

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Demografía, Fertilidad y Variación Morfológica y Anatómica de Acículas en Dos Poblaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Por:

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Demografía, Fertilidad y Variación Morfológica y Anatómica de Acículas en Dos Poblaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Por:

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Celestino F. Sres López
Asesor Principal



M.C. Salvador Valencia Manzo
Coasesor



Dr. Alejandro Zárate Lupercio
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2017

Esta tesis fue apoyada por el proyecto de investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 38111-425103002-2116, que está como responsable el Dr. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

A mis padres

Rosalvo Hernández Bermúdez y María Martínez de León, por darme la vida y la herencia más grande que se le puede dar a un hijo, a ellos les debo lo que soy, porque día a día han luchado para que sus hijos salgan adelante y tengan un futuro mejor en la vida. Gracias por la confianza, el apoyo, el amor, la amistad y los sabios consejos y regaños que me brindaron para salir adelante en mi carrera profesional.

A mis hermanos

Emmanuel, Ángel, Ana Laura y sobre todo a Alejandro. Los mejores hermanos con todos tengo una enorme deuda en mi formación, porque siempre me apoyan en todos los momentos de mi vida, por el cariño y confianza que me han tenido. Gracias por confiar en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de concluir esta etapa de mi vida en sus instalaciones.

Al Dr. Celestino Flores López por darme la oportunidad de participar en el proyecto de tesis y brindarme su atención para llevarlo a cabo.

Al Dr. Alejandro Zarate Lupercio y al M.C salvador Valencia Manzo por los diversos comentarios al escrito que apoyaron a la estructura de la tesis.

Al señor Rubén Silva Pérez, Esteban Cruz López y a la familia Hernández Méndez por el apoyo brindado en la toma de datos de campo.

A mis amigos Araceli Granados Pérez, Zoila De La Cruz Ramírez, Eladio Cortés Martínez y Romero Hernández Méndez por su apoyo en la elaboración de tesis y su amistad brindada durante mi estancia profesional.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente contribuyeron al desarrollo y término de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos e hipótesis	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	4
2.1.1 Ecología y distribución	4
2.1.2 Importancia	4
2.2 Variación natural	5
2.3 Estudios realizados sobre variación morfológica y anatómica en acículas de pinos	7
2.4 Estudios de variación en <i>Pinus caribaea</i>	7
3 MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Descripción de las áreas de estudio	11
3.2 Demografía	11
3.2.1 Censo	11
3.2.2 Estructura y densidad de las poblaciones	14
3.2.3 Vigor de copa	14
3.3 Características de fertilidad del suelo	16
3.4 Variables anatómicas y morfológicas de acículas de las poblaciones	16
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1 Tamaño de las poblaciones, estructura y densidad	22
4.1.1 Tamaño de las poblaciones	22
4.1.3 Clasificación del vigor de copa	29

4.3 Fertilidad del suelo a dos profundidades.....	31
4.4 Variables morfológicas y anatómicas de acículas.....	32
4.4.1 Comparación entre poblaciones	32
4.4.2 Componentes principales	34
5 CONCLUSIONES.....	38
6 RECOMENDACIONES	39
7 LITERATURA CITADA.....	40
APÉNDICE	47

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Trabajos realizados en variación morfológica y anatómica en diferentes especies de coníferas.	8
Cuadro 2. Estudios realizados en variación morfológica y anatómica en <i>Pinus caribaea</i> Morelet.	10
Cuadro 3. Localización de las poblaciones y del material colectado de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	11
Cuadro 4. Aspectos ecológicos de las poblaciones evaluadas de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	13
Cuadro 5. Valores promedio en partes por millón (ppm) para cada micro y macro nutriente para dos profundidades evaluadas en dos poblaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	32
Cuadro 6. Valores promedio para las variables anatómicas y morfológicas de dos poblaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	33
Cuadro 7. Análisis de varianza total de cada uno de los componentes principales para <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> . Barr. y Golf.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica de dos poblaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	12
Figura 2. Figura 2. Clasificación de los árboles de <i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex C. Lawson en relación con la edad y el vigor de copa. Figura tomada del estudio de Keen (1943).	15
Figura 3. Representación de la continuidad de los canales resiníferos en la población de Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	17
Figura 4. Representación de la continuidad de los canales resiníferos en la población de Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	18
Figura 5. Medición de longitud y ancho de vaina en <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	19
Figura 6. Evaluación de variables morfológicas largo y ancho de acícula el número de hileras de estomas en el haz y envés y número de hileras de estomas para <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	20
Figura 7. Clasificación de los árboles de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf. encontrados en los ejidos de Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo y Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche.	23
Figura 8. Distribución de las poblaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf. encontrados en los ejidos de Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo y Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche.	24

