

PROYECTO: MANEJO SOSTENIBLE DE BOSQUES (BID 3878/HO-L1179)

CUARTO PRODUCTO

R4. Informe de la investigación

EVALUACIÓN DEL DESARROLLO FISIOLÓGICO DE *Pinus oocarpa*
Schiede ex Schltdl. EN LA ETAPA DE VIVERO, HONDURAS

Viveros del Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas
Protegidas y Vida Silvestre (ICF):

Región Forestal Francisco Morazán, Distrito Central,

Región Forestal Comayagua, ubicado en La Paz, La Paz

Región Forestal de Olancho, ubicado en La Unión, Olancho

Investigadores:

M.Sc. Elda Ninoska Fajardo

Ing. Francy Nohemy Castañeda

Universidad Nacional de Ciencias Forestales (UNACIFOR)

Revisión y aprobación:

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)/Red Solidaria (Ente Financiador)
Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y
Vida Silvestre (ICF)

Siguetepeque, Comayagua, noviembre de 2023

Contenido

I.	RESUMEN	8
II.	INTRODUCCIÓN	9
III.	OBJETIVO	10
V.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
5.1	Descripción y distribución de <i>Pinus oocarpa</i>	11
5.2	Propagación de <i>Pinus oocarpa</i> en vivero.....	12
5.3	Calidad morfológica para la medición de la calidad de las plantas en vivero	12
5.3.1	Características cuantitativas.....	13
5.3.2	Características cualitativas.....	18
VI.	METODOLOGIA	20
6.1	Descripción del área de estudio.....	20
6.2	Diseño de muestreo	22
6.3	Metodología de campo	23
6.3.1	Medición de la altura de las plantas.....	23
6.3.2	Medición del diámetro a la altura del cuello (DAC).....	24
6.4	Metodología de laboratorio	25
6.4.1	Medición del peso húmedo y el peso seco de la biomasa aérea y biomasa radicular	25
6.5	Metodología de oficina.....	27
6.5.1	Determinación de los Índices de calidad de plantas con base en los parámetros morfológicos cuantitativos	27
6.5.1.1	Altura de la parte aérea de las plantas	27
6.5.1.2	Diámetro a la altura del cuello (DAC).....	28

6.5.1.3	Índice de esbeltez (IE)	28
6.5.1.4	Relación entre la biomasa seca de la parte aérea y la biomasa seca de parte radicular (R BSA:BSR)	29
6.5.1.5	Índice de Lignificación	30
6.5.1.6	Índice de Calidad de Dickson (ICD).....	31
6.5.2	Parámetros cualitativos para evaluar la calidad de las plantas.....	32
6.6	Procesamiento de la información.....	33
VII.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
7.1	Resultados.....	34
7.1.1	Altura de la parte aérea de la planta.....	34
7.1.2	Diámetro a la altura de cuello (DAC)	37
7.1.3	Índice de esbeltez (IE).....	39
7.1.4	Relación biomasa seca aérea: biomasa seca radicular (R BSA:BSR) .	41
7.1.5	Índice de lignificación (IL)	42
7.1.6	Índice de calidad de Dickson (ICD).....	45
7.1.8	Determinación de la calidad utilizando los parámetros cualitativos.....	48
7.2	Discusión.....	49
VIII.	CONCLUSIONES	51
IX.	RECOMENDACIONES	52
X.	BIBLIOGRAFÍA	53
XI.	ANEXOS.....	55

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de los viveros estudiados.....	21
Figura 2. Imágenes ilustrativas de la toma de medición de altura de la parte aérea de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i>	24
Figura 3. Imagen ilustrativa de la medición del DAC en plantas de <i>Pinus oocarpa</i> .	24
Figura 4. Muestras de plantas de <i>Pinus oocarpa</i> preparadas para la obtención de peso húmedo (g).....	26
Figura 5. Imagen ilustrativa del proceso de separación de la parte aérea y radicular para el secado en el horno	26
Figura 6. Comparación de promedios de altura de la parte aérea de las plantas de los tres viveros	36
Figura 7. Gráfico comparativo de medias de DAC (mm) de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en los tres viveros.	38
Figura 8. gráfico comparativo de las medias del índice de esbeltez de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros	40
Figura 9. Gráfico comparativo del índice de lignificación de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en los tres viveros	44
Ilustración 10. Gráfico del resultado del Índice de Calidad de Dickson para las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros.....	47

Índice de tablas

Tabla 1. Parámetro altura (cm) de la parte aérea de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> .	28
Tabla 2. parámetro Diámetro a la altura del cuello (mm)	28
Tabla 3. Parámetro Índice de Esbeltez	29
Tabla 4. Relación Biomasa Seca Aéreo (BSA): Biomasa Seca Radicular (BSR)	30
Tabla 5. Parámetro de calidad de índice de lignificación en plantas de <i>Pinus oocarpa</i>	30
Tabla 6. Parámetro Índice de calidad de Dickson (ICD)	31
Tabla 7. Criterios para la evaluación de los parámetros cualitativos de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en etapa de vivero.....	32
Tabla 8. Evaluación de la altura (cm) de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en los tres viveros	35
Tabla 9. Análisis de varianza para parámetro altura de la parte aérea de las plantas de los viveros	35
Tabla 10. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable altura de los tres viveros	36
Tabla 11. Evaluación del Diámetro a la altura del cuello de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en los tres viveros	37
Tabla 12. Análisis de varianza para el DAC de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros.....	37
Tabla 13. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable DAC de los tres viveros	38

Tabla 14. Determinación del Índice de Esbeltez para las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en los tres viveros	39
Tabla 15. Análisis de varianza para el índice de Esbeltez de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros.	39
Tabla 16. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable índice de esbeltez de los tres viveros	40
Tabla 17. Estadística descriptiva de la relación de la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en los tres viveros	41
Tabla 18. Análisis de varianza para la relación de la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros.	41
Tabla 19. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable relación de la biomasa seca aérea y biomasa seca radicular de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros.	42
Tabla 20. Estadística descriptiva del índice de lignificación de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en los tres viveros	43
Tabla 21. Análisis de varianza para índice de lignificación de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> en los tres viveros	43
Tabla 22. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable Índice de Lignificación de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros	44
Tabla 23. Determinación del Índice de Calidad de Dickson para las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros.	45
Tabla 24. Análisis de varianza para el índice de calidad de Dickson de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros	46
Tabla 25. Prueba de Fisher para el Índice de Calidad de Dickson de las plantas de <i>Pinus oocarpa</i> de los tres viveros	46

Tabla 26. Determinación de la calidad morfológica de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros 48

Tabla 27. Determinación de la calidad cualitativa de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros 49

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de la muestra 22

Ecuación 2. Fórmula para la determinación del Índice de Esbeltez..... 28

Ecuación 3. Fórmula para la determinación de la relación BSA: BSR 29

Ecuación 4. Fórmula para la obtención del índice de lignificación de las plantas 30

Ecuación 5. Fórmula para la determinación del índice de calidad de Dickson 31

I. RESUMEN

La investigación se realizó en tres viveros del Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) ubicados en las regionales de Comayagua (en La Paz), Olancho (La Unión) y Francisco Morazán (Distrito Central). El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad de plantas *Pinus oocarpa* schiede ex schlttdl producidas en tres viveros del Programa Nacional de Reforestación del ICF antes de su clasificación para ser plantadas en el campo.

Para la evaluación de la calidad de las plantas se aplicó un protocolo que considera los parámetros: altura de la parte aérea, diámetro a la altura del cuello (DAC), índice de esbeltez (IE), relación entre la biomasa seca de la parte aérea y la biomasa seca del sistema radical (R BSA: BSR), índice de lignificación (IL) y el índice de calidad de Dickson (ICD). Para la toma de datos de campo en cada vivero se realizó un muestreo aleatorio simple, representativo de toda la población de plantas de *Pinus oocarpa* producidas en cada vivero, el tamaño de la muestra se calculó mediante la fórmula para poblaciones finitas y se utilizó un nivel de confianza de 90% y un margen de error de 0.09, considerando que las plantas evaluadas son homogéneas. Una vez calculado el tamaño de la muestra, se realizó la aleatorización mediante el Programa Excel para identificar las plantas objeto de medición para la obtención de los resultados. Las escalas de evaluación de calidad de las plantas tanto para las variables cuantitativas como las cualitativas fueron alta, media y baja; se obtuvo que la calidad de las plantas de *Pinus oocarpa* es bajo tanto en la integración de todos los parámetros como en el resultado del Índice de Calidad de Dickson, siendo este el que

integra las variables que definen la calidad de las plantas, así también la calidad cualitativa relacionada con la forma del tallo de la planta, la coloración de la acícula y el estado fitosanitaria de la planta demostró que la mejor calidad de las plantas fueron las del vivero de La Unión, ya que obtuvo un menor porcentaje en calidad bajo de las plantas. Después de validado y aplicado el protocolo para la evaluación de la calidad de plantas de *Pinus oocarpa*, se encontró que, de los seis parámetros cuantitativos propuestos, la altura de la parte aérea de la planta, el diámetro a la altura del cuello (DAC) y el Índice de Esbeltez, son los más viables para su aplicación ya que no requieren de análisis en laboratorios ni de cálculos estadísticos-matemáticos complejos.

