



Artículo / Article

Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán

Plant quality in the *La Dieta* forest nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán state

Hipolito Jesús Muñoz Flores¹, José Trinidad Sáenz Reyes¹, Víctor Manuel Coria Avalos¹,
José de Jesús García Magaña², Jonathan Hernández Ramos³ y Gyordy Eduardo Manzanilla Quijada⁴

Resumen

La baja calidad de la planta producida en los viveros forestales de México es una de las causas del poco éxito que se tiene en las plantaciones. Esto provoca que, a nivel nacional, la tasa anual de sobrevivencia, al año de plantación sea de aproximadamente 50 %. De ahí, que el objetivo del presente estudio sea evaluar la calidad de planta, mediante índices morfológicos y fisiológicos, producida en el vivero forestal "La Dieta", del municipio Zitácuaro, Michoacán. El ciclo de producción de la planta fue de mantenimiento, producidas en bolsa de polietileno negro. Para ello se obtuvo por muestreo al azar una muestra de 410 plantas. Se evaluó la altura, diámetro del cuello, biomasa seca total y se determinó el Índice de Robustez (IR), Índice de Lignificación (IL) y el Índice de Calidad de Dickson (ICD); así como la concentración de nutrimentos (N-P-K), y el contenido de carbono y lignina. Los resultados mostraron que la planta superó los valores para calificarla como calidad alta; con 6.0 cm en altura y 5.0 mm de diámetro para especies de crecimiento de hábito cespitoso, y de 15.0 cm en altura y 4.0 mm de diámetro para las de crecimiento normal. Los valores promedios de ICD fueron 2.16 en *Pinus michoacana*, 1.54 en *Pinus ayacahuite* y 1.77 para *Cupressus lindleyi*, que corresponden a una calidad alta. Las concentraciones de nutrimentos resultaron diferentes en todos los casos; con deficiencias de N y P en *C. lindleyi*, y K en *P. michoacana*, clasificándolas de calidad baja.

Palabras clave: Calidad de planta, Índice de Calidad de Dickson, Índice de Lignificación, Índice de Robustez, producción de planta forestal, viveros forestales.

Abstract

The low quality of the plants produced in forest nurseries in Mexico is one of the causes of limited success of plantations, causing the national annual rate of survival to be approximately 50 % a year after planting. The aim was to assess, through morphological and physiological indices, the quality of the soilproduced in the forest nursery *La Dieta*, located in the *Zitácuaro* municipality, *Michoacán* state. The plants, grown in black polythene bags, were in a maintenance cycle. A sample of 410 of them was selected at random. The height, root neck diameter and total dry biomass were evaluated; in addition, the Robustness Rate (RR), Lignification Rate (LR) and Dickson's Quality Index (DQI), as well as the concentration of nutrients (NPK) and the carbon and lignin content were determined. According to the results, the plants surpassed the values required to be rated high quality, with a height of 6.0 cm and a root neck diameter of 5.0 mm for species with a grass-like growth habit, and a height of 15.0 cm and a diameter of 4.0 for species with normal growth. The average DQI values were 2.16 for *Pinus michoacana*, 1.54 for *Pinus ayacahuite* and 1.77 for *Cupressus lindleyi*, all of which are indicative of high quality. The concentrations of nutrients were different in each case, with N and P deficiencies in *C. lindleyi* and K deficiency in *P. michoacana*; therefore, these species were rated low quality in regard to this parameter.

Key words: Plant quality, Dickson's quality index, lignification rate, robustness rate, forest plant production, forest nurseries.

Fecha de recepción/date of receipt: 12 de septiembre de 2013; Fecha de aceptación/date of acceptance: 7 de octubre de 2014.

¹ Campo Experimental Uruapan, CIR-Pacífico Centro, INIFAP. Correo-e: munoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx.

² Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

³ Campo Experimental Chetumal, CIR- Sureste, INIFAP.

⁴ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Introducción

La baja calidad de la planta producida en los viveros forestales de México es una de las causas del poco éxito que se tiene en las plantaciones de restauración; esto ha provocado que, a nivel nacional, la tasa anual de sobrevivencia después de un año del trasplante sea de alrededor de 50 %; cuyas principales causas de muerte son las fechas inadecuadas de plantación (36 %), sequías (18 %) y mala calidad de la planta (13 %); de igual manera, el pastoreo, la selección inapropiada de especies, incidencia de plagas y enfermedades, también contribuyen a la mortalidad de la planta (Magaña *et al.*, 2007).

La producción de planta en vivero es el proceso por el cual se le dan a la semilla los cuidados y tratamientos necesarios para su buena germinación y para que la planta crezca adecuadamente, con la finalidad de que se logren altas tasas de sobrevivencia y se favorezca su desarrollo al plantarla en campo. Las prácticas de manejo en vivero se reflejan en la calidad de la planta producida, la cual debe tener una serie de atributos morfológicos y fisiológicos, que le den la capacidad de adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Prieto y Alarcón, 1998; Rodríguez, 2008).

Un grave problema que se presenta en los viveros nacionales consiste en que, generalmente, las plantas producidas no son de calidad; en consecuencia, si el sitio de plantación presenta inconvenientes climáticos o de suelo, tales como escasez de agua, temperatura extrema alta o baja; suelos de baja fertilidad o propiedades físicas poco deseables se fracasará en el establecimiento de plantaciones. Para evitar este tipo de contratiempos es necesario producir planta en el vivero que presente buenas dimensiones, vigor y tasas de crecimiento (López, 1990).

En el estado de Michoacán, el cambio de uso del suelo, el clandestinaje, los incendios, las plagas y enfermedades han afectado seriamente la calidad y superficie de bosques y zonas tropicales; por otro lado, la industria forestal tiene alta demanda de materias primas. Esos factores conllevan a la necesidad de implementar estrategias tecnológicas como las plantaciones forestales comerciales o de restauración para la obtención de productos maderables, la protección y conservación de los recursos asociados al bosque (Sáenz *et al.*, 2010).

Durante el ciclo de propagación de planta en vivero se realizan diversas operaciones de cultivo que permiten al viverista manipular algunas de las condiciones ambientales y acciones de manejo, que influyen en la morfología y la fisiología de la planta (Bierchler *et al.*, 1998). En la determinación de la calidad de la planta se utilizan parámetros morfológicos y fisiológicos (Gomes *et al.*, 2002). Debido a lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad de

Introduction

The low quality of the plants produced in the forest nurseries of Mexico is one of the causes of the little success of restoration plantations; this has caused the national annual survival rate to be approximately 50 % a year after planting; the main causes of death are untimely planting (36 %), droughts (18 %) and poor plant quality (13 %). Grazing, an inadequate species selection and the incidence of pests and diseases also contribute to plant mortality (Magaña *et al.*, 2007).

Nursery plant production is the process through which the seeds are provided the necessary cares and treatments for their proper germination and growth to achieve high survival rates and favor their development once they are planted in the field. Nursery management practices are reflected on the quality of the plants, which must have a series of morphological and physiological attributes that allow them to adapt and develop in the climatic and edaphic conditions of the planting site (Prieto and Alarcón, 1998; Rodríguez, 2008).

A serious problem of national nurseries is that, in general, the plants they produce are not high quality; consequently, if the plantation site has inconvenient climatic or soil characteristics, such as water scarcity, extremely low or high temperatures, soils with a low fertility or undesirable physical properties, the plantations will fail to establish. In order to avoid this kind of setbacks, it is necessary to produce plants with high growth rates and appropriate dimensions and vigor in nursery (López, 1990).

In the state of Michoacán, the land use change, clandestine logging, forest fires, pests and diseases have seriously affected the quality and surface of forests and tropical areas; on the other hand, the forest industry has a high demand of raw materials. These factors entail the need to implement technological strategies such as commercial forest plantations or restoration plantations to obtain timber products, as well as to protect and preserve the resources associated to the forest (Sáenz *et al.*, 2010).

