

# DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE PLANTA EN LOS VIVEROS FORESTALES DEL ESTADO DE COLIMA

## PLANT QUALITY DIAGNOSIS IN THE FOREST NURSERIES OF THE STATE OF COLIMA

Gabriela Orozco Gutiérrez<sup>1</sup>, H. Jesús Muñoz Flores<sup>1</sup>, Agustín Rueda Sánchez<sup>2</sup>, José Ángel Sígala Rodríguez<sup>3</sup>, José Ángel Prieto Ruiz<sup>4</sup> y J. Jesús García Magaña<sup>5</sup>

### RESUMEN

En los viveros forestales, los insumos y los tratamientos aplicados a las plantas son variables, pues dependen de la disponibilidad que se tenga de recursos económicos, tecnológicos y humanos, lo que ha propiciado diferencias entre los sistemas de producción que, a su vez, están relacionados con la ubicación geográfica y el clima. Sin embargo, la planta que ahí se maneja debe ajustarse a los estándares que favorezcan su establecimiento y desarrollo en el campo. La calidad de la planta está determinada tanto por factores genéticos, fisiológicos y morfológicos, como por las labores culturales que reciben. En el estado de Colima las principales especies forestales que se cultivan son *Cedrela odorata* (Cedro Rojo) y *Tabebuia rosea* (Rosa Morada). En el presente estudio se describe la evaluación realizada a la calidad de planta de ocho taxa en los cuatro viveros forestales de la entidad: Guayacán, El Peregrino, Silvicol y Las Higueras. Se consideraron los parámetros: altura de la parte aérea, diámetro del cuello, biomasa en húmedo de la parte aérea y del sistema radical, y biomasa en seco de la parte aérea y del sistema radical para determinar índice de esbeltez, índice de lignificación y relación tallo/raíz. La calidad fisiológica se calculó a través del contenido de nitrógeno y de carbono. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el programa estadístico PASW. Los mejores resultados procedieron del vivero Silvicol en virtud de que reúne una población más uniforme.

**Palabras clave:** Colima, índice de calidad de planta, parámetros fisiológicos, parámetros morfológicos, plantas tropicales, viveros forestales.

### ABSTRACT

In forest nurseries, the insumes and treatments applied to the plants vary as they depend upon the availability of economic, technological and human resources, which has fostered differences among production systems, which is related, as well, to their geographic location and climate. However, the plants that are produced there must follow standards that favor their establishment and development in the field. Plant quality is determined by genetic, physiological and morphological factors as well as by cultivation management. In Colima state, the main forest species that are cultivated are *Cedrela odorata* (red cedar) and *Tabebuia rosae* (purple rose). In the actual study is described the assessment of plant quality of eight species in the four forest nurseries of the state: Guayacán, El Peregrino, Silvicol and Las Higueras. Morphological components (aerial part height, neck diameter, humid biomass of the aerial part and root system, and dry biomass of the aerial part and root system) were measured in order to determine sturdiness index, lignification index and stem/root relation; the physiological quality was obtained through nitrogen and carbon content. Data were analyzed through the PASW statistical program. The best results came from Silvicol nursery as it gathers a rather uniform population.

**Key words:** Colima, quality index, physiological parameters, morphological parameters, tropical plants, tree nurseries.

Fecha de recepción: 22 de febrero de 2010

Fecha de aceptación: 13 de septiembre de 2010

---

<sup>1</sup> Campo Experimental Uruapan. CIRPAC. INIFAP. Correo-e: orozco.gabriela@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Campo Experimental Altos de Jalisco. CIRPAC INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Sierra de Chihuahua. CIRNO. INIFAP.

<sup>4</sup> Campo Experimental Valle de Guadiana. CIRNO. INIFAP.

<sup>5</sup> Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología.

La actividad forestal en México ha cambiado en los últimos años, entre otros motivos, por el mayor énfasis que se ha dado a la restauración de los bosques, con especial atención a la reforestación. La baja calidad de las plantas producidas en los viveros es una de las razones que pueden explicar lo poco exitosas que han resultado algunas plantaciones. Condición que depende de factores genéticos, fisiológicos y morfológicos, que en conjunto con el medio, logran resultados promisorios. A nivel nacional, la tasa de supervivencia de estas poblaciones es de alrededor del 50% al año de establecimiento en el campo. Las principales causas de muerte se asocian con las fechas inadecuadas de plantación (36%), las sequías (18%), el estado general que conservan los ejemplares (13%), así como el pastoreo, la selección inapropiada de especies y la incidencia de plagas y enfermedades, entre otras (Magaña et al., 2007).

En el estado de Colima, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) asignó recursos a tres viveros para la producción de 700 mil plantas para el ciclo 2007-2008, que se destinaron a los programas de reforestación ejecutados con apoyo del PROÁRBOL. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar la calidad de planta en los cuatro viveros forestales de dicha entidad (El Guayacán, de propiedad privada; El Peregrino, de la CONAFOR; Silvicol, de la Universidad Autónoma de Colima y Las Higueras, del Gobierno del Estado) mediante la caracterización de los parámetros que se utilizan para

Forest activities in Mexico have changed in the last years, due to several reasons, such as the emphasis that has been given to forest restoration, with special attention to reforestation. The poor quality of plants produced in the nurseries, is one of the reasons that can explain the little success that some plantations have become, a condition that depends upon genetic, physiologic and morphological factors that as a whole and in addition to the environment, have obtained promising results. At a national level, the survival rate of these populations is near 50 per cent one year after their establishment at the field. The main causes of death are linked to the inappropriate plantation dates (36%), draught (18%), the general condition that seedlings keep (13%), as well as grazing, incorrect species selection and plague and/or diseases, among others (Magaña et al., 2007).

In Colima State, the National Forest Commission (CONAFOR) assigned resources to three nurseries for the production of 700 thousand plants for the 2007-2008 cycle, that were appointed for reforestation programs achieved with the aid of PROARBOL. Thus, the objective of this research was to assess the plant quality of the four nurseries at the state (El Guayacán, of private property; El Peregrino, of CONAFOR; Silvicol, of Colima State University and Las Higueras, of the state government), through the description of the parameters of the main morphological and physiological indicators of the plants that are cultivated there (Table 1).