II. INTRODUCCIÓN

Pinus oocarpa es la conífera con mayor distribución natural en el neotrópico (Madriz masís, 2005). En Honduras también está dentro de las especies más comunes, reportándosele en los departamentos de Francisco Morazán, Olancho, Comayagua, La Paz, Yoro, Cortés, Intibucá, Lempira, Ocotepeque, Copán, El Paraiso, Choluteca y Santa Bárbara; oscilando en una altitud de 600 a 1600 msnm (Benítez Ramos & Montesinos Lagos, 1998). Sin embargo, debido a diversos factores entre ellos, principalmente la afectación de los bosques a causa de plagas y enfermedades ocasionadas por el gorgojo descortezador de pino (*Dendroctonus frontalis*) ha generado cifras alarmantes en la cuantificación de áreas afectadas, reportándose en los últimos 20 años más de quinientas cincuenta mil ha afectadas (CONAPROFOR,

2021) impactando directamente sobre la biodiversidad, en la seguridad alimentaria y la economía de las poblaciones rurales.

Los esfuerzos del Gobierno de Honduras han sido evidentes en alcanzar la restauración de áreas degradadas, planteándose a través de proyectos el objetivo de recuperar y mantener los servicios ecosistémicos de los bosques en cuencas prioritarias afectadas por la plaga del gorgojo descortezador, cumpliendo para ello una diversidad de objetivos específicos. Parte de la solución en alcanzar la restauración de las áreas degradadas estará en la utilización de estándares de calidad y la determinación de características morfológicas que deben cumplir las plantas en su proceso de producción en vivero, para asegurar mayor tasa de sobrevivencia y desarrollo en el campo. Es así como se suscribe carta acuerdo entre el Programa Red Solidaria como ente ejecutor-financiador, el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) como ente beneficiario y la Universidad Nacional de Ciencias Forestales (UNACIFOR) como ente ejecutor-investigador en la investigación “Evaluación del desarrollo fisiológico de *Pinus oocarpa* schiede ex schltl. en la etapa de vivero, Honduras.

III. OBJETIVO

Evaluar la calidad de las plantas de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltl. producidas por el Programa Nacional de Reforestación en tres viveros del Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF).

IV. JUSTIFICACIÓN

El propósito fundamental de un vivero es producir plantas que cumplan con características física deseables para ser llevadas al sitio final de plantación, por lo que deben pasar por una serie de cuidados desde la etapa de germinación hasta la etapa de endurecimiento y lignificación (Benítez, Equihua, & Pulidos Salas, enero-

junio, 2002). El Programa Nacional de Reforestación (PNR) del Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) posee una red de viveros con los propósitos de producir plantas principalmente forestales con las que se restauran áreas degradadas y afectadas por plagas y/o enfermedades.

Desde la creación del programa nacional de reforestación se han producido alrededor 18,151,116 de pino, bajo la aplicación de diferentes actividades culturales y la existencia de insumos que dependen de la disponibilidad de los recursos (económicos, tecnológicos y humanos) que se tengan, lo que ha propiciado diferencias en los sistemas de producción y clasificación, los que a su vez están relacionados con la condición geográfica y el clima. Sin embargo, las plantas que se producen en los diferentes viveros deben ajustarse a los estándares que favorezcan su establecimiento y desarrollo en el campo. Por tal razón, en esta investigación se evaluó la calidad de las plantas en los tres viveros seleccionados, utilizando un protocolo como una herramienta que facilite el proceso de clasificación de las plantas que presenten las mejores características en la etapa de vivero (Orozco Gutiérrez, y otros, 2010).

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Descripción y distribución de *Pinus oocarpa*

El *Pinus oocarpa* comúnmente se le conoce como pino ocote, es un árbol que puede alcanzar entre 30 y 35 m de altura y entre 40 a 70 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) (Instituto Nacional de Bosques , 2017). En estado natural, pino ocote puede ser encontrada desde la latitud 29° Norte, a lo largo de 3,100 kilómetros desde Sonora, México pasando por Belice, Guatemala, El Salvador y Honduras, hasta la

latitud 12° Norte en el departamento de Matagalpa, Nicaragua y un reporte de la especie en Costa Rica.

5.2 Propagación de *Pinus oocarpa* en vivero

La propagación de *Pinus oocarpa* se realiza por: semillas las que deben provenir de individuos sanos (libres de plagas y enfermedades), vigorosos, con buena producción de frutos, y preferentemente de fuste recto sin ramificaciones a baja altura, también se propaga a través de estructuras vegetativas (acodos, esquejes, estacas) y cultivo de tejidos (CONAFOR, sf.).

5.3 Calidad morfológica para la medición de la calidad de las plantas en vivero

- Calidad de la planta

La calidad de la planta se define como la capacidad que tienen las plántulas de adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio final donde se plantan, dependiendo también de las características genéticas de la semilla y de las técnicas utilizadas para su reproducción (Rueda Sánchez, y otros, 2012). Igualmente, la (Confederación Hidrográfica del Guadiana, 2011) afirma que la calidad de la planta es uno de los componentes más importantes de los que depende el éxito de la restauración de la cubierta forestal y que la calidad está determinada por las características morfológicas, fisiológicas, genéticas y sanitarias de la planta.

La calidad morfológica de una planta hace referencia a un conjunto de caracteres tanto de naturaleza cuantitativa como cualitativa sobre la forma y estructura de la planta o alguna de sus partes.

La morfología de una planta producida en vivero es el resultado de un conjunto de diversos factores como ser sus propias características genéticas, la fecha de siembra, la densidad de cultivo, el tipo de envase, el sustrato, el régimen de fertilización y riego y el grado de sombra.

5.3.1 Características cuantitativas

Se han empleado multitud de atributos morfológicos cuantitativos para caracterizar la calidad de una planta. Los más utilizados han sido la altura de la parte aérea, el diámetro del cuello de la raíz y los pesos secos de la raíz y la parte aérea, todos ellos descriptores del grado de desarrollo de las partes aérea y radicular.

También se han usado índices o relaciones morfológicas, que son combinaciones de dos o más atributos morfológicos, siendo la esbeltez (cociente entre la altura y el diámetro en el cuello de la raíz) y la relación entre el peso seco de la parte aérea y la radicular (PA/PR) los más empleados. Estos índices palián las limitaciones interpretativas que los atributos morfológicos poseen al considerarlos de forma individualizada, sobre todo cuando se analiza el equilibrio entre el desarrollo de la parte aérea o transpirante y la radicular o absorbente.

- Altura de la parte aérea de la planta

Se define por la longitud desde el extremo de la yema terminal hasta el cuello de la raíz. Su unidad de medida es en cm. Esta variable aporta información muy valiosa para describir condiciones físicas de la planta. Con la altura de la planta se demuestra una correlación entre el momento de la plantación, la supervivencia y el crecimiento uno o más años después en varias especies. Esta variable influye en la capacidad

fotosintética de la planta ya que, a mayor altura, mayor formación foliar, mayor capacidad para realizar procesos fisiológicos como la fotosíntesis y tasa de transpiración (Juan de Dios Alcántara, 2015). Se recomienda una altura entre 15 a 20 cm. Sin embargo, algunas especies de pino tienen menor crecimiento en altura, ya que las plantas tienden a crecer más en diámetro, por lo que es común que, al salir del vivero, no alcancen los 15 cm en altura (Prieto Ruiz, García Rodríguez, Mejía Bojórquez , Huchín Alarcón, & Aguilar Vitela, 2009)

- **Diámetro a la altura del cuello**

Se considera que el diámetro es un mejor indicador de calidad de planta que la altura, se obtiene midiendo el diámetro ligeramente por encima del cuello de la raíz y aporta una mayor supervivencia ya que determina el desarrollo y conformación de las raíces, la resistencia al viento, a las deficiencias de humedad y al ataque de plagas y enfermedades, por lo que a mayor diámetro, la planta es más resistente y por consiguiente, tiene mayores posibilidades de sobrevivencia y desarrollo en el campo (Juan de Dios Alcántara, 2015).

El tamaño del diámetro varía de acuerdo con la especie, pero se obtienen tallos delgados cuando se tienen altas densidades de plantas, las cuales están determinadas por el tamaño del contenedor (Santiago et al., 2007), citado por (Juan de Dios Alcántara, 2015). Si la plántula se produce en contenedor se requiere de un diámetro del cuello igual o mayor a 4.4 mm (Rodríguez Trejo, 2008). Sin embargo, (Prieto Ruiz, García Rodríguez, Mejía Bojórquez , Huchín Alarcón, & Aguilar Vitela,

2009) define “plantas con mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva; aunque esto varía con la especie”.

- **Sistema radicular**

Davis y Jacobs, (2005), citado por Hermoso de Mena, (2017), estima que la morfología del sistema radical está muy condicionada por el tiempo y por el recipiente de cultivo. El grado de desarrollo de las raíces puede medirse de diferentes formas: peso, volumen, longitud, así como la ramificación o arquitectura del sistema radicular a partir de parámetros específicos (Juan de Dios Alcántara, 2015).

El sistema radicular de la planta es muy importante ya que forma parte de la determinación de los índices de Relación de la parte aérea y parte radicular (R BSA-BSR) e índice de calidad de Dickson (ICD).