During the propagation cycle of the plant in the nursery, certain culture operations are carried out which allow nursery operators to manipulate some of the environmental conditions and management actions that influence the morphology and physiology of the plants (Bierchler *et al.*, 1998). Plant quality is determined based on morphological and physiological parameters (Gomes *et al.*, 2002). Hence, this paper had the aim to evaluate the quality of the plants produced in the *La Dieta* forest nursery based on morphological and physiological indices.



planta producida en el vivero forestal "La Dieta" mediante índices morfológicos y fisiológicos.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio

El vivero La Dieta es propiedad de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán (Cofom), se ubica en las coordenadas 19°26'53" latitud norte y 100°12'41" longitud oeste; con una altitud de 2 731 m, en el municipio Zitácuaro, Michoacán (Figura 1).

Su relieve lo constituyen el Sistema Volcánico Transversal, la sierra de Zitácuaro y los cerros: Cacique, Santa Catarina, Coyota, Aquila, Zirahuato, Pelón, Valles de Zitácuaro, San Felipe, Ocurio y El Polvorín (Firco-Cofom, 2006). Se localiza en la región hidrológica denominada RH18 (Río Balsas), en la Cuenca G (Río Cutzamala), subcuenca bl6 (Río Palo Amarillo), microcuenca 001 (Crescencio Morales). Los arroyos que atraviesan el predio son Laguna Seca, Choreje y Arroyo Grande (Firco-Cofom, 2006). El clima corresponde al C (E) (m) (W): clima templado (C), al subgrupo de climas semifríos (E) y al tipo semifrío, subhúmedo (m), con abundantes lluvias en verano (W), con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 % (García, 1988).

El suelo predominante es el Andosol húmico, suelo secundario Andosol ócrico y Feozem háplico, con una base de textura media en los 30 cm superficiales, con una base física lítica, lecho rocoso entre 10 y 15 cm de profundidad (Cofom, 2007). La topografía es plana con una pendiente de 2 %.

En el municipio se identifican diversos tipos de vegetación, integrados en su mayoría por especies de los géneros *Pinus*, asociado con *Abies*; en menor proporción con *Quercus*, otras hojosas y *Cupressus*. El estrato arbustivo está formado por no maderables: *Baccharis conferta* Kunth (cintumilla), *Cornus disciflora* Moc. & Sessé ex DC. (hojas anchas), *Salvia elegans* Vahl (salvia), *Satureja macrostema* (Moc. & Sessé ex Benth.) Briq. (tabaquillo) y *Lippia umbellata* Cav (salvia alta). El estrato herbáceo lo integran *Adiantum andicola* Liebm. (helecho), *Arracacia atropurpurea* Benth. Hook. f. ex Hemsl. (carricillo), *Echeveria secunda* Booth ex Lindl. (magueycillo), *Stachys coccinea* Jacq. (yerba del burro), *Rubus adenotrichus* Schltdl. (zarza), *Eupatorium mairetianum* DC. (vara blanca), *Poa* spp., *Stipa* spp., *Agrostis* spp., *Eragrostis* spp., *Sporobolus* spp., *Muhlenbergia* spp. (Semarnap, 2005; Rzedowski, 1978).



Materials and Methods

Study area

The *La Dieta* nursery is owned by the Michoacán State Forest Commission (Cofom), located at the coordinates 19°26'53" north and 100°12'41" west, at an altitude of 2 731 m, in Zitácuaro municipality, Michoacán state (Figure 1).

Its topography consists of the Transversal Volcanic System, the Zitácuaro mountain range and the mountains Cacique, Santa Catarina, Coyota, Aquila, Zirahuato, Pelón, Valles de Zitácuaro, San Felipe, Ocurio and El Polvorín (Firco-Cofom, 2006). It is located in the hydrological region known as H18 (Balsas river), in the G Basin (Cutzamala river), sub-basin bl6 (Palo Amarillo river), microbasin 001 (Crescencio Morales). The streams that cross the premises are Laguna Seca, Choreje and Arroyo Grande (Firco-Cofom, 2006). The climate is classified as C (E) (m) (W): temperate climate (C), semi-cold subgroup (E) and semi-cold, subhumid type (m), with abundant summer rains (W) and a percentage of winter precipitations below 5 % (García, 1988).

The predominant soil is humic andosol; ochric andosol and haplic phaeozem are secondary soils, with a base of average texture in the 30 cm surface layer and a physical lithic base, i.e. a rock bed between 10 and 15 cm deep (Cofom, 2007). The topography of the study area is flat, with a 2 % slope.

Various types of vegetation have been identified in the municipality. These consist mainly of the *Pinus* genus associated with *Abies*; in a smaller proportion, *Quercus*, other leafy genera and *Cupressus*. The shrub stratum is formed by non-timber yielding species: *Baccharis conferta* Kunth (cintumilla), *Cornus disciflora* Moc. & Sessé ex DC. (broad leaves), *Salvia elegans* Vahl (pineapple sage), *Satureja macrostema* Moc. & Sessé ex Benth. Briq. (tabaquillo) and *Lippia umbellata* Cav (tall sage). The herbaceous stratum is constituted by *Adiantum andicola* Liebm. (fern), *Arracacia atropurpurea* Benth. & Hook. f. ex Hemsl. (carricillo), *Echeveria secunda* Booth ex Lindl. (blue hens and chicks), *Stachys coccinea* Jacq. (scarlet hedgenettle), *Rubus adenotrichus* Schltdl. (blackberry), *Eupatorium mairetianum* DC. (thoroughwort), *Poa* spp., *Stipa* spp., *Agrostis* spp., *Eragrostis* spp., *Sporobolus* spp., *Muhlenbergia* spp., (Semarnap, 2005; Rzedowski, 1978).

Based on *in situ* visits and interviews with the technical and operative staff responsible for the forest nursery, the production system was described and a sampling intensity (SI) was assigned to it depending on the number of plants that were available at the time of the data collection. The selected species were *Pinus michoacana* Martínez, *P. ayacahuite* var. *veitchii* (Roetzl) Shaw, and *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl.

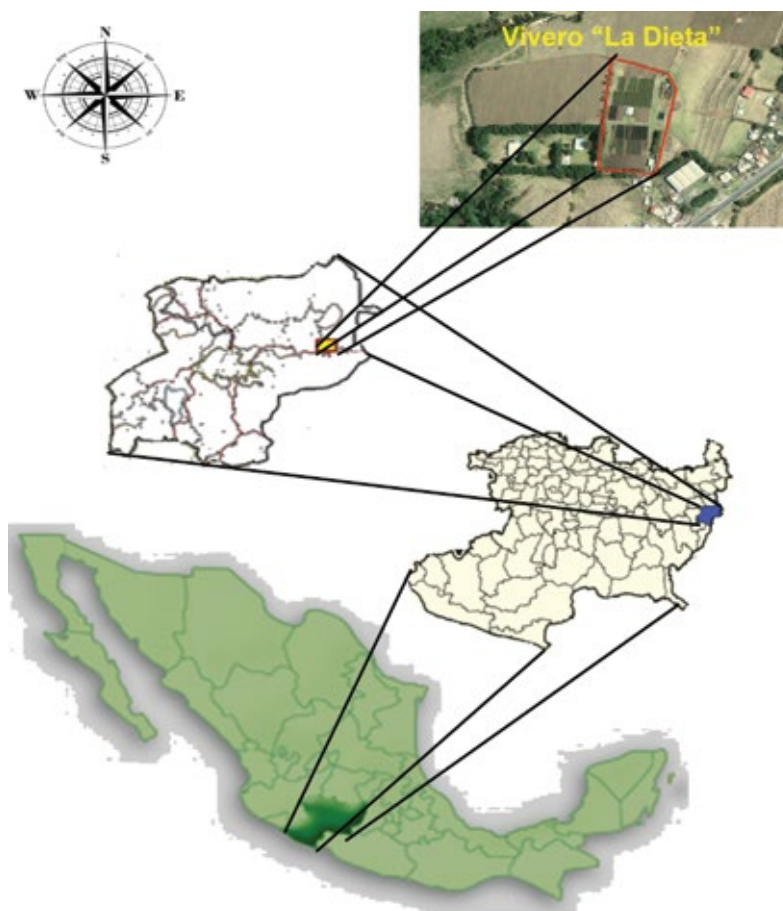


Figura 1. Localización del vivero La Dieta, ubicado en el municipio Zitácuaro, Michoacán.

Figure 1. Location of the *La Dieta* nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán state.

