



Revista Mexicana de Ciencias Forestales

ISSN: 2007-1132

ciencia.forestal2@inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Rueda Sánchez, Agustín; Benavides Solorio, Juan de Dios; Prieto-Ruiz, J. Ángel; Sáenz
Reyez, J. Trinidad; Orozco-Gutiérrez, Gabriela; Molina Castañeda, Alicia
CALIDAD DE PLANTA PRODUCIDA EN LOS VIVEROS FORESTALES DE JALISCO
Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 3, núm. 14, noviembre-diciembre, 2012,
pp. 69-82
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63439002006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CALIDAD DE PLANTA PRODUCIDA EN LOS VIVEROS FORESTALES DE JALISCO

QUALITY OF PLANTS PRODUCED IN FOREST NURSERIES IN JALISCO

Agustín Rueda Sánchez¹, Juan de Dios Benavides Solorio¹, J. Ángel Prieto-Ruiz²,
J. Trinidad Sáenz Reyez³, Gabriela Orozco-Gutiérrez³ y Alicia Molina Castañeda¹

RESUMEN

En México se ha dado un fuerte impulso al establecimiento de plantaciones forestales, pero los resultados obtenidos son poco satisfactorios debido a la baja supervivencia del arbolado que se logra. Una de las causas principales de este desenlace es la calidad de la planta utilizada. En el presente trabajo se describe la evaluación de ese material, la cual se llevó a cabo en ocho viveros forestales del estado de Jalisco, los que produjeron especies de climas templado y tropical durante 2008 para los programas de reforestación y plantaciones comerciales de la Comisión Nacional Forestal. Se consideraron los siguientes parámetros: altura, diámetro del cuello de la raíz, biomasa en seco de las porciones aérea y radical; así como los contenidos porcentuales de carbono, fósforo, nitrógeno, potasio y lignina. Los resultados indican que la plantas producidas de latifoliadas y de coníferas son de calidad media, de acuerdo a los estándares sugeridos. Las variables mejor calificadas fueron el contenido de lignina y fósforo, mientras que lo opuesto se verificó con la relación biomasa aérea seca/biomasa radical seca. Se recomienda hacer trabajos que orienten a los productores a la adopción de técnicas para incrementar el desarrollo del sistema radicular; y, por otro lado, dar seguimiento a las plantaciones ya establecidas, con el fin de validar la información aportada por la evaluación de calidad.

Palabras clave: Atributos morfológicos, calidad de planta, índices de calidad, producción de planta forestal, supervivencia en campo, viveros forestales.

ABSTRACT

While there has been an increasing effort to establish forest plantations in Mexico, satisfactory results have not been achieved due to the low survival within the stands. One of the main causes is the quality of the plant used. The following study describes the plant quality assessment performed on 8 different forest nurseries in the state of Jalisco, Mexico, which produced plant species of tropical and temperate climates as part of the reforestation programs and commercial plantations done by CONAFOR on 2008. Plant quality was defined as high, medium or low according to quality parameters of height, root-neck diameter, shoot root ratio and the content of N, P, K, C and lignin. Results show that, in its majority, the quality of the plant produced, for both hardwood and softwood species, is average according to the suggested standards. Variables with the best quality were the phosphorous and lignin per cent contents, while those with the lowest quality were dry biomass in the aerial and radical parts. It is recommended that further investigations focus on the techniques required to improve the quality of the shoot: root ratio. It is also suggested to continue with the plant quality appraisal in this and other forest nurseries, giving the proper follow-up plantations already established, in order to validate the information provided by the plant quality assessment.

Key words: Field survival, forest nurseries, forest seedling production, plant quality indexes, morphological attributes, plant quality assessment.

Fecha de recepción: 13 de octubre de 2011.

Fecha de aceptación: 30 de noviembre de 2012.

¹ CE. Altos de Jalisco. CIR Pacífico Centro. INIFAP. Correo-e: rueda.agustin@inifap.gob.mx

² CE. Valle del Guadiana. CIR Norte Centro. INIFAP.

³ CE. Uruapan. CIR Pacífico Centro. INIFAP.

INTRODUCCIÓN

Desde la creación de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) en el año 2001, en México se ha dado un fuerte impulso a las plantaciones forestales comerciales para el avance de la industria, así como de restauración ecológica. Sin embargo, su éxito se ha obstaculizado por la baja supervivencia del arbolado (UACH, 2007, 2010; COLPOS, 2008; UANL, 2009). Su establecimiento y desarrollo dependen de las condiciones ambientales, de las labores culturales aplicadas y del uso de plantas de alta calidad (Birchler *et al.*, 1998; Prieto *et al.*, 2003). Esta necesidad ha motivado el perfeccionamiento de métodos para evaluar la calidad del material vegetal producido en los viveros forestales, a partir de la medición de atributos morfológicos y fisiológicos relacionados con la supervivencia y el crecimiento de las plantas en el campo (Sutton, 1979; Chavasse, 1980; Rose *et al.*, 1990; Folk y Grossnickel, 1997; Toral, 1997; Prieto *et al.*, 2003).

La calidad de planta se define como la capacidad que tienen los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio donde se establecen (Rodríguez, 2008), la cual obedece a las características genéticas del germoplasma y a las técnicas utilizadas para su reproducción (Prieto *et al.*, 2009). No obstante la importancia de ese concepto, son pocos los productores forestales que realizan una evaluación para controlar la calidad de la planta que producen (Prieto *et al.*, 2003). Por lo tanto, conocer los factores morfológicos y fisiológicos que influyen en la calidad de planta producida en vivero, debe ser una prioridad de los agentes involucrados en los programas relacionados con el establecimiento de plantaciones forestales.

En esta investigación se determinaron las características morfológicas de la planta producida en ocho viveros del estado de Jalisco durante el ciclo 2007-2008, con el fin de describir y valorar su calidad. Se espera que la información generada contribuya a mejorar los procesos productivos y, a su vez, la supervivencia de los ejemplares en las plantaciones forestales de la entidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los viveros forestales en los que se trabajó están ubicados en cinco municipios de Jalisco: en Ameca se consideraron los viveros A1 y Gran Pro; en Jamay, los de Forestal de Occidente, Productores de Planta y Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA); en Sayula, el de Viforesa; en Zapopan, el de Centinela; y en Zapotlán el Grande, el de Masvi. En cada uno se recopiló información sobre las características generales del sistema de producción. Además, a finales del ciclo, previo a la salida de las plantas a campo, entre julio y agosto de 2008, se evaluaron características morfológicas de especies de coníferas y de latifoliadas, tanto de clima templado como tropical. Al primer grupo correspondieron: *Cupressus lusitanica*

INTRODUCTION

Ever since the Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) was created in 2001, there has been a strong promotion for ecological restoration and for the establishment of commercial forest plantations for the improvement of the industry in Mexico. However, their success has been obstructed by the low survival rate of trees (UACH, 2007, 2010; COLPOS, 2008; UANL, 2009). The establishment and development of these plantations depend upon environmental conditions, applied cultural labor, and the use of high quality plants (Birchler *et al.*, 1998; Prieto *et al.*, 2003). The need for them has motivated the perfection of methods for assessing the quality of plants produced in forest nurseries, by measuring both, the morphologic and physiologic characteristics related to the survival and growth of plants in the field (Sutton, 1979; Chavasse, 1980; Rose *et al.*, 1990; Folk and Grossnickel, 1997; Toral, 1997; Prieto *et al.*, 2003).

Plant quality is defined as the individuals' capacity for adapting and developing in the climatic and edaphic conditions of the site where they are established (Rodríguez, 2008), which depend upon the genetic characteristics of seedbanks and the techniques used for their reproduction (Prieto *et al.*, 2009). Regardless the importance of applying this concept, only few forest producers perform an assessment for controlling the quality of the plant they produce (Prieto *et al.*, 2003). Therefore, knowing the morphological and physiological factors that affect the plant produced in nurseries should be a priority for the agents involved in the programs related with the establishment of forest plantations.

In this research, it is evaluated the morphological characteristics of plants produced in eight nurseries in the state of Jalisco during 2007-2008, in order to describe and assess their quality. It is expected that the results produced contribute to the improvement of productions processes, as well as to the survival of individuals in the state's forest plantations.