Figura 9.	Distribución diamétrica para la población de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf. en Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo.	27
Figura 10.	Distribución diamétrica para la población de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf. en Pioneros del Río Xnohá, Calakmul Campeche.	27
Figura 11.	Diagrama de las alturas de la población de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var <i>hondurensis</i> Barr. y Golf. en Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo.	28
Figura 12.	Diagrama de alturas de la población de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf. en Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche.	28
Figura 13.	Clasificación de copas de <i>Pinus caribaea</i> Morelet. var <i>hondurensis</i> Barr. y Golf para la población de Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo.	30
Figura 14.	Clasificación de copas de <i>Pinus caribaea</i> Morelet. var <i>hondurensis</i> Barr. y Golf. para la población de Pioneros del Río Xnoha, Calakmul, Campeche.	30
Figura 15.	Gráfica que muestra los valores de los componentes 1 y 2 provenientes de las variables morfo-anatómicas de acículas de las dos poblaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	36
Figura 16.	Gráfica que muestra los valores de los componentes 1 y 3 provenientes de las variables morfo-anatómicas de acículas de las dos poblaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. y Golf.	36

RESUMEN

Actualmente en México *Pinus caribaea* var. *hondurensis* se encuentra con distribución demasiado restringida, teniendo solo dos poblaciones naturales reportadas. El objetivo del presente trabajo fue comparar la demografía, fertilidad del suelo y la variación morfológica y anatómica de las acículas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de las dos poblaciones evaluadas. La recolección del material vegetativo se realizó en el mes de abril 2016 el número de muestras que fueron colectadas fueron 56 árboles para Caobas y siete para Pioneros. Se efectuaron gráficas de densidad y estructura para ambas poblaciones, se determinaron índices de plántulas/árbol, se obtuvieron gráficas de vigor de copa en donde, además se realizaron pruebas de medias para la comparación de la fertilidad a dos profundidades de cada una de las poblaciones. Por otra parte se realizó una prueba de t-Student además de un análisis de componentes principales para explorar la posibilidad de diferenciar ambas poblaciones en función del conjunto de las variables morfo-anatómicas. Los índices de plántulas/árbol que se determinaron mostraron ser bajos para ambas poblaciones, en cuanto a vigor de copa los árboles se encuentran con copa escasa y pobre en las cuatro etapas fenológicas. De las 11 variables morfo-anatómicas de las acículas, solamente en tres de ellas se presentaron diferencias estadísticas entre poblaciones. Con tres componentes principales se explica el 53 % de la variación total de las variables morfo-anatómicas de las acículas, las variables de mayor correlación para los tres componentes fueron el número de estomas en el envés izquierdo en un milímetro, el número de hileras de estomas en el envés izquierdo, el número de hileras de estomas en el envés derecho, el número de estomas en el envés derecho en un milímetro, el grosor de vaina y el largo de acícula. Con las gráficas de los componentes principales no fue posible separar de forma clara una población de otra.

Palabras claves: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, variación morfológica, anatómica.

ABSTRACT

At present in México *Pinus caribaea* var. *hondurensis* is found to be too restricted in distribution, having only two natural populations reported. The objective of the present work was to compare the demography, soil fertility and morphological and anatomical variations of the needles of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* of the two populations evaluated. The collection of the vegetative material was performed out in April 2016, the number of samples collected was 56 trees for Caobas and seven for Pioneros. Density and structure graphs were performed for both populations, seedling/tree indexes were determined, tree crown vigor graphs were obtained where, in addition, tests of means were carried out to compare fertility at two depths of each of the populations. Otherwise, the principal components method, a t-Student test were performed to explore the possibility of differentiating both populations according to the set of morpho-anatomical variables. Seed/tree indexes were found to be low for both populations, as for tree vigor, trees were found to be low and poor in the four phenological stages. Of the 11 morpho-anatomical variables of the needles, only three of them showed statistical differences between populations. With three main components explained 53% of the total variation of the morpho-anatomical variables of the needles, the variables of greater correlation for the three components were the number of stomata in the adaxial left side in one millimeter, the number of rows of stomata on the adaxial right side, the number of rows of stomata on the right back, the number of stomata on the right side in one millimeter, the thickness sheath and the length of the needles. With the graphs of the main components it was not possible to clearly separate one population from another.

Keywords: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, morphological variation, anatomy. variation

1 INTRODUCCIÓN

México es reconocido por ser un país megadiverso, debido a que en él se encuentran diferentes tipos de vegetación. México es considerado el cuarto país megadiverso con más de 18 000 especies de plantas vasculares (Magaña y Villaseñor, 2002). De igual manera se encuentran las diferentes especies de pinos en donde se tienen un total de 111 especies a nivel mundial (Price *et al.*, 1998). En México y América Central se localizan alrededor de 46 especies de pinos, con variedades y formas diferentes (Perry *et al.*, 1998).

Esta diversidad de pinos se debe a que México se encuentra distribuido en ambos lados del Trópico de Cáncer y sus extremos meridional y boreal entre los paralelos 14° 30" N y 32° 42"N, además de que presenta una forma peculiar y de la presencia de dos penínsulas sobresalientes: Baja California y Yucatán; la península de Baja California se describe como una angosta faja de tierra que corre paralela al litoral del pacífico, presentando condiciones similares a las de una isla, es algo similar para la península de Yucatán aunque en menor grado (Rzedowski, 1983).

En este sentido, México cuenta con incomparables especies de pinos en los diferentes ecosistemas que pueden ir desde el nivel del mar hasta cerca de los cuatro mil metros de altitud, de igual manera se presentan en ambientes templados y en zonas semiáridas (Fonseca, 2003).