Cuadro 1. Localización de los viveros evaluados en el estado de Colima.  
Table 1. Location of the assessed nurseries of Colima State.

Vivero	Localización	Municipio	Coordenadas	Altitud (m)
El Peregrino	km 3 carretera Colima-Jiquilpan	Colima	19° 12' 24.64" .. 103° 43' 11.67" ..	420
Silvicol	Colonia Juana de Asbaje s/n Colima	Colima	19° 12' 32.60" .. 103° 43' 19.38" ..	417
El Guayacán	km 4 carretera Villa de Álvarez- Comala	Villa de Álvarez	19° 18' 51.37" .. 103° 45' 33.64" ..	595
Las Higueras	km 6 carretera Villa de Álvarez- Comala	Comala	19° 17' 41.11" .. 103° 44' 59.61" ..	597

la determinación de los principales indicadores morfológicos y fisiológicos de las plantas que ahí se producen (Cuadro 1).

The dominate weather in Colima is the Aw type, according to the classification of Köppen modified by García (1972). It is warm subhumid climate, also known as tropical savannah, whose characteristics are as follows: average annual

En Colima prevalece el clima tipo Aw, según la clasificación de Köppen modificada por García (García, 1972). Corresponde al cálido subhúmedo o de sabana tropical, cuyas características son las siguientes: la temperatura media anual es superior a los 22°C y la del mes más frío, a los 18°C. Las lluvias son abundantes y rara vez inferiores a los 800 mm anuales. La precipitación ocurre durante el verano, ya que el porcentaje de lluvia invernal varía entre 5 y 10.2 de la anual.

Las condiciones de cultivo de los viveros son distintas entre cada uno; en general, los que producen planta para la CONAFOR poseen la tecnología mínima para hacer pruebas de laboratorio a la semilla colectada. Este material procede de rodales naturales. Cada vivero maneja más de una especie y utiliza diferentes fertilizantes; el Silvicol es el único que usa el orgánico y cuenta con un sistema de riego tecnificado. Con base en lo anterior, la selección de la planta de interés se realizó bajo un muestreo aleatorio estratificado. En este sistema las unidades muestrales de la población se agruparon de acuerdo a la semejanza en alguna característica para formar los estratos; de tal manera que cada vivero se estratificó por especie (Cuadro 2). El muestreo y la toma de datos de campo se efectuaron en los meses de julio y agosto de 2008.

temperature is over 22 C degrees, and the and the coldest, over 18 C degrees. Rains are abundant are rarely under 800 mm annually. Rainfall occurs during Summer, mainly, since Winter rains varies from 5 to 10.2 from the annual. It covers large low-land areas along the Pacific Ocean, from Sinaloa to Chiapas (Rzedowski, 2006).

Production conditions of the nurseries are different from each other; in general terms, those which produce plants for CONAFOR have the minimal technology to test seeds in the laboratory.

Seed proceeds from natural stands. Each nursery uses different fertilizers; Silvicol is the only one that manages an organic type, and has a technical watering system. Since in the assessed nurseries more than one species is cultivated and under different production conditions, plant selection was done through stratified random sampling method. In this system, the sampling units of the population were organized according to one feature in common in order to form strata; in this case, each nursery was stratified by species (Table 2). Sampling and data collection were carried out during July and August, 2008.

Cuadro 2. Especies seleccionadas en los viveros del estado de Colima, de acuerdo a su edad, producción y tipo de contenedor.  
Table 2. Age, production and type of container of the selected species of the nurseries of the state of Colima.

Vivero	Especie	Edad	Planta producida	Tipo de envase y volumen
		(Meses)	(No.)	
El Peregrino	<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose (Primavera)	3	100,000	Copperblock
	<i>Swietenia humillis</i> Zucc. (Cóbano)	4	100,000	77 cavidades
	<i>Caesalpinia platyloba</i> S. Watson (Coral)	3	200,000	(170 cm <sup>3</sup> )
Silvicol	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC (Rosa Morada)	2	100,000	Cónico de plástico rígido
	<i>Cedrela odorata</i> L. (Cedro Rojo)	3	100,000	108 cavidades (156 cm <sup>3</sup> )
El Guayacán	<i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth. (Tepemezquite)	3	25,000	Copperblock
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit (Guaje Rojo)	3	50,000	77 cavidades (170 cm <sup>3</sup> )
Las Higueras	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walpers	3	100,000	Copperblock
	(Cacanhual)			77 cavidades (170 cm <sup>3</sup> )

Los análisis de las plántulas se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Bromatología del Campo Experimental Tecomán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el km 35 de la carretera Colima-Manzanillo en Tecomán, Colima. Las características morfológicas que se consideraron fueron: altura de la parte aérea (cm), diámetro del cuello (mm), biomasa en húmedo de la parte aérea y del sistema radical (g) y biomasa en seco de la parte aérea y del sistema radical (g). Con las variables anteriores se calcularon los índices que hicieron posible determinar la calidad de la planta: Índice de esbeltez (cociente que resulta de la altura en centímetros entre el diámetro en milímetros), índice de lignificación (peso seco total entre peso fresco total en gramos, por cien) que se adaptó de un estudio efectuado con pinos (Prieto, 2004) y la relación tallo/raíz (peso seco de la parte aérea entre peso seco de la raíz en gramos). La planta fue la unidad muestral.

A los ejemplares de cada vivero, agrupados por especie, se les evaluó la calidad fisiológica; para ello se tomaron muestras aleatorias de cada taxón y se hicieron tres repeticiones de 30 g de peso anhidro. Se les determinó el contenido de nitrógeno y de carbono por el método de combustión directa Dumas; el fósforo por el método convencional colorimétrico de molibdo vanadato de amonio AOAC 965.1 y el potasio con el método convencional espectrofotométrico de absorción atómica en el follaje; además se registró el contenido de lignina en el tallo de las plantas por el método de fibra ácido detergente (FDA). Los datos se organizaron por vivero, por taxón y tipo de envase.

Para calcular la frecuencia relativa porcentual, se recurrió a la estadística descriptiva. Se partió de la premisa de que una función de distribución indica la frecuencia relativa de una población en la cual ocurren valores diferentes en una variable. De esta manera, se puede conocer la proporción de individuos dentro de ciertos límites de valores. Se consideró que la función de distribución normal es la más común en la mayoría de los datos forestales y se observa con regularidad cuando se analizan variables continuas (Freese, 1962). El manejo de los datos se realizó en la versión 17.0 del programa estadístico PASW Statistics.

