



Nota de Investigación / Research Note

## Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán

### Plant quality of three pine species of “Morelia” nursery at Michoacán state

J. Trinidad Sáenz Reyes<sup>1</sup>, H. Jesús Muñoz Flores<sup>1</sup>, Cristian Miguel Ángel Pérez D.<sup>2</sup>, Agustín Rueda Sánchez<sup>3</sup> y Jonathan Hernández Ramos<sup>4</sup>

#### Resumen

La calidad de la planta influye en la supervivencia de las plantaciones forestales durante el establecimiento, que a nivel nacional es cercana a 38 % después de un año. El objetivo del presente estudio fue determinar esta condición en el vivero forestal “Morelia” en Michoacán. Mediante el diseño de un muestreo al azar con una confiabilidad de 95 %, se evaluaron ejemplares de *Pinus pseudostrobus*, *P. greggii* y *P. michoacana*, de nueve meses de edad, con respecto a características morfológicas y fisiológicas. Con el Índice de Robustez resultó que *P. greggii* se califica como de calidad baja, *P. pseudostrobus* como media y *P. michoacana*, alta. En la relación altura:longitud de la raíz, *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* tienen calidad alta y *P. greggii* al contrario. En la relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, *P. pseudostrobus* y *P. greggii* registraron calidad baja y *P. michoacana*, alta. Con el índice de calidad de Dickson, las primeras dos tuvieron calidad media y *P. michoacana*, alta. *P. greggii* presentó valores de nitrógeno que correspondieron a calidad alta, *P. pseudostrobus* media y *P. michoacana* baja; en fósforo, *P. greggii* reúne condiciones de calidad alta, *P. pseudostrobus*, media y *P. michoacana*, baja. En cuanto a K, *P. pseudostrobus* y *P. greggii* son de calidad media y *P. michoacana*, alta. Se concluye que *P. pseudostrobus* en morfología fue de calidad media y en fisiología alta; *P. michoacana* fue alta en el primer parámetro y baja en el segundo y *P. greggii* baja y alta, respectivamente.

**Palabras clave:** Calidad de planta, Michoacán, *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., *Pinus michoacana* Martínez, *Pinus pseudostrobus* Lindl., viveros forestales.

#### Abstract

The quality of the plant influences the survival of forest plantations during the establishment, which at the national scope is around 38 %, after one year. The aim of this study was to determine this condition in the forest nursery “Morelia” in Michoacán state. By designing a random sampling with a reliability of 95 %, nine months old specimens of *Pinus pseudostrobus*, *P. greggii* and *P. michoacana* in regard to morphological and physiological characteristics. According to the Robustness Index *P. greggii* was recorded as low-quality, *P. pseudostrobus* as medium and *P. michoacana* as high. In the relationship height: root length, *P. pseudostrobus* and *P. michoacana* have high quality and *P. greggii* behaved in the opposite way. In the dry biomass shoot/dry biomass root ratio, *P. pseudostrobus* and *P. greggii* recorded low quality and *P. michoacana*, high. With Dickson Quality Index, the first two were medium quality and *P. michoacana*, high. *P. greggii* showed nitrogen values corresponding to high quality while *P. pseudostrobus* was medium and *P. michoacana*; low. In regard to phosphorus, *P. greggii* had high quality, *P. pseudostrobus*, medium and *P. michoacana*; low. As for K, *P. pseudostrobus* and *P. greggii* are medium quality and *P. michoacana*, high. It is concluded that *P. pseudostrobus* was of average quality in morphology and high in physiology; *P. michoacana* was high in the first parameter and low in the second and *P. greggii* behaved the other way around.

**Key words:** Quality of plant, Michoacan, *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., *Pinus michoacana* Martínez, *Pinus pseudostrobus* Lindl., forest nurseries.

Fecha de recepción/Date of receipt: 21 de octubre de 2013; Fecha de aceptación/Date of acceptance: 2 de julio de 2014.

<sup>1</sup> C.E. URUAPAN-CIRPAC-INIFAP. Correo-e: saenz.j.trinidad@inifap.gob.mx.

<sup>2</sup> Conafor.

<sup>3</sup> Investigador del C.E. Centro Altos de Jalisco-CIRPAC-INIFAP.

<sup>4</sup> Investigador del C.E. Chetumal. INIFAP.

Los factores que han limitado el éxito de las plantaciones, en las que la que la supervivencia se estima en 37.8 %, son el uso inadecuado de especies, la mala o nula preparación del terreno, la falta de seguimiento, de protección y, en gran parte, la deficiente calidad de la planta (Sáenz y Lindig, 2004). En consecuencia, el costo para el logro de la plantación aumenta, si se tiene en cuenta los recursos adicionales para reponer un porcentaje elevado de planta (García, 2007).

El éxito de los programas de reforestación depende principalmente de la calidad de la planta que se produce en los viveros, la cual puede asegurar una mayor probabilidad de sobrevivir y desarrollarse a partir de su establecimiento en el lugar definitivo (Mas, 2003), pues está determinada por los caracteres genéticos, fisiológicos y morfológicos que actúan de forma conjunta con el medio ambiente (Ruano, 2003).

La clasificación de calidad de planta se realiza con base en variables morfológicas y fisiológicas; entre las primeras se incluye la altura, el diámetro basal del tallo o del collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical, así como la relación altura/diámetro del collar, la relación tallo/raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, el follaje y la raíz. En los atributos fisiológicos se consideran: resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009).

Entre los índices para determinar la calidad de planta producida en viveros forestales destacan:

1. Índice de robustez. Es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm); es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos y su valor debe ser menor a seis. Un valor inferior indica una mejor calidad de la planta, arbolitos más robustos, bajos y gruesos es son más aptos para sitios con limitación de humedad; valores superiores a seis sugieren una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009); describen ejemplares más vulnerables a daños por viento, sequía y heladas (Rodríguez, 2008).
2. Relación altura del tallo. Longitud de la raíz principal (AT:LR). Predice el éxito de la plantación. Debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de la planta. La relación 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales; en sitios con problemas de

The factors that have limited the success of plantations, in which survival is estimated at 37.8 %, is the misuse of species, poor or no site preparation, lack of monitoring, protection and in a good part, the poor quality of the plant (Saenz and Lindig, 2004). Consequently, the cost to achieve planting becomes higher if additional resources are intended to replace a high percentage of plants (Garcia, 2007).