En dichas variantes altitudinales y latitudinales se presentan las diferentes especies de pinos en México, varias de éstas están catalogadas en estatus de protección como lo son *Pinus jeffreyi* Balf., *P. strobus* L., *P. remota* Little, *P. monophylla* Torr. y Frem. entre otras y en peligro de extinción se enlistan diez especies más entre las cuales se encuentra *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf. (SEMARNAT, 2010), que es una especie de la parte tropical de México de distribución restringida y que cuenta con dos poblaciones reportadas en el sureste de México (Sánchez-Gonzales, 2008).

En este sentido *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, es una especie y variedad que en otros países como Venezuela, Colombia, la utilizan para plantaciones comerciales

(Dvorak *et al.*, 2000) ya que en éstos es más abundante que en México. Sin embargo, en el país las poblaciones son pequeñas debido a que existen algunos factores que inciden en su reproducción. El conservar y propagar los árboles de dichas localidades permite ayudar a conocer la diversidad genética de la especie y las posibles adaptaciones que ésta tenga como procedencia y pudiera servir para plantaciones comerciales (Dvorak *et al.*, 2000), es por esto que es importante tener más conocimiento sobre dicha especie a través de su constante monitoreo y estudios que permitan determinar alguna diferenciación morfológica y/o anatómica de las poblaciones.

Aunado a esto *Pinus caribaea var. hondurensis* es reportado hasta el año de 1981 siendo la especie número 43 de los pinos mexicanos (Macario y Sánchez-Pérez, 2011), aunque Delgado *et al.* (2011) censaron las poblaciones de Pioneros y Caobas para su estudio. Para la población de Pioneros reportaron 14 árboles mientras que para Caobas aun que mencionan haber censado la población no reportan número alguno. El propósito del presente estudio es el describir cómo se encuentran las poblaciones en la actualidad además de realizar un análisis de variación morfológica y anatómica de acículas entre poblaciones.

1.1 Objetivos e hipótesis

El objetivo general del estudio es:

Comparar la demografía, fertilidad del suelo y la variación morfológica y anatómica de las acículas de *Pinus caribaea* Morelet *var. hondurensis* en los ejidos Caobas Othón P. Blanco, Quintana Roo. y Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche

Los objetivos específicos son:

- Censar el número de árboles presentes para cada población.
- Describir la estructura y densidad de las poblaciones.
- Clasificar y describir el vigor de copa
- Comparar las características de fertilidad del suelo a dos profundidades

- Determinar en cuáles de las cinco variables morfológicas y siete variables anatómicas existen diferenciación entre las dos poblaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Las hipótesis propuestas para este estudio fueron las siguientes:

Ho: No existen diferencias entre las dos poblaciones para variables de fertilidad del suelo.

Ha: Existen diferencias entre las dos poblaciones al menos para una de las variables de fertilidad del suelo.

Ho: No existe diferencias entre las dos poblaciones para variables morfológicas y anatómicas de las acículas.

Ha: Existen diferencias entre las dos poblaciones al menos en una de las variables morfológicas y anatómicas de las acículas.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Por muchos años existió una gran controversia en relación al estatus taxonómico de *Pinus caribaea*. Para terminar con las confusiones, en el año de 1962 Barret y Golfari subdividen la especie en tres variedades tomando en cuenta la distribución geográfica y características morfológicas, estas son: *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *bahamensis* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* dicha variedad es una de la de más amplia distribución geográfica (Rojas y Ortiz, 1991).

2.1.1 Ecología y distribución

El árbol mide de 20 a 30 pero puede llegar a medir hasta 45 m de altura con un diámetro a la altura del pecho de 50 a 80 cm en algunas ocasiones hasta 1.35 metros, son árboles de tronco recto, los conos son de color rojo pardusco con una longitud de 5 a 12 cm y de 3 a 8 cm de ancho los fascículos tienen tres hojas de color verde amarillento con una longitud de 15 a 25 cm (Perera y Musálem, 2003).

Actualmente la distribución disminuye drásticamente hacia el Caribe, existiendo *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el estado de Campeche y Quintana Roo. (Sánchez-Gonzales, 2008). La especie y variedad se puede adaptar a diferentes tipos de suelo, se desarrolla en suelos pobres, pero necesariamente suelos profundos y con un buen drenaje, en regiones de Guatemala y Belice se encuentra en altitudes mayores a los 800 msnm con una estación marcada de sequía, en donde no se presenta dicha estación presenta con frecuencia incidencia de “cola de zorro” (Rojas y Ortiz, 1991).

2.1.2 Importancia

La importancia de evaluar *Pinus caribaea* var. *hondurensis* es debido a que es una especie de distribución restringida para México, además de que se encuentra sujeta a protección especial, debido a que sólo se presenta en una población en Quintana Roo (Macario y Sánchez-Pérez, 2011) y otra población en Campeche (Delgado *et al.*,

2011). De igual manera se tiene que la madera de *Pinus caribaea* tiene una gran utilidad desde la producción de leña, carbón, postes, pulpa para papel entre otros (Rojas y Ortiz, 1991).