### Vivero forestal El Peregrino

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la evaluación de los parámetros de calidad de planta para el vivero El Peregrino.

Las plantas alcanzaron alturas promedio de 16.3 cm en el Coral (*Caesalpinea platyloba*), 18.9 cm en el Cóbano (*Swietenia humilis*) y 22.5 cm en la Primavera (*Tabebuia donnell-smithii*); el último valor es el más alto, pero resultó inferior al recomendado por Santiago et al. (2007), quienes

Seedlings analysis was performed at the Bromatology Laboratory of Tecomán Experimental Station (INIFAP), located at km 35 of the Colima-Manzanillo highway, in Tecomán, state of Colima. The following characteristic components were considered for the morphological analysis: aerial part height (cm), diameter of the neck (mm), fresh biomass of the aerial part and of the root system (g) and dry biomass of the aerial part and root system (g). With the previous variables were made the calculations to determine plant quality: sturdiness quotient (height (cm)/ diameter (mm), lignification index (total dry weight/ total fresh weight (g) x 100) that was based upon an experiment with pines (Prieto, 2004), and finally, the stem/ root relation (dry weight of the aerial part/ dry weight of the root (g). The plant was taken as the sampling unit.

The physiological quality of the plants was assessed to those organized by species; samples were randomly taken with three replications of 30 g of dry weight. Nitrogen and carbon content were determined by the Dumas combustion method; phosphorous by the conventional colorimetric molibdo vanadate ammonium AOAC 965.1 method; and potassium by the conventional spectrophotometric method of atomic absorption on the leaves; in addition, the lignine content of the stems was recorded by the FDA method. Data were ordered by nursery, species and container.

In order to calculate the relative frequency (%), descriptive statistics were used. The starting point was that a distribution function describes the relative frequency of a population in which different values occur in one variable. In this way, it can be known the rate of individuals within some number limits; it was considered that the normal distribution function is the most common in relation to most forest data and is regularly found when continuous variables are analyzed (Freese, 1962). PASW Statistics 17.0 was used for this purpose.

### El Peregrino forest nursery

Quality plant assessment results from El Peregrino nursery are shown in Table 3.

Average heights of the plants of the assessed species were 16.3 cm in *Caesalpinea platyloba* S. Watson, 18.9 cm in *Swietenia humilis* Zucc. and 22.5 cm in *Tabebuia donnell-smithii* Rose; even if the latter is the highest value, it is lower than those recommended by Santiago et al (2007), who stated that the range should be between 25 and 30 cm. The outstanding size of *T.donnell-smithii* can be due to the shape of the stems, which can explain the size of *Caesalpinea platyloba*, since it tends to get lower height under natural conditions.

Cuadro 3. Resultados de la evaluación de los parámetros de calidad de planta en el vivero forestal El Peregrino, estado de Colima.  
Table 3. Results of the quality plants assessment from El Peregrino nursery, state of Colima.

Variable	<i>Tabebuia donnell-smithii</i>		<i>Caesalpinia platyloba</i>		<i>Swietenia humilis</i>	
	Envase 170 cm <sup>3</sup>		Envase 170 cm <sup>3</sup>		Envase 170 cm <sup>3</sup>	
	Media*	CV**	Media*	CV**	Media*	CV**
Altura (cm)	22.5±0.22	14.1	16.3±0.09	8.2	18.9±0.31	23.4
Diámetro del cuello (mm)	4.4±0.03	9.02	4.4±0.02	7.9	5.1±0.02	5.0
Índice de esbeltez	5.1±0.05	14.1	3.8±0.03	10.3	3.7±0.06	23.7
Relación tallo/raíz	2.3±0.04	22.4	2.0±0.005	33.3	3.9±0.05	19.9
Índice de lignificación	24.16±0.31	18.08	37.13±0.69	26.64	37.87±0.19	7.28
Carbono	43.37±0.02	0.70	43.53±0.03	1.09	43.63±0.01	0.48
Lignina	16.38±0.04	3.12	26.36±0.1	5.34	33.45±0.04	4.14

\*Media ± el error de muestreo (intervalo con un 95% de confianza); \*\*CV = Coeficiente de variación.

\*Mean ± the sampling error (95% confidence interval); \*\* CV = Variation coefficient

establecieron que el intervalo debe estar entre 25 y 30 cm. La talla sobresaliente de *T. donnell-smithii* puede obedecer a la conformación de los tallos, lo que también explicaría el tamaño de *Caesalpinia platyloba*, ya que tiende a desarrollar menor altura en condiciones naturales.

Para esta variable, el Coral mostró mayor homogeneidad en la distribución de frecuencias y el Cóbano la variación más notoria, pues las alturas estuvieron comprendidas en un intervalo de 10 a 27 cm.

Los índices de valor del diámetro de cuello en las tres especies fueron diferentes: el Coral registró como promedio 4.3 mm, que se considera aceptable. El Cóbano y la Primavera midieron 5.1 y 4.4 mm, respectivamente. Para Santiago *et al.* (2007), en plantas de Primavera, el parámetro de calidad de diámetro lo definieron de 5.5 a 6.0 mm lo definía. Por lo tanto, los resultados obtenidos son satisfactorios para los taxa producidos en el vivero donde se hizo el trabajo. No obstante, en las distribuciones de frecuencias se observó heterogeneidad en ese concepto (Cuadro 3).

Las plántulas cultivadas en contenedores requieren de un balance morfológico para su supervivencia en campo. En el presente estudio la relación tallo/raíz que se determinó fue superior a uno, por lo que el balance que esto sugiere es satisfactorio. Las distribuciones de frecuencias muestran que las plantas de Coral y de Cóbano tienen mayor homogeneidad. Santiago *et al.* (2007) recomendaron de 5 a 6 como un valor conveniente para la relación altura/diámetro para Primavera; por ello, el índice de esbeltez estimado de 5.1 queda comprendido entre ambos. Sin embargo, para el Cóbano un índice de 3.7 resulta ser bajo, en comparación con las otras especies evaluadas, lo que habrá de tomarse con reserva por tener un alto coeficiente de variación (Cuadro 3).