The success of reforestation programs depends mainly on the quality of the plant that are grown in nurseries, which can ensure greater chance of survival and development from its establishment in the definitive place (Mas, 2003), since it is determined by genetic, physiological and morphological characters acting jointly with the environment (Ruano, 2003).

The classification of plant quality is based upon in morphologic and physiological variables; among the first ones height, basal diameter of the stem or the neck, size, shape and volume of the root system, as well as the height/diameter of the neck ratio, the stem/root ratio, the presence of the terminal bud and micorrhizae, the color of foliage and sanity, the dry weight of stems, foliage and root. In the physiological traits are considered: cold resistance, days required for the main bud to start their growth, index of mitosis, water potential, nutriment and carbohydrate content, drought tolerance, net photosynthesis, mycorrhization and ability to produce new roots (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009).

There are several indexes to determine plant quality:

1. Robustness index. It is the ratio between the height of the plant (cm) and the diameter of the neck of the root (mm) it is an indicator of resistance to drought by wind, of survival and potential growth in dry places and must be under 6; a lower number suggests a better plant quality, smaller but thicker with a strong stem and apt for places with limited moisture. On the other hand, numbers above 6 mean a disproportion between height and diameter grow, as elongated stems look with thin diameters (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009); they describe more vulnerable trees to damages from wind, drought and frost (Rodríguez, 2008).
2. Stem height: main root length (AT:LR). It predicts the success of a plantation. A balance and proportion must exist between the aerial part and the radical system of the plant. The 1:1 relation favors the high rates of survival in the plantation sites without environmental limitations; in sites with moisture problems it is suggested to use saplings with 0.5:1 to 1:1 relations; while in places without this condition, the relations may be 1.5:1 to 2.5:1. It is advised that the workers of the nursery and of the plantation fix the wanted relation in regard to the species and features of the plantation site (Prieto *et al.*, 2003).

humedad se sugiere utilizar brinzales con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que en sitios sin esta situación las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1. Se recomienda que los viveristas y plantadores establezcan la relación deseada en función de las especies y características del sitio de plantación (Prieto *et al.*, 2003).

3. Relación peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular (R PSA/PSR). La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez, 2008). Por lo tanto, una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5, pues el cociente de ésta relación no debe ser mayor a este último valor, en particular cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta (Thompson, 1985).
4. Índice de calidad de Dickson (ICD). Este índice permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y se ha utilizado para predecir el comportamiento en campo de plántulas de *Picea glauca* (Moench) Voss y *Pinus strobus* L. (González *et al.*, 1996). Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura pero con mayor vigor (García, 2007).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la calidad de la planta de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., *Pinus michoacana* Martínez y *Pinus pseudostrobus* Lindl. del vivero forestal "Morelia", municipio de Morelia, Michoacán.

## El área de estudio

El vivero "Morelia" es propiedad de la Sociedad de Solidaridad Social (SSS) y se ubica en la Tenencia Morelos, a 2 km al sur de la ciudad de Morelia, Mich., en las coordenadas: 19°38'27.94" N, 101°14'55.11" O a una altitud de 1 960 m (Figura 1).

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificado por García (1988), el clima que predomina en la región es del tipo C ( $w_1$ ) que corresponde a un templado subhúmedo, con temperatura media anual entre 12 y 18 °C, la del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y las del mes más caliente, inferiores a 22 °C. Precipitación menor de 40 mm en el mes más

3. Dry weight of the aerial part and dry weight of the root system ratio (R PSA/PSR). Biomass production is important since it indicates the development of the plant at the nursery, a ratio equal to one means that the aboveground biomass is the same as that of the underground; but if the value is below one, then the underground biomass is over the aerial; on the other hand, if the value is over one, the aboveground biomass is higher than the underground (Rodríguez, 2008). Therefore, a good ratio must be between 1.5 and 2.5, since the quotient of this ratio must not be above the latter in particular when rainfall is scarce in the plantation places, as the greater values suggest a lack of proportion and the existence of a poor radical system to provide energy to the aerial part of the plant (Thompson, 1985).
4. Dickson Quality Index (ICD). This index allows to better assess the morphological differences among the plants of a sample and it has been used to predict the behavior of *Picea glauca* (Moench) Voss and *Pinus strobus* L. seedlings in the field (González *et al.*, 1996). This is the best parameter for plant quality, as it expresses the balance of the distribution of the mass and robustness, which prevents from choosing disproportioned plants and eliminates samples of a smaller height but with a higher vigor (García, 2007).

Based on the former, the purpose of the present study was to determine the plant quality of *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., *Pinus michoacana* Martínez and *Pinus pseudostrobus* Lindl. in the tree nursery in Michoacán state through morphological and physiological indexes.

## Study area

The "Morelia" tree nursery belongs to the Sociedad de Solidaridad Social (SSS) and it is located in Tenencia Morelos, 2 km to the south of Morelia, Mich., between 19°38'27.94" N and 101°14'55.11" W at an altitude of 1 960 m (Figure 1).

According to Köppen's climatic classification fitted by García (1988), the weather that prevail in the region is of the C ( $w_1$ ) type that describes a mild subhumid, with an annual average between 12 and 18 °C, the coldest between -3 °C and 18 °C and the warmest below 22 °C. 40 mm of precipitation in the driest month, rains in summer and winter rain per cent from 5 to 10.2 % of the annual total.