La variedad *hondurensis* es la más plantada en las regiones tropicales y subtropicales. En América del Sur, Brasil cuenta con la mayor superficie plantada, además de que la especie hoy en día la están usando para zonas degradadas debido a que prospera en suelos pobres, desde bien drenados hasta bastante pantanosos y con textura arenosa a arcillosa (Perera y Musálem, 2003).

Sin embargo, hay poca información disponible con respecto a la variación morfológica y anatómica de las acículas del *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, dentro de la distribución natural, dicha información podría ser una herramienta valiosa para la identificación de procedencias en etapas juveniles (Salazar, 1982).

2.2 Variación natural

La variación natural se refiere las diferencias anatómicas y/o fisiológicas entre individuos, dentro de la misma especie las cuales pueden deberse a la composición genética que tengan o al ambiente en donde se encuentren desarrollándose los individuos (Clausen, 1990). Las diferencias que se presentan entre los árboles son el resultado de tres factores: los ambientes en los cuales crecen, las diferencias genéticas entre árboles y las interacciones existentes entre el genotipo y el ambiente (Zobel y Talbert, 1988).

Los tipos de variación estudiados en los árboles forestales son: la geográfica o de procedencias, entre sitios, entre individuos y dentro del mismo árbol. La geográfica o de procedencias está relacionada con características de la adaptabilidad. De igual manera se tiene la variabilidad entre sitios, donde la misma procedencia puede contener diferencias significantes, por lo regular los efectos no podrían estar determinados genéticamente sino que se determinan por los efectos de diferentes ambientes sobre el crecimiento y desarrollo del bosque. La variación entre sitios es poco considerada e incluso puede ser ignorada, pero no siempre sucede

especialmente cuando el hombre ha intervenido realizando acciones de manejo (cortas, aclareos, entre otras). De igual manera encontramos la variación entre árboles que es la que por lo regular es usada por el genetista forestal debido al interés económico (Zobel y Talbert, 1988). De igual manera tenemos la variación dentro del mismo árbol la cual es para algunas características como pueden ser la del follaje cuando se expone a la sombra y/o al sol (Nienstaedt, 1990).

Existe un alto grado de variación genética la cual pueden ser dentro de las especies, entre poblaciones procedentes de diferente lugar y entre individuos de una misma población. Para medir la variación genética en plantas existe el método morfológico y los marcadores genéticos moleculares (Furnier, 2004).

Dentro de los marcadores moleculares se pueden encontrar dos tipos: las isoenzimas y los marcadores de ADN (Azofeifa-Delgado, 2006). En las isoenzimas el análisis se lleva a cabo extrayendo la enzima de los tejidos de las plantas, de éstas las variantes son separadas con electroforesis y se visualizan mediante la tinción de gel con algunos colorantes específicos (Powell, 1992). Este tipo de marcador ha sido de gran importancia en el mejoramiento genético tanto en poblaciones humanas como en plantaciones forestales (Forrest, 1994).

Otro grupo de marcadores son los del ADN dentro de éste existen tres categorías básicas, en donde la primer categoría está constituida por métodos que no están basados en las cadenas de la polimerasa en donde se encuentra al polimorfismo de la longitud de los fragmentos de restricción (RFLP), éstos son generados por arreglos o mutaciones. En la segunda categoría se encuentra la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), éste es un procedimiento *in vitro* en donde se duplican algunas secuencias específicas del ADN. En la última categoría se encuentra la amplificación aleatoria del ADN polimórfico (RAPD) (Karp *et al.*, 1997).

Mientras tanto el método morfológico consiste en medir directamente en campo uno o más caracteres y se analiza la variación (Furnier, 2004). Se pueden llevar a cabo en tallos, raíces y hojas, en éstas es más notoria alguna variación debido a que las hojas es una de las partes más expuestas a cambios en el ambiente. Diversos estudios

muestran que debido a que las hojas son muy plásticas hace que al mínimo cambio ambiental y/o antropogénico éstas reflejen un óptimo cambio en ellas (Navarro, 2004).

Los distintos métodos descritos tienen diferentes variantes en tiempo, dinero y en la calidad de los datos. En cuanto a los morfológicos son más baratos en comparación con los marcadores genéticos moleculares, también es más fácil el coleccionar datos en campo sin necesidad alguna de tener equipo caro y gente altamente capacitada (Furnier, 2004). En cambio, el obtener datos moleculares requiere de equipo especializado y gente altamente capacitada, es más rápida la colecta de datos además de que permiten realizar un estudio de las partes internas de los individuos (Godoy, 2009) a diferencia de los morfológicos que requieren un poco más de tiempo y dedicación, en ambos métodos los resultados pueden ser iguales o puede haber diferencias entre éstos (Blas, 2010).

2.3 Estudios realizados sobre variación morfológica y anatómica en acículas de pinos

Existen numerosos estudios realizados en variación morfológica y anatómica en diferentes especies de coníferas (Cuadro 1). Se puede destacar que en la mayoría de los estudios se evaluaron de 5 a 8 variables para acículas de 4 a 6 en conos y en semillas fueron de 3 a 4 variables.

Mientras tanto las variables que presentaron mayor variación en los estudios fueron las siguientes: el largo de la acícula, número de acículas por fascículo, el número de hileras de estomas, diámetro del cono y el número de canales resiníferos. Dentro de los estudios que se muestran en el Cuadro 1, la mayor variación se presenta en las hojas de las especies y en segundo lugar en los conos y como último lugar en las semillas, en donde se presenta una menor variación.

