



Determination of the plant quality in cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) Under chemical and biological fertilization in nursery

Determinación de la calidad de planta en cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) con fertilización química y biológica en vivero

Sáenz-Reyes, J. T.¹, Castillo-Quiroz, D.², Castillo-Reyes, F.², Muñoz-Flores, H. J.¹, Avila-Flores D. Y.²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Uruapan, CIRPAC. Av. Latinoamericana No. 1101. Col. Revolución Uruapan C.P. 60150, Michoacán.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Saltillo, CIRNE. Carretera Saltillo-Zacatecas km 8.5 No. 9515 Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. C.P. 25315.

Cite this paper/Como citar este artículo: Sáenz-Reyes, J. T., Castillo-Quiroz, D., Castillo-Reyes, F., Muñoz-Flores, H. J., Avila-Flores D. Y. (2019). Determination of the plant quality in cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) Under chemical and biological fertilization in nursery. *Revista Bio Ciencias* 6, e547. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e547>



ABSTRACT

Plant quality is the ability of plants to adapt and develop under climatic and edaphic conditions of plantation sites. It depends on the genetic characteristics of germplasm and techniques used for its reproduction in nursery. Nursery management practices influence directly on plant quality, which is determined by indexes generated from morphological and physiological variables. The aim of this study was to determine the plant quality cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) under chemical and biological fertilization. Nine treatments were designed: Three chemical fertilizers (Urea, 18-18-18, 17-17-17), four biological (*Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., Mycorrhiza INIFAP and mixture of mineral coal and *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp.), covered with gravel and a control. The experimental unit was a plant. A completely randomized experimental design with 12 repetitions were

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: August 08th 2018

Accepted/Aceptado: September 20th 2018

Available on line/Publicado: March 22nd 2019

*Corresponding Author:

Francisco Castillo-Reyes: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Saltillo, CIRNE. Carretera Saltillo-Zacatecas km 8.5 No. 9515 Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. C.P. 25315. <http://orcid.org/0000-0002-6121-7313>, E-mail: reyes.francisco@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La calidad de planta es la capacidad que tienen éstas para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero, donde las prácticas de manejo influyen directamente en la calidad de la planta, la cual es determinada en base a características morfológicas, fisiológicas e índices. El objetivo del presente estudio fue determinar la calidad de planta del cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) con fertilización química y biológica. Se diseñaron 9 tratamientos integrados por tres fertilizantes químicos (Urea, 18-18-18, 17-17-17) y cuatro biológicos (*Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., Micorriza INIFAP y una mezcla de carbón mineral con *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp.), además de uno con sólo cubierta de grava y un testigo, se utilizó una planta como unidad experimental bajo el diseño experimental completamente al azar con 12 repeticiones. Con el total de datos se determinaron los rangos de calidad

used. The plant quality ranges were determined in each variable and a quality plant index was performed using the total data. The results indicate that it is possible to obtain high quality plant using a mixture of activated charcoal and microorganisms, such as *Trichoderma* sp. It is recommended the use of containers with large dimensions (5 x 15 cm), in order to plants had greater growth area. Also, it is prescribed to adjust the doses of chemical fertilization and / or combined with the treatments of biological fertilization, to obtain plants of *N. cespitifera* of higher quality, and therefore, greater survival in plantation sites.

KEY WORDS

Arid land, forest restoration, *Trichoderma*, *Bacillus*.

Introduction

Plant quality refers to its ability of plants to adapt and develop under climatic and edaphic conditions of plantation sites, and it depends on the genetic characteristics of the germplasm and the techniques used for its reproduction in nursery. Nursery management practices are reflected on plant quality. In addition, produced plants should develop specific morphological and physiological attributes. These attributes provide the plant with the ability to adapt, obtain an optimum development and aptitude to survive under the climatic and edaphic conditions of the plantation sites (Ramírez & Rodríguez, 2004, Rodríguez, 2008).

To achieve plants with optimal morphological and physiological characteristics, it is necessary to develop cultural techniques from the nursery, such as the type of substrate, the container, the quality of the seed, the nutrition diet, and a proper management of fertilization, irrigation, weed control, pests and diseases. These are the main components that influence the production of plant of high quality and a proper price (Sáenz *et al.*, 2010; Bierchler *et al.*, 1998). Fertilization is the most important practice, because it directly influences the growth of the aerial and root system of the plants, modifying the content of nutrients in their tissues and the amount of available reserves, enhancing the rooting in the plantation site, increases the percentage of survival, and inducing greater resistance to water stress and low temperatures (Grossnickle, 2000, Landis, 2000; Andivia *et al.*, 2012).

de planta en cada una de las variables e índices. Los resultados indican que es posible obtener planta de alta calidad con el uso de una mezcla de carbón activado y microorganismos como *Trichoderma* spp. Se requirió el empleo de envases con mayores dimensiones a los empleados (5 x 15 cm) para que las plantas tengan mayor área de crecimiento y ajustes en las dosis de fertilización química y/o combinarse con los tratamientos de fertilización biológica, para obtener planta de *N. cespitifera* de mayor calidad y por ende mayor sobrevivencia en los sitios de plantación.

PALABRAS CLAVE

Zonas áridas, restauración forestal, *Trichoderma*, *Bacillus*.

Introducción

La calidad de planta es la capacidad que tienen para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas empleadas para su reproducción en vivero, donde las prácticas de manejo reflejan de manera importante la calidad cuando son producidas en vivero, además deben tener una serie de atributos morfológicos y fisiológicos. Dichos atributos, proporcionan a la planta la capacidad de adaptarse, obtener un óptimo desarrollo y capacidad de sobrevivir en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Ramírez & Rodríguez, 2004; Rodríguez, 2008).

Para obtener plantas con óptimas características morfológicas y fisiológicas es necesario el desarrollo de técnicas culturales desde el vivero, como el tipo de sustrato, el contenedor a utilizar, la calidad de la semilla, el régimen nutricional y el manejo adecuado de la fertilización, riego, control de malezas y plagas, y enfermedades, estos son los componentes principales que influyen para obtener planta de calidad a un precio adecuado (Bierchler *et al.*, 1998; Sáenz *et al.*, 2010). La fertilización es la práctica más importante ya que influye directamente en el crecimiento del sistema aéreo y radical de las plantas, modificando el contenido de nutrientes en sus tejidos y la cantidad de reservas disponibles, incrementando el enraizamiento en el sitio de plantación, logrando aumentar el porcentaje de supervivencia, mayor resistencia al estrés hídrico y a bajas temperaturas (Grossnickle, 2000; Landis, 2000; Andivia *et al.*, 2012).