Mediante visitas *in situ* y entrevistas con el personal técnico y operativo responsable del vivero forestal, se caracterizó el sistema de producción y se asignó una intensidad de muestreo (IM), la cual dependió de la cantidad de planta disponible al momento de la toma de datos. Las especies seleccionadas fueron *Pinus michoacana* Martínez, *P. ayacahuite* var. *veitchii* (Roezli) Shaw, y *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl.

El ciclo de producción de las plantas fue de mantenimiento con una edad de nueve meses; es decir, que no alcanzó las dimensiones requeridas para ser plantada, quedándose en el vivero hasta la siguiente temporada de plantación (Cuadro 1).

The plants, aged nine months, were undergoing a maintenance production cycle, *i.e.* they did not reach the dimensions required for transplant and therefore remained in the nursery until the next planting season (Table 1).

Sampling design and forest plant collection

In order to assess the quality of the plants, their availability in nursery was considered, for which purpose random sampling was used. 30 *P. michoacana*, 60 *P. ayacahuite* and 20 *C. lindleyi* seedlings were considered. In addition, 100 seedlings of each species were measured to collect data of their height and stem diameter; a total of 410 plants per species were used. The data were organized by species in the form of tables using Microsoft Office Excel® 2007, to analyze their morphological and physiological variables.



Cuadro 1. Especies evaluadas, intensidad de muestreo, tipo de envase, disponibilidad de planta y ciclo de producción de planta en el vivero "La Dieta", municipio Zitácuaro, Michoacán.

Especie	Intensidad de muestreo (%)	Tipo de envase	Disponibilidad de planta	Ciclo de producción
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	0.03	Bolsa de polietileno	100 000	Mantenimiento
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	0.02	Bolsa de polietileno	300 000	Mantenimiento
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	0.02	Bolsa de polietileno	100 000	Mantenimiento

Table 1. Evaluated species, sampling intensity, type of packaging, availability of the plant and plant production cycle in the *La Dieta* nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán state.

Species	Sampling intensity (%)	Type of packaging	Plant availability	Production cycle
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	0.03	Polyethylene bag	100 000	Maintenance
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	0.02	Polyethylene bag	300 000	Maintenance
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	0.02	Polyethylene bag	100 000	Maintenance

Diseño de muestreo y obtención de planta forestal

Para evaluar la calidad de la planta se consideró su disponibilidad en el vivero, a través de un muestreo al azar. Se consideraron 30 plántulas de *P. michoacana*, 60 plántulas de *P. ayacahuite* y 20 de *C. lindleyi*; además se midieron 100 plántulas por cada especie para la toma de datos en altura y grosor del tallo, con un total de 410 plantas por taxon. Los datos se organizaron por medio de tablas en Microsoft Office Excel® 2007, a nivel de especie para el análisis de las variables morfológicas y fisiológicas.

Una vez seleccionado el muestreo, se extrajo la planta de la bolsa de polietileno sacudiéndola y empleando agua para quitar el exceso de tierra. Enseguida se eliminó el exceso de humedad, se empacaron de manera individual en bolsas de papel, rotuladas con información del vivero, especie, platabanda y número de planta. La medición de las variables se realizó en el mes de septiembre.

Las variables consideradas fueron altura (cm), que se midió con una regla métrica de metal ACME® 1028; diámetro del cuello de la raíz (mm), mediante un calibrador digital vernier Truper® 14388; la biomasa verde parte aérea y sistema radicular (g), biomasa seca parte aérea y sistema radicular (g), se obtuvieron con una balanza electrónica digital SF 460-A. Se determinó la relación altura/diámetro del cuello de la raíz o índice de robustez (IR); la relación de altura (cm) y diámetro del cuello de la raíz (mm) de la planta de crecimiento normal, se estimó con la fórmula siguiente:

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

Once the samples were selected, the plant was extracted from the polythene bag and shaken, and the excess dirt was removed with water. The excess moisture was also immediately removed; the plants were packed individually in paper bags marked with information about the nursery, the species, nursery bed and plant number. The variables were measured in September.

The variables considered were height (cm), which was measured with an ACME® 1028 metric metal ruler; the root neck diameter (mm), which was taken with a Truper® 14388 vernier calibrator; green aerial and root biomass (g), and dry aerial and root biomass (g), SF 460-A digital scale. The height/root neck diameter ratio -or robustness rate (RR)- and the height (cm)/root neck diameter (mm) of the plant with a normal growth were determined by using this formula:

$$RR = \frac{\text{Height (cm)}}{\text{Root neck diameter (cm)}}$$

The same formula, with the height measured in millimeters, was used for species with a grass-like habit.

The height/root length (H/RL) ratio. Predicts the success of the plantation; there must be a balance and proportion between the aerial part and the root system of the plants.

The dry aerial biomass/dry root biomass (DAB/DRB R). Reflects the development of the plant in the nursery; for species with a normal growth, this value was estimated by using the following equation:

$$DAB / DRB R = \frac{\text{Dry aerial biomass (g)}}{\text{Dry root biomass (g)}}$$

Para especies de hábito cespitoso se calculó con la misma fórmula, con la altura en milímetros.

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.

Relación biomasa seca aérea / biomasa seca raíz (R BSA/BSR). Refleja el desarrollo de la planta en vivero, para especies de crecimiento normal se calculó con la ecuación:

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

Para las especies de crecimiento cespitoso, se utilizó la siguiente expresión:

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

El Índice de Calidad de Dickson (ICD) reúne varios atributos morfológicos en un solo valor y se usa como índice de calidad: a mayor valor del índice, resultará una mejor calidad de planta. Se estimó con la fórmula:

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

El Índice de lignificación (IL) relaciona el peso seco total, entre el peso húmedo total de la planta, el cual determina el porcentaje de lignificación. Se determinó con la ecuación:

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

Las características fisiológicas se determinaron con el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), carbono (C) y lignina en las especies evaluadas. Los análisis se efectuaron en el Laboratorio de Bromatología, del Campo Experimental "Tecomán" del INIFAP.

Con las características evaluadas, se calificó la calidad de planta mediante comparaciones con los valores citados en diversos estudios de coníferas. Y debido a que no se han determinado intervalos específicos para especies mexicanas, se definieron valores para taxa de crecimiento normal y con hábito cespitoso (cuadros 2 y 3). En el caso de las primeras, se incluye la categoría de calidad media para los valores muy cercanos a los límites inferiores de los intervalos de calidad alta. La finalidad fue establecer criterios integrales para la calidad de la planta. A cada parámetro morfológico y fisiológico evaluado, se le definió un intervalo y un nivel de calidad: alta, media y baja (Cuadro 2).

For species with a grass-like growth, the following expression was used:

$$DRB / DAB\ R = \frac{\text{Dry root biomass (g)}}{\text{Dry aerial biomass (g)}}$$

Dickson's Quality Index (DQI) gathers several morphological attributes in a single value and is used as a quality index —the higher the value of the index, the better the plant quality. It was estimated by using the following formula:

$$\text{Dickson's quality index (DQI)} = \frac{\text{Total dry weight (g)}}{\frac{\text{Height (cm)}}{\text{Diameter (mm)}} + \frac{\text{Aerial dry weight (g)}}{\text{Dry root weight (g)}}}$$

The lignification rate (LR) is the ratio between the total dry weight and the total moist weight of the plant, expressed as a percentage. It was determined by using the following equation:

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

The physiological characteristics were determined by the nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), carbon (C) and lignin contents of the evaluated species. The analyses were carried out at the Bromatology Laboratory of the Tecomán Experimental Station of INIFAP.

Based on the evaluated characteristics, the plant quality was rated by comparing the results with the values cited in various studies on conifers. Because specific intervals have not been determined for Mexican species, values for taxa with a normal growth and with a grass-like growth habit (tables 2 and 3) were defined. In the case of the former, the medium quality category is included for values that are very close to the lowest high quality intervals. The purpose of this inclusion was to establish comprehensive plant quality criteria. An interval and a quality level -high, medium and low- was determined for every morphological and physiological parameter evaluated (Table 2).

Plant quality criteria for species with a grass-like growth habit cultivated in temperate climate nurseries were defined based on an interval, and high and low quality levels were determined (Table 3).