MATERIALS AND METHODS

The forest nurseries it is worked at are located in five municipalities within the state of Jalisco: in Ameca, were assessed nurseries A1 and Gran Pro; in Jamay, Forestal de Occidente, Productores de Planta and Secretaria de la Defensa Nacional (SEDENA); in Sayula, Viforesa; in Zapopan, Centinela; and in Zapotlán el Grande, Masvi. In each nursery, information regarding the general characteristics of the plant production system was gathered. Moreover, at the end of the production cycle, right before plants were taken outside the nursery (between July and August, 2008), the morphological characteristics of conifer and broadleaf trees were assessed, both from temperate and tropical climates. The first group includes *Cupressus lusitanica* Mill., *Pinus devoniana* Lindl., *P. douglasiana* Martínez, *P. greggii* Engelm. ex Parl., *P. oocarpa* Schiede y *P. pseudostrobus*, Lindl.; the second

Mill., *Pinus devoniana* Lindl., *P. douglasiana* Martínez, *P. greggii* Engelm. ex Parl., *P. oocarpa* Schiede y *P. pseudostrobus*, Lindl; mientras que al segundo: *Eucalyptus globulus* Labill, de clima templado; y del tropical *Cedrela odorata* L., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda, *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A. DC.

La toma de datos se efectuó mediante un muestreo al azar de 0.15% de la planta producida por vivero y por especie. Dicha intensidad se definió por medio de un premuestreo en las variables altura y diámetro, con una confiabilidad de 95%. En cada sitio se registraron altura (cm), diámetro del cuello de la raíz (mm) y biomasa (g) en húmedo y en seco de la parte aérea y de la raíz, para lo cual se deshidrataron las plantas a 70°C durante 72 h. Las variables mencionadas permitieron calcular los siguientes índices: relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (BSA/BSR); relación altura/diámetro o índice de robustez (IR) e índice de calidad de Dickson (ICD) que reúne varios atributos morfológicos (altura, diámetro, peso seco y peso fresco) en un solo valor (Dickson *et al.*, 1960; Prieto *et al.*, 2003), y se calcula con la fórmula:

$$IC = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura (cm)}}{\text{diámetro (mm)}} + \frac{\text{peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{peso seco de la raíz (g)}}}$$

Por medio del análisis de las muestras de tejido del tallo y follaje realizado en el laboratorio de bromatología del Campo Experimental "Tecomán" del CIR Pacífico Centro del INIFAP, se obtuvieron los contenidos porcentuales de nitrógeno (N), carbono (C), potasio (K), fósforo (P) y lignina. La cuantificación de N y C se llevó a cabo con equipo LECO TruSpec; la de K, con el método espectrofotométrico de absorción atómica; la de P, con el método colorimétrico de molibdo vanadato de amonio; y la de lignina, mediante la digestión de fibra detergente ácido.

Asimismo, se calcularon los estadísticos descriptivos media y error estándar. Para cada variable se evaluaron los promedios con intervalos de calidad alta "A", media "M" y baja "B", de acuerdo a lo propuesto por CONAFOR (2009) y Sáenz *et al.* (2010) para coníferas y latifoliadas de climas templado y tropical. También se tomaron en cuenta los parámetros de calidad de planta definidos por Santiago *et al.* (2007), específicamente para especies de árboles tropicales. Los intervalos para calificar la calidad de la planta se muestran en el Cuadro 1.

La calidad de planta se determinó con base en todos los parámetros evaluados en tres niveles: alta, media y baja. La alta se asignó a partir de la ausencia absoluta de características no deseables; es decir, las componentes de interés se dispusieron en la categoría "A", aunque se consideraron aceptables hasta

incluye *Eucalyptus globulus* Labill, of temperate climate, and *Cedrela odorata* L., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda, *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A. DC., of tropical climate.

Data collection was carried out through a random sampling of 0.15% of the plants produced in nursery per species. Such intensity was determined through a pre-sampling, using height and diameter as variables, with 95% reliability. In each nursery were registered: height (cm), root-neck diameter (mm), and both dry and wet aerial and root biomass (g), for which plants were dehydrated at 70°C for 72 h. Such variables were used for calculating the following indexes: dry aerial biomass/dry root biomass rate (BSA/BSR); height/diameter rate or robustness index (IR); and Dickson Quality Index (ICD), which gathers up several morphologic attributes (height, diameter, dry weight, fresh weight) in a single value (Dickson *et al.*, 1960; Prieto *et al.*, 2003), and is calculated with the following formula:

$$IC = \frac{\text{total dry weight (g)}}{\frac{\text{height (cm)}}{\text{diameter (mm)}} + \frac{\text{aerial part dry weight (g)}}{\text{root dry weight (g)}}}$$

After analyzing stem and foliage tissue samples in the bromatology laboratory at Campo Experimental "Tecomán" INIFAP at Colima state, the percentage contents for nitrogen (N), carbon (C), potassium (K), phosphorus (P) and lignin were obtained. Quantification of N and C was done using LECO TruSpec equipment; K was quantified through atomic absorption spectroscopy; P was measured with the colorimetric method with ammonium molybdate; and lignin was quantified through acid detergent fiber digestion.

Moreover, the median and standard error were calculated. For each variable, the averages with high (A), medium (M), and low (B) quality intervals were assessed, as proposed by CONAFOR (2009) and Sáenz *et al.* (2010) for conifer and broadleaf trees in temperate and tropical climates. It were also considered the plant quality parameters defined by Santiago *et al.* (2007), especially for tropical tree species. The intervals for assessing plant quality are displayed in Table 1.

Plant quality was determined by using all the parameters assessed, and divided into three levels: high (A), medium (M), and low (B). High quality plants were those with an absolute lack of undesirable characteristics; in other words, the components of interest were disposed in category "A", although up to three "M" quality values were accepted, but no "B". Medium quality included plants with "A" quality values, in a lower proportion, and admitted up to five "M" quality values and a variable with "B" quality. Finally, low quality plants were those with over one "B" quality value; these were considered unfit for plantation, since they had no elements that guaranteed a good survival.

Cuadro 1. Intervalos de calidad para los atributos morfológicos evaluados.
Table 1. Quality intervals for the morphologic attributes assessed.

Variable	Tipo de planta	Calidad		
		Baja	Media	Alta
Altura (cm)	Conífera no cespitosa	< 10.0	10.0 - 11.9	≥ 12.0
	Conífera cespitosa	< 4.0	4.0 - 4.9	≥ 5.0
	Latifoliada	< 12.0	12.0 - 14.9	≥ 15.0
Diámetro (mm)	Conífera no cespitosa	< 2.5	2.5 - 3.9	≥ 4.0
	Conífera cespitosa	< 4.5	4.5 - 5.9	≥ 6.0
	Latifoliada	< 2.5	2.5 - 4.9	≥ 5.0
Índice de robustez	Conífera no cespitosa	≥ 8.0	7.9 - 6.0	< 6.0
	Conífera cespitosa	≥ 6.0		< 6.0
	Latifoliada	≥ 8.0	7.9 - 6.0	< 6.0
Relación BSA/BSR	Todas	≥ 2.5	2.4 - 2.0	< 2.0
Índice de Dickson	Todas	< 0.2	0.2 - 0.4	≥ 0.5
Lignina (%)	Todas	< 10.0	10.0 - 11.3	≥ 11.3
Carbono (%)	Todas	< 40.0	40.0 - 44.9	≥ 45.0
Nitrógeno (%)	Todas	< 1.0	1.0 - 1.2	≥ 1.3
Fósforo (%)	Todas	≤ 0.1		≥ 0.2
Potasio (%)	Todas	< 0.5	0.5 - 0.6	≥ 0.7

Modificado de Sáenz *et al.* (2010) con aportaciones de Santiago *et al.* (2007) y CONAFOR (2009).
Based and adapted from Sáenz *et al.* (2010) with contributions of Santiago *et al.* (2007) and CONAFOR (2009).

tres valores “M”, pero ninguno “B”. La calidad media incluyó plantas con valores de calidad “A” en menor proporción y admitió hasta cinco valores “M” y una variable con calidad “B”. Por último, la planta de calidad baja incluyó aquella que presentó más de un valor de calidad “B”; esta no se estimó como apta para plantarse por no ofrecer elementos que garantizaran una buena supervivencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de los viveros

Todos los viveros revisados producen la planta en contenedor, a cielo abierto y cuentan con cubiertas de malla que proporcionan sombra; sin embargo, difieren en algunas características de los sistemas de producción: Viforesa y Productores de Occidente se consideraron rústicos; los de SEDENA y Forestal de Occidente, medianamente tecnificados; y El Centinela, altamente tecnificado. El germoplasma que utilizan proviene en gran parte de distribuidores particulares; no obstante, viveros como El Centinela y Forestal de Occidente en ocasiones realizan recolectas propias. En general, se tiene registro de la fecha, el sitio y el porcentaje de germinación de las semillas,

RESULTS AND DISCUSSION

Characteristics of nurseries

All the evaluated nurseries produce plants in containers inside an open sky environment, and have mesh covers that provide shade; however, some of the characteristics of their production systems differ from one another. Viforesa and Productores de Occidente were considered rustic nurseries; SEDENA and Forestal de Occidente were moderately technified; and El Centinela was considered a high-tec nursery. Germplasm used in each forest nursery comes in great part from particular distributors; however, nurseries such as El Centinela and Forestal de Occidente sometimes do their own harvests. In general terms, they all register date, site and seed germination percentage, although only El Centinela, Masvi and Viforesta assess the quality of seeds.