In Mexico, several researches have been carried out to determine the plant quality in nursery (Peñuelas y Ocaña, 2000; Prieto *et al.* (2003); Rodríguez, 2008; Prieto *et al.*, 2009; Orozco *et al.*, 2010; Sáenz *et al.*, 2014; Rueda *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2015; Sáenz *et al.*, 2017). Plant quality is determined based on morphological and physiological variables. By the one hand, morphological characteristics include plant height, diameter of the stem or neck, size, shape and volume of the root system, height/diameter ratio of the neck, stem/root ratio, foliage color and health, dry weight of stems, foliage and roots. On the other hand, physiological characteristics consider resistance to cold conditions, number of necessary days on which the main bud begins its growth, mitosis index, water potential, nutritional and carbohydrate content, tolerance to drought, net photosynthesis, mycorrhization and capacity to emit new roots (Gomes *et al.*, 2002; Prieto *et al.*, 2009).

Determination of plant quality in non-timber forest species of arid zones in Mexico is a little explored research field. Currently there are no studies in this regard. Likewise, there is a lack of a methodology to improve the plant quality in nursery. Hence it is important to conduct studies on the determination of plant quality on arid-zone species, in order to guarantee the survival and development of commercial plantations. In the production of nursery plant of this type of species highlights the "cortadillo" *Nolina cespitifera* Trel. (Asparagaceae Juss.) (Tropics, 2017), native and endemic species of xerophilous scrub and grassland of northeastern Mexico (Castillo & Sáenz, 1993, García & Galván, 1995). Currently, anthropogenic activities, the inadequate management of this resource, prolonged droughts, rainstorms and high temperatures, has caused the reduction of its natural populations and therefore the degradation of the ecosystem where it grows. Under this scenario, natural populations of *N. cespitifera* could be rehabilitated hardly on their own (Castillo *et al.*, 2015a, Castillo *et al.*, 2015b).

Therefore, it is necessary to carry out actions to mitigate the environmental damage caused by anthropic activities, such as the rehabilitation of degraded ecosystems, through the establishment of commercial plantations. This requires the massive propagation of high-quality plant of *N. cespitifera* in nursery, that is to say, producing plants with excellent genetic, morphological and physiological characteristics, which were able of supporting the transplant stress, guaranteed the success of the

En México se han realizado diversos trabajos para determinar la calidad de planta en vivero (Peñuelas & Ocaña, 2000; Prieto *et al.* (2003); Rodríguez, 2008; Prieto *et al.*, 2009; Orozco *et al.*, 2010; Sáenz *et al.*, 2014; Rueda *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2015; Sáenz *et al.*, 2017), la cual se determina con base en variables morfológicas y fisiológicas de la planta; entre las primeras se incluyen características como altura de la planta, diámetro del tallo o de cuello, tamaño, forma y volumen del sistema radical, relación altura/diámetro de cuello, relación tallo/raíz, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, follaje y raíz; y en las segundas se han considerado la resistencia al frío, días en 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, entre otras (Gomes *et al.*, 2002; Prieto *et al.*, 2009).

La determinación de la calidad de planta en especies forestales no maderables de zonas áridas en México es un campo poco explorado, actualmente no se cuentan con estudios al respecto, así mismo se carece de una metodología para mejorar la calidad de planta en vivero. Por tal motivo, es importante iniciar trabajos para determinar la calidad de planta en este tipo de taxas con la finalidad de asegurar la supervivencia y desarrollo de las plantaciones comerciales. Dentro de la producción de planta en vivero en este tipo de especies destaca el "cortadillo" *Nolina cespitifera* Trel. (Asparagaceae Juss.) (Trópicos, 2017), especie nativa y endémica de la flora del matorral xerófilo y de pastizales del noreste de México (Castillo & Sáenz, 1993; García & Galván, 1995). Actualmente a las actividades antropogénicas, al manejo inadecuado de este recurso, sequías prolongadas, lluvias de tipo torrencial y altas temperaturas, han provocado una reducción de las poblaciones naturales y por ende la degradación del ecosistema donde habita. Bajo este escenario difícilmente las poblaciones naturales de *N. cespitifera* se podrían rehabilitar por si solas (Castillo *et al.*, 2015a; Castillo *et al.*, 2015b).

Por lo anterior, se requiere realizar actividades para mitigar los daños ambientales provocados por las actividades antrópicas como la rehabilitación de los ecosistemas degradados, a través del establecimiento de plantaciones comerciales, utilizando la propagación masiva de planta de buena calidad de *N. cespitifera* en vivero, es decir, producir plantas con excelentes características genéticas, morfológicas y fisiológicas las cuales sean capaces de soportar el estrés al trasplante y que garantice el éxito

plantations and/or reforestations, increased their survival rate and allowed faster growth under adverse climatic and edaphic conditions after planting (Ramírez & Rodríguez, 2004; Prieto *et al.*, 2009). Unfortunately, the rehabilitation programs of this species in its area of distribution have not been successful because the plants produced in the nursery have not had the adequate quality to resist the stress after planting. The objective of the present study was determining the plant quality of cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) under chemical and biological fertilization, through the analysis of morphological and physiological variables and indexes.

Material and Methods

Under conditions of shade mesh nursery in the Saltillo Experimental Field (at 1,790 masl) of the INIFAP, the effect of the chemical and biological fertilization on the plant quality of cortadillo plant was evaluated. An experiment was established where the treatments indicated in Table 1 were applied. Germination trays were used for cortadillo seeds according to the methodology developed by Castillo *et al.* (2018). When the seedlings had three weeks of germination, they were transplanted in black polyethylene bags (5 x 15 cm). Black soil was used as substrate. A period of two weeks was left for plant establishment in the pot (5 x 15 cm) and treatments were subsequently applied. A completely randomized experimental design was used with 12 plants as an experimental unit. The plants were treated and maintained in nursery from May to November 2017.

When the plants reached 6 months of growth under the nursery condition, morphological and physiological variables for each plant were evaluated and with these values, plant quality indexes were obtained.

The morphological variables considered to determine the quality of the plant in the cortadillo were: height of the aerial part (cm), root length (cm), fresh and dry weight of the biomass from aerial part and root (g). Prior to its measurement, the plant was removed from the polyethylene bag, applying a watering to facilitate the removal of the substrate. Then the bag was cut with a knife in order to avoid damage to the root system and obtain the plant without root ball. The plants were

de las plantaciones y/o reforestaciones e incrementar su tasa de supervivencia y de más rápido crecimiento en las condiciones climáticas y edáficas adversas después de la plantación (Ramírez & Rodríguez, 2004; Prieto *et al.*, 2009). Sin embargo, los programas de rehabilitación de esta especie en su área de distribución no han tenido éxito debido a que las plantas producidas en vivero no tienen la calidad adecuada para resistir el estrés al sitio de plantación, por lo cual el objetivo del presente estudio fue determinar la calidad de planta del cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) con fertilización química y biológica a partir de variables morfológicas y fisiológicas e índices.