At the individual level, the use of morphological or physiological parameters has limitations for predicting plant survival and growth in the planting sites; they were therefore reclassified (Sáenz *et al.*, 2010).



Cuadro 2. Valores para calificar la calidad de planta con crecimiento normal en viveros forestales de clima templado en Michoacán.

Características	Variable	Calidad y rango		
		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
Fisiológicas	Índice de calidad de Dickson	≥ 0.50	0.49-0.20	< 0.20
	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

* Intervalos óptimos de nutrimentos recomendados por Landis (1989); N = 1.3-3.5 %; P = 0.2-0.6 %; K = 0.7-2.5 %.

Table 2. Values used for rating the quality of plants with a normal growth at temperate climate forest nurseries in Michoacán state.

Characteristics	Variable	Quality and Interval		
		High	Medium	Low
Morphological	Height (cm)	15.0-25.0	10.0-14.9	< 10.0
	Stem base diameter (mm)	≥ 4.0	2.5-3.9	< 2.5
	Height/ Stem base diameter ratio	< 6.0	6.1-8.0	> 8.0
	Height/Root length ratio	≤ 2	2.1-2.5	> 2.5
	Dry aerial biomass/Dry root biomass ratio	1.5-2.0	2.1-2.5	> 2.5
	Dickson's Quality Index	≥ 0.50	0.49-0.20	< 0.20
Physiological	Nitrogen (%)*	1.3-3.5	1.1-1.29	< 1.1
	Phosphorus (%)*	0.20-0.60	0.19-0.10	< 0.10
	Potassium (%)*	0.70-2.50	0.50-0.69	< 0.50
	Carbon (%)	≥ 45.0	40.0-44.9	< 40.0
	Lignin (%)	≥ 11.33	10.0-11.32	< 10.00

* Optimal nourishment intervals recommended by Landis (1989); N = 1.3-3.5 %; P = 0.2-0.6 %; K = 0.7-2.5 %.

Los criterios de calidad de planta para especies con crecimiento de hábito cespitoso en viveros de clima templado, se definieron mediante un intervalo y se determinaron los niveles de calidad alta y baja (Cuadro 3).



Multivariable classification

High quality. This refers to plants without any undesirable characteristics; i.e. the evaluated variables were rated as high quality (H); however, while a maximum of two values with a medium quality (M) may be accepted, low quality values (L) are totally inadmissible.

Medium quality. Up to three medium quality (M) values and one low quality value (L) are accepted.

Cuadro 3. Valores determinados para calificar la calidad de planta con hábito de crecimiento cespitoso en viveros forestales de clima templado en Michoacán.

Características	Variable	Calidad y rango	
		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 aérea/biomasa seca raíz	≥ 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

* Intervalos óptimos de nutrimentos recomendados por Landis (1989); N = 1.3-3.5 %; P = 0.2-0.6 %; K = 0.7-2.5 %.

Table 3. Values determined in order to rate the quality of plants with a grass-like growth habit in temperate climate forest nurseries of Michoacán state.

Characteristics	Variable	Quality and Interval	
		High	Low
Morphological	Height (cm)	≥ 6.0	< 6.0
	Stem base diameter (mm)	≥ 5.0	≥ 5.0
	Height/Stem base diameter ratio	≥ 8.0	< 8.0
	Height/Root length ratio	≤ 2.5	> 2.5
	Dry aerial biomass/Dry root biomass ratio	≥ 0.15	< 0.15
	Dickson's Quality Index	≥ 0.5	< 0.5
	Nitrogen (%)*	1.3-3.5	< 1.3
Physiological	Phosphorus (%)*	0.20-0.60	< 0.20
	Potassium (%)*	0.70-2.50	< 0.70
	Carbon (%)	≥ 45.0	< 45.0
	Lignin (%)	≥ 11.33	< 11.33

* Optimal nourishment intervals recommended by Landis (1989); N = 1.3-3.5 %; P = 0.2-0.6 %; K = 0.7-2.5 %.

En forma individual, la utilización de parámetros morfológicos o fisiológicos presenta limitantes para predecir la supervivencia y crecimiento de las plantas en los sitios de plantación; por esa razón se reclasificaron (Sáenz *et al.*, 2010)

Low quality. This includes those plants with two or more low quality values (L); in other words, these are individuals that will have a low survival rate and a poor development in the planting sites.

Clasificación multivariable

Calidad alta. Se refiere a plantas que presentan ausencia absoluta de características indeseables; es decir, las variables evaluadas se calificaron como de calidad alta (A), aunque se pueden 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 con dos o más valores de calidad baja (B); en otras palabras, son individuos que tendrán una baja supervivencia y reducido desarrollo en los sitios de plantación.

Resultados y Discusión

Caracterización de los sistemas de producción en el vivero La Dieta

La administración y producción de planta dependen de un coordinador de vivero, un jefe de campo y 14 auxiliares de campo. Las jornadas de trabajo son de ocho horas efectivas por día, durante cinco días a la semana.

Al inicio del ciclo de producción, y en la distribución de salida de la planta, se contrata personal eventual. La planta se produce a la intemperie con malla sombra. La producción promedio anual es de 500 000 plantas. En el año 2008 se distribuyó de la siguiente manera: 300 000 de *P. ayacahuite*, 100 000 de *P. michoacana* y 100 000 de *C. lindleyi*.

El sustrato es 100 % tierra de monte y no se efectúan labores para su desinfección, ni análisis de su contenido nutrimental. Se practica la micorrización con *Trichoderma* sp. El análisis del sustrato, al final del ciclo de producción, indica que el pH fue de 6.90, densidad aparente de 0.62 g cm⁻³, materia orgánica de 7 %, nitrógeno asimilable 66 ppm, fósforo total 18 ppm y potasio 103 ppm.

El tipo de reproducción es 100 % sexual. La semilla se siembra en el mes de enero. La producción de planta se realiza en bolsas de polietileno negro, calibre 400, con dimensiones de 13 x 20 y 10 x 20 cm, de ancho y largo, respectivamente. Previo a la siembra se aplica a la semilla un tratamiento de remojo en agua, en dos periodos de 12 horas cada uno, y una hora se extiende para su secado al aire libre, entre cada tiempo de remojo. No se hace desinfección de la semilla y se reproduce en almácigo, para posteriormente trasplantarla a las bolsas. Las camas de crecimiento son de 100 cm de ancho y 15 m de largo.

La fertilización se aplica por medio de aspersor durante el ciclo de producción. En la etapa de establecimiento se emplea la fórmula 07-40-17, en dosis de 500 g en 100 L de agua, hasta que la planta alcanza 10 cm de altura. En la fase de rápido crecimiento se suministra la fórmula 20-07-19, en dosis de 500 g 100 L⁻¹ de agua, cuando la planta tiene entre 11 y 25 cm de altura. En la etapa de finalización se utiliza la fórmula 4-25-35, en dosis de 500 g 100 L⁻¹ de agua, cuando la planta supera los 25 cm de altura. Todas las

Results and Discussion

Characteristics of the production systems in the La Dieta forest nursery

Plant management and production depend on a nursery coordinator, a field manager and 14 field assistants working eight effective hours per day five days a week.

Temporary staff is hired at the beginning of the production cycle and during the outward distribution of the plants. The plants are produced outdoors, under a shade mesh. The average annual production is 500 000 plants, which in the year 2008 were distributed as follows: 300 000 *P. ayacahuite*, 100 000 *P. michoacana* and 100 000 *C. lindleyi*.

The substratum is 100 % mountain soil, which undergoes no disinfection process or nutritional content analysis. Mycorrhization with *Trichoderma* sp. is practiced. The substratum analysis at the end of the production cycle indicates that the pH was 6.90, with an apparent density of 0.62 g cm⁻³, 7 % organic matter, 6 ppm of assimilable nitrogen, 18 ppm of total phosphorus and 103 ppm of potassium.

Reproduction is 100 % sexual. Seed is planted in January. The plants are produced in 400 gauge black polyethylene bags with a width and length of 13 x 20 and 10 x 20 cm, respectively. Before the planting, the seeds are treated by soaking in water for two 12-h periods, and they are spread out to dry in the open air for one hour between each soaking period. The seeds are not disinfected, and they are reproduced in a seedbed and subsequently transplanted into the bags. The seedbeds are 100 cm wide and 15 m long.