## Sampling Design

The assessed species were *P. greggii*, *P. michoacana* and *P. pseudostrobus*, produced in 77 pot polystyrene trays of 170 cm<sup>3</sup> each. To determine the amount of plant, the stock at the nursery were considered (Table 1); a selection was made with an

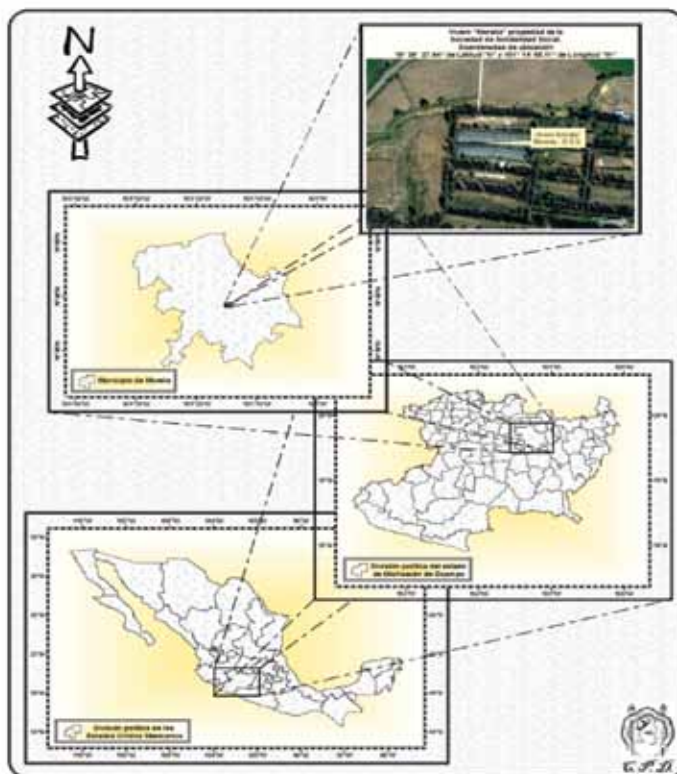


Figura 1. Localización del vivero "Morelia", municipio de Morelia, Michoacán.  
 Figure 1. Location of "Morelia" tree nursery, at Morelia municipality, Michoacán state.

seco, lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10.2 % del total anual.

### Diseño de muestreo

Las especies evaluadas fueron *P. greggii*, *P. michoacana* y *P. pseudostrobus*, producidas en charolas de poliestireno de 77 cavidades con volumen cada una de 170 cm<sup>3</sup>. Para determinar la calidad de la planta se consideraron sus existencias en el vivero (Cuadro 1), por lo que se hizo la selección con una intensidad de muestreo promedio de 0.027 % en un intervalo de 0.04 a 0.02 %. Los ejemplares se evaluaron con el ciclo 2008 de producción anual a una edad de 9 meses.

average sampling intensity of 0.027 % with a confidence range of 0.04 to 0.02 %. The samples were assessed with the 2008 annual production cycle at 9 months old.

### Morphological characteristics

The assessed variables were: plant height (cm), diameter of the root neck (mm), green biomass and dry biomass of the aerial part and of the root system (g); with them were determined the following indexes of plant quality:



Cuadro 1. Especies evaluadas, disponibilidad de planta, intensidad de muestreo y tipo de envase en el vivero forestal "Morelia" en Michoacán.

Especie	Disponibilidad de planta	Intensidad de muestreo
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	200 000	0.04
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	320 000	0.02
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	880 000	0.02

Table 1. Assessed species, plant availability, sampling intensity and kind of container in the "Morelia" forest nursery in Michoacán.

Species	Plant availability	Sampling intensity
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	200 000	0.04
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	320 000	0.02
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	880 000	0.02

### Características morfológicas

Las variables evaluadas fueron: altura de las plantas (cm), diámetro del cuello de la raíz (mm), biomasa verde y seca de la parte aérea y sistema radicular (g); con ellas se determinaron los siguientes índices de calidad de planta:

1. Relación altura/diámetro del cuello de la raíz o Índice de robustez (IR). Se estimó con la siguiente fórmula en las especies con crecimiento normal (*P. greggii* y *P. pseudostrobus*):

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}}$$

En *P. michoacana*, especie de crecimiento con hábito cespitoso, este criterio se calculó con la fórmula:

$$IR_c = \frac{\text{Altura (mm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}}$$

2. Relación altura/longitud de la raíz (RA/LR). Predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas.
3. Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (RBSA/BSR). En *P. greggii* y *P. pseudostrobus* se calculó con la fórmula:

$$R\ BSA/BSR = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$$

En *P. michoacana* se calculó con la fórmula:

$$R\ BSR/BSA = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$$

4. Índice de calidad de Dickson (ICD). Se calculó con la fórmula:

$$\text{Índice de calidad de Dickson (ICD)} = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}}$$

1. Height/diameter of the root neck or Robustness root (IR) relation. It relates height (cm) and the diameter of the root neck (mm) of the plant and it is estimated with the following formula in the species with normal growth (*P. greggii* and *P. pseudostrobus*):

$$IR = \frac{\text{Height (cm)}}{\text{Neck diameter of the root (mm)}}$$

In *P. michoacana*, species with cespitose growth habit, this criterion was determined with the following formula:

$$IR_c = \frac{\text{Height (mm)}}{\text{Neck diameter of the root (mm)}}$$

2. Height/length of the root relation (RA/LR). It predicts the success of the plantation and there must be a balance and rate between the aerial part and the root system of the plants.
3. c) Canopy dry biomass/root dry biomass relation (RBSA/BSR). It reflects the development of plants in the nursery; in *P. greggii* and *P. pseudostrobus* it was calculated by the formula:

$$R\ BSA/BSR = \frac{\text{Canopy dry biomass (g)}}{\text{Root dry biomass (g)}}$$

In *P. michoacana* it was calculated by the formula:

$$R\ BSR/BSA = \frac{\text{Root dry biomass (g)}}{\text{Aboveground dry biomass (g)}}$$

4. Dickson Quality Index (ICD). It gathers several morphological traits in one single value that is used as quality index: at a higher value of the index, there will be a better plant quality and it was determined by the following formula:

$$\text{Índice de calidad de Dickson (ICD)} = \frac{\text{Total dry weight (g)}}{\frac{\text{Height (cm)}}{\text{Diameter (mm)}} + \frac{\text{Canopy dry weight (g)}}{\text{Root dry weight (g)}}}$$

5. Índice de lignificación (IL). Relaciona el peso seco total con el peso húmedo total de la planta, que determina el porcentaje de lignificación y se calcula con la fórmula:

$$IL = \left[ \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\text{Peso húmedo total (g)}} \right] 100$$

### Características fisiológicas

Se evaluó el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), carbono (C) y lignina por medio de muestras seleccionadas al azar y se analizaron en el laboratorio del Campo Experimental Tecomán del INIFAP.