Material y Métodos

Bajo condiciones de vivero con malla sombra en el Campo Experimental Saltillo (a 1,790 masl) del INIFAP, se evaluó el efecto de la fertilización química y biológica sobre la calidad de planta de cortadillo. Se estableció un experimento donde se aplicaron los tratamientos indicados en el Tabla 1. Para la germinación de las semillas de cortadillo se utilizaron charolas germinadoras de acuerdo a la metodología desarrollada por Castillo *et al.* (2018). Cuando las plántulas tenían tres semanas de germinadas fueron trasplantadas en bolsas negras de polietileno de 5 x 15 cm. Se usó como sustrato tierra negra de monte, se dejó un periodo de dos semanas para el establecimiento de planta en la maceta (5 x 15 cm) y posteriormente se aplicaron los tratamientos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 12 plantas como unidad experimental. Las plantas fueron tratadas y mantenidas en vivero desde mayo a noviembre del 2017.

Cuando las plantas alcanzaron 6 meses de crecimiento bajo condición de vivero, se evaluaron las variables morfológicas y fisiológicas de la planta y con ello se obtuvieron los índices de calidad de planta.

Las variables morfológicas consideradas para determinar la calidad de planta en el cortadillo fueron: altura de la parte aérea (cm), longitud de la raíz (cm), peso de la biomasa de la planta en fresco y seco de la parte aérea y de la raíz (g) y previo a su medición, se extrajo la planta de la bolsa de polietileno, aplicando antes un riego para facilitar la eliminación del sustrato, posteriormente se cortó la bolsa con una navaja con el propósito de desmoronar el cepellón de forma manual tratando de evitar daños al sistema radicular y obtener la planta sin cepellón. Las plantas se etiquetaron y se trasladaron al

Table 1.
Treatments of chemical and biological fertilization applied to cortadillo plants (*Nolina cespitifera* Trel.) to accelerate their growth under nursery conditions

Tabla 1.
Tratamientos de fertilización química y biológica aplicados a plantas de cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) para acelerar su crecimiento bajo condiciones de vivero

Number	Treatment	Monthly dose
T1	17-17-17	6 g/L water
T2	Urea	10 g/L
T3	Mixture of mineral coal and microorganisms (<i>Trichoderma</i> spp. and <i>Bacillus</i> spp.)	2 g/ plant
T4	Control	
T5	Mycorrhiza INIFAP	44 propagules)
T6	<i>Trichoderma</i> sp.	3 mL de 1×10^{12} /L of water
T7	<i>Bacillus</i> sp.	3 mL de 1×10^9 /L of water
T8	18-18-18	6 g/L)
T9	Gravel-based cover	

labeled and transferred to the laboratory to record the data for each of the variables mentioned above.

The height of the aerial part of the plant was taken from the base of the stem to highest leaf, and measured using a graduated ruler of 30 ± 0.01 cm. The diameter reading was made with a digital Vernier. The root length was obtained with a graduated rule of 30 ± 0.01 cm. To the determination of the fresh (wet) biomass from the aerial part and the root, both parts were separated (aerial and root) with a scalpel and the weight was recorded with a digital scale of each of the parts. Once the fresh weight was obtained, both parts of the plant were packed in brown paper bags with their respective treatment record, and were placed in a drying oven for a period of 72 hours at 70°C to remove moisture; then the dry weight of each part of the plant (aerial and root) was recorded.

With the data of the variables evaluated, the following indices or relationships of plant quality were determined:

laboratorio para el registro de los datos de cada una de las variables mencionadas anteriormente.

Para la medición de la altura de la parte aérea de la planta, se tomó desde la base del tallo hasta la altura de la hoja más alta, utilizando una regla graduada de 30 ± 0.01 cm, con precisión hasta décimas de centímetro. La lectura del diámetro se realizó con un vernier digital, con precisión hasta décimas de milímetro. La longitud de la raíz se obtuvo con una regla graduada de 30 ± 0.01 cm, con precisión hasta décimas de centímetro. Para la determinación de la biomasa en fresco de la parte aérea y de la raíz, se separaron ambas partes (aérea y de la raíz) con un bisturí y se registró el peso con una báscula digital de cada una de las partes, a una precisión de centésimas de gramo. Una vez obtenido el peso en fresco, ambas partes de la planta se empacaron en bolsas de papel estraza con su respectivo registro de tratamiento, y se colocaron en una estufa de secado por un periodo de 72 horas a 70°C para eliminar la humedad; después se registró el peso en seco de cada parte de la planta (aérea y de la raíz).

Con los datos de las variables evaluadas, se determinaron los siguientes índices o relaciones de calidad de planta:

Robustness index (IR) o Ratio height/diameter of the root neck height

It relates the height (cm) and the root neck diameter (mm) of the plant. When there are low values, they are associated with better plant quality, since it is more robust and high values indicate that the plant is less strong and slender due to the disproportion between height and diameter; it is generally recommended that this index was less than six (Prieto *et al.*, 2003). It was estimated with the following formula:

$$IR = \frac{\text{Plant height (cm)}}{\text{Root neck diameter (cm)}}$$

Relation between height: length of the root

It is a parameter of importance because it can be predicted since plantation. There must be a balance in the proportion between the aerial part and the root system of the plants. It was calculated with the formula:

$$\text{Relation Height: root} = \frac{\text{Plant height(cm)}}{\text{Root length(cm)}}$$

Index of lignification (IL)

It is determined with the percentage of dry weight in relation to the water content in the plants, which expresses its level of pre-conditioning (Prieto, 2004). Among higher was the content of lignin in its tissue, the cell walls of the plant will be better reinforced and will have greater resistance to physical damage, as well as to attacks of microorganisms by limiting the penetration of destructive enzymes (Petisco *et al.*, 2005). It was calculated with the formula:

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

Dry air biomass / dry root biomass ratio

It refers to the proportion of the aerial biomass with respect to the biomass of the root. It reflects the development of the nursery plant. A relation between 1.5 and 2.5 reflects an optimum balance; relations greater than 2.5 indicate disproportion between the aerial and radical parts (Prieto *et al.*, 2011). It was calculated with the formula:

$$BSC / BSR \text{ ratio} = \frac{\text{Aerial dry biomass (g)}}{\text{Dry biomass root (g)}}$$

Índice de robustez (IR) o Relación altura/diámetro del cuello de la raíz

Relaciona la altura (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) de la planta. Cuando se tienen valores bajos se asocian a mejor calidad de planta, ya que es más robusta. Los valores altos indican que la planta es menos fuerte y esbelta por la desproporción que existe entre altura y diámetro; generalmente se recomienda que este sea menor a seis (Prieto *et al.*, 2003) y se estimó con la siguiente fórmula:

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

Relación altura: longitud de la raíz

Es un parámetro de importancia ya que se puede predecir el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radicular de las plantas. Se calculó con la fórmula:

$$\text{Relación Altura: raíz} = \frac{\text{Altura planta(cm)}}{\text{Longitud de raíz (cm)}}$$

Índice de lignificación (IL):

Se determina con el porcentaje de peso seco con relación al contenido de agua en las plantas, lo cual expresa su nivel de pre-acondicionamiento (Prieto, 2004). Entre mayor sea el contenido de lignina en su tejido, las paredes celulares de la planta estarán mejor reforzadas y tendrán mayor resistencia a daños físicos, así como al ataque de microorganismos al limitar la penetración de enzimas destructivas (Petisco *et al.*, 2005). Se calculó con la fórmula:

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

Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz

Se refiere a la proporción de la biomasa aérea con respecto a la biomasa de la raíz. Refleja el desarrollo de la planta en vivero y una relación entre 1.5 y 2.5 reflejan un balance óptimo, relaciones mayores a 2.5 señalan desproporción entre las partes aéreas y radicales (Prieto *et al.*, 2011). Se calculó con la fórmula:

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

Determination of plant quality ranges

With the data matrix generated which included the morphological variables and the values of the indexes of 108 plants, the plant quality ranges were determined in each of them with the R Project 2016 Program, and variance analysis were conducted to evaluate differences in ranges, with a significant level of 95% ($p \leq 0.05$).

Finally, with the table of plant quality of cortadillo, and with the data organized by means of tables in Excel ©, the plant quality was determined in each of the treatments evaluated. The variance analysis used the procedure Proc means in SAS version 9.1 (Statistical Analysis System, 2003) and a comparison of means with the Tukey test ($p \leq 0.05$) was accomplished.

Results and Discussion

Determination of plant quality ranges

With the generated data matrix which included the morphological variables and the values of the indexes of 108 plants, the plant quality ranges were determined in each of them with the R Project 2016 Program. Analysis of variance indicated that the ranges are statistically different ($p \leq 0.05$), that is, as independent populations (Table 2).

Determinación de rangos de calidad de planta

Con la matriz de datos generada que incluyó a las variables morfológicas y los valores de los índices de 108 plantas, se determinaron los rangos de calidad de planta en cada una de ellas con el Programa R Project 2016 y se realizaron los análisis de varianza los cuales indicaron que los rangos son estadísticamente diferentes, con un nivel de confianza del 95% ($p \leq 0.05$).

Finalmente, con la tabla de calidad de planta del cortadillo, y con los datos organizados mediante tablas en Excel©, La calidad de planta se determinó en cada uno de los tratamientos evaluados. Para el análisis de varianza se utilizó el procedimiento Proc Mean en SAS versión 9.1 (Sistema de análisis estadístico, 2003) y una comparación de medias con Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Determinación de rangos de calidad de planta

Con la matriz de datos generada que incluyó a las variables morfológicas y los valores de los índices de 108 plantas, se determinaron los rangos de calidad de planta en cada una de ellas con el Programa R Project 2016. Los análisis de varianza indicaron que los rangos son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), es decir, como poblaciones independientes (Tabla 2).

Table 2.
Plant quality ranges considered for cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.)

Tabla 2.
Rangos de calidad de planta determinados para cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.)

Variable	Plant quality and Range	
	High	Low
Height	≥ 20	<20
Root neck diameter (mm)	≥ 5	<5
Root length (cm)	≥ 20	<20
Dry biomass of the aerial part (g)	≥ 0.15	<0.15
Dry biomass of the root (g)	≥ 0.20	<0.20
Height / Root neck diameter or Robustness Index (IR)	≤ 5	> 5
Relationship height: root length	≥ 1	<1
Ratio of dry aerial biomass / dry biomass root	≤ 2.5	> 2.5
Lignification index (IL)	≥ 25	<25

Determination of plant quality by treatment

The results of the evaluated variables in each treatment were compared with the range values shown in the table 2, In Table 3, the results and plant quality (A or B) from each variable are shown within treatments, where it is observed that, for the variable height, in T3 = Mixture of mineral coal and microorganisms (2g / plant), T6 = *Trichoderma* sp. (3 mL of 1×10^{12} / L of water), T7 = *Bacillus* sp. (3 mL of 1×10^9 / L of water) was determined a high-quality plant (greater than 20 cm). Currently, there are no reports on the effect of the use of microorganisms in cortadillo under nursery conditions. However, in agricultural species, positive effects have been observed, that is, there was an accelerated induction of growth, and therefore a greater reflection in the height in treated plants, as mentioned by Cortés *et al.* (2015) who found a higher response in height in cocoa plants in nursery stage treated with different bio-inoculants. An action to improve the quality in the less favored treatments in this study, is leaving more time the plants in the nursery or adjusting the doses of fertilization.

In the case of the **root neck diameter** variable, in all the treatments it was determined a low quality plant (less than 5 mm). Such result may be possible due to the size of the container used (5 x 15 cm), as mentioned by NeSmith & Duval (1998), and Xu & Kafkafi. (2001). The development of the plant can be influenced by the size of the container, which restricts the prolongation of the root, effect that could induce minor development of the diameter of the root neck. Therefore, in order to improve the quality of this variable, the use of containers with a larger diameter is required, so that the plant had more lateral growth space, which is the place of initial growth of the cortadillo.

Respect to the **root length** variable, in T3 = Mixture of mineral coal and microorganisms (2 g / plant), T4 = Control, T6 = *Trichoderma* sp. (3 mL of 1×10^{12} / L of water) and T7 = *Bacillus* sp. (3 mL of 1×10^9 / L of water) was obtained high quality plant (greater or equal to 20 cm) and the rest was of low quality. With these results, it is deduced that the quality response in root length cortadillo is associated to bio-inoculation. Although there are no references on the effect of bio-inoculation in cortadillo, this pattern is similar to that observed in other vegetal species (Quiñones *et al.*, 2013). To improve the quality of this variable, it is necessary to use containers

Determinación de calidad de planta por tratamiento

Los resultados de las variables evaluadas en cada uno de los tratamientos, se compararon con los rangos definidos en el Tabla 2. En el Tabla 3, se muestran los resultados y calidad de planta (A o B) de cada variable dentro de tratamientos, donde se observa que para la variable altura, en T3= Mezcla de carbón mineral y microorganismos (2 g/planta), T6= *Trichoderma* sp. (3 mL de 1×10^{12} /L de agua), T7= *Bacillus* sp. (3 mL de 1×10^9 /L de agua) se determinó planta de alta calidad (superior a 20 cm). A la fecha no hay reportes del efecto por el uso de microorganismos en cortadillo bajo condiciones de vivero. Sin embargo, en especies agrícolas se han observado efectos positivos, es decir, hay una inducción acelerada del crecimiento, y por ende mayor reflejo en la altura en las plantas tratadas, tal como lo mencionan Cortés *et al.* (2015) quienes encontraron una respuesta mayor en altura en plantas de cacao, en etapa de vivero tratadas con diferentes bio-inoculantes. Una acción para mejorar la calidad en los tratamientos poco favorecidos en este trabajo, es dejar mayor tiempo las plantas en el vivero o ajustar las dosis de fertilización.