*Caesalpinia platyloba* showed a more homogeneous frequency distribution of heights and *Swietenia humilis* the greatest variation, from 10 to 27 cm.

The indexes of neck diameter in the three species were different: *Caesalpinia platyloba* had 4.3 mm, average, that is rather good. *Swietenia humilis* measured 5.1 mm and *Tabebuia donnell-smithii*, 4.4 mm. Santiago *et al.* (2007) stated that diameter as a quality pattern in *Tabebuia donnell-smithii* must be between 5.5 and 6.0 mm. Thus, these results are good for the species of this nursery. However, in the frequency distributions, some heterogeneity was found (Table 3).

In plants produced in containers it is necessary that a morphological balance exists for their survival at the field. In the three species analyzed here, the numbers from the stem/ root relation were over one, which means that the balance was positive. Frequency distributions show that *Caesalpinia platyloba* and *Swietenia humilis* are more homogeneous. Santiago *et al.* (2007) recommend from 5 to 6 as a convenient number for the height/ diameter relation for *Tabebuia donnell-smithii*; thus, the 5.1 result for the sturdiness quotient is included between these two. However, for *Swietenia humilis* a 3.7 index is low, compared with the other two species, which must be taken carefully due to its high variation quotient (Table 3).

In the frequency distribution, the sturdiness quotient of *Tabebuia donnell-smithii* had the greatest homogeneity compared with the other two species, from which *Swietenia humilis* showed the most important heterogeneity. In regard to *Tabebuia donnell-smithii*, lignifications was 24.4 per cent, while *Swietenia humilis* was 37.9 % and *Caesalpinia platyloba* 37.1% (Table 3), which would be positive for their adaptation to the plantation place due to their strong hardening. According to

En la distribución de frecuencias del índice de esbeltez la planta de Primavera tuvo la mayor homogeneidad con respecto a las otras dos especies, de las cuales *Swietenia humilis* presentó elevada heterogeneidad. Para *T. donnell-smithii*, el grado de lignificación fue de 24.2%, en tanto que el Cóbano y el Coral tuvieron 37.9 y 37.1%, respectivamente (Cuadro 3). Lo que sería favorable para su adaptación al sitio de plantación, por su alto endurecimiento. De acuerdo con Landis (1985), cerca de 96% del tejido seco de las plantas de coníferas está compuesto por carbono, oxígeno e hidrógeno, de ellos el carbono constituye 45%; esta información pudiera ser extensiva a las especies de interés, pues se reflejó en el análisis foliar realizado a las muestras, ya que los valores alcanzados indican un contenido de carbono entre 45 y 46%.

La lignina, por otra parte, ha sido uno de los componentes foliares más ampliamente utilizados como índice de calidad de la materia vegetal y sus concentraciones, por tradición, son consideradas como uno de los principales predictores de las tasas de descomposición (Meentemeyer, 1978). La desintegración afecta a la producción primaria, al regir el suministro de nutrimentos mineralizados a la planta (Kitayama et al., 2004). Esto explica en cierta medida, sus diferencias en productividad. En la madera de árboles tropicales la cantidad de lignina es de 20 a 30% (Whetten et al., 1998; Boudet, 1998). En la presente investigación, el Coral y el Cóbano revelaron concentraciones aceptables de lignina, con 26.4 y 33.5%, respectivamente; sin embargo, las plantas de Primavera registraron 16.4%. El índice de lignificación fue homogéneo en estas últimas y en Cóbano; no obstante, el Coral mantuvo heterogeneidad en sus resultados.

*Tabebuia donnell-smithii* y *Swietenia humilis* se ubicaron en el límite inferior de nitrógeno recomendado, mientras que *Caesalpineia platyloba* se excedió en su contenido (Cuadro 4). El fósforo y el potasio quedaron dentro del intervalo sugerido por Youngberg (1984, citado por Rodríguez-Trejo, 2008). Cuadro 4. Concentraciones de nutrimentos de las tres especies producidas en el vivero El Peregrino, estado de Colima.

Cuadro 4. Concentraciones de nutrimentos de las tres especies producidas en el vivero El Peregrino, estado de Colima.  
Table 4. Nutrient concentrations of the three species produced in El Peregrino nursery, state of Colima.

Nutrimento (%)	<i>Tabebuia donnell-smithii</i>		<i>Caesalpineia platyloba</i>		<i>Swietenia humilis</i>	
	Envase 170 cm <sup>3</sup>		Envase 170 cm <sup>3</sup>		Envase 170 cm <sup>3</sup>	
	Media*	CV**	Media*	CV**	Media*	CV**
Nitrógeno	1.63±0.006	3.12	3.77±0.003	0.97	1.3±0.001	1.7
Fósforo	0.36±0.001	5.08	0.31±0.0006	2.84	0.25±0.002	9.5
Potasio	2.17±0.011	7.23	2.45±0.004	2.45	1.06±0.004	11.49

\*Media ± el error de muestreo (intervalo con un 95% de confianza); \*\*CV = Coeficiente de variación

\*Mean ± the sampling error (95% confidence interval); \*\* CV = Variation coefficient

Landis (1985), near 96% of the dry tissue of conifers is made up of carbon, oxygen and hydrogen, from which, the first one is 45 per cent; this information might be extensive to the studied species, since in the foliar analysis of the samples extracted from the plants, the carbon content was from 45 to 46 per cent.

On the other hand, lignine has been traditionally considered one of the foliar components more broadly used as a quality index of green matter and their concentrations, as the main predictors of the decomposition rates (Meentemeyer, 1978). Desintegration affects primary production, as is governs the mineralized nutriments provision to the plant (Kitayama et al., 2004), which explains, somehow, productivity differences. In wood of tropical trees, the amount of lignine is from 20 to 30 per cent (Whetten et al., 1988; Boudet, 1998). In the actual research, *Caesalpineia platyloba* and *Swietenia humilis* showed good lignine concentrations, with 26.4 and 33.5 per cent, each; and *Tabebuia donnell-smithii* 16.4. The lignifications index was homogeneous in the last two species, but *Caesalpineia platyloba* kept its heterogeneity.