Para la captura, los datos se organizaron por medio de tablas en Excel® 2007 (Microsoft Office, 2007) a nivel de especie y para el análisis de las variables morfológicas y fisiológicas se empleó el procedimiento *Proc means* en SAS versión 9.1 (Statistical Analysis System, 2003), con el que se calcularon los estadísticos descriptivos medias y coeficientes de variación.

### Determinación de calidad de planta

Con las características evaluadas, se determinó la calidad de planta al comparar los resultados con valores de diversos estudios realizados en coníferas, debido a que de especies mexicanas no se han calculado intervalos específicos, por lo que se definieron valores para especies de crecimiento normal y con hábito cespitoso (cuadros 2 y 3); para las primeras, se incluye la categoría de calidad media, para las cifras muy cercanas a los límites inferiores de los correspondientes a la calidad alta.

Cuadro 2. Valores para calificar la calidad de planta con crecimiento normal en especies forestales.

Table 2. Values for grading plant quality with normal growth in forest species.

Características	Variable	Calidad e Intervalo		
		Alta	Media	Baja
Morfológicas	Altura (cm)	15.0-25.0	10.0-14.9	< 10.0
	Diámetro basal (mm)	≥ 4.0	2.5-3.9	< 2.5
	Relación Altura/Diámetro basal	< 6.0	6.1-8.0	> 8.0
	Relación Altura: Longitud de raíz	≤ 2	2.1-2.5	> 2.5
	Relación Biomasa seca aérea/Biomasa seca raíz	1.5-2.0	2.1-2.5	> 2.5
	Índice de Calidad de Dickson	≥ 0.50	0.49-0.20	< 0.20
Fisiológicas	Nitrógeno (%)*	1.3-3.5	1.1-1.29	< 1.1
	Fósforo (%)*	0.20-0.60	0.19-0.10	< 0.10
	Potasio (%)*	0.70-2.50	0.50-0.69	< 0.50
	Carbono (%)	≥ 45.0	40.0-44.9	< 40.0
	Lignina (%)	≥ 11.33	10.0-11.32	< 10.00

5. Lignification index (IL). It relates the total dry weight with the total wet weight of the plant, which determines the per cent of lignification and it is determined with the formula:

$$IL = \left[ \frac{\text{Total dry weight (g)}}{\text{Total wet weight (g)}} \right] 100$$

### Physiological characteristics

Nitrogen (N), phosphorous (P), potassium (K), carbon and lignine content were determined through random samples and they were analyzed in the Campo Experimental Tecoman laboratory of INIFAP.

Data were organized in Excel® 2007 tables at species level (Microsoft Office, 2007) and for the analysis of the morphologic and physiologic variables, the *Proc means* in SAS 9.1 version (Statistical Analysis System, 2003), a procedure through which the calculation of the descriptive statistics, media and variation coefficients were made.

### Plant quality determination

With the assessed characteristics plant quality was determined when comparing results with the values of several studies on softwoods, since with Mexican species specific ranges have not been calculated, thus values for normal and cespitose habit species were defined (tables 2 and 3); for the first ones, medium quality was included, for the numbers very close to the lower limits of the high quality ranges.

Para definir los criterios de calidad de planta para especies con crecimiento de hábito cespitoso en viveros de clima templado, se estableció un intervalo y un nivel de calidad (alta y baja) (Cuadro 3).

To define the criteria for plant quality for cespitose habit growth species of mild weather, a range and a level of quality (high and low) were established (Table 3).

Cuadro 3. Valores para calificar la calidad de planta con hábito de crecimiento cespitoso en especies forestales.  
Table 3. Values for grading plant quality with cespitose- habit growth in forest species.

Características	Variable	Calidad e Intervalo	
		Alta	Baja
Morfológica	Altura (cm)	≥ 6.0	< 6.0
	Diámetro basal (mm)	≥ 5.0	≥ 5.0
	Relación Altura/Diámetro basal	≥ 8.0	< 8.0
	Relación Altura: Longitud de raíz	≤ 2.5	> 2.5
	Relación Biomasa seca raíz/Biomasa seca aérea	≥ 0.15	< 0.15
	Índice de Calidad de Dickson	≥ 0.5	< 0.5
Fisiológica	Nitrógeno (%)*	1.3-3.5	< 1.3
	Fósforo (%)*	0.20-0.60	< 0.20
	Potasio (%)*	0.70-2.50	< 0.70
	Carbono (%)	≥ 45.0	< 45.0
	Lignina (%)	≥ 11.33	< 11.33

\*Estos dos criterios aplican para *P. michoacana*.

\*Thes two criteria apply to para *P. michoacana*.

En forma individual, la utilización de parámetros morfológicos o fisiológicos presenta limitantes para predecir la supervivencia y crecimiento de la planta en los sitios de plantación; por lo tanto, se fijó su calidad mediante su reclasificación de acuerdo a las siguientes características:

**Calidad Alta.** Se refiere a plantas que presentan ausencia absoluta de características indeseables, es decir, que las variables evaluadas se calificaron como de calidad alta (A), aunque se puede aceptar hasta dos valores con calidad media (M), pero en ningún caso valores con calidad baja (B).

**Calidad Media.** Se aceptan hasta tres valores de calidad media (M) y una variable con calificación de calidad baja (B).

**Calidad Baja.** Son aquellas plantas que presentan dos o más valores de calidad baja (B), es decir, son plantas que tendrán una baja supervivencia y reducido desarrollo en los sitios de plantación.

### Características morfológicas

Los resultados de las características morfológicas de la planta evaluada son los siguientes:

Individually, the use of morphologic or physiologic limiting parameters to predict survival and growth of the plants in the plantation places; therefore, their quality was fixed by its reclassification according to the following elements:

**High Quality.** Refers to plants showing complete absence of undesirable characteristics, *i.e.* the variables evaluated were rated as high quality (A), but can accept up to two values with average quality (M), but in no case with low quality values (B).