En el caso de la variable **diámetro del cuello de la raíz**, en todos los tratamientos se determinó que es planta de baja calidad (menor a 5 mm) y tal resultado es posible al tamaño de contenedor empleado (5 x 15 cm), como lo mencionan NeSmith & Duval (1998) y Xu & Kafkafi (2001), que el desarrollo de la planta puede ser influenciado por el tamaño del contenedor y restringir la prolongación de la raíz, efecto que pudiera alcanzar menor desarrollo del diámetro del cuello de raíz; por lo para mejorar la calidad de esta variable, se requiere el empleo de envases con mayor tamaño en diámetro para que la planta tenga mayor espacio de crecimiento lateral, que es el hábito de crecimiento inicial del cortadillo.

En la variable **longitud de la raíz**, en los T3= Mezcla de carbón mineral y microorganismos (2 g/planta), T4= Testigo, T6= *Trichoderma* sp. (3 mL de 1×10^{12} /L de agua) y T7= *Bacillus* sp. (3 mL de 1×10^9 /L de agua) se obtuvo planta de alta calidad (mayor o igual a 20 cm) y en el resto fue de baja calidad. Con estos resultados se deduce que la respuesta de calidad en longitud de raíz del cortadillo está asociada a la bio-inoculación. Aunque no hay referencias de efecto de bio-inoculación en cortadillo, el comportamiento es similar al observado en otras especies vegetales (Quiñones *et al.*, 2013). Para mejorar la calidad de esta variable es necesario el empleo de envases con mayor longitud y

with greater length and the application of root growth promoter, such as phosphorus in chemical fertilization, to induce its development.

For the aerial **dry biomass** variable, it was found that in the T1 = 17-17-17 (6 g / L), T2 = Urea (10 g / L), T8 = 18-18-18 (6 g / L) and T9 = gravel based cover, the plant was of low quality (less than 0.15 g). As can be observed, lower quality for this variable was obtained with the non-bio-inoculated treatments, that is, the bio-inoculants allow greater biomass accumulation, as cited by Quiñones *et al.* (2013). The improvement of the quality of this variable may be reached through an increase of the growth area, early planting or longer plant time in the nursery and adjustment in chemical fertilizer doses.

In the root **dry biomass** variable, in all treatments it was found that the plant is of low quality (less than 0.20 g), except in T3 = Mixture of mineral coal and microorganisms (2 g / plant). This effect in quality may be possible due to the synergy that occurs between the coal, that acts as a cover and prevents the evaporation of water from the substrate, and on the other hand, *Trichoderma* as a root stimulant. This may be reflected in greater accumulation of biomass. The quality of this variable is improved with the increase of the area of root growth, and with the application or addition of products promoting root growth, such as phosphorus.

In the **height / root neck diameter ratio**, only in T6 = *Trichoderma* sp. (3 mL of 1×10^{12} / L of water) and T7 = *Bacillus* sp. (3 mL of 1×10^9 / L of water), the plant was of low quality (greater than 5). This indicates that there is a disproportion between growth in height and diameter. This disproportion may be due to the fact that the bio-inoculated plants acquire more height in a short time, while the diameter does not develop. However, when using mycorrhiza, there is a good balance between height and diameter. This condition can be improved with the addition of root growth promoting products, such as phosphorus, and with an increase in the growth area, that is, a larger diameter of the containers used in the production of the cortadillo plant.

About the **height / root length ratio**, in T3 = Mixture of mineral coal and microorganisms (2 g / plant), T4 = Control, T6 = *Trichoderma* sp. (3 mL of 1×10^{12} / L of water) and T7 = *Bacillus* sp. (3 mL of 1×10^9 / L of water) the plant was determined with low quality (less than 1),

con la aplicación de productos promotores de crecimiento radicular como el fósforo en la fertilización química, para inducir su desarrollo.

Para la variable **biomasa seca aérea** se encontró que en los T1= 17-17-17 (6 g/L), T2= Urea (10 g/L), T8 = 18-18-18 (6 g/L) y T9= Cubierta de grava gruesa, la planta es de baja calidad (menor a 0.15 g). Como puede observarse menor calidad para esta variable se obtuvo con los tratamientos no bio-inoculados, es decir, los bio-inoculantes permiten mayor acumulación de biomasa, como lo cita Quiñones *et al.* (2013). Para mejorar la calidad de esta variable es con el aumento del área de crecimiento, la siembra temprana o sea mayor tiempo de la planta en el vivero y ajuste en las dosis de fertilización química.

En la variable **biomasa seca de la raíz**, en todos los tratamientos se encontró que la planta es de baja calidad (menor a 0.20 g), excepto en T3= Mezcla de carbón mineral y microorganismos (2 g/planta), este efecto en calidad es posible a la sinergia que ocurre entre el carbón que actúa como cubierta que evita la evaporación de agua del sustrato y por el otro lado, *Trichoderma* como estimulante de raíz, por lo tanto, se refleja en mayor acumulación de biomasa. Se mejora la calidad de esta variable con el aumento del área de crecimiento en la raíz, y con la aplicación o adición de productos promotores de crecimiento radicular como el fósforo.

En la **Relación Altura/Diámetro del cuello de la raíz**, solamente en el T6= *Trichoderma* sp. (3 mL de 1×10^{12} /L de agua) y T7= *Bacillus* sp. (3 mL de 1×10^9 /L de agua), la planta es de baja calidad (mayor a 5), lo cual indica que existe desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro. Esta desproporción puede ser tal vez a que las plantas bio-inoculadas expresan más altura en corto tiempo, y no así el desarrollo del diámetro, sin embargo, cuando se usa micorriza existe un buen balance entre altura: diámetro. Esta condición puede mejorarse con la adición productos promotores de crecimiento raíz como el fósforo y con aumento del área de crecimiento, es decir, mayor diámetro de los envases empleados en la producción de planta de cortadillo.

