recomendaron, para la variedad Acorazonada, ecuaciones a partir del parámetro  $L \times A$  con un  $R^2$  superior a 0,99. Al respecto, Simón y Trujillo de Leal (1990) observaron en el ocumo (*Xanthosoma sagittifolium* L.) que en los clones donde la lámina foliar presentó un margen discretamente ondulado, la  $R^2$  del modelo lineal simple, a partir de la variable independiente  $L \times A$ , fue mayor de 90%. Sin embargo, en los clones donde el número de ondulaciones en la lámina provocó la formación de pliegues, los valores de  $R^2$  fueron menores de 90%. Estos autores sugirieron que tales modificaciones en la forma de las hojas interfirieron en la estimación, al introducir un error por subestimación en la medición del área.

La morfología de las hojas es un aspecto de importancia relevante en la selección de las medidas que se empleen. Cuando las plantas se caracterizan por poseer hojas con formas regulares, pueden utilizarse relaciones matemáticas simples a partir del producto  $L \times A$ . Dicha metodología se ajusta a cultivos como el plátano, la caña de azúcar y el maíz (Ascencio, 1985), así como el cerezo (Cittadini y Peri, 2006). Sin embargo, existen especies como el níspero (*Manilkara achras* Millar), la fresa, el pepino y el tomate, en las cuales se adoptan ecuaciones provenientes de un parámetro único, en algunos casos debido a la forma irregular del limbo foliar, en otros, por la simplicidad y rapidez de su aplicación, aun cuando las ecuaciones originadas por la combinación producen ajustes moderadamente superiores (Demirsoy *et al.*, 2005). Los

relations can be used from the  $L \times W$  product. Such methodology is adjusted to crops such as banana, sugarcane and corn (Ascencio, 1985), as well as cherry tree (Cittadini and Peri, 2006). However, there are species such as the medlar tree (*Manilkara achras* Millar), strawberry, cucumber and tomato, in which equations are adopted from a unique parameter, in some cases due to the irregular shape of the leaf blade, in others, because of the simplicity and speed of their application, although the equations originated by the combination produce moderately superior adjustments (Demirsoy *et al.*, 2005). The results of the study of the mulberry varieties Acorazonada and Tigreada also show that there is remarkable disadvantage of the parameter leaf width as compared to length. Coincidentally, Cittadini and Peri (2006) observed that in different cherry tree cultivars the data were better adjusted by using the leaf blade length as independent variable ( $R^2 = 0,863$ ) as compared to  $W$  (0,787).

The best adjustments for the estimation of leaf area are described in figure 5. The best relation  $L$  vs.  $LA$  was shown through the third-degree nonlinear model, where the equation reached a slightly higher accuracy with regards to the second-degree model.

### Conclusions

In this first stage of establishment of the species *M. alba* var. Tigreada, seedling management at the moment of transplant did not affect yield indicators. Growth in this 150-day stage described a sigmoid curve, characterized by a slow growth rate during the first 21 days,

resultados del estudio de la morera vars. Acorazonada y Tigreada evidencian, además, que existe una notable desventaja del parámetro ancho de las hojas comparado con el largo. En coincidencia, Cittadini y Peri (2006) observaron que en diferentes cultivares de cerezo los datos se ajustaron mejor al usar el largo del limbo como variable independiente ( $R^2 = 0,863$ ) comparado con A (0,787).

Los mejores ajustes para la estimación del área foliar se describen en la figura 5. La mejor relación L vs. AF se manifestó a través del modelo no lineal de tercer grado, donde la ecuación alcanzó una exactitud ligeramente superior con respecto al modelo de segundo grado.

### Conclusiones

En la primera etapa de establecimiento de la especie *M. alba* L. var Tigreada, el manejo de las posturas al momento del trasplante no afectó los indicadores del rendimiento. El crecimiento en esta etapa de 150 días describió una curva sigmoidea, caracterizada por un ritmo de crecimiento lento durante los primeros 21 días, seguido de un crecimiento intenso entre los 30 y 135 días, el cual se tornó nuevamente lento con el inicio de la época seca o invernal. En tales circunstancias se demostró que la medición del largo de la hoja y su ajuste a través de los modelos no lineales  $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$  y  $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2 + B_3X^3$  permiten estimar el área foliar de *M. alba* L. var Tigreada, y ello se cumple para la condición de que el largo del óvalo foliar mida entre 1,3 y

followed by intense growth between 30 and 135 days, which became slow again with the beginning of the dry or winter season. Under such circumstances, it was proven that the measurement of the leaf length and its adjustment through the nonlinear models  $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$  and  $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2 + B_3X^3$  allow estimating the leaf area of *M. alba* var. Tigreada, and this is achieved for the condition that the length of the leaf oval measures between 1,3 and 20,4 cm. The high correlation found makes this estimation procedure appropriate.