2.4 Estudios de variación en *Pinus caribaea*.

En los estudios realizados en *Pinus caribaea* en las tres variedades, en su mayoría son estudios para variables morfológicas y anatómicas de progenies (Cuadro 2), en

Cuadro 1. Trabajos realizados en variación morfológica y anatómica en diferentes especies de coníferas.

Especie	Características morfológicas y anatómicas evaluadas	Autores y año
<i>Picea mexicana</i> Martínez.	<p>Acículas: largo y ancho de la acícula, número de hileras de estomas determinándola en la parte media del haz y del envés, el número de estomas en un mm, número de canales resiníferos, diámetro del ducto del canal resinífero, diámetro del haz vascular, continuidad de los canales resiníferos.</p> <p>Conos: longitud del cono y ancho del cono de la parte más ancha, se midieron diez escamas centrales de las cuales se determinó el largo y ancho de la escama, grosor y longitud de la escama.</p> <p>Semillas longitud y grosor de semilla, longitud del ala con semilla y ancho del ala.</p>	Flores-López <i>et al.</i> (2013)
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	<p>Acículas: número de acículas, longitud de acícula mayores y menores.</p> <p>Conos: se evaluaron cerrados midiendo el largo y ancho, ancho del ápice y el peso del cono.</p> <p>Semillas: peso de las semillas se efectuó por grupo de 10.</p>	Iglesias y Tivo (2006)
<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	<p>Acículas: número de acículas por fascículo, largo y ancho de acícula, largo y ancho de vaina, número de estomas y número de serraciones.</p> <p>Conos: número de conos por verticilo, largo y ancho de cono, largo y ancho de umbo.</p>	Rodríguez y Capó (2005)
Género <i>Pseudotsuga</i> .	<p>Acículas: longitud de acícula, número de hileras de estomas en el envés izquierdo, estructura de las subepidermis (continua o discontinua), número de canales resiníferos y forma del corte (circular o pentagonal).</p> <p>Conos: longitud y ancho, escama, longitud total de la bráctea, longitud de espinas centrales laterales.</p>	Reyes <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus engelmannii</i> Carr.	<p>Acículas: número de acículas por fascículo, longitud y ancho de la misma, longitud de la vaina.</p> <p>Conos: se tomaron 10 por árbol se les evaluó ancho y grueso.</p> <p>Semillas: fue el ancho y longitud de semilla.</p>	Rodríguez (2004)

Continuación...

Cuadro 1. Trabajos realizados en variación morfológica y anatómica en diferentes especies de coníferas, además de las variables evaluadas en cada uno de ellos.

Especie	Características morfológicas y anatómicas evaluadas	Autores y año
<i>Pinus chiapensis</i> Mtz.	Acícula: longitud, número de estomas en un mm lineal Las muestras evaluadas fueron tomadas de un herbario donde las acículas que se seleccionaron fueron aquellas cuya vaina ya se habían desprendido, se realizaron cortes transversales para evaluarlas.	Vilela y Acosta (2001)
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski.	Acículas: número de hileras de estomas número de células endodermales esclerenquimatosas. Conos: color con el uso de la tabla de Munssel, largo y ancho, 10 escamas por cono donde se midió largo y ancho a precisión de mm. Semillas: largo y ancho en 10 semillas.	García (1986)

algunas ocasiones en plantaciones y poblaciones naturales donde el objetivo de los estudios es el conservar a la especie.

Por otra parte, se encuentran estudiando la variación de semillas, con el propósito de conservar las poblaciones de *Pinus caribaea*, pero sin duda alguna, la mayoría de los estudios se encuentran enfocados en determinar las mejores procedencias con los mayores incrementos, para de esta manera realizar plantaciones, debido a que es una especie de rápido crecimiento (Rojas y Ortiz, 1991).

Cuadro 2. Estudios realizados en variación morfológica y anatómica en *Pinus caribaea* Morelet.

Especie	Metodología y resultados	Autor y año
<i>Pinus. caibaea</i> var. <i>hondurensis</i>	El estudio se realizó en las dos poblaciones naturales de México, en donde colectaron 60 muestras de follaje en Cobas y 14 en Pioneros las muestras fueron sometidas a -70°C para posteriormente obtener el ADN los resultados obtenidos indicaron que existen diferencias significativas en el número de alelos por locus, además se concluyó que estas poblaciones remanentes de México están expuestas a endogamia.	Delgado <i>et al.</i> (2011)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	Se evaluó un ensayo de procedencias de <i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i> a los 15 años de su establecimiento en Veracruz en donde se establecieron cinco procedencias de Honduras. Las variables evaluadas fueron el diámetro y la altura, se encontró que existe más diferencia entre las familias que entre procedencias además de que la mayoría de las familias disminuyeron drásticamente.	Alba-Landa <i>et al.</i> (2011)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	Se establecieron plantaciones de 9 localidades bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, cinco plantas por parcela y dos hileras perimetrales. Se encontraron diferencias significativas entre procedencias en las variables de altura y diámetro	García-Quintana <i>et al.</i> (2007)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	Se colectó ramas y conos de 37 árboles las variables evaluadas fueron el peso cerrado y abierto del cono, longitud, ancho, número de escamas, ancho de la escama largo y ancho de la apófisis, número de acículas por fascículo, longitud, grosor de acícula y número de canales resiníferos. El resultado fue que en todas las variables evaluadas existe diferencia entre las localidades	García (2006)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	Se llevó a cabo en Selviría, Brasil y en donde se evaluó una plantación a los siete años de su establecimiento las variables fueron diámetro a 1.30 m. altura total y la forma de los árboles. Resulto con grandes incrementos en diámetro y altura.	Rodríguez y López (2002)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	Se seleccionaron nueve poblaciones naturales, de cada una se tomaron 10 árboles a cada uno de estos se le evaluaron 5 fascículos, se evaluaron 17 características morfológicas y anatómicas. Los análisis de varianza mostraron que al menos 14 de los 17 caracteres hay diferencias entre poblaciones.	Salazar (1982)