All nurseries incorporate mycorrhizal fungi, and in most of them, the substrate used is made up of composted pine bark and peat moss in equal proportion, except in Masvi, where they only use composted bark. No analyses are performed in order to know the concentration of nutrients in the substrate.

aunque únicamente El Centinela, Masvi y Viforesa efectúan pruebas de calidad.

La incorporación de hongos micorrizógenos es una práctica común y en la mayoría el sustrato empleado está compuesto por composta de corteza de pino y *peat moss* en partes iguales, a excepción del vivero Masvi, donde solo se maneja la composta de corteza. No se hacen análisis para conocer la concentración de nutrimentos en el sustrato.

La mayoría de los viveros usan contenedores de 77 cavidades; solamente en el de Masvi se emplean de 60 cavidades y en el A1, charolas de 112 cavidades para la especie *Pinus oocarpa*.

Vivero Forestal A1

A partir de los parámetros de calidad sugeridos por Santiago *et al.* (2007), CONAFOR (2009) y Sáenz *et al.* (2010) la calidad de planta se consideró media para *Leucaena leucocephala*, *Pinus devoniana* y *P. oocarpa*; y baja para *Cedrela odorata*, *Pinus greggii* y *P. pseudostrobus* (cuadros 2 y 3). El índice de calidad de Dickson, que integra los parámetros de altura, diámetro y peso resultó con valores de calidad "M" en seis de las siete especies evaluadas, solo *Pinus devoniana* fue de calidad "A" (Hunt, 1990; CONAFOR, 2009).

La relación entre la biomasa seca de la parte aérea y de la porción radical en ningún caso presentó valores dentro del intervalo recomendado; no obstante, se observó una mejor proporción entre la biomasa del tallo y del sistema radical de los taxa tropicales (cuadros 1 y 2). Estos resultados indican la existencia de raíces poco desarrolladas en relación con la parte aérea de las plantas, característica que puede disminuir la resistencia al estrés hídrico en campo (Prieto *et al.*, 2009). Las especies más robustas, y por ende, con más resistencia al doblamiento fueron *Cedrela odorata*, *Pinus devoniana* y *P. oocarpa*, seguidas de *P. douglasiana* y *P. pseudostrobus*. En cambio, *Leucaena leucocephala* y *Pinus greggii* se consideraron de baja calidad para esta variable (Cuadro 2).

El contenido de nitrógeno, potasio y fósforo fue satisfactorio en la mayoría de las especies (Cuadro 3); solo la de nitrógeno, elemento muy relacionado con el crecimiento y la resistencia al frío, estuvo por debajo del nivel óptimo (Landis, 1985; Toral, 1997; Zeiger, 2006) en *Pinus devoniana* y *P. douglasiana*. La calidad de los tejidos se estimó apropiada, excepto para *Cedrela odorata* y *Leucaena leucocephala*, cuya concentración de carbono y lignina, respectivamente, estuvo por debajo del intervalo sugerido.

Vivero Forestal Gran Pro

Las seis especies evaluadas en el vivero Gran Pro se clasificaron como de calidad media, ya que tanto las latifoliadas de clima

Most nurseries use containers with 77 cavities per block; only Masvi uses containers with 60 cavities, and A1 uses blocks with 112 cavities for growing *Pinus oocarpa*.

Forest Nursery A1

In regard to the quality standards suggested by Santiago *et al.* (2007), CONAFOR (2009) and Sáenz *et al.* (2010), the following species were classified as plants of middle quality: *Leucaena leucocephala*, *Pinus devoniana*, and *P. oocarpa*; whereas those of low quality were: *Cedrela odorata*, *Pinus greggii* and *P. pseudostrobus* (tables 2 and 3). Based upon the Dickson Quality Index, which integrates height, diameter, and weight, six out of seven of the evaluated species had "M" quality, and only *Pinus devoniana* had "A" quality (Hunt, 1990; CONAFOR, 2009).

The proportion between aerial and root dry biomass did not exhibit any values inside the recommended interval; however, a better proportion between stem and root system biomass of tropical species is observed (tables 1 and 2). These results indicate the existence of poorly developed roots, in contrast to the aerial part of plants; such characteristic can reduce the resistance to water stress in the field (Prieto *et al.*, 2009). The most robust species, and thus the most resistant to bending, were *Cedrela odorata*, *Pinus devoniana*, and *P. oocarpa*, followed by *P. douglasiana* and *P. pseudostrobus*. In contrast, *Leucaena leucocephala* and *Pinus greggii* were considered with the lowest quality for this variable (Table 2).

Nitrogen, potassium and phosphorus content were acceptable for most species (Table 3). Only the first, which is highly related to growth and resistance to low temperatures, was below the optimal level (Landis, 1985; Toral, 1997; Zeiger, 2006) in the case of *Pinus devoniana* and *P. douglasiana*. In most species, the tissue quality was considered to be appropriate, except in *Cedrela odorata* and *Leucaena leucocephala*, whose concentrations of carbon and lignin were below the respective suggested intervals.

Gran Pro Forest Nursery

The six species evaluated in the Gran Pro nursery were classified as of middle quality, since both conifers and broadleaf species of tropical climate showed a poorly developed root system in relation to the stem (Prieto *et al.*, 2009) (tables 2 and 3). In general terms, robustness was appropriate; only *Enterolobium cyclocarpum* and *Pinus douglasiana* exhibited values below the recommended optimal value (tables 1 and 2). Moreover, the ICD showed that tropical species were of "M" quality and pines of "A" quality. Concentrations of N, P, and K were right in all cases; this indicates that fertilization cycles are properly controlled (Table 3). The percentage of lignin was as expected for all species, although there were significant differences related to age. In contrast, the concentration of carbon in tropical species, which were younger, was below the accepted interval.

tropical como las coníferas, mostraron un sistema radical poco desarrollado con respecto al tallo (Prieto *et al.*, 2009) (cuadros 2 y 3). En general, la robustez fue correcta; únicamente *Enterolobium cyclocarpum* y *Pinus douglasiana* registraron valores por debajo del óptimo recomendado (cuadros 1 y 2). Por su parte, el ICD fue de calidad "M" en los taxa tropicales y "A" en los pinos. La concentración de los elementos N, P y K fue apropiada en todos los casos, indicador de un buen control en los ciclos de fertilización (Cuadro 3). El porcentaje de lignina resultó el esperado, aunque existieron marcadas diferencias en relación con la edad. En cambio, la concentración de carbono en las especies tropicales, que fueron de menor edad, fue menor al intervalo aceptado.

Vivero Forestal de Occidente

De acuerdo a los atributos morfológicos medidos y a los parámetros de calidad obtenidos en la evaluación, *Eysenhardtia polystachya*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* y *Prosopis juliflora* mostraron un mayor número de características deseables que las especies de clima templado, aunque su calidad global no se consideró alta (Santiago *et al.*, 2007; CONAFOR, 2009; Sáenz *et al.*, 2010) (cuadros 2 y 3).

En contraste con otros viveros en los que la proporción desequilibrada en la biomasa de la parte aérea y de la raíz fue una constante en todas o la mayoría de las especies, en este vivero se estimó de calidad "A" para las latifoliadas de antes mencionadas, lo que puede ser indicativo de que es posible obtener mejores resultados para esta variable en otros viveros (Cuadro 2).

A excepción de *Pinus devoniana*, la planta se consideró ahilada, y por tanto, poco resistente al doblamiento (Cuadro 2). El desequilibrio en la altura y el diámetro fue más notorio en *Eysenhardtia polystachya*, *Eucalyptus globulus* y *Pinus greggii*, cuyo IR superó el intervalo de calidad propuesto por Hunt (1990), quien estima apropiadas las relaciones iguales o menores a ocho. El diámetro de las especies afectadas podría incrementarse y mejorar el IR con una reducción de la densidad de producción (Mexal y Landis, 1990; Birchler *et al.*, 1998). Pese a que la lignina tuvo una concentración óptima en todos los casos, el porcentaje de carbono fue de calidad "M" en las latifoliadas y de calidad "A" en los pinos (Cuadro 3).

La concentración de los nutrimentos entre taxa fue heterogénea, a diferencia de otros viveros donde resultó más homogénea. El contenido de nitrógeno y potasio fue correcto en las tropicales e insuficiente en las de pino. *Eysenhardtia polystachya*, *Prosopis juliflora* y *Pinus greggii* tuvieron una ligera deficiencia de fósforo (Landis, 1985) (Cuadro 3).