*T. donnell-smithii* and *Swietenia humilis* were located in the lower nitrogen limit, while *Caesalpineia platyloba* exceeded the content of this nutriment (Table 4). Phosphorus and potassium were included in the range suggested by Youngberg (1984 in Rodríguez-Trejo, 2008).

#### El Guayacán forest nursery

*Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth (Tepemezquite) and *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Guaje rojo) belong to the Leguminosae family; as they are fast growing species, at three months old they showed greater heights than the rest of the species of other nurseries. The first reached the most outstanding vertical size, which might be due to its conformation, since as an adult measures up to 15 m (CONABIO, 2007a). On the contrary, Guaje Rojo or *Leucaena* showed the lowest height numbers (Table 5), but can reach 12 m tall under natural conditions (CONABIO, 2007b).

### Vivero forestal El Guayacán

*Lysiloma acapulcensis* (tepemezquite) y *Leucaena leucocephala* (Guaje rojo) pertenecen a la familia Leguminosae; son especies de rápido crecimiento, por lo que a los tres meses manifestaron alturas superiores en comparación a las especies de otros viveros. La primera alcanzó la talla vertical más importante, lo cual se atribuye a su conformación, ya que en su estado adulto mide hasta 15 m (CONABIO, 2007). En contraste, el Guaje rojo presentó los valores de altura más bajos (Cuadro 5), pero llega a medir hasta 12 m en condiciones naturales (Parrota, 2003).

There is a heterogeneous frequency distribution of *Leucaena leucocephala* and homogeneous of *Lysiloma acapulcensis*. The diameter of the latter was 4.36 mm and of the first one, 4.70 mm. These results suggest a good adaptation. However, the frequency curves suggest a higher heterogeneity in both species, which could be a consequence of cultivation management, of watering, of plant competence or of genetic variability.

The stem/ root relation of *Lysiloma acapulcensis* was over one, with 4.63, and of 1.20 in *Leucaena leucocephala*, which means that there is no balance between the aerial part and the root

Cuadro 5. Resultados de las variables evaluadas en las dos especies producidas en el vivero forestal El Guayacán, estado de Colima. Table 5. Results of the assessed variables in the two species produced in El Guayacán forest nursery, state of Colima.

Variable	<i>Lysiloma acapulcensis</i>		<i>Leucaena leucocephala</i>	
	Envase 170 cm <sup>3</sup>		Envase 170 cm <sup>3</sup>	
	Media*	CV**	Media*	CV**
Altura (cm)	46.9±0.7	21.06	38.5±0.69	16.8
Diámetro (mm)	4.4±0.04	11.32	4.71±0.035	10.3
Índice de esbeltez	10.8±0.17	22.7	8.2±0.17	15.3
Relación tallo/raíz	4.63±0.12	37.8	1.2±0.12	46.1
Carbono	45.77±0.2	6.2	45±0.024	0.8
Lignina	24.33±0.18	10.45	22.42±0.22	13.7
Índice de lignificación	30.80±0.3	14.14	24.18±0.3	17.4

\*Media ± el error de muestreo (intervalo con un 95% de confianza); \*\*CV = Coeficiente de variación.

\*Mean ± the sampling error (95% confidence interval); \*\* CV = Variation coefficient

La distribución de frecuencias del Guaje rojo es heterogénea; la del Tepemezquite, es homogénea. El diámetro del segundo fue de 4.36 mm y del primero, de 4.70 mm. Estos resultados sugieren una buena adaptación (Cuadro 5). Sin embargo, las curvas de frecuencias reflejan una elevada heterogeneidad en ambas especies, la cual podría ser consecuencia del manejo del cultivo, de los riegos, de la competencia entre las mismas plantas, o bien de su variabilidad genética.

La relación tallo/raíz en los dos taxa fue mayor a uno, con 4.63 en Tepemezquite y 1.20 en Guaje rojo, por lo que no existe un equilibrio entre la parte aérea y la parte radical (Cuadro 5). La distribución de frecuencia de la relación tallo/raíz describió una curva alejada de la normal, con heterogeneidad en los dos casos.

Referente al índice de esbeltez, los valores obtenidos fueron de 10.83 y 8.19, respectivamente. Santiago *et al.* (2007) aseveran que en la medida en la que las relaciones altura/diámetro, sean menores, en el caso de las especies tropicales, estas presentarán mayor vigor de la

(Table 5). The frequency distribution of the stem/ root relation described a curve away from the normal, with heterogeneity in both cases.

About the sturdiness index, the values from the assessed species were 10.83 and 8.19, respectively. Santiago *et al.* (2007) stated that in so far as the lowest values result from the height/ diameter relation for tropical species, there will be a greater vigor for the plant. The frequency distribution of the sturdiness index showed homogeneity for both. The lignification index for *Lysiloma acapulcensis* was 30.80 and for *Leucaena leucocephala*, 24.18, which are high, but for this kind of species, a fast lignification and growth is common; it can be proved by the color of the stem (Santiago *et al.*, 2007) (Table 5).

Carbon content in both species was similar (around 45 per cent), as happened with lignine, since they had a more or less high level (23 per cent) and with nitrogen (3.16 per cent for *Lysiloma acapulcensis* and 3.79 per cent for *Leucaena leucocephala*) (Table 5). Phosphorous content was the same for the two species, in addition to be among the optimal levels, with 0.23 per cent. The two species had potassium

planta. La distribución de frecuencias del índice de esbeltez mostró homogeneidad en ambas especies. El índice de lignificación para Tepemezquite y Guaje rojo fue de 30.80 y 24.18, respectivamente, que son altos, pero para este tipo de taxa, es común una rápida lignificación y crecimiento. Lo anterior se verifica con la coloración del tallo (Santiago et al., 2007) (Cuadro 5).

El contenido de carbono en las dos especies fue similar (alrededor de 45%), como ocurrió con la lignina, ya que tuvieron un nivel más o menos elevado (23%), y con el de nitrógeno (3.16% para *Lysiloma acapulcensis* y 3.79% para *Leucaena leucocephala*) (Cuadro 5). El contenido de fósforo fue igual en las dos leguminosas, además de estar entre los niveles óptimos, con 0.23%. Las dos especies tuvieron deficiencias de potasio, con 0.68% en Tepemezquite y 0.64% en Guaje rojo. Las bajas concentraciones de este nutrimento, de acuerdo a Landis (1985), se ven reflejadas en un follaje corto y clorótico. Sin embargo, no es muy reducido el valor estimado, por lo que sólo se recomienda incrementar un poco las dosis de fertilizantes con alto contenido de potasio (Cuadro 6).

deficiencias (0.68 per cent in *Lysiloma acapulcensis* and 0.64 per cent in *Leucaena leucocephala*); according to Landis (1985), the low concentrations of this nutrient become apparent through a short and chlorotic foliage. However, this number is not very small, since it is just recommended to increase a little the fertilizer dose with a high potassium content (Table 6).