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de las áreas de estudio

Las áreas estudiadas corresponden a dos poblaciones naturales de *Pinus caribaea* que se encuentran ubicadas en el Ejido de Caobas en el estado de Quintana Roo y en el Ejido de Pioneros del Río Xnohá en Campeche (Cuadro 3) (Figura 1).

Cuadro 3. Localización de las poblaciones y del material colectado de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Población	Municipio	Propiedad	Coordenadas geográficas†	Altitud (msnm)
Pioneros del Río Xnohá, Campeche	Calakmul	Ejidal	18° 14' 38" N 88° 57' 36" O	52-83
Caobas, Quintana Roo	Othón P. Blanco	Ejidal	17° 52' 53" N 89° 11' 0" O	130-133

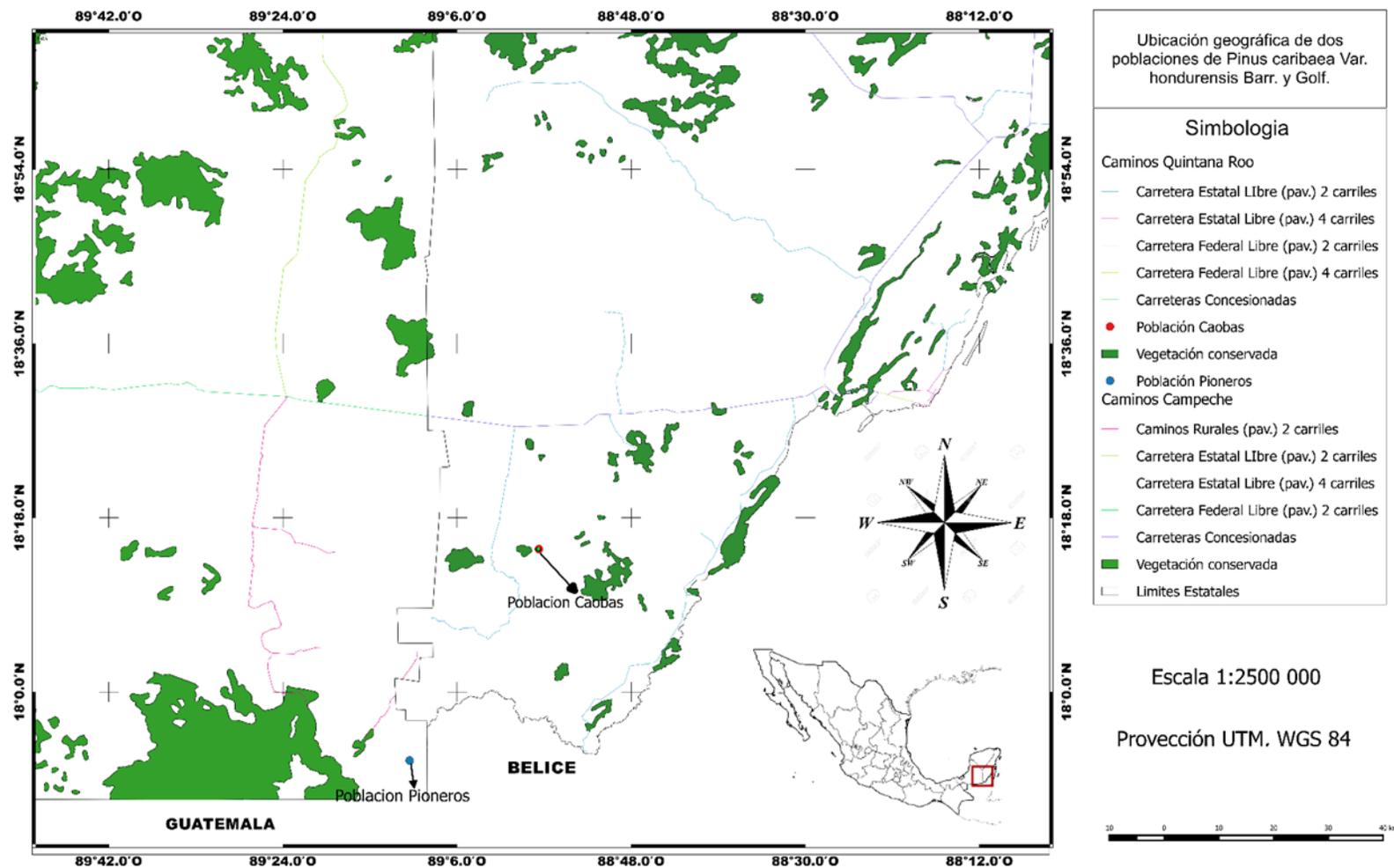
† Coordenada geográfica central de la población.