Spray fertilizers are applied during the production cycle. In the establishment phase the 07-40-17 formula is used in doses of 500 g in 100 L of water until the plant reaches a height of 10 cm. In the rapid growth phase, the 20-07-19 formula is administered in doses of 500 g 100 L⁻¹ when the height of the plant is 11 to 25 cm. In the finalizing phase, the 4-25-35 formula is used in doses of 500 g 100 L⁻¹ of water when the height of the plant is above 25 cm. All the doses are applied three times a week according to a fertilization routine based on experience, without foliar analysis to show the nutrient uptake levels.

Irrigation water comes from the *El Aserrín* river and is applied manually with a hose. No uniformity tests are carried out; both the water supply and the quality of the water are considered to be good.



dosis se adicionan tres veces a la semana, con una rutina de fertilización determinada por la experiencia; sin análisis foliares que muestren los niveles de asimilación de nutrimentos.

El agua de riego proviene del río "El Aserrín" y se aplica en forma manual con manguera. Tampoco se realizan pruebas de uniformidad, tanto el abastecimiento como la calidad del agua se consideran buenos.

Las plagas y enfermedades se identifican con base en la experiencia del personal técnico, y bajo asesoría técnica. Se observaron problemas por defoliadores en *P. michoacana* y *C. lindleyi*, los cuales se controlan con Decis®, en dosis de 150 mL en 100 L de agua; ataque de hongos *Damping off*, especialmente en *P. ayacahuite*, y se controla con los productos Cupravit® y Ridomil®, en dosis de 120 mL en 100 L de agua o Captán® en dosis de 40 g en 19 L de agua. Las plagas del suelo, como la denominada "gallina ciega", se controlan con Furadán® en dosis de 150 mL en 100 L de agua.

Dos meses antes de la salida de la planta, se lleva a cabo un preacondicionamiento que la endurece, mediante la disminución de la cantidad y concentración de los nutrimentos, así como de la frecuencia de los riesgos. Además, en caso de ser necesario, la malla sombra se retira completamente. Otra actividad practicada es la evaluación de la calidad de la planta, con base en la medición de la altura, del diámetro del tallo, observación del vigor y de la coloración del follaje.

El tiempo de producción que requiere la planta es variable. En el año 2008 fue de ocho meses, para el género *Pinus*, y cinco meses para *Cupressus lindleyi*. El destino de la planta es en su totalidad para fines de reforestación o restauración.

La altura en *P. michoacana* fue de 9.83 cm; *P. ayacahuite* de 28.45 cm; y en *C. lindleyi* 52.44 cm (Cuadro 4).

En cuanto al diámetro del cuello de la raíz (diámetro basal), en las especies del género *Pinus* se registraron valores de 15.9 mm en *P. michoacana*; en *P. ayacahuite* de 6.61 mm, y en *C. lindleyi* de 6.99 mm (Cuadro 4).

Pests and diseases are identified based on the experience of the technical staff and under technical counseling. Problems caused by bark beetles were observed in *P. michoacana* and *C. lindleyi*; these pests are controlled using Decis® in doses of 150 mL in 100 L of water; fungal damping off occurs especially in *P. ayacahuite* and is controlled using the products Cupravit® and Ridomil® in doses of 120 mL in 100 L of water, or Captán®, in doses of 40 g in 19 L of water. Soil pests like white grubs are controlled using Furadán® in doses of 150 mL in 100 L of water.

Two months before the transplant, a preconditioning process is carried out to harden the plants through the reduction of the amount and concentration of nutrients, as well as of the frequency of the hazards. Furthermore, the shade mesh is totally removed when necessary. In addition, plant quality is assessed based on the measurement of the plant's height and stem diameter and on the observation of its vigor and foliage color.

The production time required by the plants is variable. In the year 2008 it was eight months for the *Pinus* genus and five months for *Cupressus lindleyi*. The plant is exclusively destined to reforestation or restoration purposes.

The height of *P. michoacana* was 9.83 cm; that of *P. ayacahuite*, 28.45 cm, and that of *C. lindleyi*, 52.44 cm (Table 4).

As for the root neck (or stem base) diameter of the species of the *Pinus* genus that of *P. michoacana* was 15.9 mm; that of *P. ayacahuite*, it was 6.61 mm, and that of *C. lindleyi*, of 6.99 mm (Table 4).

The production of dry aerial biomass was 10.47 g per plant of *P. michoacana*; 7.45 g per plant of *P. ayacahuite*, and 12.98 g per plant of *C. lindleyi* (Table 5). As for the dry root biomass, the values for *P. michoacana* were 3.68 g per plant; for *P. ayacahuite*, of 3.04 g per plant, and for *C. lindleyi*, of 4.97 g per plant.



Cuadro 4. Caracterización en altura y diámetro del cuello de la raíz, de planta evaluada en el vivero "La Dieta".

Especie	Altura	Diámetro del cuello de la raíz
	(cm)	(mm)
	Media	Media
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	9.83±5.30	15.9±39.05
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	28.45±9.59	6.61±12.07
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	52.44±8.84	6.99±17.20

Cada variable tiene un valor de calidad (A = Alta; M = Media; B = Baja) con base en los criterios de los cuadros 2 y 3.

Table 4. Characterization of the assessed plant in the *La Dieta* nursery in terms of height and root neck diameter.

Species	Height (cm)	Root neck diameter (mm)
	Medium	Medium
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	9.83±5.30	15.9±39.05
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	28.45±9.59	6.61±12.07
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	52.44±8.84	6.99±17.20

Each variable has a quality value (H = High; M = Medium, L = Low) based on the criteria of tables 2 and 3.

La producción de biomasa seca aérea se registró para *P. michoacana* 10.47 g por planta; en *P. ayacahuite* 7.45 g por planta; y en *C. lindleyi* fue de 12.98 g por planta (Cuadro 5). En cuanto a la biomasa seca de la raíz, los valores fueron para *P. michoacana* 3.68 g por planta; en *P. ayacahuite* de 3.04 g por planta; y en *C. lindleyi* de 4.97 g por planta (Cuadro 5).

Plant biomass has a great correlation with field survival and with the consistency of the stem diameter; therefore, in some species a low survival is to be expected, given their weight (Thompson, 1985; Mexal and Landis, 1990).

Table 6 shows the mean values for the morphological quality of plants produced in the *La Dieta* nursery.

Cuadro 5. Biomasa de planta evaluada en el vivero La Dieta, municipio Zitácuaro, Michoacán.

Especie	Biomasa seca aérea (g)	Biomasa seca raíz (g)
	Media	Media
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	10.47±3.09	3.68±0.98
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	7.45±2.96	3.04±1.12
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	12.98±2.02	4.97±1.42

Table 5. Plant biomass evaluated in the *La Dieta* nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán state.

Species	Dry aerial biomass (g)	Dry root biomass (g)
	Medium	Medium
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	10.47±3.09	3.68±0.98
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	7.45±2.96	3.04±1.12
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	12.98±2.02	4.97±1.42

La biomasa de la planta tiene gran correlación con la supervivencia en campo, y con la consistencia del diámetro del tallo; por lo que se tendría, en algunas de las especies, una baja supervivencia de las plantaciones, dado su bajo peso (Thompson, 1985; Mexal y Landis, 1990).

En el Cuadro 6 se presentan los valores medios de calidad morfológica de la planta producida en el vivero La Dieta".

Physiological characteristics

If the nutrients are not available when the plant needs them, its growth and productivity will be negatively affected. Each species has particular nutritional requirements that will allow it to achieve optimal growth and vigor. These requirements change according to the growth and development of the plants (Timmer and Armstrong, 1987 quoted by Birchler *et al.*, 1998).



Cuadro 6. Valores medios de calidad morfológica de la planta producida en el vivero "La Dieta", municipio Zitácuaro, Michoacán.