### Silvicol forest nursery

Average height of *Tabebuia rosea* plants was 17.05 cm, while *Cedrela odorata* L was 38.12 cm. According to Santiago et al. (2007), height as a quality plant parameter of the species produced in containers must be in-between 25 and 30 cm (Table 7). Data show frequency homogeneity.

The diameters of the plants were 5.8 mm for *Tabebuia rosea* and 5.7 mm for *Cedrela odorata*. According to Santiago et al. (2007), the diameter quality parameter must be between 5 and 6 mm for the first one and between 4.5 and 5.5 mm for the second, which means that both of them are in the expected

Cuadro 6. Concentraciones de nutrimentos de las dos especies producidas en el vivero El Guayacán, estado de Colima.  
Table 6. Nutrient concentrations of the two species produced in El Guayacán nursery, state of Colima.

Nutrimento (%)	<i>Lysiloma acapulcensis</i>		<i>Leucaena leucocephala</i>	
	Media*	CV**	Media*	CV**
Nitrógeno	3.16±0.0014	0.62	3.79±0.0036	1.36
Fósforo	0.23±0.0002	1.39	0.23±0.0001	0.66
Potasio	0.68±0.0117	24.58	0.64±0.0004	0.79

\*Media ± el error de muestreo (intervalo con un 95% de confianza); \*\*CV = Coeficiente de variación

\*Mean ± the sampling error (95% confidence interval); \*\* CV = Variation coefficient

Cuadro 7. Resultados de las variables evaluadas en las dos especies producidas en el vivero forestal Silvicol, estado de Colima.  
Table 7. Results of the assessed variables of the two species produced at Silvicol forest nursery, state of Colima

Variable	<i>Tabebuia rosea</i>		<i>Cedrela odorata</i>	
	Envase 170 cm <sup>3</sup>		Envase 170 cm <sup>3</sup>	
	Media*	CV**	Media*	CV**
Altura (cm)	17.05±0.09	7.28	38.12±0.14	5.04
Diámetro (mm)	5.76±0.40	9.767	5.66±0.036	8.88
Índice de esbeltez	2.99±0.03	12.2	6.77±0.040	8.32
Relación tallo/raíz	2.08±0.035	23.803	2.55±0.062	34.34
Carbono	44±0.019	0.6	42.57±0.015	0.5
Lignina	20.74±0.12	8.1	19.79±0.094	6.7
Índice de lignificación	20.28±0.16	11.39	21.77±0.32	20.93

\*Media ± el error de muestreo (intervalo con un 95% de confianza); \*\*CV = Coeficiente de variación.

\*Mean ± the sampling error (95% confidence interval); \*\* CV = Variation coefficient



## Vivero forestal Silvicol

La altura promedio de las plantas de *Tabebuia rosea* fue de 17.05 cm, y en *Cedrela odorata* de 38.12 cm. De acuerdo a Santiago *et al.*, (2007), la altura como parámetro de calidad de planta de los dos taxa producidos en contenedor debe ser de 25 a 30 cm (Cuadro 7). Los datos indican homogeneidad en las frecuencias.

Los diámetros de las plantas fueron de 5.8 mm para la Rosa morada y 5.7 mm para Cedro rojo. Según Santiago *et al.* (2007), el parámetro de calidad de diámetro varía de 5 a 6 mm para el primer taxón y de 4.5 a 5.5 mm para el segundo, lo que las coloca en el intervalo de los valores esperados. El comportamiento de esta variable es homogéneo para ambas especies. La relación que existe entre el tallo y la raíz fue de 2.08 para *Tabebuia rosea* y de 2.55 para *Cedrela odorata*. Igualmente, la relación tallo/raíz de las muestras analizadas marca una amplia homogeneidad en las frecuencias (Cuadro 7).

El índice de esbeltez de las plantas fue de 2.99 para la Rosa morada y de 6.77 para el Cedro. De acuerdo a Santiago *et al.* (2007), la relación altura-diámetro debe estar comprendida entre 5 y 6 para la primera y de 5.5 a 6.0 para el Cedro, y se considera que a menor valor, mayor vigor de la planta. Las frecuencias tienen un comportamiento altamente homogéneo.

El índice de lignificación fue aceptable con 20.28% y 21.76% de acuerdo al orden de las especies indicado, lo que significa que estuvieron sometidas a un estrés hídrico bajo (Prieto, 2004). Las frecuencias para el índice de lignificación señalan un comportamiento homogéneo (Cuadro 7).

En *T. rosae* se registró un contenido de lignina de 20.74% y en *C. odorata* del 19.79%. Estas concentraciones resultan ventajosas para las plantas, ya que significa que contaban con tallos menos suculentos y más duros. Mientras el número de tallos suculentos sea reducido, los individuos tienen mayores posibilidades de adaptarse al sitio de plantación y son menos susceptibles a la deshidratación y al ataque de plagas y enfermedades (Santiago *et al.*, 2007).

El porcentaje de carbono fue de 44 en Rosa morada y de 43.6 en Cedro rojo, es decir, ambos están dentro de lo esperado. Respecto a los macronutrientes analizados (N, P, K) en el follaje de las especies de interés, las concentraciones coinciden con los valores óptimos obtenidos por Youngberg (1984), Powers (1974) y Landis (1985) (citados por Rodríguez-Trejo, 2008), cuyas cifras son: 1.3 a 3.5% en nitrógeno, 0.2 a 0.6% en fósforo y 0.7 a 2.5% en potasio. (Cuadro 8).

range. This variable has a homogeneous behavior for both species. The relation between stem and root was 2.08 for *Tabebuia rosea* and 2.55 for *Cedrela odorata*. The stem/ root relation of the analyzed samples shows a broad frequency homogeneity (Table 7).