--End of the English version--

20,4 cm. La alta correlación encontrada hace apropiado este procedimiento de estimación.

### Referencias bibliográficas

- Ascencio, J. 1985. Determinación del área foliar en plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y batata (*Ipomoea batata* (L.) Poir.), utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. *Turrialba*. 35 (1):55
- Cifuentes, C.A. & Kee-Wook, S. 1998. Manual técnico de Sericultura. Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Convenio SENA-CDTS. Pereira, Colombia. 438 p.
- Cittadini, E.D. & Peri, P.L. 2006. Estimation of leaf area in sweet cherry using a non-destructive method. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 35 (1):143
- del Pozo, P.P. & Álvarez, A. 2001. Estimación del área foliar de la *Leucaena leucocephala* de la masa seca de sus hojas. *Cultivos Tropicales*. 22 (1):23

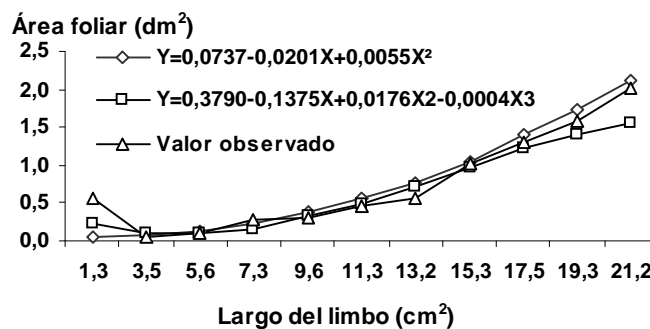


Fig. 5. Estimación del área foliar a través de los modelos de mayor ajuste.

Fig. 5. Estimation of leaf area through the highest adjustment models.

- Demirsoy, H. *et al.* 2005. Improved model for the non-destructive estimation of strawberry leaf area. *Fruits*. 60:69
- Domínguez, R. *et al.* 2003. Estimación y disponibilidad forrajera de arbustos en Baja California Sur, México. *Interciencia*. 28 (4):229
- Fernández, E. 1935. El cultivo de la morera. *Revista de Agricultura*. La Habana. 8 p.
- Harniss, R.O. & Murray, R.B. 1976. Reducing bias in dry leaf weight estimates of Big Sagebrush. *J. Range Manag.* 29:430
- Hernández, A. *et al.* 2003. Nuevos aportes a la clasificación genética de suelos en el ámbito nacional e internacional. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. La Habana, Cuba. 145 p.
- InfoJardín. 2011. Las especies de árboles y su propagación. Arboricultura en español. <http://articulos.infojardin.com/arboles/reproducir-propagacion-arboles.htm> [15/5/2011]
- Jadão, Adriana S. *et al.* 2004. Efeitos na fotossíntese e área foliar de cultivares de alface inoculadas mecanicamente com patótipos do *Lettuce mosaic virus* e *Lettuce mottle virus*. *Fitopatol. Bras.* vol. 29, no. 1. Brasília, Jan./Feb. Print version ISSN 0100-4158. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-41582004000100002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-41582004000100002&script=sci_arttext) [15/5/2011]
- Johnson, S.P.; Johnson, C.L. & West, N.E. 1988. Estimation of phytomass for ungrazed crested wheatgrass plants using allometric equations. *J. Range Manag.* 41:421
- Kozłowski, T.T. *et al.* 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press. New York, USA. 411 p.
- Lal, K. & Subba Rao, M. 1951. A rapid method of leaf area determination. *Nature*. 167:72
- Milera, Milagros *et al.* 2003. Potencial del forraje de morera para la alimentación del ganado. *Revista ACPA*. 4:35
- Murray, R.B. & Jacobson, M.Q. 1982. An evaluation of dimension analysis for predicting shrub biomass. *J. Range Manag.* 35:451
- Noda, Yolai *et al.* 2004. Comportamiento de nueve variedades de *Morus alba* (L.) durante la fase de vivero. *Pastos y Forrajes*. 27:131
- Paytas, M. 2005. Evolución del índice de área foliar en distintas densidades y distancias de siembra en el cultivo de algodón. En: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2a. Reunión Anual del Proyecto Nacional Algodón. Estación Experimental Reconquista, Argentina. p. 1
- Pentón, Gertrudis *et al.* 2006. Nota técnica: Estimación del área foliar a partir de observaciones morfológicas convencionales en *Morus alba* var. Acorazonada. *Pastos y Forrajes*. 29:247
- Pentón, Gertrudis *et al.* 2007. Comportamiento morfoagronómico de variedades de morera (*Morus alba* L.) durante el establecimiento. *Pastos y Forrajes*. 30:315
- Roundy, B.A.; Ruyle, G.B. & Ard, J. 1989. Estimating production and utilization of jojoba. *J. Range Manag.* 42:75
- Sahu, K. *et al.* 1997. Contribution of shoot yield components on total biomass production in mulberry species. *Indian Journal of Forestry*. 20 (2):193
- Simón, Milagros & Trujillo de Leal, América. 1990. Determinación del área foliar en cinco clones de ocumo (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) O. Schott). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 16:147
- Tikader, A. & Roy, B.N. 1999. Correlation and path analysis studies in rooting parameters of exotic mulberry germoplasm accesions (*Morus* spp.). *Indian Journal of Forestry*. 22 (4):357
- Uresk, D.W. *et al.* 1977. Sampling big sagebrush for phytomass. *J. Range Manag.* 30:311
- Yamashita, T. 1985. Carbon, nitrogen and energy sources. Requirement during shooting in mulberry plants. *JARQ*. 19 (1):49