Especie	Tipo de envase-volumen (cm ³)	Índice de robustez	Relación altura/ longitud de raíz	Relación BSA/ BSR*	Índice de calidad de Dickson
		Media		Media	Media
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	Bolsa de polietileno 400	6.26±3.08 B	0.4:1 A	0.37±0.11 A	2.50±0.87 A
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	Bolsa de polietileno 400	5.62±14.41 A	1.2:1 A	2.67±1.39 M	1.58±0.62 A
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	Bolsa de polietileno 400	7.64±1.62 M	2.1:1 M	2.81±0.85 B	1.77±0.44 A

* Relación biomasa seca raíz/biomasa seca aérea en *P. michoacana*. Cada variable tiene un valor de calidad (A= Alta; M= Media y B= Baja) con base en los criterios de los cuadros 2 y 3.

Table 6. Mean values for the morphological quality of plants produced in the *La Dieta* nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán state.

Species	Type of packaging -volume (cm ³)	Robustness rate	Height/Root length ratio	DAB/DRB* ratio	Dickson's quality index
		Mean		Mean	Mean
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	400 gauge polythene bag	6.26±3.08 B	0.4:1 A	0.37±0.11 A	2.50±0.87 A
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	400 gauge polythene bag	5.62±14.41 A	1.2:1 A	2.67±1.39 M	1.58±0.62 A
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	400 gauge polythene bag	7.64±1.62 M	2.1:1 M	2.81±0.85 B	1.77±0.44 A

* Dry root biomass/dry aerial biomass ratio in *P. michoacana*. Each variable has a quality value (H = High; M = Medium, L = Low) based on the criteria of tables 2 and 3.

Características fisiológicas

Si los nutrientes no están disponibles cuando la planta los necesita, su crecimiento y productividad son afectados negativamente. Cada especie tiene requerimientos nutrimentales particulares, que le permitirán un crecimiento y un vigor óptimo. Estos cambian de acuerdo al crecimiento de las plantas y su desarrollo (Timmer y Armstrong, 1987 citados por Birchler *et al.*, 1998).

Cada vivero debiera producir plantas con niveles óptimos, si toma en cuenta que existe una relación positiva, muy clara, entre el nitrógeno y el fósforo aportados, de forma que un aumento en el aporte del primero debe ir acompañado de un incremento del segundo (Landis, 1985).

El crecimiento de las plantas depende de los niveles de nutrientes que le pueden suministrar el sustrato y los que se le adicionan. Por ello es importante conocer el nivel óptimo de los diferentes elementos en las especies evaluadas, ya que la aplicación de N en altas dosis induce al crecimiento acelerado de la planta, no así su calidad (Mc Laren, s.f. citado por Prodefo-SEFUNCO, 1997).

Every nursery should produce plants with optimal levels, if it takes into account that there is a very clear positive relationship between the inputs of nitrogen and phosphorus, so that an increase in the input of the former should be accompanied by an increase in the latter (Landis, 1985).

Plant growth depends on the levels of nutrients that can be naturally provided by the stratum and on those that are added to it. Hence the importance of knowing the optimal level of the various nutrients for each of the assessed species, as the application of high doses of N induces the accelerated growth of the plant but does not enhance its quality (Mc Laren, s.f. quoted by Prodefo-SEFUNCO, 1997).

The recorded nitrogen content of *P. michoacana* was 1.40 %; that of *P. ayacahuite*, 1.29 %, and that of *C. lindleyi*, 0.80 %. The phosphorus contents were as follows: 0.21 % in *P. michoacana*; 0.18 % in *P. ayacahuite*, and 0.08 % in *C. lindleyi*. Those of potassium were: 0.68 % in *P. michoacana*; 0.62 % in *P. ayacahuite*, and 0.84 % in *C. lindleyi*. The percentages registered for carbon were: 45.33 % in *P. michoacana*; 45.93 % in *P. ayacahuite*, and 44.43 % in *C. lindleyi*. Finally, the lignin content in *P. michoacana* was estimated to be 21.49 %; in *P. ayacahuite*, 20.20 %, and 23.07 % in *C. lindleyi* (Table 7).



En cuanto al contenido de nitrógeno, en *P. michoacana* se registró 1.40 %; para *P. ayacahuite* 1.29 %; y en *C. lindleyi* 0.80 %. Respecto al contenido de fósforo, en *P. michoacana* el valor fue de 0.21 %; para *P. ayacahuite* 0.18 %; y en *C. lindleyi* 0.08 %. El contenido de potasio, en *P. michoacana* se obtuvo un valor de 0.68 %; para *P. ayacahuite* 0.62 %; y en *C. lindleyi* de 0.84 %. El carbono registrado en *P. michoacana* fue de 45.33 %; para *P. ayacahuite* 45.93 %; y en *C. lindleyi* de 44.43 %. La lignina en *P. michoacana* se estimó en 21.49 %; para *P. ayacahuite* 20.20 %; y en *C. lindleyi* de 23.07 % (Cuadro 7).

Plant quality

The height of a plant is a good predictor of its future dimensions in field but not of its survival. Plant height is considered to be an insufficient marker and should be related to other criteria in order to be really useful; however, it is important to consider it when the conditions of the plantation site in relation to the herbaceous and shrub vegetation are adverse, in which case the plant should be tall enough to compete adequately (Mexal and Landis, 1990).

Cuadro 7. Características fisiológicas evaluadas en planta del vivero “La Dieta”, municipio Zitácuaro, Michoacán.

Especie	N (%)	P (%)	K (%)	C (%)	Lignina (%)
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	1.40±0.00 A	0.21±0.00 A	0.68±0.02 B	45.33±0.11 A	21.49±1.15 A
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	1.29±0.02 M	0.18±0.00 M	0.62±0.02 M	45.93±0.05 A	20.20±1.51 A
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	0.80±0.02 B	0.08±0.00 B	0.84±0.04 M	44.43±0.11 M	23.07±2.09 A

Cada variable tiene un valor de calidad (A= Alta; M= Media y B= Baja) con base en los criterios de los cuadros 2 y 3.

Table 7. Physiological characteristics evaluated in plants grown in the *La Dieta* nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán state

Species	N (%)	P (%)	K (%)	C (%)	Lignin (%)
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	1.40±0.00 A	0.21±0.00 H	0.68±0.02 L	45.33±0.11 H	21.49±1.15 H
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	1.29±0.02 M	0.18±0.00 M	0.62±0.02 M	45.93±0.05 H	20.20±1.51 H
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	0.80±0.02 B	0.08 ±0.00 L	0.84±0.04 H	44.43±0.11 M	23.07±2.09 H

Each variable has a quality value (H = High; M = Medium, L = Low) based on the criteria of tables 2 and 3.

Calidad de planta

La altura de la planta es un buen predictor de sus dimensiones futuras 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; sin embargo, es importante cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas, respecto a la vegetación herbácea y arbustiva, ya que es conveniente considerar que tenga una altura suficiente que le permita competir adecuadamente (Mexal y Landis, 1990).

El diámetro es la característica de calidad más importante, que permite predecir la supervivencia de la planta en campo y definir la robustez del tallo, por lo que se asocia con el vigor y la supervivencia de la plantación. Se cita en la literatura que plantas con diámetro mayor a 5 mm, son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, pero esto varía de acuerdo a las especies (Mexal y Landis, 1990).

Con base en las características morfológicas y fisiológicas, así como en las relaciones o índices, a continuación se presenta

The diameter is the most important quality characteristic, as it allows predicting the survival of the plant in field and the robustness of the stem; for this reason, it is associated to the vigor and survival of the plantation. According to the literature, plants with a diameter of over 5 mm are more resistant to bending and more able to tolerate damage from pests and noxious fauna; however, this varies according to the species (Mexal and Landis, 1990).

Below is an analysis by species of the quality of the plants produced in the *La Dieta* nursery, based on their morphological and physiological characteristics, as well as on their indices or ratios.



un análisis de la calidad de planta por especie producida en el vivero "La Dieta".

Pinus michoacana, se clasificó de calidad alta en las variables morfológicas evaluadas, excepto con el índice de robustez, el cual es bajo. Asimismo, con las variables fisiológicas resultó de calidad alta, excepto por la deficiencia en el contenido de K, que la califica como de calidad media, lo que la convierte en planta de mantenimiento; la solución sería adicionar ese nutrimento.