Es importante conocer los aspectos ecológicos como la vegetación, hidrografía, clima, suelo, fisiografía altitud entre otros. Asimismo se debe recalcar que el clima es el mismo para ambas poblaciones, el suelo dominante para ambas poblaciones es leptosol (Cuadro 4).

3.2 Demografía

3.2.1 Censo

Las poblaciones de *Pinus caribaea* fueron censadas, cada uno de los árboles fueron numerados. Además se les registró el diámetro a 1.30 m de altura (DN), y la altura total del árbol con un nivel Haga. Asimismo de cada uno de los árboles se registraron las coordenadas con un GPS marca Garmin.



Datos tomados de mapa base del estado de Campeche (CONABIO, 2004) y mapa base del estado de Quintana Roo (CONABIO, 2006).

Figura 1. Ubicación geográfica de dos poblaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Cuadro 4. Aspectos ecológicos de las poblaciones evaluadas de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Población	Municipio	Clima	Suelo	Altitud (msnm)	Vegetación	Hidrografía	Fisiografía
Pioneros	Calakmul	Subtropical húmedo (Cwa) presentando lluvias en verano con temperaturas 24°C y 28°C, y con una precipitación anual que va de 1100-1500 mm	Dominante leptosol, vertisoles, feozem	52-83	Selva, sabana y tular	Región hidrológica Yucatán. Las corrientes de agua que se encuentran dentro son Río Hondo, Ucum, Río Escondido, El Zudi, El Tigrillo etc.	Regiones orográficas desde los 100 a los 390 msnm.
Caobas	Othón P. Blanco.		Dominante leptosol, además se encuentran vertisoles, feozem, leysoles, regosoles, luvisoles, solonchak, arenosol	130-133	Mezcla de especies de la selva baja inundable tales como: chechem blanco (<i>Cameraria latifolia</i> Standl), y de sabana, como el arbusto <i>Curatella americana</i> Loefl, nance (<i>Byrsonima crassifolia</i> L. Kunth), jicaro (<i>Crescentia cujete</i> L.), con excepción del pino que forma el estrato alto.	como entre los intermitentes se encuentran: Laguna Bacalar, Laguna San Felipe, Laguna Chile Verde entre otras.	Corresponde principalmente a lomerío bajo con hondonadas, llanuras rocosas e inundable, en poca proporción lomerío bajo con llanuras rocosas de transición inundable.

Fuente: INEGI (2009 a; 2009 b); Macario y Sánchez-Pérez (2011).

3.2.2 Estructura y densidad de las poblaciones

Con los datos de DN, los árboles fueron clasificados por categorías diamétricas, para posteriormente obtener el número de árboles por hectárea. Con dichos datos se realizó la gráfica de estructura de diámetro. De manera semejante se realizó para la gráfica de estructuras de altura.

3.2.3 Vigor de copa

Para determinar el vigor de copa a cada uno de los árboles se les tomó una fotografía para posteriormente clasificar cada uno de los árboles. La clasificación utilizada fue la propuesta por Kenn (1943) en un estudio que realizó para *Pinus ponderosa* Douglas ex C. Lawson, en donde se utilizó el vigor de la copa (máximo vigor, bueno escaso, escaso pobre y pobre) y la edad de cada uno de los árboles. El vigor de copa lo determinó con el diámetro de copa, densidad de la copa, posición del árbol. Con la edad determinó si el árbol era, joven, inmaduro, maduro o sobre maduro obteniendo como resultado la Figura 2 en donde el número 1 corresponde a árboles jóvenes, el 2 a árboles inmaduros, el 3 a árboles maduros y el 4 a árboles sobre maduros, mientras tanto la letra A representa árboles con su máximo vigor de copa, B representa árboles con bueno-escaso vigor de copa y C son árboles con escaso-pobre vigor y por último la letra D son árboles con vigor pobre.

En este estudio como no se tomaron edades de los individuos debido al estatus que se encuentra la especie se decidió determinar la etapa de madurez de cada uno de los árboles con la observación, y el registro siguiente: si el árbol presentaba conos o no, el valor del DN, la densidad de la copa, y la forma de la copa. Para determinar las diferentes clases de vigor se determinó de acuerdo a Kenn (1993). De acuerdo con las fotografías tomadas de cada uno de los árboles se procedió a clasificarlos. Posteriormente con los datos de copa se realizaron graficas de matriz, las cuales consisten en realizar un conjunto de graficas en una sola representación. Las gráficas