- **Índice de Esbeltez**

A través de la relación entre la altura de la parte aérea y el diámetro de la planta se estima el índice de esbeltez, conocido también como el índice de robustez (Toral, 1997) y se estima que debe ser menor a 6 (Tinoco López & Ramírez Ramírez, 2014). Es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos (Sáenz Reyes, Muñoz Flores, Pérez D, Rueda Sánchez, & Hernández Ramos, 2014). Esta relación se calcula como un coeficiente obtenido de la altura de la planta (cm) y el diámetro a la altura del cuello (mm)

$$\text{Índice de Esbeltez} = \frac{\text{Altura de la planta (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$$

Valores bajos del Índice de Esbeltez están asociados a mejor calidad de planta, ya que es más robusta, en cambio valores altos indican que la planta es más esbelta y menos fuerte lo que indica una menor lignificación, al existir desproporción entre la altura y el diámetro a la altura del cuello de la planta; generalmente, se recomienda que sea menor a seis (Juan de Dios Alcántara, 2015). A la vez, (Prieto Ruiz, García Rodríguez, Mejía Bojórquez , Huchín Alarcón, & Aguilar Vitela, 2009), comenta que un valor inferior indica una mejor calidad de la planta, arbolitos más robustos, bajos y gruesos son más aptos para sitios con limitación de humedad y valores superiores a seis sugieren una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados y el mismo índice es importante porque determina ejemplares más vulnerables a daños por viento, sequía y heladas (Rodríguez, 2008).

- **Producción de biomasa**

La biomasa refleja el desarrollo que alcanzó la planta en el vivero. Tiene una correlación con la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas en el campo. La biomasa es un indicador de la superficie fotosintética y de la tasa de transpiración y representa la capacidad de almacenamiento de carbohidratos (Prieto Ruiz, García Rodríguez, Mejía Bojórquez , Huchín Alarcón, & Aguilar Vitela, 2009)

- **Relación entre la biomasa seca de la parte aérea y la biomasa seca del sistema radicular**

La comparación de las tasas de crecimiento de la parte aérea y de la raíz, es una medida dinámica de distribución de carbón en la planta; asimismo, esta relación representa el balance entre el área de transpiración y el área de absorción de agua. Para determinar el cociente de esta relación, se utilizan los pesos secos de ambas partes; en este sentido, una planta de calidad debe tener un coeficiente de relación lo más bajo posible, de tal forma que se asegure su sobrevivencia en campo Thompson. 1985, citado por (Juan de Dios Alcántara, 2015).

Para obtener el coeficiente de relación entre la biomasa seca de la parte aérea (tallo y acícula) y biomasa seca del sistema radicular se aplica la siguiente fórmula:

$$R \text{ BSA: BSR} = \frac{\text{Peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{Peso seco de la parte radical (g)}}$$

- **Índice de calidad de Dickson**

El índice de la calidad de Dickson es una fórmula basada en otros índices que permiten obtener un índice de calidad específico para cada situación, a través del cual se permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y predecir su comportamiento en campo, siendo que mientras mayor sea el índice obtenido por una planta o muestra de ellas, se le considera de mayor calidad, con respecto a otras (Tinoco López & Ramírez Ramírez, 2014).

El índice de Dickson es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar

plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura, pero con mayor vigor García, (2007) citado por (Sáenz, Villaseñor , Muñoz, Rueda, & Prieto, 2010).

Estudios realizados con diferentes especies de coníferas, como *P. halepensis*, indican que se obtuvieron valores de ICD entre 0.3 y 0.5 de acuerdo con la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización. Sin embargo, se ha calculado que, a mayor valor del índice, resultará una mejor calidad de planta (Muñoz Flores, y otros, 2014) Para obtener el índice de Calidad de Dickson (ICD) se obtiene a través la aplicación de la siguiente fórmula:

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

- Índice de Lignificación (IL)

Es un índice que consiste en determinar el porcentaje (%) de peso seco total (g) entre el peso húmedo total (g) de la planta (Muñoz Flores, y otros, 2014). El resultado expresa el nivel de pre-acondicionamiento de las plantas donde los valores óptimos de lignina presentes en las coníferas oscilan entre 25 y 30% (Tinoco López & Ramírez Ramírez, 2014). El IL se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$IL = \left(\frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\text{Peso húmedo total de la planta (g)}} \right) * 100$$

5.3.2 Características cualitativas

Los atributos de tipo cualitativo se refieren a aspectos como la presencia de daños o heridas en las plantas, deformaciones radicales y tallos múltiples, entre otros. A través de la observación, se puede describir las características cualitativas con las que se

evalúa la calidad de una planta respecto a la presencia de plagas y enfermedades u otras de formación de la plántula.

- **Características fitosanitarias relacionadas con la calidad de las plantas producidas en vivero**

Estos caracteres hacen referencia a la presencia de daños causados por plagas y enfermedades. Las plantas manifiestan a través de cambios en su coloración, en la forma de su silueta o en el aspecto general que ofrece, por ello es importante observar con detenimiento los diferentes síntomas que se presentan en las plantas.

La presencia de plagas y enfermedades en un lote de planta será un motivo directo para desechar dicho lote y por ello es de vital importancia hacer un examen visual con detenimiento una vez que los lotes de planta están listos para ser enviados a su destino final para la plantación (Confederación Hidrográfica del Guadiana, 2011).

- **Daños causados por agentes bióticos**

Es importante tener en cuenta el daño causado por los artrópodos, son agentes cuya actuación es ajena a la constitución propia del material atacado: defoliaciones, perforaciones, mordeduras, galerías, son rastros comunes propios de este grupo. Dentro del mismo hay que diferenciar los posibles responsables en función del síntoma aparente que se observa sobre la planta: defoliadores, chupadores, perforadores, formadores de agallas, entre otros (Confederación Hidrográfica del Guadiana, 2011).

La misma atención hay que prestar a los daños causados por los hongos. La atribución de un daño determinado a estos agentes es una tarea compleja ya que no suelen dejar indicios, únicamente los cuerpos de fructificación que aparecen con posterioridad pueden ayudar mediante observación visual a saber cuál es la raíz del problema.

- Daños causados por agentes abióticos

Son daños en los que no intervienen de forma directa los seres vivos, pero que de todos modos sus consecuencias pueden ser bastante nocivas. Entre estos podemos destacar los daños causados por temperaturas extremas, los causados por agentes atmosféricos como el viento y por el déficit hídrico.

VI. METODOLOGIA

6.1 Descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en tres viveros forestales seleccionados por el personal técnico del Programa Nacional de Reforestación: Vivero de la Región Forestal Comayagua, ubicado en la ciudad de La Paz, con coordenada X: 427354; Y: 1583404, Vivero Central ubicado en la Región Forestal de Francisco Morazán, Comayagüela, Francisco Morazán, con coordenada X: 475329; Y: 1559202 y Vivero de la Región Forestal de Olancho, ubicado en La Unión, Olancho, con coordenada X: 531310; Y: 1660617 (figura 1). La principal característica de estos viveros seleccionados para el desarrollo de la investigación es que en los tres se producen plantas de *Pinus*

Producto 4: Informe final calidad de plantas de los viveros del PNR/ICF
 Evaluación del Desarrollo Fisiológico de *Pinus oocarpa* schiede ex schitdl. en la etapa de vivero

oocarpa, siendo esta la especie en que se evaluó la calidad con el propósito final de asegurar su establecimiento en el campo.

En cada uno de los viveros se recopiló información sobre las características generales del sistema de producción, con la que se redactó un diagnóstico de caracterización de las condiciones actuales de la producción de plantas, identificando así, las condiciones de infraestructura, planificación de la producción y condiciones de recurso humano para cumplir con las metas planteadas de producción de plantas.

Figura 1. Mapa de ubicación de los viveros estudiados



6.2 Diseño de muestreo

Se realizó un muestreo aleatorio simple, representativo de toda la población de plantas de *Pinus oocarpa* producidas en bolsa de polietileno con una dimensión de 4"x 8" en cada vivero, el tamaño de la muestra se calculó mediante la fórmula para poblaciones finitas y se utilizó un nivel de confianza de 90% y un margen de error de 0.09, considerando que las plantas evaluadas son homogéneas (Ecuación 1). Una vez calculado el tamaño de la muestra, se realizó la aleatorización mediante el Programa Excel para identificar las plantas que forman parte de la muestra para llevar a cabo las mediciones y evaluar la calidad de estas.

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de la muestra

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 * Z^2}$$

Donde

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

Z= nivel de confianza

σ = desviación estándar de la población

Para determinar la muestra se utilizó como población en cada vivero, la cantidad de plantas contabilizadas en la producción es así como:

En el vivero del ICF oficina central se contabilizó la cantidad de 23095 plantas, con lo que al aplicar la fórmulas para poblaciones finitas se obtuvo una muestra de 84 plantas, en el vivero del ICF, regional Comayagua, ubicado en La Paz, se contabilizó

la producción de 21800 plantas, con lo que resultó una muestra de 84 plantas y para el vivero de la Unión, Olancho la muestra obtenida fue de 83 plantas, resultado de la cantidad de 15560 plantas en producción, sin embargo para el procesado de las muestras y los diferentes análisis se utilizaron solo 70 plantas (La Unión, Olancho).