The sturdiness index of the plant was 2.99 for Rosa Morada and 6.77 for cedar. According to the previous authors (Santiago *et al.*, 2007), the height-diameter relation must be in-between 5 and 6 for the first species and from 5.5 to 6.0 for Cedar, from the standpoint that at lower value, greater vigor. Frequencies had a highly homogeneous behavior.

The lignification index for both species was acceptable with 20.28 and 21.76 per cent, in regard to the observed order of the species, which means that they were subject to a low hydric stress (Prieto, 2004). Frequencies for the lignification index showed a homogeneous behavior (Table 7).

Lignine content varied from 20.74 per cent in *T. rosae* up to 19.79 per cent in *C. odorata*; if concentration is high becomes an advantage for plants, since it means that they had less juicy and tougher stems. In so far as plants have less juicy stems, they have broader possibilities to adapt to the plantation site, and, thus, are less susceptible to dehydration and plague or microorganism attack (Santiago *et al.*, 2007).

Carbon per cent was 44 in Purple Rose and 43.6 in Red Cedar, which means that both are within what is expected. According to the analyzed major nutrients (N, P, K) in the leaves of the selected species, their concentrations were right (Table 8), since according to Youngberg (1984), Powers (1974) and Landis (1985) (in Rodríguez-Trejo, 2008), their optimal values vary from 1.3 to 3.5 per cent in nitrogen, from 0.2 to 0.6 per cent in phosphorous and from 0.7 to 2.5 per cent in potassium.

## Las Higueras nursery

*Gliricidia sepium* had an average height of 26.05 cm, which satisfies the standards established by CONAFOR (2009) that define the size of broadleaved species from 20 to 25 cm (Table 9).

In regard to diameter, results show an average diameter of 4.68 mm (Table 9), which is lower than the established 5 mm for broadleaves (CONAFOR, 2009). However, in the frequency distribution a broad heterogeneity prevailed. The stem/ root ratio for this species was 1.31 and its distribution, as well, was very heterogeneous.

Cuadro 8. Concentraciones de nutrimentos de las dos especies producidas en el vivero Silvicol, estado de Colima.  
Table 8. Nutrient concentrations of the two species produced at Silvicol nursery, state of Colima.

Nutrimento (%)	<i>Tabebuia rosea</i>		<i>Cedrela odorata</i>	
	Media*	CV**	Media*	CV**
Nitrógeno	1.84±0.0007	0.5	3.42±0.003	1.1
Fósforo	0.53±0.008	21.6	0.35±0.003	1.2
Potasio	1.56±0.0054	4.9	2.96±0.003	1.22

\*Media ± el error de muestreo (intervalo con un 95% de confianza); \*\*CV = Coeficiente de variación

\*Mean ± the sampling error (95% confidence interval); \*\* CV = Variation coefficient

### Vivero Las Higueras

*Gliricidia sepium* tuvo una altura promedio de 26.05 cm, lo cual cumple con los estándares establecidos por CONAFOR (2009), que definen una talla de 20 a 25 cm, en latifoliadas (Cuadro 9).

Con respecto al diámetro, los resultados indican un diámetro promedio de 4.68 mm (Cuadro 9), que es inferior a la cifra instituida en 5 mm para especies de hoja ancha (CONAFOR, 2009). Sin embargo, existió una amplia heterogeneidad en la distribución de frecuencias. La relación tallo/raíz para la especie se estimó en 1.31, y de igual forma su distribución fue muy heterogénea.

El índice de esbeltez fue de 5.59; cuando este valor supera 6, los ejemplares están muy elongados. En el Cacanahual, si se diera el caso, los árboles no resistirían vientos fuertes, evento muy común en los sitios donde se planta.

El índice de lignificación correspondió a 22.08, cifra indicativa de que se presenta estrés hídrico. Además la mayor lignificación de la planta la hace más resistente a daños físicos (Mc Tiernan et al., 2003). Su concentración de lignina fue de 21.86% (Cuadro 9). En la distribución de frecuencias para los índices se observa una amplia homogeneidad en los datos obtenidos.

Los resultados de los análisis foliares muestran concentraciones de nitrógeno de 2.07%, de fósforo de 0.45% y de potasio de 1.2% (Cuadro 10).

Con base en todo lo anterior, se puede concluir lo siguiente:

La altura de la planta se considera aceptable en la mayoría de las especies analizadas; sin embargo, es necesario probar si los ejemplares que no alcanzaron la talla esperada, presentan problemas en su desarrollo en campo.

El diámetro del cuello está relacionado directamente con la robustez de la planta, ya que es una medida representativa de la resistencia a factores climáticos y biológicos. Los valores bajos repercutieron en la esbeltez de los ejemplares analizados.

The sturdiness index was 5.59; when this number is over 6, seedlings are very elongated. In Cacanahual if this were the case, the trees would not resist hard winds, which is a very common event in places where it is regularly planted.

Cuadro 9. Resultados de las variables evaluadas en *Gliricidia sepium* producida en el vivero forestal Las Higueras del estado de Colima.

Table 9. Results of the assessed variables of *Gliricidia sepium* produced in Las Higueras forest nursery, state of Colima.

Variable	<i>Gliricidia sepium</i>	
	Envase 170 cm <sup>3</sup>	
	Media*	CV**
Altura (cm)	26.05±0.16	8.63
Diámetro (mm)	4.683±0.03	8.01
Índice de esbeltez	5.588±0.04	10.11
Relación tallo/raíz	1.316±0.06	63.9
Carbono	46.87±0.004	0.12
Lignina	21.86±0.062	4.0
Índice de lignificación	22.078±0.37	23.9

\*Media ± el error de de muestreo (intervalo con un 95% de confianza); \*\*CV=Coeficiente de variación.

\*Mean ± the sampling error (95% confidence interval); \*\* CV = Variation coefficient

Lignification index was 22.08, which means that the plants do not suffer from hydric stress, since at greater lignification, plants are more resistant to physical damage (Mc Tiernan et al., 2003). Lignine concentration was 21.68 per cent (Table 9). The frequency distribution for the indexes implies a broad homogeneity of the resulting data.

Foliar analysis revealed the following concentrations: nitrogen, 2.07 per cent; phosphorous, 0.45 per cent and potassium 1.2 per cent (Table 10).