Con la relación altura / diámetro basal, la calidad es baja e indica una planta delgada con desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro. Esta relación podría mejorarse mediante una menor densidad del cultivo y poda aérea. Por lo anterior, la especie, tanto en morfología como en fisiología, se clasificó como calidad media (Cuadro 8).

Pinus ayacahuite, con las variables morfológicas evaluadas se clasificó de calidad alta. Con carbono y lignina se califica de calidad alta; se registraron deficiencias en el contenido de N-P-K, lo que clasifica a la planta de calidad media, es de mantenimiento y se solucionaría con la aplicación de los nutrimentos deficientes. Con la relación biomasa seca aérea / biomasa seca raíz, su calidad es media, lo que indica una desproporción entre el desarrollo de la parte aérea y la raíz, en la que el sistema radical es insuficiente para proveer de los nutrimentos necesarios a la parte aérea; en particular, cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación. Las opciones de manejo son la poda de raíz o aérea, y el aumento del área de crecimiento. Así, este taxon en cuanto a su morfología fue de calidad alta, mientras que al considerar su fisiología le correspondió la calidad media (Cuadro 8).

En *Cupressus lindleyi*, las variables fisiológicas K y lignina fueron de calidad alta. Se detectó deficiencias en el contenido de N y P, por lo que se calificó a la planta de calidad baja y con C de calidad media. Es planta de mantenimiento y se mejoraría con la aplicación de los nutrimentos deficientes. Con las relaciones altura / diámetro basal, altura / longitud de raíz y biomasa seca aérea / biomasa seca raíz, se clasifica como planta de calidad media y baja. Los valores de estas relaciones evidencian que la planta es delgada, así como la existencia de una desproporción entre el desarrollo de la parte aérea y la raíz, en la cual el sistema radical es insuficiente para proveer de los nutrimentos necesarios a la parte aérea; en particular, cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación. Las acciones para incrementar dicha relación serían la poda de raíz o aérea, y el aumento del área de crecimiento. La calidad de planta es alta en cuanto al ICD; ello determina, que la especie en cuanto a su morfología fue de calidad media, y por su fisiología de calidad baja (Cuadro 8).

Pinus michoacana was rated high quality in regard to the assessed morphological variables, with the exception of the robustness rate, which is low. Likewise, it was rated high quality in relation to the physiological variables except for the deficiency in the K content, which rates it as medium quality, rendering it a maintenance plant; the solution would be to add this nutrient.

In regard to the height/stem base diameter ratio, the quality is low and indicates a thin plant with a lack of proportion between the growth in height and the diameter. This ratio may be improved through a reduction of the culture density and aerial pruning. Therefore, this species was classified as medium quality both morphologically and physiologically (Table 8).

Pinus ayacahuite was rated high quality, based on the assessed morphological variables. With regard to its carbon and lignin contents, it is classified as high quality; deficiencies were found in its content of NPK, and therefore in relation to these variables it is rated medium quality, i.e. as a maintenance plant; a solution would be to add these nutrients. It was rated medium quality in regard to the dry aerial biomass/dry root biomass ratio; the value obtained for this parameter is indicative of a lack of proportion between the development of the aerial part and the root, whereby the root system is insufficient to provide the necessary nutrients to the aerial part, particularly when precipitation is scarce in the planting sites. The management options are to prune the roots or the aerial part and to increase the area of growth. Thus, in morphological terms this taxon was rated high quality, while physiologically it was considered to be medium quality (Table 8).

In *Cupressus lindleyi*, the physiological variables K and lignin were indicative of high quality. Deficiencies in the N and P contents were detected; therefore, the plant was rated low quality in relation to these nutrients, and medium quality in relation to C. It is a maintenance plant, which may be improved by adding the deficient nutrients. It was rated low and medium quality, respectively, in regard to the height/stem base diameter and dry aerial biomass/dry root biomass ratios. The values of these two ratios show that the plant is thin and that there is a lack of proportion between the development of the aerial part and that of the root, so that the root system is insufficient to provide the aerial part with the necessary nutrients, particularly when precipitation is scarce in the planting sites. The actions required to enhance this ratio would be to prune the root or the aerial part and to increase the area of growth. The quality of the plant is high in relation to DQI; accordingly, in terms of its morphology, the plant was rated as medium quality, and low quality in regard to its physiological characteristics (Table 8).



Cuadro 8. Calidad de planta en el vivero La Dieta, municipio Zitácuaro, Michoacán.

Características	Variable	Especie					
		<i>Pinus michoacana</i> Martínez		<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb		<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	
		Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
		Media		Media		Media	
Morfológica	Altura (cm)	9.83±5.30	A	28.45±9.59	A	52.44±9.59	A
	Diámetro basal (mm)	15.9±39.05	A	6.61±12.07	A	6.99±12.07	A
	Relación altura/diámetro basal	6.26±3.08	B	5.62±14.41	A	7.64±1.62	M
	Relación altura/longitud de raíz	0.4:1	A	1.2:1	A	2.1:1	M
	Relación biomasa seca aérea/ biomasa seca raíz	0.37±0.11	A	2.67±1.39	M	2.81±0.85	B
Fisiológica	Índice de calidad de Dickson	2.50±0.87	A	1.58±0.62	A	1.77±0.44	A
	Nitrógeno (%)*	1.40±0.00	A	1.29±0.02	M	0.80±0.02	B
	Fósforo (%)*	0.21±0.00	A	0.18±0.00	M	0.08±0.00	B
	Potasio (%)*	0.68±0.20	B	0.62±0.02	M	0.84±0.04	A
	Carbono (%)*	45.33±0.11	A	45.93±0.05	A	44.43±0.11	M
	Lignina (%)*	21.49±1.15	A	20.2±1.51	A	23.07±2.09	A

A= Calidad alta; M= Calidad media; B= Calidad baja.* Relación Biomasa seca raíz / Biomasa seca aérea para *Pinus michoacana*.

Table 8. Plant quality in the La Dieta nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán state.

Characteristics	Variables	Species					
		<i>Pinus michoacana</i> Martínez		<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb		<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	
		Value	Quality	Value	Quality	Value	Quality
		Medium		Medium		Medium	
Morphological	Height (cm)	9.83±5.30	H	28.45±9.59	H	52.44±9.59	H
	Stem base diameter (mm)	15.9±39.05	H	6.61±12.07	H	6.99±12.07	H
	Height/Stem base diameter ratio	6.26±3.08	L	5.62±14.41	H	7.64±1.62	M
	Height/Root length ratio	0.4:1	H	1.2:1	H	2.1:1	M
	Dry aerial biomass/dry root biomass ratio*	0.37±0.11	H	2.67±1.39	M	2.81±0.85	L
Physiological	Dickson's Quality Index	2.50±0.87	H	1.58±0.62	H	1.77±0.44	H
	Nitrogen (%)	1.40±0.00	H	1.29±0.02	M	0.80±0.02	L
	Phosphorus (%)	0.21±0.00	H	0.18±0.00	M	0.08±0.00	L
	Potassium (%)	0.68±0.20	L	0.62±0.02	M	0.84±0.04	H
	Carbon (%)	45.33±0.11	H	45.93±0.05	H	44.43±0.11	M
	Lignin (%)	21.49±1.15	H	20.2±1.51	H	23.07±2.09	H

H = High quality; M = Medium quality; L = Low quality; * Dry root biomass / Dry aerial biomass for *Pinus michoacana*.

Los resultados del Cuadro 8 muestran que la planta más equilibrada desde los puntos de vista morfológico y fisiológico es *Pinus ayacahuite* con dimensiones dentro de las recomendadas y la de menor calidad fue *Cupressus lindleyi*, con valores de calidad baja para la relación biomasa seca aérea / biomasa seca raíz y con los nutrimentos nitrógeno y fósforo.

According to the results shown in Table 8, the best balanced plant from both the morphological and physiological points of view is *Pinus ayacahuite*, with dimensions within the recommended values, and *Cupressus lindleyi* was rated the lowest quality, with low values for the dry aerial biomass/dry root biomass ratio and for nitrogen and phosphorus contents. Table 9 shows multivariable ratings for the plants' morphological and physiological characteristics.



En función a la clasificación de multivariantes, en el Cuadro 9 se muestra la calificación en cuanto a las características morfológicas y fisiológicas de las especies evaluadas.