**Medium quality.** Here are accepted up to three values of average quality (M) and a variable grade of low quality (B).

**Low quality.** Those plants having two or more low-quality values (B), *i. e.*, are plants that have a low survival and reduced development in planting sites.



Los valores registrados en altura fluctuaron de 8.65 cm en *P. michoacana* hasta 36.59 cm en *P. greggii* y en diámetro del cuello de la raíz (diámetro basal) de 3.6 mm en *P. greggii* hasta 7.1 mm en *P. michoacana* (Cuadro 4). La mayor altura presentada en *P. greggii* se debe a que esta especie es de rápido crecimiento, en comparación con *P. michoacana*, que presentó valores promedio de tan solo 8.65 cm; asimismo, en diámetro de cuello de raíz se observaron diferencias entre *P. greggii* con tan solo 3.6 mm y *P. michoacana* que alcanzó los 7.1 mm, lo que puede explicarse porque las especies con crecimiento de hábito cespitoso tienen un mayor desarrollo inicial en diámetro y menor crecimiento en altura.

En producción de biomasa seca aérea, los valores registrados variaron de 1.16 g planta<sup>-1</sup> en *P. pseudostrobus* hasta 3.02 g planta<sup>-1</sup> en *P. michoacana*; en cuanto a la producción de biomasa seca de la raíz, fue de 0.27 g planta<sup>-1</sup> en la primera y de 1.21 g planta<sup>-1</sup> en la segunda (Cuadro 4). Como se observa, existe gran variación en los pesos secos tanto de la parte aérea como de la raíz, por lo que de acuerdo con Thompson (1985), Mexal y Landis (1990) la biomasa de la planta tiene alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo, por lo que se tendría una baja supervivencia de las plantaciones en algunas de las especies a partir de su bajo peso.

## Morphological characteristics

The results of the morphological characteristics of the plant are evaluated the following: The values recorded in height ranged from 8.65 cm in *P. michoacana* to 36.59 cm in *P. greggii* and in the diameter of root neck (basal diameter) from 3.6 mm in *P. greggii* to 7.1 mm in *P. michoacana* (Table 4). The highest point present in *P. greggii* is due to the fast growth of this species, compared to *P. michoacana* which had mean values of only 8.65 cm; also in diameter of the root neck differences between *P. greggii* with only 3.6 mm and *P. michoacana* which reached 7.1 mm were observed, a fact that can be explained because species with cespitose growth habit have a greater initial development in diameter and less growth in height.

In aboveground dry biomass, the recorded values ranged from 1.16 g plant<sup>-1</sup> in *P. pseudostrobus* to 3.02 g plant<sup>-1</sup> in *P. michoacana* regarding the production of dry root biomass was 0.27 g plant<sup>-1</sup> in the first one to 1.21 g plant<sup>-1</sup> in the second one (Table 4). As noted, there is wide variation in both aerial and root dry weights, so according to Thompson (1985), Mexal and Landis (1990) the biomass of the plant has high correlation with survival in field with the same consistency as the stem diameter, so there would be a low survival of plantations in some species from their low weight.

Cuadro 4. Características morfológicas de la planta producida en el vivero forestal "Morelia" en Michoacán.

Especie	Altura (cm)	Diámetro cuello de la raíz (mm)	Biomasa seca aérea (g)	Biomasa seca raíz (g)
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	36.59	3.6	2.27	0.61
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	8.65	7.1	3.02	1.21
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	27.91	3.8	1.16	0.27

Table 4. Assessed morphological characteristics of the plants produced in "Morelia" forest nursery in Michoacán.

Species	Height (cm)	Diameter of the root neck (mm)	Aboveground dry biomass (g)	Dry root biomass (g)
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	36.59	3.6	2.27	0.61
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	8.65	7.1	3.02	1.21
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	27.91	3.8	1.16	0.27

## Características fisiológicas

El contenido de nitrógeno varió entre 1.04 % en *P. pseudostrobus* y 1.30 % en *P. greggii*; en fósforo, entre 0.12 % en *P. michoacana* y 0.20 % en *P. greggii*; en potasio, varió entre 0.62 % en *P. pseudostrobus* y 0.72 % en *P. michoacana*. En carbono, fue

## Physiological characteristics

Nitrogen content varied between 1.04 % in *P. pseudostrobus* and 1.30 % in *P. greggii*; in phosphorous, between 0.12 % in *P. michoacana* and 0.20 % in *P. greggii*; in potassium, it varied between 0.62 % in *P. michoacana* and 45.93 % for *P. greggii*



de 45.40 % en *P. michoacana* y de 45.93 % tanto para *P. greggii* como para *P. pseudostrobus*. En lignina, en las especies últimas dos especies, los valores fueron de 21.45 % y 20.40 %, respectivamente, en tanto que en *P. michoacana* fue de 20.45 % (Cuadro 5).

and *P. pseudostrobus*. In lignine, in these two species, values were 21.45 % and 20.40 %, respectively, while in *P. michoacana*, it was 20.45 % (Table 5).



Cuadro 5. Características fisiológicas evaluadas en las plantas producidas en el vivero forestal “Morelia” en Michoacán.

Especie	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Carbono (%)	Lignina (%)
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	1.30	0.20	0.67	45.93	21.45
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	1.29	0.12	0.72	45.40	20.45
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	1.04	0.18	0.62	45.93	20.40

Table 5. Assessed physiological characteristics of the plants produced in “Morelia” forest nursery in Michoacán.

Species	Nitrogen (%)	Phosphorous (%)	Potassium (%)	Carbon (%)	Lignine (%)
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	1.30	0.20	0.67	45.93	21.45
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	1.29	0.12	0.72	45.40	20.45
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	1.04	0.18	0.62	45.93	20.40

### Calidad de planta

En cuanto a la altura, las tres especies corresponden a planta de calidad alta (Cuadro 6) y de acuerdo con Mexal y Landis (1990), este componente es un buen predictor de la talla futura en campo, aunque no lo es para la supervivencia; se considera un indicador insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real, aunque es importante cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva, ya que se debe considerar que tenga una altura suficiente que le permita competir eficientemente.