6.3 Metodología de campo

Para la obtención de las muestras (plantas), se visitó cada vivero en donde se seleccionaron las plantas de *Pinus oocarpa* que correspondían según los cálculos previos de cada número de planta elegida dentro de la producción. Las plantas se trasladaron hasta los laboratorios del vivero de la UNACIFOR, donde se tomaron las mediciones correspondientes según los resultados por obtener. Se describen las mediciones e índices aplicados para determinar la calidad de las plantas.

6.3.1 Medición de la altura de las plantas

La toma de datos de la altura de la parte aérea de las plantas se hizo desde la base del diámetro a la altura del cuello hasta el extremo final de la yema terminal, se utilizó una regla graduada en cm (figura), y se registraron los datos en los formatos previamente establecidos (anexo 1).

Figura 2. Imágenes ilustrativas de la toma de medición de altura de la parte aérea de las plantas de *Pinus oocarpa*



6.3.2 Medición del diámetro a la altura del cuello (DAC)

Para tomar los datos del DAC se utilizó un vernier digital calibrado en mm, midiendo el diámetro ligeramente por encima del cuello de la raíz (figura 3) y registrándose los datos en el formato correspondiente (anexo 1).

Figura 3. Imagen ilustrativa de la medición del DAC en plantas de *Pinus oocarpa*



6.4 Metodología de laboratorio

Las plantas de cada vivero que formaron parte de la muestra, previamente identificadas con su respectivo número se trasladaron al laboratorio de maderas de la UNACIFOR, en donde se realizaron los trabajos de laboratorio para los posteriores análisis.

6.4.1 Medición del peso húmedo y el peso seco de la biomasa aérea y biomasa radicular

Para la obtención de los pesos de las plantas requeridos para los diversos índices que determinan calidad de las plantas de *Pinus oocarpa*, a cada planta se le retiró la bolsa de polietileno y se procedió a desprender el sustrato suavemente con las manos, luego se introdujo el sistema radicular de la planta en un recipiente con agua limpia con el fin de desprender el resto del sustrato de las raíces con la planta completa se obtuvo el peso húmedo de la planta (figura 4), dato que se requirió para el cálculo del índice de lignificación, una vez realizado lo anterior se procedió a separar el tallo de la raíz para lo cual se utilizó una tijera podadora limpia y esterilizada con alcohol. Seguidamente las muestras se colocaron separadas en bolsas de papel (tallo en una bolsa y raíces en otra bolsa) debidamente etiquetadas y se realizó la medición en gramos del peso húmedo de la parte aérea y de las raíces de la planta, (figura 5) para lo cual se utilizó una balanza digital electrónica, posteriormente se introdujeron al horno por tres horas a una temperatura de 100 grados Celsius (°C) para su respectivo secado, una vez secas las muestras se procedió al pesado de

Producto 4: Informe final calidad de plantas de los viveros del PNR/ICF
Evaluación del Desarrollo Fisiológico de *Pinus oocarpa* schiede ex schlttdl. en la etapa de vivero

ambas partes en forma separada (peso seco de la parte aérea en gramos y peso aéreo de la parte radicular en gramos) y los datos obtenidos se registraron en el formato diseñado para tal fin y se utilizaron para el cálculo del peso seco total en gramos (anexo 2).

Figura 4. Muestras de plantas de *Pinus oocarpa* preparadas para la obtención de peso húmedo (g)



Figura 5. Imagen ilustrativa del proceso de separación de la parte aérea y radicular para el secado en el horno



6.5 Metodología de oficina

6.5.1 Determinación de los Índices de calidad de plantas con base en los parámetros morfológicos cuantitativos

Para determinar la calidad de las plantas de *Pinus oocarpa* se utilizaron factores morfológicos cuantitativos y cualitativos. Ambos factores fueron propuestos en el protocolo de evaluación, por lo que, para incluirlos como parámetros de determinación de calidad, pasaron por un proceso de socialización ante el personal técnico del ICF como ente interesado en los resultados de la investigación y del personal del programa Red Solidaria, como entes financiadores de la investigación.

Dentro de los factores morfológicos cuantitativos utilizados para evaluar la calidad de las plantas se utilizaron; la altura de la parte aérea de la planta (cm), el diámetro a la altura de cuello (DAC) (mm), la relación entre la biomasa aérea y la biomasa radicular (R BSA:BSR), el Índice de esbeltez (IE), el Índice de lignificación (IL) y el Índice de Calidad de Dickson (ICD) (anexo 3).

6.5.1.1 Altura de la parte aérea de las plantas

Los datos obtenidos en la medición realizada de este parámetro se vaciaron en hojas de cálculo de Excel para obtener los valores a través de los que se establecieron los rangos que permitieron medir la calidad de la planta a través de este parámetro (tabla 1).

Tabla 1. Parámetro altura (cm) de la parte aérea de las plantas de *Pinus oocarpa*.

Variable	Unidad de medida	Parámetros y rango de calidad		
Altura	cm	Baja	Media	Alta
		<10.0	10-14.9	≥15.0-25.0

6.5.1.2 Diámetro a la altura del cuello (DAC)

El DAC se obtuvo realizando el debido proceso de medición con el vernier, obteniendo los datos en mm. Para determinar la calidad de las plantas basadas en el DAC, se utilizaron parámetros y rangos de calidad previamente socializados (tabla 2).

Tabla 2. parámetro Diámetro a la altura del cuello (mm)

Variable	Unidad de medida	Parámetros y rangos de calidad		
Diámetro a la altura del Cuello	mm	Baja	Media	Alta
		<2.5	2.5-3.9	≥4.0

6.5.1.3 Índice de esbeltez (IE)

Una vez obtenidos los datos de altura de la parte aérea en cm y el DAC en mm, se aplicó el cociente que relaciona ambos parámetros, generando con esto el índice de esbeltez (ecuación 1)

Ecuación 2. Fórmula para la determinación del Índice de Esbeltez

$$\text{Índice de Esbeltez} = \frac{\text{Altura de la planta (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$$

Los resultados obtenidos del índice de esbeltez se utilizaron para determinar la calidad de las plantas de *Pinus oocarpa* basándose en los parámetros y rangos descritos (tabla 3).

Tabla 3. Parámetro Índice de Esbeltez

Variable	Parámetros y rangos de calidad		
Índice de Esbeltez	Baja	Media	Alta
	≥8.0	7.9-6.0	<6.0

6.5.1.4 Relación entre la biomasa seca de la parte aérea y la biomasa seca de parte radicular (R BSA:BSR)

La relación de la biomasa se obtuvo usando el peso seco de la parte aérea y el peso seco de la raíz (ecuación 2). El peso aéreo lo constituye el tallo más la parte foliar y en el caso de la raíz, se toma como un solo conjunto, el peso de la planta se obtuvo por separado (BSA y BSR)

Ecuación 3. Fórmula para la determinación de la relación BSA: BSR

$$R \text{ BSA: BSR} = \frac{\text{Peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{Peso seco de la parte radicular (g)}}$$

El resultado de la relación proporciona un indicador del balance o equilibrio de la planta (Ritchie, Landis, Dumroese, & Haase, sf.). Los resultados obtenidos de la relación de la biomasa se compararon con los rangos y parámetros que determinan la calidad de la planta respecto con este parámetro (tabla 4).

Tabla 4. Relación Biomasa Seca Aéreo (BSA): Biomasa Seca Radicular (BSR)

Variable	Parámetros y rangos de calidad		
Relación BSA: BSR	Baja	Media	Alta
	≥2.5	2.4-2.0	<2.0

6.5.1.5 Índice de Lignificación

El Índice de lignificación expresa el nivel de pre-acondicionamiento de las plantas, relacionado con la proporción de la formación de lignina. Requiriendo para su cálculo, realizar el cociente entre el peso seco total de la planta y el peso húmedo total de la planta, multiplicando el cociente por cien, ya que el resultado por evaluar es en porcentaje (Ecuación 4)

Ecuación 4. Fórmula para la obtención del índice de lignificación de las plantas

$$IL = \left(\frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\text{Peso húmedo total de la planta (g)}} \right) * 100$$

Para el caso de las coníferas los resultados óptimos de formación de lignina relacionados con una calidad alta de las plantas deben ser igual o mayor a un 30% (tabla 5).

Tabla 5. Parámetro de calidad de índice de lignificación en plantas de *Pinus oocarpa*

Variable	Parámetros de calidad (%)		
Índice de Lignificación	Baja	Media	Alta
	≤20%	21 – 29	≥30%

6.5.1.6 Índice de Calidad de Dickson (ICD)

El índice de calidad de Dickson es el que mejor define la calidad de planta que se ha producido en envase, debido a los valores requeridos para su cálculo (ecuación 4).

Ecuación 5. Fórmula para la determinación del índice de calidad de Dickson

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

El resultado de este parámetro reúne varios atributos morfológicos en un solo valor y los parámetros que determinan la calidad de la planta indica que al obtener un ICD mayor a igual a 0.5, se ha producido una planta de calidad alta (tabla 5).