Vivero Forestal de Occidente

According to the morphological attributes measured and the quality parameters obtained in the evaluation, the tropical species *Eysenhardtia polystachya*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* and *Prosopis juliflora* showed a higher amount of desirable characteristics than species of temperate climate, although their quality as a whole was not considered to be high (Santiago *et al.*, 2007; CONAFOR, 2009; Sáenz *et al.*, 2010) (tables 2 and 3).

Compared to other nurseries in which the unbalanced aerial and root biomass proportion characterized most if not all species, the previously mentioned tropical broadleaf species were classified as "A" quality, which may indicate that it is possible to obtain better results in terms of this variable in other nurseries (Table 2).

Except for *Pinus devoniana*, which was considered to be slender and not very resistant to bending (Table 2). The unbalance in height and diameter was most notorious in *Eysenhardtia polystachya*, *Eucalyptus globulus*, and *Pinus greggii*, with IRs above the quality interval proposed by Hunt (1990), who takes proportions equal to or below eight to be appropriate. The diameter of the affected species could increase or improve the IR if production density is reduced (Mexal and Landis, 1990; Birchler *et al.*, 1998). Although the concentration of lignin was optimal in all cases, the percentage of carbon was of "M" quality in broadleaf species and of "A" quality in pines (Table 3).

The nutrient concentration among species was heterogeneous, unlike other nurseries, where it was more homogeneous. The content of nitrogen and potassium was appropriate in the case of tropical species, and insufficient in the case of pines. *Eysenhardtia polystachya*, *Prosopis juliflora*, and *Pinus greggii* exhibited a slight lack of phosphorus (Landis, 1985) (Table 3).

Productores de Planta Nursery

The plant quality of *Pinus oocarpa* and *P. devoniana* was classified as medium. However, both species had ICD values above 0.5, which are considered of high quality, and showed a better root development in contrast to most of the species studied in the other nurseries (Table 2). The diameter and robustness of *Pinus devoniana*, which has a grass stage were appropriate, whereas the quality of these variables for *P. oocarpa* was classified as "M" (Table 2). Both species had the required concentration of P; however, both had deficiencies of N and K, in regard to the optimal intervals for these nutrients range between 1.3-3.5% and 0.7-2.5%, respectively (Landis, 1985; Toral, 1997). The deficiency of these nutrients may affect growth, lignification rate and drought resistance (Foucard, 1997). Tissue quality was optimal, according to the concentrations of carbon and lignin registered, but the concentration of the latter was considerably higher in *P. oocarpa* (Table 3).

Cuadro 2. Valores promedio de las variables morfológicas de calidad de planta producida en los viveros de Jalisco en el ciclo 2007 - 2008.
Table 2. Average values of morphological quality variables for plants produced in the nurseries in Jalisco during 2007 - 2008.

Vivero	Especie	Edad (meses)	n	Altura (cm)	Diámetro (mm)			Índice de robustez			Relación BSA/BSR			Índice de Dickson									
				X	z	E.E	X	x	z	E.E	X	x	z	E.E	X	x	z	E.E	C				
AI	Cedrela odorata L.	3	168	11.0	±	0.2	B	3.7	±	0.1	M	3.4	±	0.1	A	2.7	±	0.3	B	0.2	±	0.0	M
	Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	3	146	31.5	±	0.6	A	3.7	±	0.3	M	9.3	±	0.2	B	2.4	±	0.2	M	0.2	±	0.0	M
	Pinus devontana Lindl.	8	470	8.5	±	0.3	A	4.7	±	0.1	M	20	±	0.1	A	5.2	±	0.2	B	0.7	±	0.0	A
	Pinus douglasiana Martínez	8	410	19.2	±	0.1	A	2.7	±	0.1	M	7.5	±	0.1	M	3.1	±	0.2	B	0.3	±	0.0	M
	Pinus greggii Engelm. ex Parl.	8	240	33.9	±	0.3	A	2.9	±	0.0	M	12.2	±	0.2	B	4.5	±	0.3	B	0.2	±	0.0	M
	Pinus oocarpa Schiede	8	290	16.3	±	0.2	A	3.7	±	0.1	M	4.8	±	0.1	A	6.4	±	0.3	B	0.2	±	0.0	M
Gran Pro	Pinus pseudostrabus labill	8	84	13.7	±	0.5	M	2.4	±	0.1	B	6.0	±	0.2	M	4.7	±	0.3	B	0.2	±	0.0	M
	Cedrela odorata L.	3	9	27.3	±	0.9	A	6.2	±	0.2	A	4.4	±	0.2	A	3.4	±	0.3	B	0.2	±	0.0	M
	Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb	3	161	30.3	±	0.6	A	4.7	±	0.1	M	6.4	±	0.1	M	2.9	±	0.2	B	0.2	±	0.0	M
	Pinus devontana Lindl.	6	969	12.3	±	0.2	A	4.9	±	0.1	M	5.1	±	0.2	A	7.5	±	0.3	B	0.6	±	0.0	A
	Pinus douglasiana Martínez	6	9	32.2	±	1.2	A	5.0	±	0.2	A	6.6	±	0.4	M	4.4	±	0.8	B	0.5	±	0.0	A
	Roseodendron donell-smithii (Rose) Miranda	3	188	18.3	±	0.5	A	4.0	±	0.1	M	4.8	±	0.1	A	4.3	±	0.2	B	0.2	±	0.0	M
Forestal de Occidente	Tabebuia rosea (Bertol.) Bertero ex A. DC.	3	158	25.4	±	0.5	A	5.1	±	0.2	A	5.3	±	0.1	A	4.6	±	0.3	B	0.3	±	0.0	M
	Eucalyptus globulus labill	3	145	33.3	±	0.6	A	3.2	±	0.1	M	10.6	±	0.2	B	3.0	±	0.5	B	0.2	±	0.0	M
	Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg	4	155	38.3	±	0.9	A	3.5	±	0.1	M	10.8	±	0.2	B	1.5	±	0.1	A	0.3	±	0.0	M
	Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	3	141	37.1	±	0.7	A	3.9	±	0.1	M	6.7	±	0.2	M	2.5	±	0.1	B	0.3	±	0.0	M
	Pinus devontana Lindl.	4	146	11.8	±	0.5	A	5.2	±	0.1	M	2.5	±	0.1	A	4.0	±	0.3	B	0.7	±	0.0	A
	Pinus greggii Engelm. ex Parl.	4	151	31.4	±	0.4	A	3.1	±	0.1	M	10.5	±	0.2	B	3.0	±	0.3	B	0.3	±	0.0	M
Productores de planta	Prithcellabium dulce (Roxb.) Benth.	3	148	24.9	±	0.6	A	3.9	±	0.1	M	6.6	±	0.2	M	0.9	±	0.0	A	0.3	±	0.0	M
	Prosopis juliflora (Sw) DC.	4	147	31.6	±	0.7	A	4.1	±	0.1	M	8.0	±	0.2	B	1.2	±	0.1	A	0.3	±	0.0	M
	Pinus devontana Lindl.	6	251	4.7	±	0.1	M	6.7	±	0.1	A	0.7	±	0.0	A	2.0	±	0.1	M	1.6	±	0.1	A
	Pinus oocarpa Schiede	6	220	23.7	±	0.4	A	3.7	±	0.6	M	7.0	±	0.0	M	1.6	±	0.1	A	0.6	±	0.1	A
	Cedrela odorata L.	5	106	10.7	±	0.2	B	4.5	±	0.1	M	2.5	±	0.1	A	2.6	±	0.6	B	0.2	±	0.0	M
	Cupressus lusitanica Mill.	5	32	26.5	±	1.5	A	2.8	±	0.1	M	9.4	±	0.4	B	1.6	±	0.1	A	2.7	±	0.4	A
SEDENA	Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb	5.5	298	23.1	±	0.3	A	4.8	±	1.2	M	5.0	±	0.2	A	2.9	±	0.3	B	0.4	±	0.0	M
	Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	6	183	13.8	±	0.3	M	2.5	±	0.1	M	5.9	±	0.1	A	1.0	±	0.1	A	0.3	±	0.1	M
	Pinus devontana Lindl.	6	186	7.8	±	0.3	A	6.2	±	0.1	A	1.4	±	0.1	A	3.0	±	0.2	B	1.2	±	0.0	A
	Pinus douglasiana Martínez	6	236	28.8	±	0.3	A	4.0	±	0.1	A	7.5	±	0.3	M	2.8	±	0.1	B	0.4	±	0.0	M
	Pinus greggii Engelm. ex Parl.	5	92	35.0	±	0.8	A	4.1	±	0.1	A	8.9	±	0.3	B	4.4	±	1.0	B	0.3	±	0.0	M
	Pinus oocarpa Schiede	6	109	29.8	±	0.5	A	4.4	±	0.1	A	7.1	±	0.2	M	5.3	±	0.3	B	0.3	±	0.0	M
Vifresa	Pinus pseudostrabus Lindl.	6	170	18.4	±	0.5	A	3.7	±	0.1	M	5.8	±	0.1	A	3.7	±	0.2	B	0.3	±	0.0	M
	Pinus devontana Lindl.	7	278	12.1	±	0.3	A	6.4	±	0.1	A	2.0	±	0.1	A	4.1	±	0.2	B	1.0	±	0.1	A
	Pinus douglasiana Martínez	5	357	26.8	±	0.2	A	4.5	±	0.0	A	6.1	±	0.1	M	3.8	±	0.1	B	0.5	±	0.0	A
	Pinus greggii Engelm. ex Parl.	6	174	32.3	±	0.4	A	3.5	±	0.1	M	9.8	±	0.2	B	2.6	±	0.1	B	0.3	±	0.0	M
	Pinus oocarpa Schiede	6	173	34.0	±	0.4	A	3.9	±	0.1	M	9.8	±	0.3	B	4.3	±	0.2	B	0.8	±	0.1	A
	Pinus pseudostrabus Lindl.	6	113	23.7	±	0.3	A	3.4	±	0.0	M	7.2	±	0.1	M	3.2	±	0.1	B	0.4	±	0.0	M
El Centinela	Pinus devontana Lindl.	7	456	9.7	±	0.2	A	4.7	±	0.1	M	2.3	±	0.1	A	3.9	±	0.2	B	0.7	±	0.0	A