P. ayacahuite is considered to have a high morphological quality, while *P. michoacana* and *C. lindleyi* were rated medium quality. From the physiological point of view, *P. michoacana* and *P. ayacahuite* are medium quality, while *Cupressus lindleyi* is low quality; this species will have a poor survival unless the required nutrients (N and P) are added before it leaves the nursery or at the time of planting. The deficiency is due to the reduction of the amounts of these nutrients administered during the preconditioning phase.

Cuadro 9. Calidad de planta por especie en el vivero La Dieta, municipio Zitácuaro, Michoacán.

Especie	Calidad	
	Morfológica	Fisiológica
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	Media	Media
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	Alta	Media
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	Media	Baja

Table 9. Plant quality by species in the La Dieta nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán state.

Species	Quality	
	Morphological	Physiological
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	Medium	Medium
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb.	High	Medium
<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl.	Medium	Low

Las especies de calidad alta morfológica (*P. ayacahuite*), y media (*P. michoacana* y *C. lindleyi*); respecto a la fisiología son de calidad media *P. michoacana* y *P. ayacahuite*, mientras que es de calidad baja *Cupressus lindleyi*; esta última tendrá poca supervivencia, si no se aplican los nutrimentos requeridos (N y P) antes de su salida del vivero, o al momento de la plantación. La deficiencia de dichos nutrimentos se debe a la reducción en la cantidad aplicada durante la fase de preacondicionamiento.

Conclusiones

Con base en la altura alcanzada, *Pinus michoacana*; *Pinus ayacahuite* y *Cupressus lindleyi* se clasifican de calidad alta.

La variable diámetro registra valores altos en las tres especies evaluadas, por lo que se clasifican de calidad alta. Asimismo, repercutieron en el índice de robustez, con el cual se clasificaron como planta de calidad media.

El diámetro y la biomasa seca total tienen estrecha relación con el índice de calidad de Dickson, ya que entre menor sea el diámetro y la biomasa seca, menor será dicho índice

Conclusions

Based on the attained height, *Pinus michoacana*, *Pinus ayacahuite* and *Cupressus lindleyi* are classified as high quality.

The diameter variable has high values in the three assessed species, which are therefore rated high quality for this parameter, but medium quality in regard to the robustness rate.

The diameter and total dry biomass are closely related to Dickson's quality index; the lower the values of the diameter and dry biomass, the lower the index.

The two *Pinus* species had optimal nutrimental levels, particularly of nitrogen and phosphorus; however, these nutrients were deficient in *Cupressus lindleyi*.

It is important to determine nutrient assimilation so that the deficiencies may be corrected before the plant leaves the nursery or at the moment of planting.



La planta presentó niveles óptimos de nutrimentos, caso particular de nitrógeno y fósforo, en las dos especies de *Pinus*, pero con deficiencia *Cupressus lindleyi*.

La determinación de la asimilación de nutrimentos es importante, puesto que las deficiencias podrán corregirse antes de la salida de la planta del vivero o al momento de la plantación.

En la calidad de planta, el análisis foliar para determinar el contenido de nutrimentos, ayuda a entender de manera clara la calidad morfológica de la planta, ya que está directamente relacionada a su fisiología.

La calidad de la planta en el vivero es de media a alta, en cuanto a las características morfológicas; pero de calidad media a baja con respecto a su fisiología. Lo que es de suma importancia, si la plantación se realiza en sitios degradados o con bajas concentraciones de nutrimentos. ■

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por Autor

H. Jesús Muñoz Flores: establecimiento de ensayo en vivero, muestreo de planta, análisis estadísticos, estructuración del manuscrito; J. Trinidad Sáenz Reyes: diseño experimental, consecución de insumos, establecimiento del ensayo en vivero, estructuración y revisión del manuscrito; Víctor Manuel Coria Ávalos: revisión bibliográfica, análisis de base de datos, estructuración y revisión del manuscrito; J. Jesús García Magaña: mantenimiento de la planta en vivero, muestreo de planta, captura de datos, revisión bibliográfica; Jonathan Hernández Ramos: análisis estadístico, revisión del manuscrito; Gyordy Eduardo Manzanilla Quijada: toma y captura de datos.

Referencias

- Bierchler, T. R. W. R., A. Royo y M. Pardos. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Oregon State University-Universidad Politécnica de Madrid. In: http://www.inia.es/gcontrec/pub/11.T.BIRCHLER_1047630290178.pdf. (26 de septiembre de 2012).
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (Cofom). 2007. Atlas Forestal. Comisión Forestal del Estado de Michoacán. Morelia, Mich., México. 136 p.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (Firco-Cofom). 2006. Microcuencas Firco, Firco, Cofom. Archivo Shapefile. México D.F., México. 56 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F., México. 246 p.
- García, M. A. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312II.GARCIA.pdf>. (19 de septiembre de 2012).
- Gomes, J. M., L. Couto, H. García L., A. Xavier y S. L. Ribeiro G. 2002. Parámetros morfológicos na avaliação da qualidade de Mudras de *Eucalyptus grandis*. Revista Árvore 26 (6):655-664.

When rating the plant for quality, the foliar analysis for the determination of its nutrimental levels provides a clear understanding of the plant's morphological quality, as this is directly related to its physiology.

The quality of the plants in nursery is medium to high in relation to their morphological characteristics, but medium to low in regard to their physiology, which is of utmost importance when the planting takes place in degraded sites or in sites with low concentrations of nutrients. ■

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interests.

Contribution by author

H. Jesús Muñoz Flores: Establishment of assay at the nursery, plant sampling, statistical analysis, structure of the document; J. Trinidad Sáenz Reyes: Experimental design, input negotiation, establishment of the assay at the nursery, structure and review of the document; Víctor Manuel Coria Ávalos: literature review, data base analysis, structure and review of the document; J. Jesús García Magaña: plant maintenance at the nursery, plant sampling, data capture, literature review; Jonathan Hernández Ramos: statistical analysis, review of the document; Gyordy Eduardo Manzanilla Quijada: data taking and capture.

End of the English version



- 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.
- Landis, T. D. 1989. Mineral nutrients and fertilization. In: Landis, T. D., R. W. Tinus, R. E. Mc Donald S. and J. P. Barnett. (eds.). The Container Tree Nursery Manual. USDA, Forest Service. Washington, DC, USA. Vol. 4. Agriculture Handbook Núm. 674. pp. 72-124.
- Magaña T., O., M. Venegas L., C. M. Castillo, C. P. Lozano, C. Hernández G. y B. Gamaz Z. 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Ejercicio Fiscal 2006. Universidad Autónoma Chapingo-Gerencia de Servicios Profesionales. http://148.223.105.188:2222/snif_portal/index.php?option=content&task=view&id=20&Itemid=20#divEvaluaciones5. (18 de diciembre de 2012).
- Mexal, J. G. and T. D. Landis. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose, R. S., J. Campbell y T. D. Landis (eds.). Target seedling symposium Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. General Technical Report R. M-200. USDA Forest Service. Roserburg, OR, USA. pp. 17-36.

- Prieto R., J. A. y M. Alarcón B. 1998. Producción de planta forestal. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGAR. Durango, Dgo., México. Folleto Técnico número 10. 19 p.
- Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco- -Secretaría de Desarrollo Rural, Fundación Chile y Consejo Agropecuario de Jalisco (Prodefo-Sefunco). 1997. Conceptos de calidad de plantas en viveros forestales. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. Guadalajara, Jal., México. Documento Técnico Núm. 1. 28 p.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa. Mexico, D.F., México. 156 p.
- Thompson, B. E. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. In: Duryea, M. L. (ed.). Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major test. Oregon State University- USDA, Forest Service. Corvallis, OR, USA. pp. 59-71.
- Sáenz, R., J., T., F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S. y J. A. Prieto R. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Center. Campo Experimental. Uruapan, Mich., México. Folleto Técnico Núm. 17. 19 p.
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnat). 2005. Especies con Usos No Maderables en Bosques de Encino, Pino y Pino-Encino en los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. PROCYMAF. <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/Pinus/Michoacana.html> (29 de septiembre de 2012).
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D. F., México. 313 p.