Con la **Relación Altura/Longitud de la Raíz**, en los T3= Mezcla de carbón mineral y microorganismos (2 g/planta), T4= Testigo, T6= *Trichoderma* sp. (3 ml de 1×10^{12} /L de agua) y T7= *Bacillus* sp. (3 ml de 1×10^9 /L de agua), la planta se determinó como de baja calidad (menor a 1) lo que predice

which predicts low survival rates and reduced increases in planting sites. The same pattern was observed as in the previous relationship, except when mycorrhiza was used as bio-inoculant. As previously mentioned, the bio-inoculants stimulate the growth and development of the seedlings and is reflected in greater height, however, mycorrhiza as a bio-inoculant also contributes in other effects such as fertilization by incorporating phosphorus, which is a low-mobility nutrient, as cited by Álvarez-Sánchez *et al.* (2013) and Cabrales *et al.* (2016). This relationship can be improved with root or aerial pruning and the increase of the growth area.

Respect to the **dry aerial biomass/dry root biomass**, in all treatments the obtained plant had high quality (less than or equal to 2.5).

For the lignification index, in T3 = Mixture of mineral coal and microorganisms (2 g / plant), T5 = Mycorrhiza INIFAP (44 propagules), T6 = *Trichoderma* sp. (3 mL of 1×10^{12} / L of water) and T7 = *Bacillus* sp. (3 mL of 1×10^9 / L of water) the obtained plant had low quality (less than 25). This value indicates that the productive cycle and the fertilization doses must be adjusted, and a decrease of water applied in the irrigation.

bajas tasas de sobrevivencia y reducidos incrementos en los sitios de plantación. Se aprecia el mismo comportamiento que en la relación anterior, excepto cuando se usa micorriza como bio-inoculante ocurre una relación óptima. Como ya se comentó anteriormente los bio-inoculantes estimulan el crecimiento y desarrollo de las plántulas que se refleja en mayor altura, sin embargo, la micorriza como bio-inoculante aporta también otros efectos como la fertilización al incorporar fósforo, que es un nutriente de baja movilidad, como lo citan Álvarez-Sánchez *et al.* (2013) y Cabrales *et al.* (2016). Esta relación se mejora con poda de raíz y/o aérea en el aumento del área de crecimiento.

Con la relación **Biomasa seca aérea/Biomasa seca raíz**, en todos los tratamientos la planta es de alta calidad (menor o igual a 2.5).

Con el **índice de lignificación**, en los T3= Mezcla de carbón mineral y microorganismos (2 g/planta), T5= Micorriza INIFAP (44 propágulos), T6= *Trichoderma* sp. (3 ml de 1×10^{12} /L de agua) y T7= *Bacillus* sp. (3 ml de 1×10^9 /L de agua), la planta es de baja calidad (menor a 25) lo cual indica que debe ajustarse el ciclo productivo o de evaluación, las dosis de fertilización y disminuir la cantidad de agua aplicada en el riego.

Table 3.
Determination of plant quality by fertilization treatment in cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.)

Tabla 3.
Determinación de calidad de planta por tratamiento de fertilización en cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.)

Treatment	Root neck Diameter (mm)	Height (cm)	Root Length (cm)	Aerial dry biomass (g)	Dry root biomass (g)	Relationship Height/ Diameter	Relationship Height/ Long. Root	Ratio Air Dry Biomass / Dry biomass root	Lignification Index
T1	3.40 B	15.67 B	16.06 B	0.11 B	0.10 B	4.57 A	1.03 A	1.32 A	25.91 A
T2	2.71 B	12.08 B	10.75 B	0.06 B	0.04 B	4.57 A	1.44 A	1.65 A	33.71 A
T3	4.61 B	21.70 A	23.15 A	0.18 A	0.21 A	4.77 A	0.99 B	1.04 A	22.78 B
T4	4.65 B	14.72 B	23.07 A	0.16 A	0.18 B	3.33 A	0.64 B	0.99 A	26.40 A
T5	6.84 A	19.70 B	18.45 B	0.15 A	0.15 B	3.93 A	1.08 A	1.17 A	21.11 B
T6	3.87 B	20.51 A	22.29 A	0.15 A	0.15 B	5.40 B	0.94 B	1.09 A	23.94 B
T7	4.11 B	21.18 A	25.09 A	0.17 A	0.17 B	5.12 B	0.89 B	1.04 A	24.88 B
T8	3.43 B	14.90 B	15.95 B	0.09 B	0.07 B	4.38 A	1.22 A	1.77 A	25.68 A
T9	3.49 B	16.23 B	19.32 B	0.11 B	0.13 B	4.73 A	1.80 A	1.01 A	26.02 A

Means with the same letter, in the same column, are not significantly different according to Tukey's test ($p \leq 0.05$).

The plant growth time evaluated under nursery condition was close to 6 months (170 days), from which two clearly marked quality categories were derived (high quality and low quality), with height values higher than 20 cm for the first category. Castillo & Cano (2005) report that *N. cespitifera* requires 1.8 to 2 years in nursery to achieve plantation quality, which contrasts with the results obtained by requiring a third of the time with the application of treatments T3 = Mixture of mineral coal and microorganisms (2 g / plant), T6 = *Trichoderma* sp. (3 mL of 1×10^{12} / L of water), T7 = *Bacillus* sp. (3 mL of 1×10^9 / L of water).

Table 4 shows that the treatment with the greatest impact on the obtaining of high-quality plant was the T3 treatment, which corresponds to the mixture of activated charcoal with microorganisms of the *Trichoderma* sp., followed by T6 in which *Trichoderma* sp. (3 mL of 1×10^{12} / L of water) was used. As observed, there is an association between the analyzed variables and the *Trichoderma* microorganisms, present in both treatments, since they promoted the plant quality. In relation to the response of T3, it can be assumed that the activated charcoal functioned as a cover or mulch in the pot, which could have increased the water availability for a longer time compared to treatments that did not have a barrier, except for T9 (Gravel cover), that expressed a high quality in the related variables and lignification index.

Medias con la misma letra, en la misma columna, no son significativamente diferentes según prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

El tiempo de crecimiento de planta evaluado bajo condición de vivero fue cercano a los 6 meses (170 días), del cual se derivaron dos categorías de calidad claramente marcadas (calidad alta y calidad baja) con valores en altura superiores a 20 cm para la primera categoría. Castillo & Cano (2005) reportan que *N. cespitifera* requiere de 1.8 a 2 años en vivero para alcanzar calidad de plantación, lo cual contrasta con los resultados obtenidos al requerir un tercio del tiempo con la aplicación de los tratamientos T3= Mezcla de carbón mineral y microorganismos (2 g/planta), T6= *Trichoderma* sp. (3 ml de 1×10^{12} /L de agua), T7= *Bacillus* sp. (3 mL de 1×10^9 /L de agua).