Tabla 6. Parámetro Índice de calidad de Dickson (ICD)

Variable	Parámetros de calidad		
Índice de calidad de Dickson	Baja	Media	Alta
	<0.2	0.2-0.4	≥0.5

Para la evaluación y obtención final de la calidad de las plantas de *Pinus oocarpa* en los viveros se determinó con base en los parámetros morfológicos evaluados, de tal manera que;

Calidad alta: Se asignó a partir de la ausencia absoluta de características no deseables; es decir, los componentes de interés se dispusieron en la categoría “A”, aunque se consideraron aceptables hasta dos valores “M”, pero ninguno “B”.

Calidad media: La calidad media incluyó plantas con valores de calidad “A” en menor proporción y admitió hasta cuatro valores “M” y una variable con calidad “B” y

Calidad Baja: La planta de calidad baja incluyó aquella que presentó más de un valor de calidad “B”; esta no se estimó como apta para plantarse por no ofrecer elementos que garantizaran una buena supervivencia.

6.5.2 Parámetros cualitativos para evaluar la calidad de las plantas

La evaluación de las características cualitativas se realizó mediante la observación visual del estado de las plantas considerando tres características: rectitud del tallo, coloración de las acículas y estado fitosanitario relacionado con la posible presencia de plagas y/o enfermedades. Se utilizaron las escalas alta, media y baja para describir la calidad de la planta, con base en la presencia y/o ausencia de las características observadas (tabla 7).

Tabla 7. Criterios para la evaluación de los parámetros cualitativos de las plantas de *Pinus oocarpa* en etapa de vivero

Rectitud del tallo	Coloración de acículas	Estado fitosanitario	Descripción de la calidad
Tallo recto	Verde natural	Sin presencia de plagas y/o enfermedades	Alta

Tallo torcido	Verde	Sin presencia de plagas	Media
	amarillento	y/o enfermedades	
Tallo torcido	Amarillento	Con presencia de plagas	Baja
		y/o enfermedades	

Para la evaluación y obtención final de la calidad de las plantas de *Pinus oocarpa* en los viveros se determinó con base en los parámetros morfológicos evaluados, de tal manera que;

Calidad Alta: cuando la planta cumple con las tres características deseables (tallo recto, color verde natural en las acículas y sin presencia de plagas y enfermedades),

Calidad Media: Cuando la planta presente una característica no deseable (tallo torcido, color verde amarillento o amarillento y presencia de plagas y enfermedades)

Calidad Baja: cuando la planta presente más de una característica no deseable (tallo torcido, color verde amarillento o amarillento y presencia de plagas y enfermedades).

6.6 Procesamiento de la información

La información obtenida fue procesada utilizando el programa Microsoft Office Excel para la obtención de resultados que se utilizaron en el análisis a través de cuadros y gráficos. Haciendo uso de estadística descriptiva, se calcularon los siguientes parámetros: media, desviación estándar, rango mínimo de datos, rango máximo de datos, y el coeficiente de variación. Para realizar la comparación de los parámetros

evaluados en los tres viveros (altura, diámetro a la altura del cuello, Índice de esbeltez, Relación entre la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular, Índice de lignificación y el Índice de calidad de Dickson) e identificar si existen diferencias significativas entre los viveros, se utilizó el software Minitab 19, realizando un análisis de varianza (ANOVA) y en los casos que se encontró diferencias estadísticas, se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Fisher.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Resultados

Los resultados obtenidos de los viveros se muestran de forma conjunta, generando una comparación de lo obtenido derivada de la aplicación de la estadística descriptiva. Se trabajó por separado con cada variable morfológica para estudiar cada una de forma comparativa y relacionar al final el resultado de cada valor para determinar la calidad morfológica de la producción de las plantas en cada vivero.

7.1.1 Altura de la parte aérea de la planta

Con base en esta variable y los parámetros de calidad se obtuvo que el vivero que presenta una mayor altura es el vivero del ICF de La Paz, sin embargo, al aplicar los rangos de calidad, los tres viveros poseen una calidad media (tabla 8)

Tabla 8. Evaluación de la altura (cm) de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros

Vivero	Media	Calidad	Desviación estándar	Rango mínimo	Rango máximo	Muestra	Coef. de variación
ICF Tegucigalpa	11.70	M	2.71	6.5	19.5	84	23.2%
ICF La Paz	14.34	M	4.57	6	25	84	31.9%
ICF La Unión	10.96	M	3.88	4	24	70	35.3%

Con base en el cálculo del coeficiente de variación, se encontró que las plantas del vivero del ICF Tegucigalpa presentan una menor variación relativa alrededor del promedio.

Mediante el análisis de varianza se determinó que si existen diferencias estadísticas entre los promedios de altura (cm) de los viveros ($p < 0.05$) (tabla 9).

Tabla 9. Análisis de varianza para parámetro altura de la parte aérea de las plantas de los viveros

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Valor p
Vivero	2	502,7	251,35	17,47	0,0000
Error	235	3381,1	14,39		
Total	237	3883,8			

Al existir diferencias significativas, se realizó la prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher con una confianza de 95%. Las plantas del vivero de La paz mostraron una altura significativamente > a las de los viveros de Tegucigalpa y La Unión, que no mostraron diferencias entre sí (tabla 10).

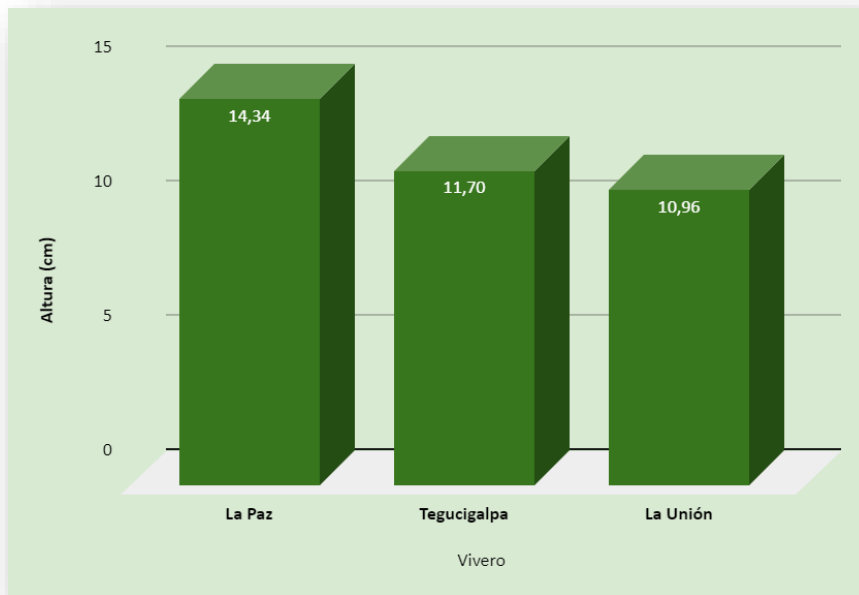
Tabla 10. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable altura de los tres viveros

Vivero	N	Media	Agrupación
La Paz	84	14,34	A
Tegucigalpa	84	11,70	B
La Unión	70	10,96	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Se muestra de forma comparativa la altura de la parte aérea de las plantas obtenidas en los tres viveros (figura 6).

Figura 6. Comparación de promedios de altura de la parte aérea de las plantas de los tres viveros



7.1.2 Diámetro a la altura de cuello (DAC)

Con base en la variable DAC y los parámetros de calidad se obtuvo que el vivero que presenta un mayor DAC es el vivero del ICF Tegucigalpa, sin embargo, al aplicar los rangos de calidad, los tres viveros poseen una calidad baja (tabla 11).

Tabla 11. Evaluación del Diámetro a la altura del cuello de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros

Vivero	Media	Calidad	Desviación estándar	Rango mínimo	Rango máximo	Muestra	Coef. de variación
ICF Tegucigalpa	2.38	B	0.87	0.5	4.46	84	36.5
ICF La Paz	2	B	0.82	1	5	84	40.9
ICF La Unión	1.84	B	0.52	0.55	3.39	70	28.0%

Con base en el cálculo del coeficiente de variación, se encontró que las plantas del vivero del ICF La Unión presentan una menor variación relativa alrededor del promedio.

Mediante el análisis de varianza se determinó que si existen diferencias estadísticas entre los promedios del DAC (mm) de los viveros ($p < 0.05$) (tabla 9)

Tabla 12. Análisis de varianza para el DAC de las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor p
Factor	2	11,74	5,8707	10,16	0,0000
Error	235	135,84	0,578		
Total	237	147,58			

Al existir diferencias significativas entre los DAC promedio, se realizó la prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher con una confianza de 95%. Las

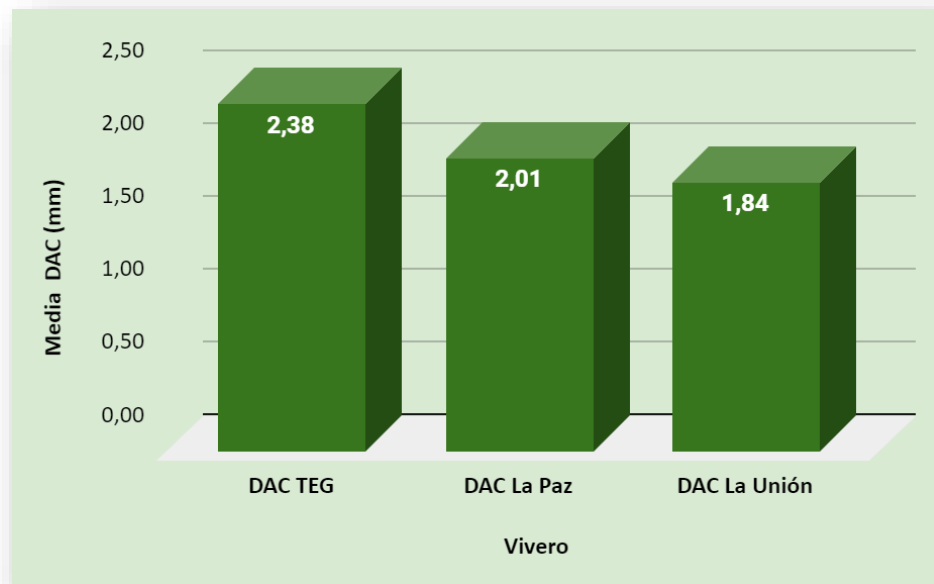
plantas del vivero del ICF Tegucigalpa mostraron un DAC significativamente > a las de los viveros de La Paz y La Unión, que no mostraron diferencias entre sí (tabla 13).