Con el diámetro basal, *P. greggii* y *P. pseudostrobus* son de calidad media, mientras que *P. michoacana* corresponde a calidad alta (Cuadro 6). De acuerdo con Mexal y Landis (1990), el diámetro es la característica de calidad más relevante, que permite predecir la supervivencia de la planta en campo y define la robustez del tallo, por lo que se asocia con el vigor y la supervivencia de la plantación. Los ejemplares con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas, aunque esto varía por especie.

Con la relación altura/diámetro basal (índice de robustez), *P. greggii* se califica como de baja calidad, *P. pseudostrobus* de calidad media y *P. michoacana* de calidad alta (Cuadro 6); de acuerdo con Rodríguez (2008), 70 % de la planta tendrá baja supervivencia y resistencia a la desecación por el viento, además de menor crecimiento potencial en sitios secos y por

### Plant quality

As for the height, the three species correspond to high plant quality (Table 6) and according to Mexal and Landis (1990), this component is a good predictor of the future size at the field, although it is not for survival; it is considered an insufficient indicator and it is convenient to relate it with other criteria to reflect its real value, even though it is important when the conditions of the planting site are adverse concerning herbaceous and shrub vegetation, since it must be considered to have enough height in order to be able to compete efficiently.

With the basal diameter, *P. greggii* and *P. pseudostrobus* are average, while *P. michoacana* corresponds to high quality (Table 6). According to Mexal and Landis (1990), the diameter is the most relevant quality characteristic that predicts survival of the plant in the field and defines the strength of the stem, so that it is associated to the force and survival of the plantation. The specimens with diameter greater than 5 mm are more resistant to bending and better tolerate pests, although this varies by species.

With the height/basal diameter (Index of Robustness), *P. greggii* is classified as low quality, *P. pseudostrobus* with medium quality and *P. michoacana* with high quality (Table 6); according to



lo citado por Prieto *et al.* (2003) y Prieto *et al.* (2009), los resultados indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, en las primeras especies citadas.

Asimismo, con la relación altura/longitud de raíz, *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* se clasifican de alta calidad, mientras que *P. greggii* de calidad baja (Cuadro 6); con base en lo citado por Prieto *et al.* (2003), éste indicador predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas, y, por lo tanto, se tendrían bajas tasas de supervivencia en las plantaciones, principalmente de *P. greggii*.

En la relación peso seco de la parte aérea/peso seco del sistema radicular, *P. greggii* y *P. pseudostrobus* se calificó la planta de calidad baja y *P. michoacana* de calidad alta (Cuadro 6); en función de lo referido por Rodríguez (2008), la producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero y los resultados indican una desproporción entre ambas secciones y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea, mientras que Thompson (1985) asevera que es más importante cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación.

Con el índice de calidad de Dickson, la planta de *P. greggii* y *P. pseudostrobus* se clasificó como calidad media y *P. michoacana* de calidad alta (Cuadro 6); al respecto González *et al.* (1996), mencionan que es un índice desarrollado para evaluar distintas combinaciones de parámetros morfológicos.

En las variables fisiológicas, Landis (1985) cita que el rango óptimo de nitrógeno (N) es de 1.3 a 3.5 %, por lo que en *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* los valores son de calidad baja y en *P. greggii* de calidad alta (Cuadro 6). Las deficiencias en este elemento nutrimental influirán en una baja supervivencia, resistencia a la sequía y bajo crecimiento en la plantación.

Igualmente, Landis (1985) argumenta que el fósforo (P) en el follaje de coníferas debe estar entre 0.2 y 0.6 % y el potasio (K) de 0.7 a 2.5 %; por lo que *P. greggii* presentó valores de calidad alta y *P. pseudostrobus* de media, mientras que en *P. michoacana* fue baja. En cuanto a K, *P. greggii* y *P. pseudostrobus* son de calidad media y *P. michoacana* alta (Cuadro 6).

Como se observa, en *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* hay deficiencias en N y valores bajos en P; los valores de K son de calidad media en *P. pseudostrobus* y *P. greggii*, lo que significa que debe ajustarse las dosis de estos nutrimentos para incrementar la calidad de la planta, ya sea en el sustrato o durante las etapas de crecimiento de la planta.

En carbono (C) y lignina (L), en las tres especies los valores registrados son de calidad alta (Cuadro 6).

Rodríguez (2008), 70 % of the plant will have low survival and resistance to desiccation by wind, besides lower growth potential in dry places and as quoted by Prieto *et al.* (2003) and Prieto *et al.* (2009), the actual results indicate an imbalance between growth in height and diameter, in the first-mentioned species.

Also, with height/root length ratio, *P. pseudostrobus* and *P. michoacana* are classified as having high quality, *P. greggii* it has low quality (Table 6); based on quoted by Prieto *et al.* (2003), this indicator predicts the success of the plantation and there must be balance and proportion between shoot and root system of plants, and, therefore, low survival rates would occur in plantations, in particular with *P. greggii*.

In terms of the dry weight of the aerial part/dry weight of root system ratio, *P. greggii* and *P. pseudostrobus* plant was graded of low quality and *P. michoacana* of high quality (Table 6); according to what Rodríguez (2008) reported, biomass production is important because it reflects the development of the nursery plant and the results indicate a mismatch between both sections and the existence of an insufficient root system to provide power to the aerial part, while Thompson (1985) asserts that it is most important when rainfall is scarce in planting sites.

With Dickson quality index, the plant of *P. greggii* and *P. pseudostrobus* was classified as of medium quality and *P. michoacana* of high quality (Table 6); in this regard, González *et al.* (1996) mention that it is an index developed to evaluate various combinations of morphological parameters.

In the physiological variables, Landis (1985) states that the optimal range of nitrogen (N) is 1.3 to 3.5 %, so that in *P. pseudostrobus* and *P. michoacana* values are of low quality and *P. greggii*, of high quality (Table 6). Deficiencies in this nutrient element influence poor survival, resistance to drought and low growth in the plantation.