## XXIII REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL

*Sede: Palacio de Convenciones, La Habana, 18-22 de noviembre de 2013*

*La Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) tienen el placer de invitarlos a participar en la XXIII Reunión de la ALPA y el IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical.*

*El escenario será propicio para el desarrollo del IV Congreso Internacional de Mejoramiento Animal y el VI Simposio Internacional de Ganadería Agroecológica (SIGA)*

### Temáticas

- Manejo y alimentación de rumiantes y monogástricos de interés económico
- Estrategias que permitan el desarrollo de la producción animal con el empleo de los recursos locales y alimentos alternativos
- Sistemas de producción animal. Indicadores de sostenibilidad y de eficiencia
- Composición y calidad de la leche y la carne
- Bienestar animal
- Desarrollo y productividad del ganado de cría
- Reproducción y mejoramiento genético de rumiantes y monogástricos
- Políticas y estrategias para la conservación, desarrollo y utilización eficiente de los recursos genéticos
- Procesos biotecnológicos para la producción y mejoramiento del valor nutritivo de los alimentos
- Aditivos, prebióticos y probióticos en la alimentación animal
- Utilización digestiva de los alimentos, compuestos bioactivos y su efecto en el metabolismo animal
- Pastos, forrajes y plantas arbóreas. Producción de biomasa y semillas
- Mejoramiento varietal y evaluación de especies
- Biodiversidad. Relación suelo-planta-animal
- Utilización, conservación y fertilidad del suelo
- Biofertilizantes y bioestimulantes en la producción de alimentos
- Medio ambiente. Mitigación, adaptación y enfrentamiento al cambio climático en el sector agropecuario
- Extensionismo e innovación. Diagnóstico, capacitación, transferencia tecnológica y medición de impacto
- Desarrollo local
- Bioinformática, informática educativa, redes, sistemas de expertos, inteligencia artificial y sistemas automatizados en el sector agropecuario
- Bioestadística y econometría aplicada a la producción agropecuaria
- Gestión del conocimiento, la comunicación y la comercialización
- La mujer en el desarrollo agropecuario
- Cooperativismo
- Etnoveterinaria

El evento tiene como objetivo: Motivar el intercambio de experiencias y resultados alcanzados por profesionales, productores y técnicos en los sistemas de producción animal latinoamericano, su sostenibilidad técnica, económica, ecológica y social, y las estrategias para el mejoramiento, conservación, utilización y caracterización de los recursos naturales.

### Contactos

*ALPA2013@ica.co.cu*

*Organizador profesional de congresos:*

*Ángel Salabarría Lay*

*AP 16046, La Habana, CUBA.*

*Telf. 537 2038958 2026011 ext. 1511*

*E\_mail: angel@palco.cu www.cpalco.com*

*María Felicia Díaz*

*Presidenta de la Comisión Científica*

*ALPA2013@ica.co.cu*