Tabla 13. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable DAC de los tres viveros

Factor	N	Media	Agrupación
DAC Tegucigalpa	84	2,38	A
DAC La Paz	84	2,01	B
DAC La Unión	70	1,84	B

Se muestra de forma comparativa el DAC promedio obtenido en los tres viveros (figura 7).

Figura 7. Gráfico comparativo de medias de DAC (mm) de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros.



7.1.3 Índice de esbeltez (IE)

El índice de esbeltez demuestra la relación entre la altura de la parte aérea (cm) y el DAC (mm) de las plantas. Al obtener las medias de esta variable resultó que, el vivero del ICF Tegucigalpa presentó un IE de 5.61 evaluado este valor como un índice para una calidad alta de planta y los viveros de la Paz y la Unión presentaron una calidad media (tabla 14).

Tabla 14. Determinación del Índice de Esbeltez para las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros

Vivero	Media	Calidad	Desviación estándar	Rango mínimo	Rango máximo	Rango datos	Coef. de variación
ICF							
Tegucigalpa	5.61	A	2.35	2.02	13	84	41.8%
ICF La Paz	7.97	M	3.27	2.65	17	84	41.0%
ICF La Unión	6.05	M	1.67	2.22	10.89	70	27.6%

Con base en el cálculo del coeficiente de variación, se encontró que las plantas del vivero de Tegucigalpa y La Paz presentan una menor variación entre sí.

Mediante el análisis de varianza se determinó que si existen diferencias estadísticas entre los promedios de los índices de esbeltez de los tres viveros ($p < 0.05$) (tabla 15).

Tabla 15. Análisis de varianza para el índice de Esbeltez de las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Valor p
Factor	2	261.5	130.738	19.97	0,0000
Error	235	1538.4	6.547		
Total	237	1799.9			

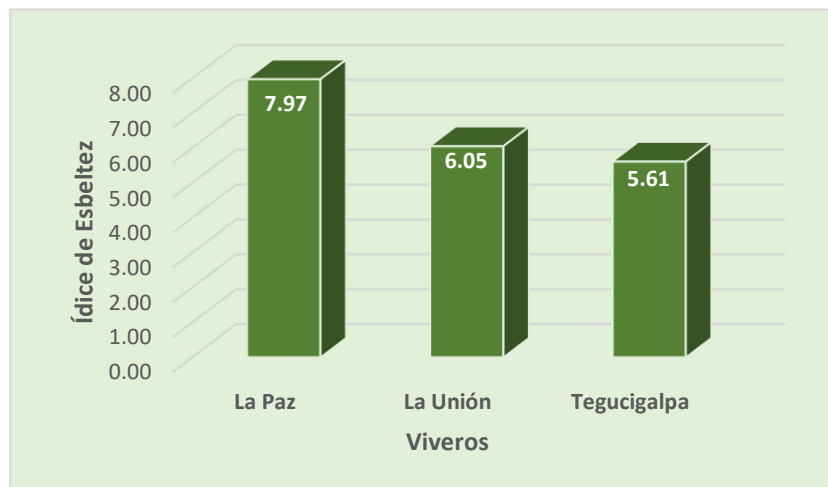
Al existir diferencias estadísticas significativas entre los índices de esbeltez promedio, se realizó la prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher con una confianza de 95%. Las plantas del vivero del ICF de La Paz mostraron un Índice de Esbeltez significativamente > a las de los viveros del ICF de Tegucigalpa y La Unión, que no mostraron diferencias entre sí (tabla 16).

Tabla 16. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable índice de esbeltez de los tres viveros

Vivero	N	Media	Agrupación
La Paz	84	7.97	A
La Unión	70	6.05	B
Tegucigalpa	84	5.61	B

Los promedios obtenidos por el índice de esbeltez se muestran gráficamente, observándose que el IL de la Paz presenta un menor índice, por lo tanto, una mejor relación entre la altura de la parte aérea y el DAC (figura 8).

Figura 8. gráfico comparativo de las medias del índice de esbeltez de las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros



7.1.4 Relación biomasa seca aérea: biomasa seca radicular (R BSA:BSR)

La comparación la biomasa de la parte aérea y de la raíz, es una medida dinámica de distribución de carbón en la planta; expresando a la vez el balance entre el área de transpiración y el área de absorción de agua. Con base en los parámetros de la relación y la asignación de la calidad, se demuestra que las plantas de los tres viveros poseen una calidad baja respecto con la relación entre la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular (tabla 17).

Tabla 17. Estadística descriptiva de la relación de la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros

Vivero	Media	Calidad	Desviación estándar	Rango mínimo	Rango máximo	Rango datos	Coef. de variación
ICF Tegucigalpa	4.87	B	3.03	0.4	23	84	62.2%
ICF La Paz	4.02	B	2.80	1	23	84	69.7%
ICF La Unión	6.94	B	4.93	0.25	25	70	71.1%

Mediante el análisis de varianza se determinó que si existen diferencias estadísticas entre los promedios de la relación de la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular en los tres viveros ($p < 0.05$) (tabla 18).

Tabla 18. Análisis de varianza para la relación de la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular de las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Valor p
Factor	2	336,5	168,25	12,79	0,0000
Error	235	3091,3	13,15		
Total	237	3427,8			

Al existir diferencias significativas entre la relación de la biomasa seca aérea y biomasa seca radicular promedio, se realizó la prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher con una confianza de 95%. Las plantas del vivero del ICF de La Unión, Olancho mostraron un mayor resultado de la relación entre la biomasa seca área y biomasa seca radicular significativamente $>$ a las de los viveros del ICF Tegucigalpa y La Paz, que no mostraron diferencias entre sí; representando esto, que las plantas no han alcanzado un equilibrio entre la relación de su biomasa seca y biomasa radicular para los tres viveros, ya que su relación es $>$ o igual a 2.5 (Tabla 19).

Tabla 19. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable relación de la biomasa seca aérea y biomasa seca radicular de las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros.

Factor	N	Media	Agrupación
Vivero La Unión	70	6,94	A
Vivero Tegucigalpa	84	4,87	B
Vivero La Paz	84	4,02	B

7.1.5 Índice de lignificación (IL)

El Índice de lignificación expresa el nivel de pre-acondicionamiento de las plantas, relacionado con la proporción de la formación de lignina. Con base en los parámetros de valoración de la calidad de las plantas respecto al índice de lignificación, el vivero del ICF de la Paz presentó una mejor lignificación y los viveros del ICF Tegucigalpa y la Unión presentaron una calidad media (tabla 20).

Tabla 20. Estadística descriptiva del índice de lignificación de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros

Vivero	Media	Calidad	Desviación estándar	Rango mínimo	Rango máximo	Rango datos	Coef. de variación
ICF Tegucigalpa	27.54	M	8.34	5.57	48.54	84	30.3%
ICF La Paz	30.42	A	5.56	16.22	50.83	84	18.3%
ICF La Unión	27.6	M	6.21	12.34	46.97	70	22.5%

El coeficiente de variación demuestra que las plantas de los viveros de La Paz y La Unión poseen un conjunto de datos homogéneos, por estar por debajo de 30%.

Mediante el análisis de varianza se determinó que si existen diferencias estadísticas entre los promedios del índice de lignificación en los tres viveros ($p < 0.05$) (tabla 21).