In a similar way, Landis (1985) argues that phosphorus (P) in coniferous foliage should be between 0.2 and 0.6 % and Potassium (K), from 0.7 to 2.5 %; so *P. greggii* recorded values of high quality and *P. pseudostrobus* of medium quality, while *P. michoacana* they describe low quality. As for K, *P. greggii* and *P. pseudostrobus* are average and high quality in the case of *P. michoacana* (Table 6).

As it can be observed, *P. pseudostrobus* and *P. michoacana* have deficiencies in N and low values in P; K values are average in the first one and in *P. greggii*, which means that the doses of these nutrients must be fitted to increase the quality of the plant, either the substrate or during the stages of plant growth.

The recorded values of Carbon (C) and lignin (L) in the three species indicate high quality (Table 6).

Cuadro 6. Calidad de planta de las especies producidas en el vivero forestal "Morelia" en Michoacán.  
 Table 6. Quality of plant species produced in "Morelia" forest nursery in Michoacán.

Características	Variable	Especie					
		<i>Pinus pseudostrabus</i> Lindl.		<i>Pinus michoacana</i> Martínez		<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	
		Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
	Altura (cm)	27.91	A	8.65	A	36.59	A
	Diámetro basal (mm)	3.77	M	7.1	A	3.62	M
	Relación Altura/Diámetro basal	7.55	M	12.18	A	10.39	B
Morfológica	Relación Altura:Longitud de raíz	1.9:1	A	0.6:1	A	2.7:1	B
	Relación Biomasa seca aérea/ Biomasa seca raíz*	2.91	B	0.4	A	3.9	B
	Índice de calidad de Dickson	0.43	M	1.19	A	0.21	M
	Nitrógeno (%)	1.04	M	1.29	B	1.3	A
	Fósforo (%)	0.18	M	0.12	B	0.2	A
Fisiológica	Potasio (%)	0.62	M	0.72	A	0.67	M
	Carbono (%)	45.93	A	45.4	A	45.93	A
	Lignina (%)	20.4	A	20.45	A	21.45	A

A= Calidad alta; M= Calidad media; B= Calidad baja.\* Relación Biomasa seca raíz/Biomasa seca aérea para *P. michoacana*.  
 A= High quality; M= Medium quality; B= Low quality.\*Root dry biomass/ aerial dry biomass Ration for *P. michoacana*.

Con base en las características morfológicas y fisiológicas, así como en las relaciones o índices, a continuación se presenta un análisis de la calidad de planta por especie, producida en el vivero "Morelia" en Michoacán.

En *P. pseudostrabus* se tiene planta con diámetro de 3.77 mm y deficiencias en el contenido de N-P-K, por lo que es de calidad media y es necesario realizar adecuación en las dosis de fertilización. Con las relaciones: altura/diámetro basal y biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, corresponde a planta de calidad media y baja, respectivamente, lo que implica desproporción entre el desarrollo de la parte aérea, el diámetro y la raíz; las opciones para mejorar éstas relaciones son la poda de raíz y/o aérea, el aumento del área de crecimiento o menor densidad del cultivo y la siembra temprana. Con el ICD la calidad de planta es media (Cuadro 6).

En *P. michoacana* se detectaron deficiencias en el contenido de N y P, por lo cual se califica de calidad baja y es necesaria la adecuación de la dosis de fertilización. Asimismo, la planta es de calidad alta de acuerdo al índice de robustez e ICD (Cuadro 6).

Based on morphological and physiological characteristics as well as in relationships or indices, an analysis of the quality of plant by species produced in the "Morelia" nursery in Michoacán is presented.

In *P. pseudostrabus* there is plant with diameter of 3.77 mm and deficiencies in the content of N-P-K, which is of average quality and it is necessary to make some adjustments in fertilization doses. With the relationships: height/basal diameter and air dry biomass/root dry biomass, it corresponds to plant of medium and low quality, respectively, implying disproportion between the development of the aerial part, diameter and root; the options for improving these relationships are root and/ or aerial pruning, the increment growth area or lesser density of the culture and early sowing. With the ICD seedling quality is average (Table 6).

In *P. michoacana* deficiencies in the content of N and P were detected, so it qualifies for low quality and an adequacy of the fertilization dose is necessary. The plant is of high quality according to the index of robustness and ICD (Table 6).

Las plantas de *P. greggii* con diámetro de 3.62 mm se ubicaron con calidad media y se podría incrementar con una menor densidad del cultivo. Existe deficiencia en el contenido de K por lo que es de calidad baja y se solucionaría con ajuste a la dosis de fertilización. Con las relaciones: altura/diámetro basal, altura:longitud de raíz y biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, es de calidad baja, lo que implica árboles delgados y desproporción entre el desarrollo de la parte aérea y la raíz, donde el sistema radical es insuficiente para proveer de nutrimentos necesarios a la parte aérea, particularmente o menor densidad del cultivo y la siembra temprana. Con el ICD la planta es de calidad media (Cuadro 6).

A partir de la reclasificación multivariables, en el Cuadro 7 se muestran los resultados de calidad de planta desde el punto de vista morfológico y fisiológico. Cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación; las acciones para mejorar éstas relaciones son la poda de aérea, el aumento del área de crecimiento o menor densidad del cultivo y la siembra temprana.

*P. greggii* plants with 3.62 mm diameter were placed in the medium quality and it could increase with a lower density of the culture. There is a deficiency in K content, which makes it of low quality and it could be solved by fitting the fertilization dose. With the height/basal diameter, height: root length and aerial dry biomass/root dry biomass relationships it has low quality, which means thin trees and disproportion between the development of the aerial part and root, where the root system is insufficient to provide necessary nutrients to the shoot, particularly varying density of the culture and early sowing. With the ICD, the plant is of average quality (Table 6).

From the multivariate reclassification, in Table 7 are shown the results of plant quality from the morphological and physiological view point. When precipitation is scarce in the planting sites; actions to improve these relationships are air pruning, increased growth area or lower density of crop and sowing early.