n= número de plantas muestreadas; X= media; EE = Error estándar; C= calidad del parámetro; A = alta; M= media y B= baja; BSA/BSR= relación de la biomasa seca aérea y radical.
n= number of sampled plants; X= mean; EE= Standard error; C= quality of the parameter; A = high; M= middle and B= low; C= carbon; N= nitrogen; P= phosphorus; K= potassium.

Cuadro 4. Valores promedio de la concentración de nutrientes en los tejidos de la planta producida en el ciclo 2007-2008.
Table 4. Average values of the nutrient concentration in the tissues of the plants produced in the 2007-2008 cycle.

Vivero	Especie	Edad meses	n	Lignina (%)		N (%)		C (%)		P (%)		K (%)	
				X	E.E.	X	x	X	E.E.	X	x	X	E.E.
				±		±	±	±		±	±	±	
Al	<i>Cedrela odorata</i> L.	3	168	17.9	3.4	A	2.0	A	43.9	0.1	M	0.4	0.0
	<i>Leucaena leucocephala</i> (lam.) de Wit	3	146	10.3	1.2	M	3.2	A	45.0	0.2	A	0.4	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	8	240	25.1	2.4	A	1.4	A	45.1	0.2	A	0.3	0.1
	<i>Pinus douglasiana</i> Martinez	8	290	23.0	1.9	A	1.4	A	45.5	0.1	A	0.2	0.0
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	8	84	21.5	1.8	A	1.3	A	46.0	0.3	A	0.2	0.0
	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	8	470	24.1	1.6	A	1.2	A	45.2	0.2	A	0.3	0.0
	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	8	410	19.7	0.4	A	1.0	M	46.2	0.0	A	0.2	0.0
	<i>Cedrela odorata</i> L.	3	9	13.0	0.6	A	2.6	A	41.3	0.1	M	0.7	0.0
Gran Pro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq) Griseb	3	161	11.6	0.8	A	3.2	A	44.6	0.2	M	0.3	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	6	969	26.0	2.3	A	1.3	A	44.6	0.4	M	0.3	0.0
	<i>Pinus douglasiana</i> Martinez	6	9	27.9	2.8	A	1.7	A	45.5	0.1	A	0.4	0.0
	<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	3	188	14.1	0.6	A	3.0	A	43.3	0.5	M	0.3	0.0
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Berto ex A. DC	3	158	13.2	0.9	A	2.4	A	43.9	0.6	M	0.3	0.0
	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	3	145	19.2	2.2	A	1.2	M	44.0	0.5	M	0.2	0.0
	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Otegal) Sorg	4	155	13.3	0.5	A	2.6	A	44.4	0.5	M	0.1	0.0
	<i>Leucaena leucocephala</i> (lam.) de Wit	3	141	14.6	3.1	A	2.6	A	41.2	1.1	M	0.2	0.0
Forestal de Occidente	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	3	148	18.0	1.5	A	3.3	A	43.3	0.4	M	0.2	0.0
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	4	151	24.0	1.2	A	1.1	M	45.8	0.1	A	0.1	0.0
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	4	147	16.7	0.6	A	2.4	A	44.0	0.4	M	0.1	0.0
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	4	146	20.9	0.7	A	0.9	B	45.1	0.1	A	0.2	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	6	220	27.6	5.9	A	0.8	B	45.5	0.1	A	0.2	0.0
	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	6	251	17.4	1.4	A	0.7	B	45.5	0.1	A	0.2	0.0
	<i>Cedrela odorata</i> L.	5	106	16.0	2.1	A	2.4	A	44.0	0.1	M	0.4	0.0
	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	5	32	20.9	2.6	A	1.1	M	45.2	0.3	A	0.3	0.0
SEDENA	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq) Griseb.	6	298	7.2	0.8	B	2.7	A	45.1	0.1	A	0.6	0.1
	<i>Leucaena leucocephala</i> (lam.) de Wit	6	183	27.3	5.2	A	1.2	M	44.7	0.1	M	0.3	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	5	92	27.4	2.5	A	1.5	A	46.0	0.2	A	0.3	0.0
	<i>Pinus douglasiana</i> Martinez	6	109	22.5	1.9	A	1.7	A	45.7	0.4	A	0.2	0.0
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	6	170	25.0	2.7	A	1.7	A	45.3	0.2	A	0.3	0.0
	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	6	186	18.6	3.8	A	1.1	M	44.6	0.2	M	0.2	0.0
	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	6	236	25.1	1.1	A	1.6	A	46.6	0.3	A	0.2	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	6	174	19.7	0.8	A	1.3	A	45.3	0.4	A	0.3	0.1
MASVI	<i>Pinus douglasiana</i> Martinez	6	173	22.4	1.0	A	1.1	M	45.4	0.3	A	0.2	0.0
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	6	113	25.6	3.5	A	1.0	M	46.0	0.1	A	0.2	0.0
	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	7	278	18.5	2.4	A	1.4	A	45.3	0.2	A	0.3	0.1
	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	5	357	20.0	1.4	A	1.1	M	45.2	0.3	A	0.3	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	7	456	25.3	0.9	A	0.7	B	44.9	0.2	M	0.2	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	7	456	25.3	0.9	A	0.7	B	44.9	0.2	M	0.2	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	7	456	25.3	0.9	A	0.7	B	44.9	0.2	M	0.2	0.0
	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	7	456	25.3	0.9	A	0.7	B	44.9	0.2	M	0.2	0.0

n= número de plantas muestreadas; X= media; E.E = Error estándar; C= calidad del parámetro; A= alto; M= media; B= bajo; C= carbono; N= nitrógeno; P= fósforo; K= potasio.
n= number of sampled plants; X= mean; E.E = Standard error; C= quality of the parameter; A= high; M= middle and B= low; C= carbon; N= nitrogen; P= phosphorous; K= potassium.

Vivero Productores de Planta

La calidad de planta para *Pinus oocarpa* y *P. devoniana* se clasificó como media. Sin embargo, ambas alcanzaron valores ICD superiores a 0.5, es decir de buena calidad, y presentaron un mejor desarrollo del sistema radicular respecto a la mayoría de las especies estudiadas en los otros viveros (Cuadro 2). El diámetro y la robustez fueron apropiados para *Pinus devoniana*, taxon de crecimiento cespitoso, mientras que la calidad de estos atributos se clasificó como "M" en *P. oocarpa* (Cuadro 2). En estas especies se cumplieron los requerimientos de P, pero registraron deficiencias en la concentración de N y K en relación con los intervalos óptimos para dichos nutrimentos, los cuales fluctúan entre 1.3 - 3.5% y 0.7 - 2.5%, respectivamente (Landis, 1985; Toral, 1997). La deficiencia en esos elementos puede repercutir en las plantas de modo que reduzcan su crecimiento, tasa de lignificación y resistencia a la sequía (Foucard, 1997). La calidad de los tejidos fue óptima según la concentración de carbono y de lignina registradas, pero el contenido para el último compuesto fue notablemente mayor en *P. oocarpa* (Cuadro 3).