Tabla 21. Análisis de varianza para índice de lignificación de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Valor p
Factor	2	468,3	234,14	5,01	0,007
Error	235	10988,1	46,76		
Total	237	11456,4			

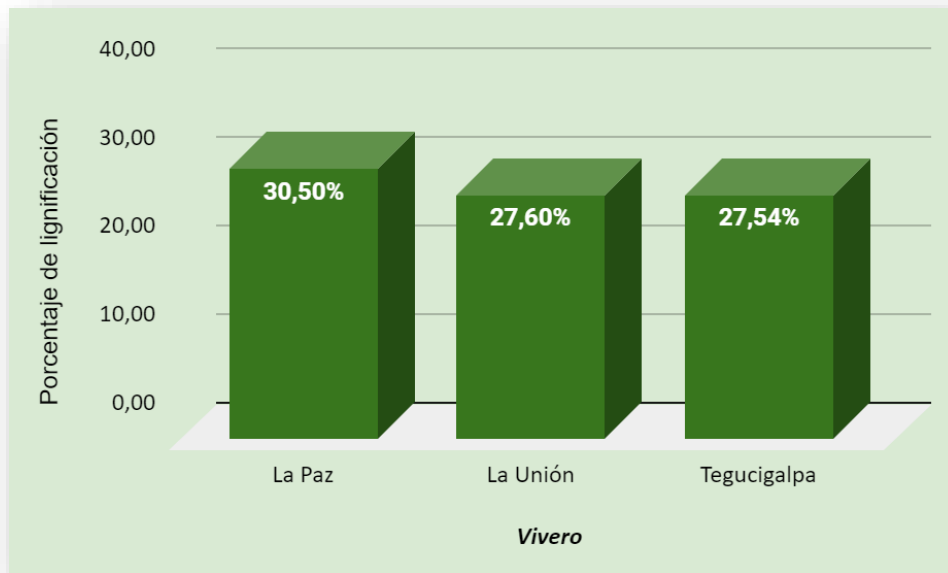
Al existir diferencias significativas en las medias del índice de lignificación, se realizó la prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher con una confianza de 95%. Las plantas del vivero del ICF de La Paz mostraron índice de lignificación significativamente $>$ a las de los viveros del ICF de La Unión y Tegucigalpa, que no mostraron diferencias entre sí (tabla 22).

Tabla 22. Prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher para la variable Índice de Lignificación de las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros

Factor	N	Media	Agrupación
La Paz	84	30,50	A
La Unión	70	27,60	B
Tegucigalpa	84	27,54	B

Para una mejor visualización del índice de lignificación, se grafican los resultados derivados de la determinación de este índice (figura 9).

Figura 9. Gráfico comparativo del índice de lignificación de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros



7.1.6 Índice de calidad de Dickson (ICD)

El índice de Dickson es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta producida en envase de polietileno, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la esbeltez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura. Con las plantas en estudio se obtuvo que los tres viveros presentaron una calidad baja, respecto con el índice de Dickson ya que en los tres viveros el resultado de la media fue menor a 0.2, valor mínimo que define el ICD como calidad baja al evaluar la planta (tabla 23).

Tabla 23. Determinación del Índice de Calidad de Dickson para las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros.

Vivero	Media	Calidad	Desviación estándar	Rango mínimo	Rango máximo	Datos	Coef. de variación
ICF Tegucigalpa	0.10	B	0.06	0.01	0.37	84	64.8%
ICF La Paz	0.07	B	0.04	0.003	0.21	84	60.1%
ICF La Unión	0.03	B	0.02	0.01	0.1	70	58.9%

Mediante el análisis de varianza se determinó que si existen diferencias estadísticas entre los promedios del índice de calidad de Dickson en las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros ($p < 0.05$) (tabla 24).

Tabla 24. Análisis de varianza para el Índice de calidad de Dickson de las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros

Fuente	Grados de		Cuadrado		
	Libertad	Suma de Cuadrados	Medio	Valor F	Valor p
Factor	2	0,1411	0,070541	33,53	0,0000
Error	235	0,4945	0,002104		
Total	237	0,6355			

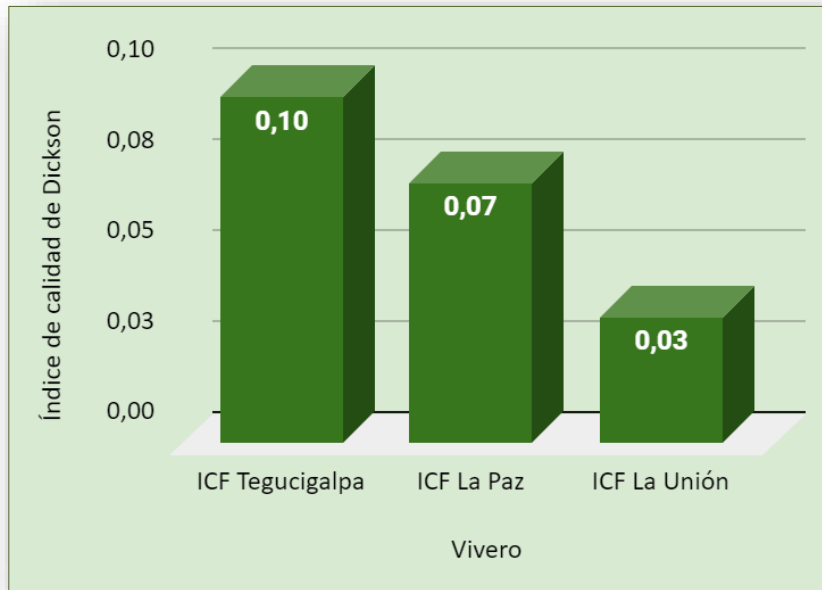
Al existir diferencias estadísticas significativas en el Índice de Calidad de Dickson, se realizó la prueba de comparaciones múltiples por medias de Fisher con una confianza de 95%. Las plantas de los viveros del ICF de Tegucigalpa, La Paz y La Unión mostraron diferencias entre sí, respecto al Índice de Calidad de Dickson, ya que ninguno compartió letra, según la comparación de Fisher (tabla 25).

Tabla 25. Prueba de Fisher para el Índice de Calidad de Dickson de las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros

Vivero	N	Media	Agrupación
ICF Tegucigalpa	84	0,10	A
ICF La Paz	84	0,07	B
ICF La Unión	70	0,03	C

Se muestra gráficamente la diferencia de las medias obtenidas en el índice de calidad de Dickson, notándose que el ICD más cercano a 0.2 es el vivero del ICF de Tegucigalpa, sin embargo, se mantiene dentro del valor que denota un ICD bajo, por lo tanto, las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros dieron como resultado un ICD bajo (figura 10).

Ilustración 10. Gráfico del resultado del Índice de Calidad de Dickson para las plantas de *Pinus oocarpa* de los tres viveros



7.1.7 Calidad de las plantas de *Pinus oocarpa* tomando en consideración los parámetros analizados

Para definir la calidad de la producción de las plantas de *Pinus oocarpa* con base en todos los parámetros estudiados se diseñó la tabla en la que se visualiza cada descripción de calidad obtenida, resultados que se obtuvieron a partir de las medias de cada parámetro (anexo 4), para validar la presencia de calidad alta, media o baja, con lo que, según descripción en la metodología de oficina, se relacionan estas. Es así como según los conceptos de cada calidad, se establece que en los tres viveros la calidad es baja, ya que en los tres viveros se obtuvo más de una variable con calidad baja (tabla 26).

Tabla 26. Determinación de la calidad morfológica de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros

Vivero	C. Altura	C. DAC	C. IE	C. R BSA:BSR	C. IL	C. ICD	Calidad Total
ICF Tegucigalpa	M	B	A	B	M	B	B
ICF La Paz	M	B	M	B	A	B	B
ICF La Unión	M	B	M	B	M	B	B

Nota:

C altura: Calidad altura de la parte aérea (cm)

C. DAC: Calidad del diámetro a la altura del cuello (mm)

IE: índice de Esbeltez

C. R BSA:BSR: Calidad de la relación biomasa seca aérea y biomasa seca radicular

C. IL: Calidad del índice de Lignificación

C. ICD: Calidad según Índice de Calidad de Dickson

7.1.8 Determinación de la calidad utilizando los parámetros cualitativos

Se utilizaron las escalas alta, media y baja para describir la calidad de la planta, con base en la presencia y/o ausencia de las características observadas de forma del tallo (recto o torcido), coloración de la acícula (verde, verde amarillento y amarillento) y la posible presencia de plagas y/o enfermedades (sin presencia, con presencia) (anexo 5). La relación de la calidad observada generó la calidad cualitativa de la planta, es así como porcentualmente en el vivero del ICF Tegucigalpa un 22.6% de las plantas tienen calidad alta, un 44% tiene calidad media y un 33.3% calidad baja; en el caso del vivero del ICF La Paz, un 20.2% presentaron calidad alta, un 44% calidad media

y un 35.7% calidad baja; de las plantas del vivero ICF La Unión un 48.6% presentaron calidad alta, un 48.6% calidad media y solo un 2.9% mostró calidad baja (tabla 27).

Tabla 27. Determinación de la calidad cualitativa de las plantas de *Pinus oocarpa* en los tres viveros

Vivero	Calidad						Total plantas (muestra)	Total %
	Alta	%	Media	%	Baja	%		
ICF Tegucigalpa	19	22.6	37	44.0	28	33.3	84	100
ICF La Paz	17	20.2	37	44.0	30	35.7	84	100
ICF La Unión	34	48.6	34	48.6	2	2.9	70	100

7.2 Discusión

La investigación se realizó en plantas de *Pinus oocarpa* producidas en tres viveros pertenecientes al Programa Nacional de Reforestación del ICF. Se consideró hacer la evaluación de las plantas producidas mediante el método tradicional de recipientes bolsa de polietileno con dimensión estandarizada de 4" x 6", dado que otros métodos de producción (tubete) solo se utiliza en el vivero regional de la zona central, ubicado en Tegucigalpa, F.M. Las plantas evaluadas tenían una edad aproximada de cinco meses, por lo que no hubo diferencia en la edad de las plantas que influyera en los resultados obtenidos. Se identificó la textura del sustrato utilizado en la producción de las plantas de *Pinus oocarpa*, resultando que el vivero de La Paz y La Unión tenían una textura arenoso-franco lo que demuestra mayor presencia de arena, en menor proporción limo y arcilla y el vivero de Tegucigalpa presentó una textura franco-

arenoso, lo que demuestra una mejor distribución de las partículas de arena, limo y arcilla. Igualmente, la composición de la mezcla del sustrato difiere en los tres viveros, ya que se utilizan los materiales locales disponibles.