Cuadro 7. Calidad de planta por especie en el vivero forestal "Morelia" en Michoacán.  
Table 7. Plant quality by species in in "Morelia" forest nursery in Michoacán.

Especie	Calidad	
	Morfología	Fisiología
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	Baja	Alta
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	Alta	Baja
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Media	Alta

La altura en las tres especies corresponde a planta de calidad alta, mientras que en la variable diámetro basal mostró valores de calidad media en las primeras dos especies, lo que indica una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro lo que repercutió en la baja robustez de la planta.

El contenido de lignina y carbono en las tres especies evaluadas, presenta valores de calidad alta, mismos que están estrechamente relacionados con el índice de lignificación, el cual representa el nivel de acondicionamiento que se le da a la planta, previo a la plantación.

Existen diferencias en los requerimientos entre las tres especies evaluadas, por lo que es necesario realizar ajustes en función de los nutrimentos disponibles en los sustratos y cubrir las necesidades de nutrición de cada una de las especies.

En las características morfológicas, las especies responden de manera diferente a las concentraciones de los nutrimentos, por tanto, para la fertilización se requiere evaluar el balance entre los nutrimentos, más que en la concentración individual.

The height in the three species corresponds to plant of high quality, while the basal diameter variable showed values of average quality in the first two species, indicating a disproportion between height growth and diameter which affected the low robustness of the plant.

The lignin content and carbon in the three assessed species, has values of high quality, which are closely related to the lignification index, which represents the level of conditioning that is given to the plant prior to planting.

There are differences in the requirements among the three tested species, so an adjustment is necessary based on the available nutrients in substrates and meet the nutritional needs of each species.

In the morphological characteristics, species respond differently to nutrient concentrations; therefore, for fertilization it is required to evaluate the balance among them, rather than in the individual concentration.

It is recommended to carry out a physico-chemical analysis of the substrates at the beginning of the production cycle to

Se recomienda realizar análisis físico-químicos de los sustratos al inicio del ciclo de producción, para determinar la cantidad de nutrimentos disponibles y contrastarlos con las necesidades de cada especie, que defina la mejor rutina de fertilización. Así como análisis foliares en las distintas fases de producción, para detectar y corregir a tiempo problemas de deficiencias nutrimentales.

Para mejorar la calidad de la planta con un cultivo apropiado para cada una de las especies, es necesario realizar la siembra al menos dos a tres meses antes de las fechas actuales para lograr un mejor desarrollo en vivero y no sean retrasadas por la falta de presupuesto oportuno y suficiente, ya que se propicia un crecimiento acelerado, se modifica la calidad de la planta y en consecuencia se tiene baja supervivencia y desarrollo de las plantaciones.

Para mejorar el índice de robustez, se requiere producir la planta con una menor densidad de cultivo, es decir, que se tendría mejor calidad de planta en charolas con menos de 77 cavidades; es recomendable dejar de utilizar envases de menor volumen, ya que limitan el desarrollo de la raíz y provocan un crecimiento heterogéneo de la parte aérea debido a las elevadas densidades que se manejan.

Para lograr una mejor calidad de planta con la relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, se requiere acciones de poda aérea y/o raíz, el aumento del área de crecimiento y la siembra temprana.

determine the amount of available nutrients and compare them with the needs of each species, to define the best fertilization routine. Also, a foliar analysis at different stages of production must be made, to detect and correct problems of nutritional deficiencies on time.

In order to improve the quality of the plant with a suitable crop for each of the species, it is necessary to sow at least two to three months before the actual dates for better development at the nursery and not be delayed by the lack of timely and sufficient budget, since rapid growth is promoted, the quality of the plant is modified and, therefore, there is low survival and unsuccessful development of plantations.

To raise the robustness index, the cultivation of plant must be made at lower density than at present in the nursery, that is, that a better quality would be achieved in trays with less than 77 cavities; it is advisable to stop using lower volume containers, since they limit the development of the root and cause heterogeneous growth of the aerial part due to the high densities.

To achieve a better quality of plant with the dry aboveground biomass/dry root biomass ratio, it is necessary to apply top and/or root pruning, increasing the area of growth and early sowing.

*End of the English version*

## Referencias

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F., México. p. 246.
- García, M. A. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. Concordia, Entre Ríos, Argentina. 10 p. [http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312\\_II\\_GARCIA.pdf](http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312_II_GARCIA.pdf) (19 de septiembre de 2008).
- González, M. E., C. Donoso, C. y B. Escobar. 1996. Efecto de distintos regímenes de manejo radicular en el crecimiento de plantas de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst.) 1-0 a raíz desnuda. *Bosque* 17(1): 29-41.
- 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 test. Oregon State University, Corvallis, OR, USA. pp. 29-48.
- Mas P., J. 2003. Guía práctica para la producción de planta en un vivero. Comisión Forestal del Estado. Morelia, Mich., México. Boletín Técnico Núm. 5. Vol. 1. 37 p.
- Mexal, J. G. and Landis T. D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target seedlings symposium. General Technical Report USDA Forests 13:105-119.
- Microsoft Office. 2007. Excel®. Ver. 2007. Redmond, WA, USA. s/p.
- Prieto R., J. A., G. Vera C. y E. Merlin B. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo., México Folleto Técnico Núm. 12. 24 p.
- Prieto R., J. A., J. L. García R., J. M. Mejía B., S. Huchín A. y J. L. Aguilar V. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo., México. Publicación Especial Núm. 28. 48 p.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Ed. Mundi Prensa. México, D.F., México. 156 p.
- Ruano, M. J. R. 2003. Viveros Forestales, Manual de cultivo y proyectos. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 281 p.
- Sáenz R., C. y R. Lindig C. 2004. Evaluación y Propuestas para el Programa de Reforestación en Michoacán. *Ciencia Nicolaita* 37: 107-120.
- Statistical Analysis System (SAS). 2003. SAS. Ver. 9.1. SAS Institute. North Carolina State University. Raleigh, NC, USA. s/p.
- Thompson, B. 1985. Seeling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: Durges, M. L. (ed.). Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. pp. 59-71.