Vivero Forestal SEDENA

Con base en los valores de los atributos morfológicos y en la integración de las variables, las plantas de *Enterolobium cyclocarpum* y *Cedrela odorata* calificaron con calidad baja y las de *Leucaena leucocephala* y *Cupressus lusitanica* con calidad media (cuadros 2 y 3).

Las plantas de clima tropical se consideraron robustas de acuerdo a los valores calculados del IR. En contraparte, *Cupressus lusitanica* obtuvo una proporción inadecuada entre la altura y el diámetro, lo que podría ocasionar una menor resistencia al doblamiento (Toral, 1997); sin embargo, fue la que reunió más características deseables en el vivero. Uno de los parámetros evaluados con mejor calidad en esta especie fue la relación BSA/BSR. También se consideró de calidad "A" en *Leucaena leucocephala*.

Por otra parte, esta proporción fue desequilibrada para *Cedrela odorata* y *Enterolobium cyclocarpum* del vivero SEDENA, lo que fue extensivo para la mayoría de las plantas estudiadas en otros viveros (Cuadro 2).

En general, se satisficieron los requerimientos nutrimentales de la planta producida y solo se determinaron deficiencias de nitrógeno en los tejidos de *Leucaena leucocephala* y *Cupressus lusitanica* (Cuadro 3). Pese a que el carbono no tuvo la concentración óptima en todos los casos, se mantuvo muy cercana al intervalo recomendado (cuadros 2 y 3). Los valores de lignina fueron notablemente bajos en *Enterolobium cyclocarpum*, aunque tuvo una edad muy similar a la del resto de las especies producidas en este vivero, las cuales mostraron una concentración de lignina correcta (Cuadro 3).

SEDENA Forest Nursery

Based on the values of morphologic attributes and the integration of variables, *Enterolobium cyclocarpum* and *Cedrela odorata* were considered of low quality, whereas *Leucaena leucocephala* and *Cupressus lusitanica*, of medium quality (tables 2 and 3).

Tropical plants were determined as robust, according to the calculated values of IR. In contrast, *Cupressus lusitanica* showed an inadequate proportion between height and diameter, which could cause a lower resistance to bending (Toral, 1997); however, this was the species with the highest amount of desirable characteristics in the entire nursery. One of its higher quality parameters was the BSA/BSR proportion. This parameter was also of "A" quality in the case of *Leucaena leucocephala*.

On the other hand, such proportion was unbalanced in the individuals of *Cedrela odorata* and *Enterolobium cyclocarpum* found in the SEDENA nursery, which was extensive to most of the plants studied in the other nurseries (Table 2).

In general terms, the nutrition requirements of the plants produced were met and only nitrogen deficiencies were found in the tissues of *Leucaena leucocephala* and *Cupressus lusitanica* (Table 3). Although the concentration of carbon was not optimal in all cases, it remained quite close to the recommended interval (tables 2 and 3). The lignin values were notably low in the case of *Enterolobium cyclocarpum*, although the age was quite similar to that of other species produced in this nursery, which showed an adequate concentration of lignin (Table 3).

Viforesa Forest Nursery

Only *Pinus* species were evaluated in this nursery, and their quality ranged from medium to low (tables 2 and 3). All of them showed an unbalance between aerial and root biomass. Although plant diameter was good in four out of five species, the relationship between height and diameter was disproportionate in terms of robustness, particularly in the case of *Pinus greggii*, but less disproportionate in *P. douglasiana* and *P. oocarpa*. *P. devoniana*, which has a grass stage, reached satisfying height, diameter and robustness, and it had an ICD with "A" quality. In all the other species, this value was classified as of "M" quality (Table 2).

In all cases, the percentage of lignin was within the values of "A" quality, according to the standards used for this study and posed by Sáenz *et al.* (2009). However, the concentration of lignin in *P. devoniana* was not within the recommended interval for conifers posed by Díaz-Vaz (2003), which ranges from 25 to 31%.

The concentration of carbon in the analyzed tissues of the species studied was close to the values of the optimal interval (Landis, 1985; Zeiger, 2006) (Table 3).

Vivero Forestal Viforesa

Se evaluaron únicamente especies de *Pinus*, cuya calidad varió entre media y baja (cuadros 2 y 3), y en todas ellas se consignó un desequilibrio entre la parte aérea y el sistema radical. A pesar de que el diámetro de las plantas fue bueno en cuatro de las cinco especies, el índice de robustez tuvo una relación poco proporcionada entre la altura y el diámetro, en particular, el de *Pinus greggii* y, en menor medida, el de *P. douglasiana* y *P. oocarpa*. *P. devoniana*, de crecimiento cespitoso, alcanzó una altura, diámetro y robustez satisfactorios, y un ICD con calidad "A". En las demás especies correspondió a la calidad "M" (Cuadro 2).

En todos los casos el porcentaje de lignina se ubicó en el criterio de calidad "A", según los estándares empleados y propuestos por Sáenz *et al.*, (2009). Aunque, en *P. devoniana* la concentración del compuesto no estuvo dentro del intervalo recomendado para las coníferas por Díaz-Vaz (2003), que va del 25 al 31 %.

La concentración de carbono se aproximó al óptimo en los tejidos analizados de las diferentes especies (Landis, 1985; Zeiger, 2006) (Cuadro 3).

En relación con los resultados de los valores medios en la asimilación de los macro nutrientes N, P y K, en general, las especies evaluadas presentaron valores situados dentro de los parámetros de calidad "A"; además, tuvieron poca variación (Cuadro 3); solo *Pinus pseudostrobus* presentó una marcada deficiencia de potasio, lo que podría originar, en el futuro, una mala lignificación. Del mismo modo, *P. devoniana* mostró una ligera deficiencia en nitrógeno con relación al intervalo óptimo sugerido: 1.3 a 3.5% (Landis, 1985).

Vivero Forestal Masvi

Pinus devoniana, *P. douglasiana* y *P. pseudostrobus* se calificaron con calidad media; mientras que *P. greggii* y *P. oocarpa*, con calidad baja (cuadros 2 y 3). En todas se estimaron valores elevados en la variable morfológica relación biomasa parte aérea/sistema radical, lo cual indica una proporción no equilibrada y la existencia de un sistema radicular insuficiente para proveer energía a la parte aérea de la planta (Prieto *et al.*, 2009). Otra variable con calidad "B" fue el índice de robustez en *P. greggii* y *P. oocarpa*, plantas delgadas con una proporción no equilibrada entre la altura y el diámetro basal. Dicha relación puede mejorarse al reducir el crecimiento apical, si se disminuye la densidad de plantas en el vivero.

La calidad de los tejidos, definida por la concentración de carbono y lignina, fue satisfactoria de acuerdo a los parámetros de calidad definidos para este estudio; sin embargo, solo *P. pseudostrobus* se ajustó al intervalo de concentración de lignina recomendado para las coníferas por Díaz-Vaz (2003).

Regarding the results of average values of macronutrient assimilation (N, P and K), in general terms, the species evaluated showed values ranging within the "A" quality parameters, which did not change considerably (Table 3). Only *Pinus pseudostrobus* exhibited a significant potassium deficiency, which could cause an inadequate lignification in the future. Similarly, *P. devoniana* showed a slight nitrogen deficiency, in contrast with the optimal suggested interval: 1.3 to 3.5% (Landis, 1985).

Masvi Forest Nursery

From all five pine species studied in this nursery, *Pinus devoniana*, *P. douglasiana* and *P. pseudostrobus* were classified as of medium quality, whereas *P. greggii* and *P. oocarpa* were of low quality (tables 2 and 3). All of them exhibited increased values of aerial/root biomass proportion, which indicates an unbalanced proportion and the existence of a root system that does not provide enough energy to the aerial part of the plant (Prieto *et al.*, 2009). Another variable with "B" quality was robustness of *P. greggii* and *P. oocarpa*, which are slender plants with an unbalanced proportion between height and basal diameter. Such proportion may be improved by reducing apical growth, if the density of plants in the nursery decreases.

Tissue quality, defined by the concentration of carbon and lignin, was satisfactory, according to the quality parameters determined for this study. However, only *P. pseudostrobus* adjusted to the interval of concentration of lignin recommended for conifers by Díaz-Vaz (2003).

In the case of *Pinus douglasiana*, *P. oocarpa* and *P. pseudostrobus*, low levels of nitrogen were found, and, in general terms, a reduction of potassium was observed in all species, although the concentration of phosphorus was optimal. The nutritional deficiencies that were registered may produce slender stems and roots, roots with little branches, and a reduction of growth and lignification rates (Foucard, 1997). In order to counteract such deficiencies, it is suggested that higher quantities of these elements are added, whether to the substrate or to watering.