En la mayoría de los viveros evaluados se observó que la planta tuvo los niveles óptimos de nitrógeno y fósforo, pero con deficiencias de potasio lo que probablemente se debió a que en la fase de pre-acondicionamiento se disminuye la aplicación de fertilizantes con alto contenido de este nutriente.

Los mejores indicadores de calidad se reunieron en los las plantas cultivadas en el vivero Silvicol (*Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*), lo anterior se confirmó con un comportamiento más homogéneo en la distribución de frecuencias relativas porcentuales, en comparación con los otros tres viveros.

Los indicadores que ayudan a determinar de manera fácil la calidad morfológica de la planta son: altura, diámetro del cuello de la raíz y el peso seco total. Estas variables, correlacionadas a través de índices, describen las principales características que tiene la planta, así como los factores que influyen en la calidad de la misma producida en cada vivero.

En la calidad de planta, el análisis foliar para determinar contenido de nutrientes, ayuda a entender de manera clara la calidad morfológica de la planta, ya que permite conocer su fisiología.

## REFERENCIAS

Boudet, A. M. 1998. New view of lignifications. Trends in Plant Sci. 3: 67-71.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2007. SIRE- CONABIO. *Lysiloma acapulquensis* (Kunth) Benth Paquetes Tecnológicos No. 78 <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Tecnicas/Lysiloma%20acapulcensis.pdf> 4p (20 de marzo de 2009).

Comisión Nacional Forestal. 2009. Paquetes tecnológicos. Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto con fines de restauración. Taxco, Gro. México. 9 p.

Freese, F. 1962. Muestreo forestal elemental. Boletín de Agricultura No. 232. Centro Regional de Ayuda Técnica. México, D.F., México. 96 p.

García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 2ª. Edición. México, D.F. México. 246 p.

Kitayama, K., S., Suzuki, M. Hori, M. Takyu, S. I. Aiba, N. Majalaplee, and K. Kikuzawa. 2004. On the relationships between leaf-litter lignin and primary productivity in tropical rain forest. *Ecologies*. 140: 335-339.

Landis, T. D. 1985. Mineral nutrition as an index of seedling quality. In: Duryea, M. L. (Ed.). Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, OR USA, pp. 29-48.

Magaña T., O., M. Venegas L., M. Castillo C., P. Lozano C., C. Hernández G. y B. Gamás Z. 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Ejercicio Fiscal 2006. Universidad Autónoma Chapingo. Gerencia de Servicios Profesionales. [http://148.223.105.188:2222/snif/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20#divEvaluaciones5](http://148.223.105.188:2222/snif/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20#divEvaluaciones5) (12 de abril de 2009).

Magaña T., O., M. Venegas L., M. Castillo C., P. Lozano C., C. Hernández G. y B. Gamás Z. 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Ejercicio Fiscal 2006. Universidad Autónoma Chapingo. Gerencia

Cuadro 10. Concentraciones de nutrientes de la especie *Gliricidia sepium* producida en el vivero Las Higueras, estado de Colima.

Table 10. Nutrient concentrations of *Gliricidia sepium* produced at Las Higueras nursery, state of Colima.

Nutriente (%)	<i>Gliricidia sepium</i>	
	Media*	CV**
Nitrógeno	2.07±0.0004	2.41
Fósforo	0.45±0.0004	1.11
Potasio	1.2±0.0028	3.26

\*Media ± el error de muestreo (intervalo con un 95% de confianza);

\*\*CV = Coeficiente de variación

\*Mean ± the sampling error (95% confidence interval); \*\* CV = Variation coefficient

Based upon the former information, the following can be concluded:

Plant height is acceptable in most of the analyzed species; however, it is necessary to test if the samples that did not reach the expected size may have development problems in the field.

The diameter of the neck is directly related to the sturdiness of the plant, since it is a representative measure of biological and climatic factor resistance; the lower values rebounded in the sturdiness of the analyzed samples.

In most of the assessed nurseries it was observed that the plants had optimum nitrogen and phosphorous levels, but were deficient in potassium, which probably was due to the fact that in the pre-conditioning phase, the application of fertilizer with high concentrations of this nutrient diminished.

The best quality indicators were gathered in the plants grown at Silvicol nursery (*Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*), which was confirmed through a more homogeneous behavior of the relative frequencies' percentage distributions compared to the other three nurseries.

The indicators that help to determine in an easy way the morphological quality of the plant are: height, root neck diameter and total dry weight; these variables, correlated through indexes, describe the main features of the plant, as well as the factors that affect its quality in each nursery.

In plant quality, foliar analysis to determine nutrient contents, helps to clearly understand the morphologic quality of the plant, since it makes it possible to know its physiology.

End of the English version

- de Servicios Profesionales. [http://148.223.105.188:2222/snifportal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20#divEvaluaciones5](http://148.223.105.188:2222/snifportal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20#divEvaluaciones5) (12 de abril de 2009).
- Mc Tiernan, K. B., M. Couiteaux M., B. Berg., M. P. Berg, R. Calvo De Anta, A. Gallardo, W. P. Kratz., J. Remacle. and A. Virzo. 2003. Changes in chemical composition of *Pinus sylvestris* needle litter during decomposition along European coniferous climatic transect. *Soil Biol. Biochem.* 35: 801- 812.
- Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. 110 p.
- Meentemeyer, V. 1978. Macroclimate and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology.* 59: 465-472.
- Parrotta, J. A. 2003. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Tropical tree seed manual. Part II Species Descriptions. International Institute of Tropical Forestry, USDA-Forest Service. Río Piedras, Puerto Rico. pp: 544-546.
- PASW Statistics. Versión 17.0. Copyright 1993-2007. Chicago, Il. USA. s/p.
- Prieto R, J. A. 2004. Factores que influyen en la producción de planta de *Pinus* sp., en vivero y en su establecimiento en campo. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2008. Indicadores de planta forestal. Ed. Mundi- Prensa. México, D.F., México. pp. 13-17.
- Santiago O., T., V. Sánchez M., R. Monroy C. y S. García G. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto Técnico Núm. 44. Ver., México. 73 p.
- Whetten, R. W., J. J. MacKay and R. R. Sederoff. 1998. Recent advances in understanding lignin biosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 49: 585-609.