En el Tabla 4 se muestra que el tratamiento que tiene mayor impacto en la obtención de planta de alta calidad fue el T3, que corresponde a la mezcla de carbón activado con microorganismos del grupo de *Trichoderma* sp., seguido del T6 en el que se empleó *Trichoderma* sp. (3 mL de 1×10^{12} /L de agua). Como se observó, existe una asociación entre las variables analizadas y los microorganismos *Trichoderma*, presentes en ambos tratamientos ya que promovieron la calidad de planta. Con relación a la respuesta del T3 se puede suponer que el carbón hizo la función de cubierta o acolchado en la maceta lo que pudo aumentar la disponibilidad de agua por mayor tiempo en comparación con los tratamientos que no tuvieron una barrera, excepto en el T9 (Cubierta de grava) que expresó una alta calidad en las variables relacionadas e índice de lignificación.

Table 4.
Effect of treatment on the quality index in cortadillo plants

Tabla 4.
Efecto de tratamiento en el índice de calidad en plantas de cortadillo

Índice o Relación	Calidad Alta	Calidad Baja
Height	T3, T6 y T7	T1, T2, T4, T5, T8 y T9
Root neck diameter	-	T1, T2, T3 , T4, T5, T6 , T7, T8 y T9
Root length	T3, T4, T6 y T7	T1, T2, T5, T8 y T9
Aerial dry biomass	T3, T4, T5, T6 y T7	T1, T2, T8 y T9
Dry root biomass	T3	T1, T2, T4, T5, T6 , T7, T8 y T9
Root neck diameter: height ratio	T1, T2, T3 , T4, T5, T8 y T9	T6 y T7
height / Root length	T1, T2, T5, T6 , T8 y T9	T3, T4 y T7
Dry aerial biomass / Dry root biomass	T1, T2, T3 , T4, T5, T6 , T7, T8 y T9	-
Index of lignification	T1, T2, T4, T8 y T9	T3, T5, T6 y T7

Generally, using *Trichoderma*, beneficial effects such as the promotion of plant growth of seedlings are reported (Candelerio *et al.*, 2015), on the biocontrol of soil pathogens (Carretero *et al.*, 2013; Núñez & Pavone, 2014) and on rooting effect (Bravo *et al.*, 2016)

Generalmente, con el uso de *Trichoderma* se reportan efectos benéficos como la promoción del crecimiento vegetal de plántulas (Candelerio *et al.*, 2015), en el biocontrol de patógenos de suelo (Carretero *et al.*, 2013; Núñez & Pavone, 2014) y efecto enraizador (Bravo *et al.*, 2016)

Conclusions

The results of the analysis of *N. cespitifera* plants indicate that it is possible to obtain high-quality plants with the use of a mixture of activated charcoal and microorganisms, such as *Trichoderma* sp. The use of containers with larger dimensions than those used is required (5 x 15 cm), in order for the plants to have a greater growth area, and adjustments are required in the chemical fertilization doses and / or combined with the biological fertilization treatments, to obtain cuttings of higher quality, and therefore greater survival in the plantation sites.

Conclusiones

Los resultados del análisis de las plantas de *N. cespitifera* indican que es posible obtener plantas de calidad con el uso de una mezcla de carbón activado y microorganismos como *Trichoderma* spp. Se requiere el empleo de envases con mayores dimensiones a los empleados (5 x 15 cm) para que las plantas tengan mayor área de crecimiento y ajustes en las dosis de fertilización química y/o combinarse con los tratamientos de fertilización biológica, para obtener planta de cortadillo de mayor calidad y por ende mayor sobrevivencia en los sitios de plantación.

References

- Álvarez-Sánchez, M. E., Hernández-Acosta, E., Maldonado-Torres, R. and Rivera-González, M. (2013). Encalado y micorriza para corregir deficiencia de fósforo en un Andisol cultivado con *Pinus halepensis*. *Madera y bosques*. 19(1): 7-16. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712013000100002
- Andivia, M.E., Fernández, M. M., Vázquez-Piqué, J. and Alejano, M.R. (2012). Efecto de la fertilización otoñal en vivero sobre la calidad de planta de encina y su respuesta post-transplante. Sociedad Española de Ciencias Forestales. For. 35: 69-74. https://www.researchgate.net/profile/Enrique_Andivia/publication/257964850_Efecto_de_la_fertilizacion_otonal_en_vivero_sobre_la_calidad_de_planta_de_encina_y_su_respuesta_post-transplante/links/0c9605267ea7532372000000/Efecto-de-la-fertilizacion-otonal-en-vivero-sobre-la-calidad-de-planta-de-encina-y-su-respuesta-post-transplante.pdf
- Bierchler, T., Rose, R.W., Royo A. and Pardos, M. (1998). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Oregon State University, OR USA/ Universidad Politécnica de Madrid, España. 13 p. <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2806>
- Bravo, V., Ronquillo, M., Martínez, M. and Quezada, G. (2016). Efecto enraizador de *Trichoderma asperellum* en el cultivo de palma aceitera. *Revista Científica Ecuatoriana*. 1: 20-27. <http://www.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorestadidad/index.php/revista/article/view/42/77>
- Cabrales, H.EM., Toro, M. and López-Hernández, D. (2016). Efecto de micorrizas nativas y fósforo en los rendimientos del maíz en Guárico. *Revista Temas agrarios*. 21(2): 21-31. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.898>
- Candelerio, D.J., Cristóbal, A.J., Reyes, R.A., Tun, S.J.M., Gamboa, A.M.M. and Ruíz, S.E. (2015). *Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagonistas contra *Meloidogyne incognita*. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. 84: 113-119. www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v84n1/v84n1a16.pdf
- Carretero, F., Ruíz, L., Berenguel, M., Diánez, F., Marín, F., Martínez, M.A., Yau, J.A. and Santos, M. (2013). *Trichoderma saturnisporum*, nuevo agente de control biológico y bioestimulante sobre diferentes cultivos hortícolas. *Dealnet*. 246: 32-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4258461>
- Castillo, Q.D. & Cano, P.A. (2005). Guía Técnica para el Establecimiento de Plantaciones de Cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) para la producción de Fibras Duras en el Estado de Coahuila. Folleto Técnico N° 16. INIFAPCIRNE. México. 23 pp. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2700/194.pdf?sequence=1>