El Centinela Forest Nursery

Considering the morphological attributes that were assessed, the plant quality of seven month old *Pinus devoniana* was classified as low (tables 2 and 3), since it showed a notably unbalanced proportion between apical and root portions. Moreover, there were deficiencies of nitrogen. Based on its type of growth, the robustness of this species was correct, and the ICD was considered to be optimal (Table 3). Although the concentration of lignin was good, the percentage of carbon was of "M" quality (Díaz-Vaz, 2003) (tables 1 and 3). In consequence, if nitrogen availability increases, and the BSA/BSR proportion improves, this plant could be an option for forest plantations.

En *Pinus douglasiana*, *P. oocarpa* y *P. pseudostrabus* se detectaron niveles bajos de nitrógeno y se observó una reducción del potasio en todas las especies, aunque la concentración de fósforo fue óptima. Las deficiencias nutrimentales registradas pueden generar tallos y raíces delgadas, raíces con poca ramificación y disminución de las tasas de crecimiento y de lignificación (Foucard, 1997). A efecto de abatir dichas carencias se propone adicionar mayores cantidades de estos elementos en el sustrato o en las aplicaciones de los riegos.

Vivero Forestal El Centinela

A partir del conjunto de atributos morfológicos evaluados, la calidad de planta de *Pinus devoniana*, con siete meses de edad, se clasificó como baja (cuadros 2 y 3) debido a que mostró una relación notablemente desequilibrada entre las porciones apical y radical; asimismo, existieron deficiencias de nitrógeno. Con base en su tipo de crecimiento, su robustez fue correcta y el ICD se consideró óptimo (Cuadro 3). Aunque la concentración de lignina fue buena, el porcentaje de carbono se consideró de calidad "M" (Díaz-Vaz, 2003) (cuadros 1 y 3). En consecuencia, si aumenta la disponibilidad de nitrógeno y mejora la relación BSA/BSR, la planta podría ser apta para utilizarse en plantaciones forestales.

De los 37 taxa evaluados en el estudio, 23 fueron de coníferas, cuya edad varió entre cuatro y ocho meses; 13 taxa son latifoliadas de clima tropical, con edades entre tres y seis meses; solo *Eucalyptus globulus* en el vivero Forestal de Occidente representó al grupo de latifoliadas de clima templado, con tres meses. A ninguna de las especies evaluadas en los diferentes viveros se les otorgó calidad alta. De las coníferas 52% se ponderaron de calidad media; mientras que 48% de calidad baja. En el caso de las tropicales, un mayor porcentaje de las plantas tuvo calidad media (77%) (cuadros 2 y 3).

Aunque el vivero Gran Pro no es de los mejor tecnificados fue el único en el que todas sus especies alcanzaron la calidad "M". En los otros viveros tampoco se advirtió una relación entre la calidad de la planta y el grado de tecnificación.

Al comparar el comportamiento de una misma especie en diferentes viveros se observó que solamente *Pinus devoniana* mejoró su calidad global con la edad. *P. douglasiana* y *Leucaena leucocephala*, producidas en cuatro y tres viveros forestales respectivamente fueron calificadas con calidad global media en todos los casos; en cambio *Pinus greggii*, cultivada en cuatro viveros, obtuvo cuatro evaluaciones de calidad baja global (cuadros 2 y 3). Es interesante notar que para esta especie tanto el índice de robustez como la relación BSA/BSR fueron ponderadas, de manera consistente, con calidad "B".



Out of the 37 evaluated taxa in the study, 23 belonged to conifers, with ages ranging from four to eight months; 13 taxa belonged to tropical broadleaf species, being from three to six months old; only *Eucalyptus globulus*, from the Forestal de Occidente nursery, represented the group of broadleaf species of temperate climate, with three months old. None of the species evaluated in the different nurseries were of high quality. Out of the evaluated conifers, 52% were of medium quality and 48% of low quality. In tropical species, a higher per cent of the evaluated plants were of medium quality (77%) (tables 2 and 3).

Although Gran Pro is not one of the most technified nurseries, it was the only one in which all species were classified as "M" quality. No relationship between plant quality and technification level was observed in any of the other nurseries.

By comparing the behavior of a single species in different nurseries, it can be observed that *Pinus devoniana* was the only one whose global quality increased with age. *P. douglasiana* and *Leucaena leucocephala* produced in four and three forest nurseries, respectively, were rated as being of medium global quality in all cases. In contrast, *Pinus greggii*, which was grown in four nurseries, obtained four low global quality evaluations (tables 2 and 3). It is interesting to notice that, for this species, both robustness and BSA/BSR proportion were consistently rated as of "B" quality.

The parameters considered to have a higher quality in all cases were the content of phosphorus and of lignin. The latter is related with tissue quality and strength, and, as concentration increases, the plant becomes more resistant to physical damage caused by bending and attacks by herbivores (Toral, 1997). On the other hand, adequate levels of phosphorus contribute to the development of the root system (Foucard, 1997). However, the BSA/BSR proportion, which reflects the balance between the transpiring and the absorbent parts, was the morphological parameter with lowest quality, since a high proportion of the evaluated species exceeded the optimal interval posed by Prieto *et al.* (2003). Moreover, these authors claim that values over 2.5 for this variable indicate that the root system does not provide enough energy to the aerial part of the plant (Prieto *et al.*, 2009). Such parameter may be of great importance when the plantation is located in places of marked seasonality, in which the factor that influences survival the most during the first year is a long and warm dry season.

A study carried out by Sánchez and Murillo (2004) on *Cupressus lusitanica* showed that pruning roots corrected the excessive longitude and promoted the sprouting of new roots, which increased the density of the root system. Similarly, several studies have demonstrated that in containers with more volume, the values of root biomass and of the diameter of the stem are significantly higher (Cañellas *et al.*, 1999; Domínguez *et al.*, 2000; Prieto *et al.*, 2007). However, it is important to think about the cost

Los parámetros con mejor calidad en todos los casos fueron el contenido de fósforo y de lignina. Esta última se relaciona con la calidad y la dureza de los tejidos, y a concentraciones altas confiere mayor resistencia ante daños físicos por doblamiento y ataque de herbívoros (Torral, 1997). Por otro lado, los niveles adecuados de fósforo contribuyen al desarrollo del sistema radical (Foucard, 1997). No obstante, la relación BSA/BSR, que refleja el balance entre la parte transpirante y la absorbente fue el parámetro morfológico calificado con calidad menor, ya que una alta proporción de las especies rebasaron el intervalo óptimo sugerido por Prieto *et al.* (2003). Además, dichos autores afirman que los valores superiores a 2.5 para esta variable son indicativo de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta (Prieto *et al.*, 2009). La relación BSA/BSR puede ser de gran importancia cuando la plantación se ubica en sitios con estacionalidad marcada, donde el factor más influyente sobre la supervivencia en el primer año es una larga y cálida estación seca.

En un estudio efectuado con *Cupressus lusitanica*, Sánchez y Murillo (2004) observaron que la poda de raíces corrigió su longitud excesiva y promovió el brote de nuevas raíces, con lo que aumentó la densidad del sistema radical. Igualmente, diversos estudios han probado que, en envases de mayor volumen, la biomasa radical, así como el diámetro del cuello de la raíz son significativamente superiores (Cañellas *et al.*, 1999; Domínguez *et al.*, 2000; Prieto *et al.*, 2007). Sin embargo, es importante evaluar el costo beneficio de esta práctica, pues el uso de contenedores de mayor volumen eleva el costo de producción.

Otra variable con una evaluación general sobresaliente fue la altura, parámetro que influye de manera positiva en la capacidad fotosintética. No obstante, diversas investigaciones indican que este componente no se correlaciona por sí solo con la supervivencia, pues las plantas jóvenes de mayor altura con frecuencia exhiben un desequilibrio respecto al diámetro, el cual ocasiona que estén más vulnerables a sufrir daños por el viento (Cortina *et al.*, 1997; Prieto *et al.*, 2003; Orozco *et al.*, 2010). En el presente estudio para 59 % de las especies, el diámetro resultó de calidad media. Esta característica define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y la supervivencia en campo. A mayor diámetro, las plantas son más resistentes al doblamiento y toleran mejor el impacto ejercido por plagas y herbívoros (Prieto *et al.*, 2003, 2009) (Cuadro 2).

Para la mayoría de las especies evaluadas en cada vivero, la concentración de los nutrientes N, P y K fue correcta, según los parámetros empleados. No obstante, 27 % de ellas tuvo una deficiencia de nitrógeno y 21.6 % para el potasio, el cual favorece la lignificación de las plantas y contribuye a mejorar la resistencia a enfermedades (Foucard, 1997).

benefit of this practice, since using containers with more volume increases the production costs.