Con base en los parámetros morfológicos cuantitativos de evaluación de la calidad se demostró que de forma individual hay diferencias en la calidad de las plantas en los tres viveros, para el caso en la altura de la parte aérea de la planta, los tres viveros muestran una calidad media; respecto al diámetro a la altura del cuello, en los tres viveros se encontró una calidad baja; el índice de esbeltez muestra una calidad alta para las plantas del vivero de Tegucigalpa y una calidad media para los otros dos viveros; el análisis de la relación de la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular los tres viveros muestran una calidad baja; el índice de lignificación presenta una calidad alta para el vivero de La Paz y para los otros dos viveros una calidad media; finalmente al determinar el Índice de calidad de Dickson resultó que las plantas de los tres viveros poseen una calidad baja.

Con base en los parámetros cualitativos evaluados de forma visual (forma del tallo, coloración de la acícula y estado fitosanitario de las plantas) se encontró que las plantas del vivero de La Unión presentaron una mejor condición ya que la mayoría de las plantas (alrededor del 98%) se encuentran en una categoría de calidad alta y media, el vivero del ICF Tegucigalpa presentó un 33.3% de plantas con calidad baja, siendo el estado fitosanitario el que influyó en el porcentaje obtenido debido a la posible presencia de plagas y/o enfermedades y en el caso del vivero de La Paz presentó un 35.7% de calidad baja influyendo principalmente la rectitud del tallo en esta evaluación, ya que se visualizaron tallos torcidos.

VIII. CONCLUSIONES

El sistema de producción de plantas actualmente implementados en los tres viveros que formaron parte de la investigación influye en la calidad de la planta producida.

Después de validado y aplicado el protocolo para la evaluación de la calidad de plantas de *Pinus oocarpa*, se encontró que, de los seis parámetros cuantitativos propuestos, la altura de la parte aérea de la planta, el diámetro a la altura del cuello (DAC) y el Índice de Esbeltez, siendo este una relación (división) entre la altura de la planta (cm) y el DAC(mm) son los más viables para su aplicación ya que no requieren de análisis en laboratorios ni de cálculos estadísticos-matemáticos complejos.

La integración de los seis parámetros cuantitativos incluidos en el protocolo demostró que en los tres viveros las plantas de *Pinus oocarpa* presentaron una calidad baja, sin embargo, los parámetros de forma individual presentaron calidad alta y media en algunos casos. Respecto a los parámetros cualitativos las plantas obtuvieron una mejor evaluación ya que esta fue una evaluación visual que depende del conocimiento y criterio del evaluador para asignar una valoración.

IX. RECOMENDACIONES

Para mejorar la calidad de las plantas es necesario estandarizar el sistema de producción en todos los viveros, desde la selección del sustrato y el tipo de recipiente, la selección de la semilla y las prácticas culturales (riego, fertilización, manejo de la sombra, endurecimiento, desmalezado) procurando que estas se realicen de manera oportuna y que se asignen los recursos tanto humanos como logísticos requeridos para tal fin.

Estandarizar y aplicar el protocolo considerando los parámetros cuantitativos de altura de la parte aérea, DAC e Índice de Esbeltez y los parámetros cualitativos de forma del tallo, coloración de las acículas y el estado fitosanitario para la evaluación de la calidad de plantas antes de ser enviadas a campo, en todos los viveros manejados por el Instituto de Conservación Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF).

Realizar análisis fisico-químicos a los sustratos previo a su utilización para determinar la cantidad de nutrientes que estos contienen y contrastarlos con los requerimientos de la especie y de esta manera definir un plan de fertilización que ayude a garantizar la absorción de nutrientes y minerales que las plantas de *Pinus oocarpa* requieren para su óptimo desarrollo.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Benítez Ramos, R., & Montesinos Lagos, J. L. (1998). *Catálogo de cien especies forestales de Honduras*. Siguatepeque.
- Benítez, G., Equihua, M., & Pulidos Salas, M. (enero-junio, 2002). Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar Programas de reforestación y restauración. *Revista Chapingo. Series Ciencias Forestales y del Ambiente.* , 5-12.
- CONAFOR. (sf.). *Pinus oocarpa Schiede*.
- CONAPROFOR. (2021). Obtenido de <https://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2021/08/PNPCPEF-2021.pdf>
- CONAPROFOR, C. (2021). *Plan Nacional de Protección contra Plagas y Enfermedades Forestales*. Honduras.
- Confederación Hidrográfica del Guadiana. (Febrero de 2011). Protocolo para el control de la planta forestal en la Cuenca Hidrográfica del Rio Guadiana.
- Hermoso de Mena, J. (2017). Calidad de planta de *Pinus halepensis* Mill. en repoblaciones forestales en la Provincia de Valencia. Definición y contraste de los estándares de calidad de plantas. *Tesis Doctoral*. Córdoba, España: UCOPress.
- Instituto Nacional de Bosques . (2017). *Pino de ocote Pinus oocarpa Schiede ex Schltld*. Guatemala .
- Juan de Dios Alcántara, C. (2015). Efecto de sustratos comerciales en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltld. y *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J. P. Perry en condiciones de vivero . *Tesis* . Huancayo, Perú.
- Madriz masís, J. (2005). Cambios genéticos en la regeneración natural de *Pinus oocarpa* var. *oocarpa* Schiede ex Schlechtendal, causado por el manejo forestal y la deforestación. Comayagua, Honduras, América Central.
- Muñoz Flores, H., Sáenz Reyes, J. T., Coria Avalos, V. M., García Magaña, J. d., Hernández Ramos, J., & Manzanilla Quijada, G. E. (2014). Calidad de planta en el vivero foestal La Dieta, Municipio Zitácuro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 18.

- Orozco Gutiérrez, G., Muñoz Flores, J., Rueda Sánchez, A., Sígala Rodríguez, J., Prieto Ruiz, J., & García Magaña, J. (Septiembre de 2010). Diagnóstico de la calidad de plantas en los viveros forestales del Estado de Colima .
- Prieto Ruiz, J. Á., García Rodríguez, J. L., Mejía Bojórquez , J., Huchín Alarcón, S., & Aguilar Vitela, J. (julio de 2009). Producción de plantas del Género Pinus en vivero en clima Templado Frio. Durango, México.
- Ritchie, G., Landis, T., Dumroese, K., & Haase, D. (sf.). *Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedores*.
- Rodriguez Trejo, D. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal . México D.F.
- Rueda Sánchez, A., Benavides Solorio, J., Prieto Ruiz, J., Sáenz Reyes, J., Orozco Gutiérrez, G., & Molina Castañeda, A. (30 de Noviembre de 2012). Calidad de planta producida en los viveros de Jalisco.
- Sáenz Reyes, J., Muñoz Flores, H., Pérez D, C., Rueda Sánchez, A., & Hernández Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. 14.
- Sáenz, R., Villaseñor , R., Muñoz, F., Rueda, S., & Prieto, R. (2010). *Calidad de planta en viveros forestales del clima templado en Michoacán* . Micchoacán.
- Tinoco López, J., & Ramírez Ramírez, O. (2014). *Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de Pinus oocarpa Schiede y su desarrollo inicial en plantación*. Managua, Nicaragua.
- Toral, I. M. (1997). Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. . *Documento técnico, 1*.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Formato hoja de campo datos de plantas

Planta No.	Altura de la parte aérea (cm)	Diámetro a la altura del cuello (DAC) (mm)	Observación

Anexo 2. Formato determinación del peso de las plantas

Planta No.	Peso seco parte aérea (g)	Peso seco parte radical (g)	Peso seco total

Anexo 3. Formato de cálculos de índices de calidad de plantas en vivero

Planta No.	Índice de robustez	Relación Biomasa aérea-biomasa raíz	Índice de lignificación	Índice de calidad de Dickson

Anexo 4. Resultados de las medias por cada variable investigada

Vivero	Altura (cm)	DAC (mm)	IE	PHT (g)	PSA (g)	PSR (g)	PST (g)	RBSA-BSR	IL	ICD
ICF Tegucigalpa	11.70	2.38	5.61	3.18	0.72	0.17	0.89	4.87	27.54	0.10
ICF La Paz	14.34	2.01	7.97	2.53	0.59	0.19	0.77	4.02	30.50	0.07
ICF La Unión	10.96	1.84	6.05	1.51	0.32	0.07	0.39	6.94	27.60	0.03

Anexo 5. Formato para la evaluación de los parámetros cualitativos

# de planta	Rectitud del tallo	Coloración de acículas	Presencia de plagas y/o enfermedades	Calidad

Anexo 5. Imágenes ilustrativas de algunas de las variables cualitativas a determinar



Ilustración 1. planta con presencia de plaga y/o enfermedad



Ilustración 2. Planta con tallo torcido



Ilustración 3. Planta con color amarillento