- Castillo, Q. D., Antonio, B. A., Avila F. D. Y. and Castillo, R. F. (2015a). Efectos pre-germinativos en semillas de *Nolina cespitifera* Trel. In: Memorias del Congreso de La sociedad Mexicana de Recursos Forestales A.C. 335 p.
- Castillo, Q. D., Avila, F. D. Y., Yemilet D., Castillo, R. F., Antonio, B. A. and Martínez, B. O. U. (2015b). *Nolina cespitifera* Trel. Recurso forestal no maderable de importancia económica y social del noreste de México. *Interciencia. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal* 40(9): 611-617. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33940998005>
- Castillo, Q. D. & Sáenz, R.J.T. (1993). Aspectos Ecológicos del Cortadillo *Nolina* sp. en el Sur de Saltillo, General Cepeda y Parras de la Fuente, Coah. Folleto Técnico N° 4. INIFAP-CIRNE. México. 17 p.
- Castillo-Quiroz, D., Antonio-Bautista, A., Ávila-Flores, D.Y., Sáenz-Reyes J. T. and Castillo-Reyes, F. (2018). Tratamientos químicos y biológicos para estimular la germinación en semillas de *Nolina cespitifera* Trel. *Polibotánica* 45: 147-156. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.11>
- Cortés, P.S., Vesga, A.N., Sigarrosa, R. A. K., Moreno, R.L. and Cárdenas, C.D. (2015). Sustrato inoculado con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L) en etapa de vivero. *Bioagro* 27(3): 151-158. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85742727003>
- García, M.A. & Galván, V.R. (1995). Riquezas de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Botanical Sciences* 56: 7-24. <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.1461>
- Gomes, J. M., Couto L., García, L. H., Aloisio, X. and Ribeiro, G.S.L. (2002). Parámetros morfológicos na avaliação da qualidade de Mudras de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore* 26 (6): 655-664. <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v26n6/a02v26n6.pdf>
- Grossnickle, S.C. (2000). Ecophysiology of Northern Spruce Species: The Performance of Planted Seedlings. Ottawa, Ontario, Canada, NRC Research Press. 409 p.
- Landis, T.D. (2000). Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. In Landis TD, RW Tinus, SE McDonald, JP Barnett. Manual Agrícola. Volume N° 4. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. pp. 1-67.
- Muñoz, F.H.J., Sáenz, R.J.T., Coria, A. V.M., García, M. J.J., Hernández, R.J. and Manzanilla, Q. G.E. (2015). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 6(27): 72-89. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000100007
- NeSmith, D. & Duval, J. (1998). The effect of container size. *Hort. Technology* 8: 4. https://swfrec.ifas.ufl.edu/docs/pdf/veg-hort/transplant/trans_cs1.pdf
- Núñez, M.L. & Pavone, M. D. (2014). Tratamiento biológico del cultivo de arroz en condiciones de vivero empleando el hongo *Trichoderma* spp. *Interciencia*, 39(3): 185-190. <http://www.redalyc.org/pdf/339/33930206008.pdf>
- Orozco, G.G. Muñoz, F.H.J., Rueda, S.A., Sígala, R.J.A., Prieto, R.J.A. and García, M.J. (2010). Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 1(2):134-145. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v1n2/v1n2a11.pdf>
- Peñuelas, R. J. L. & Ocaña, B. L. (2000). Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 190 p.
- Petisco, C., A. García C., B. R.Vázquez A., I. Zabalgoeazcoa., S. Mediavilla B. and García, C. (2005). Determinación de lignina y celulosa en hojas de plantas leñosas mediante NIRS: Comparación de métodos estadísticos. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. XLV Reunión Científica de la SEEP. Producción Agroganaderas. 97-104 p. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36272479/DETERMINACION_DE_LIG_Y_CELU_EN_HOJAS_LENOSAS.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDETERMINACION_DE_LIG_Y_CELU_EN_HOJAS_LEN.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190621%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190621T173754Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=9651b019b01f16f8199805acbd0366ce9ffc7cb503fc801d4431f6ab9e9666eb
- Prieto, R. J. A. (2004). Factores que influyen en la producción de planta de *Pinus* spp. en vivero y en su establecimiento en campo. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 110 p. <http://eprints.uanl.mx/5805/1/1020150010.PDF>

- Prieto, R. J. A., Vera C. G. and Merlín, B. E. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 24 p. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/2520/Factores%20que%20influyen%20en%20la%20calidad%20de%20brinzales%20y%20criterios%20para%20su%20evaluacion%20en%20vivero.pdf?sequence=1>
- Prieto, R. J. A.; García R. J. L.; Mejía B. J. M.; Huchín, A. S. and Aguilar, V. J. L. (2009). Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 48 p. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2091/Produccion%20de%20planta%20del%20genero%20pinus%20en%20vivero%20en%20clima%20templado%20frio.pdf?sequence=1>
- Prieto R. J. A., García R. J. L., Sáenz R. J. T., Alarcón B. M., Rueda S. A. and Muñoz, F. H. J. (2011). Capítulo I Importancia de la calidad de la planta en vivero. *In: Indicadores de calidad de planta en viveros forestales de la Sierra Madre Occidental*. Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. México. p 1-23
- Quiñones, G.A., González, O.V., Chávez, P.J.R., Vargas, M.A. and Barrientos, D.F. (2013). Evaluación de inoculantes promotores de crecimiento en la producción de plantas de mezquite [*Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.] en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 4(20): 72-80. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63433994007>
- Ramírez, C.A. & Rodríguez, T.D.A. (2004). Efecto de calidad de planta, exposición y microsítio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 10(1): 5-11. <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchscfaX403.pdf>
- Rodríguez, T.D.A. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa. México, D.F., México. 156 p. <https://www.mundiprensa.mx/catalogo/9789687462530/indicadores-de-calidad-de-planta-forestal>
- Rueda, S.A., Benavides, S.J.D., Sáenz, R.J.T., Muñoz, F.H.J., Prieto, R.J.A. and Orozco, G.G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 5(22): 58-72. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322014000200005&script=sci_arttext&tlng=pt
- Sáenz, R.J.T., Acosta, I.L.M., Muñoz, F.H.J., García, M.J.J. and Castillo, Q.D. (2017). Calidad de planta de *Pinus pseudostrobus* Linld. *Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México*. 3(3): 85-97.
- Sáenz, R.J.T., Muñoz, F.H.J., Pérez, D.C.M.A., Rueda, S.A. and Hernández, R.J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 5(26): 98-110. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000600008
- Sáenz, R.J.T., Villaseñor, R.F., Muñoz, F.H.J., Rueda, S.A. and Prieto, R.J.A. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich. México. 50 p. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1289/CALIDAD%20DE%20PLANTA%20EN%20VIVEROS%20FORESTALES%20DE%20CLIMA%20TEMPLADO%20EN%20MICHOCAN.pdf?sequence=1>
- Tropicos, (2017). Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/> (Last Checked July 15th 2017).
- Xu, G. & Kafkafi, U. (2001). Nutrient supply and container size effects on flowering, fruiting assimilate allocation and water relations on sweet pepper. *Acta Horticulturae*. 554: 113-120. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.554.11>