Another variable with a general outstanding evaluation was height, which positively influences the photosynthetic capacity. However, several studies indicate that this component is not correlated in itself with survival, since taller young plants frequently exhibit an unbalance of diameter, which make them more vulnerable to being damaged by the wind (Cortina *et al.*, 1997; Prieto *et al.*, 2003; Orozco *et al.*, 2010). In this study, the diameter of most species (59%) was considered to be of medium quality. This characteristic determines the robustness of the stem, and is linked with vigor and survival in the field. The larger the diameter, the more resistant plants are to bending, as well as more tolerant to the impact of plagues and herbivores (Prieto *et al.*, 2003, 2009) (Table 2).

In most of the species assessed in each nursery, the concentration of N, P and K was correct, according to the parameters used in this research. However, 27% showed a deficiency of nitrogen, and 21.6% of potassium, which promotes the lignification of plants and contributes to improving the resistance to diseases (Foucard, 1997).

CONCLUSIONS

Most of the plants produced in the evaluated nurseries are of medium quality, which is why they are considered to have enough characteristics for being established in the field.

Although none of the forest nurseries had high quality plants, Gran Pro produced the plant with the highest amount of desirable characteristics. The other nurseries exhibited a similar proportion of evaluated species with medium and low quality.

The proportion between dry aerial and root biomass was the variable with most "B" quality denominations, whereas the concentration of lignin was considered to be of high quality in most species.

The notable age difference between broadleaf species and conifers did not have a significant effect on the quality of the plant produced.

In general terms, the application of measures that improve the development of the root system, as well as the robustness of plants, is recommended.

Moreover, it is convenient to analyze the composition of the substrates used before adding fertilizers, and to periodically analyze the tissues of the plants produced, in order to know their ability to assimilate the nutrients that were supplied.



CONCLUSIONES

En general las plantas producidas en los viveros evaluados es de calidad media, por lo que se considera que poseen características suficientes para establecerse en campo.

Aunque ninguno de los viveros forestales presentó planta de calidad alta, el Gran Pro la produjo con mayor número de características deseables. El resto mostraron una proporción similar de especies con calidades media y baja.

La relación entre la biomasa aérea seca y la biomasa radical seca fue la variable con más denominaciones de calidad "B", mientras que la concentración de lignina fue calificada como de calidad alta en el mayor número de especies.

La marcada diferencia de edad entre las latifoliadas y las coníferas no tuvo un efecto notorio sobre la calidad de la planta producida.

Se recomienda aplicar medidas que permitan incrementar el desarrollo del sistema radicular, así como la robustez de las plantas.

Asimismo, se considera conveniente analizar la composición de los sustratos empleados, antes de agregar fertilizantes, y estudiar periódicamente los tejidos de la planta producida para conocer la asimilación de los nutrientes administrados.

En la investigación solo se evaluó la calidad a finales del ciclo de producción en vivero, previamente a la salida de las plantas a campo; no obstante, con el propósito de fortalecer la aportación de conocimientos es necesario dar seguimiento a las plantaciones y extender la evaluación para monitorear los cambios de los atributos morfológicos y fisiológicos de la planta en campo y detectar los más relacionados con la supervivencia en sus diferentes etapas.

This research only evaluated quality at the end of the production cycle in nurseries, before plants were taken to the field. However, in order to strengthen the knowledge obtained, it is necessary to follow up the development of plantations, as well as extend the evaluation, as to monitor the changes of morphological and physiological attributes of the plant in the field, and identify those that are more closely related to its survival at different stages.

End of the English version



REFERENCIAS

- Birchler, T., R. W. Rose, A. Royo y M. Pardos. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Oregon State University, OR USA/ Universidad Politécnica de Madrid, España. 13 p.
- Cañellas, I., L. Finat, A. Bachiller y G. Montero. 1999. Comportamiento de planta de *Pinus pinea* en vivero y campo: Ensayos de técnicas de cultivo de planta, fertilización y aplicación de herbicidas. Invest. Agr. Sist. Recur. For. 8 (2):335-359.
- Chavasse, C. G. 1980. Planting stock quality: a review of factors affecting performance. N. Z. J. For. 25: 144-171.
- Colegio de Postgraduados. 2008. Reforestación. Evaluación Externa. Ejercicio Fiscal 2007. CONAFOR-SEMARNAT. http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20 (septiembre de 2011).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento), con fines de restauración. Documento técnico. CONAFOR. Guadalajara, Jal. México. 9 p.
- Cortina, J., A. Valdecantos, P. Seva J., A. Vilagrosa, J. Bellot y R. Vallejo V. 1997. Relación tamaño - supervivencia en plantaciones de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas producidas en vivero. In: Actas del 2º Congreso Forestal Español (23-27 de junio de 1997). Pamplona, España. pp. 159-164.
- Díaz-Vaz, J. E. 2003. Anatomía de maderas. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 151 p.
- Dickson, A., L. Leaf A. and F. Hosner J. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. For. Chron. 36: 10-13.

- Domínguez L., S., I. Carrasco M., N. Herrero S., L. Ocaña B., J. L. Nicolás P. y J. L. Peñuelas R. 2000. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de plantas de *Pinus pinea* en campo. In: Actas del Primer Simposio sobre el Pino Piñonero. Valladolid, España. pp. 203-209.
- Folk, R. S. and S. C. Grossnickel. 1997. Determining field performance potential with the use of limiting environmental conditions. New For. 13: 121-138.
- Foucard, J. C. 1997. Viveros, de la producción a la plantación, innovaciones técnicas, productos, mercados. Mundi Prensa. Barcelona, España. 439 p.
- Hunt, G. A. 1990. Effect of styroblock design and copper on morphology of conifer seedlings. In: Rose, R., S. J. Campbell and T. D. Landis (Eds.). 1990. Proceedings, Western Forest Nursery Association. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment. Fort Collins, CO USA. pp. 218-222.
- Landis, T. D. 1985. Mineral nutrition as an index of seedling quality. In: Duryea, M. (Ed.). Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, OR USA. pp. 29-48.
- Mexal, J. G. and T. D. Landis. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose R., S. J. Campbell and T. D. Landis (eds.). Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, CO USA. pp. 17-35.
- Orozco G., G., H. J. Muñoz F., J. T. Sáenz R., R. Villaseñor, F. Sígala R. y J. A. Prieto R. 2010. Diagnóstico de calidad de planta en los Viveros forestales del estado de Colima. Folleto Técnico Núm. 1 SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan, Mich. México. 50 p.
- Prieto R., J. A., G. Vera C. y E. Merlín B. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 24 p.
- Prieto R., J. A., P. A. Domínguez C., E. H. Cornejo O. y J. J. Nívar C. 2007. Efecto del envase y del riego en viveros en el establecimiento de *Pinus cooperi* Blanco en dos condiciones de sitio. Madera y Bosques 13 (001):79-97.
- Prieto R., J. A., J. L. García R., J. M. Mejía B., S. Huchin A. y J. L. Aguilar V. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. México. 47 p.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México, D. F. México. 156 p.
- Rose, R., W. C. Carlson and P. Morgan. 1990. The target seedling concept. In: Rose R., S. J. Campbell and T. D. Landis (Eds.). Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, CO USA. pp. 17-35.
- Sáenz R., J. T., H. J. Muñoz F., F. Villaseñor R., J. A. Prieto R. y A. Rueda S. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 12. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich. México. 50 p.
- Sánchez, S. y O. Murillo. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). Agr. Costarr. 28 (002):95-106.
- Santiago O., T., V. Sánchez M., R. Morroy C. y G. García S. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto Técnico Núm. 44. Tezonapa, Ver., México. 73 p.
- Sutton, R. F. 1979. Planting stock quality and grading. Forest Ecology and Management 2: 123-132.
- Toral I., M. 1997. Conceptos de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Ciclo Económico Forestal. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. Guadalajara, Jal. México. 28 p.
- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Gerencia de Servicios Profesionales. 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Categoría Reforestación. Ejercicio Fiscal 2006. CONAFOR-SEMARNAT. http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20 (septiembre de 2011).
- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 2010. Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación. Ejercicio Fiscal 2009. CONAFOR-SEMARNAT. http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20. (septiembre de 2011).
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). 2009. Reforestación. Evaluación externa fiscal 2008. Informe Nacional. CONAFOR-SEMARNAT. http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20. (septiembre de 2011).
- Zeiger, L. T. 2006. Fisiología vegetal. Vol. 1. Colección Ciencias Experimentales. Universitat Jaume. Castellón de la Plana, España. 549 p.