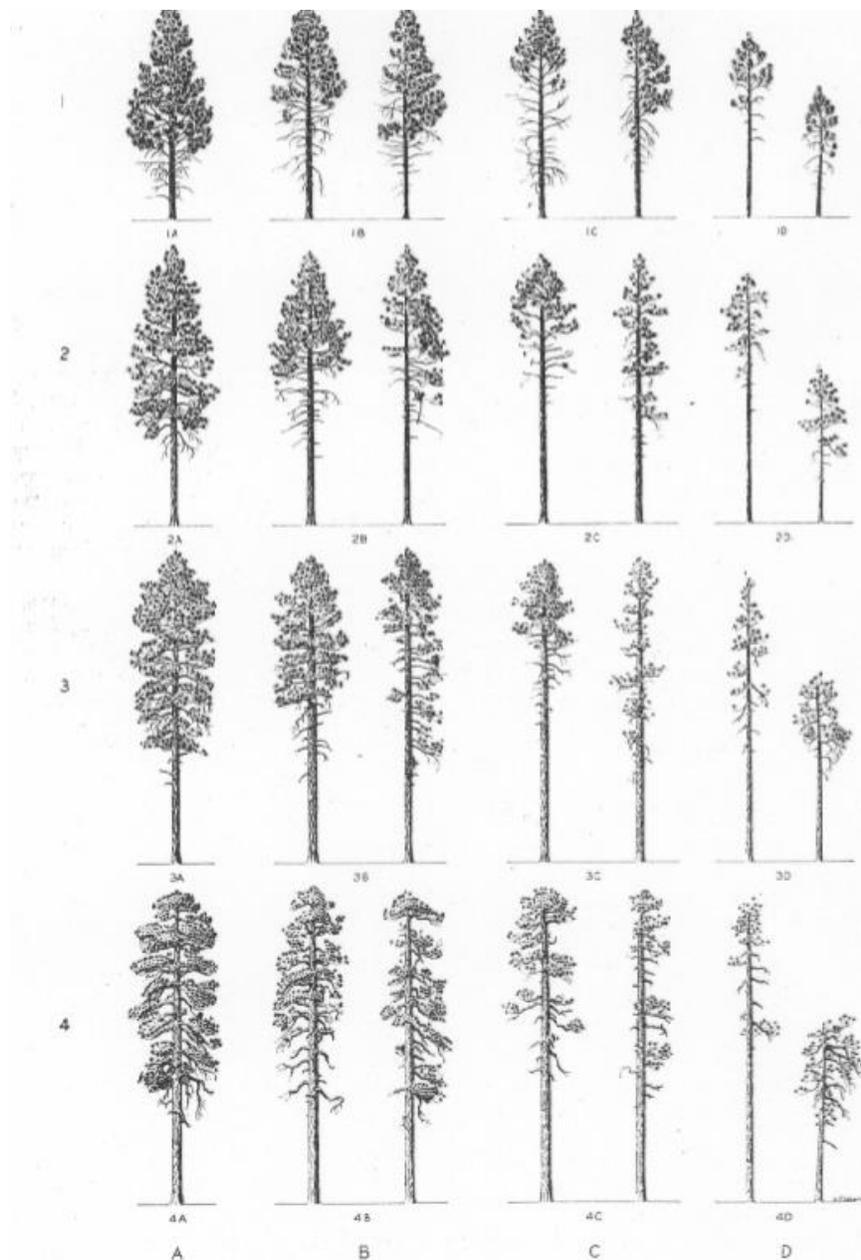


Figura 2. Clasificación de los árboles de *Pinus ponderosa* Douglas ex C. Lawson en relación con la edad y el vigor de copa (Tomada del estudio de Keen, 1943).

se realizaron con el objetivo de obtener el porcentaje de cada una de las etapas de madurez para cada población evaluada.

3.3 Características de fertilidad del suelo

Para la colecta de las muestras de suelo, en cada población se determinaron dos puntos aleatorios, en cada uno de éstos se realizó una perforación de 60 cm de profundidad y un diámetro de 25 a 30 cm, de los primeros 30 cm se tomó la primer muestra de suelo de aproximadamente un kilogramo, se realizó de igual manera de los 30 a 60 cm. Una vez teniendo las muestras organizadas y etiquetadas con el nombre de la población y el número de la muestra, se mandaron al laboratorio de Fertilab¹ para su análisis. En donde se analizaron 11 nutrientes como potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), fierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), aluminio (Al) azufre (S) y manganeso (Mn).

Una vez obtenidos los análisis de Fertilab¹ (Apéndice 3), se efectuaron pruebas de comparación de dos medias con la prueba t-student (FAO, 1999). La prueba de medias fue con el objetivo de determinar si existe o no diferencia entre las poblaciones para alguno de los micronutrientes.

3.4 Variables anatómicas y morfológicas de acículas de las poblaciones

En cada una de las poblaciones se eligieron los árboles longevos a los cuales además de tomarles las variables ya mencionadas en el capítulo de demografía también se les tomó una muestra de follaje. Para la determinación de los árboles longevos se tomó en cuenta la forma de la copa de cada uno de los árboles encontrados y el diámetro, lo que llevó a tener diferente número de muestras vegetativas (ramillas), obteniendo 56 muestras para la población de Caobas y siete para la población de Pioneros, dicho número de muestras en la población Pioneros es debido a que sólo éstos fueron encontrados.

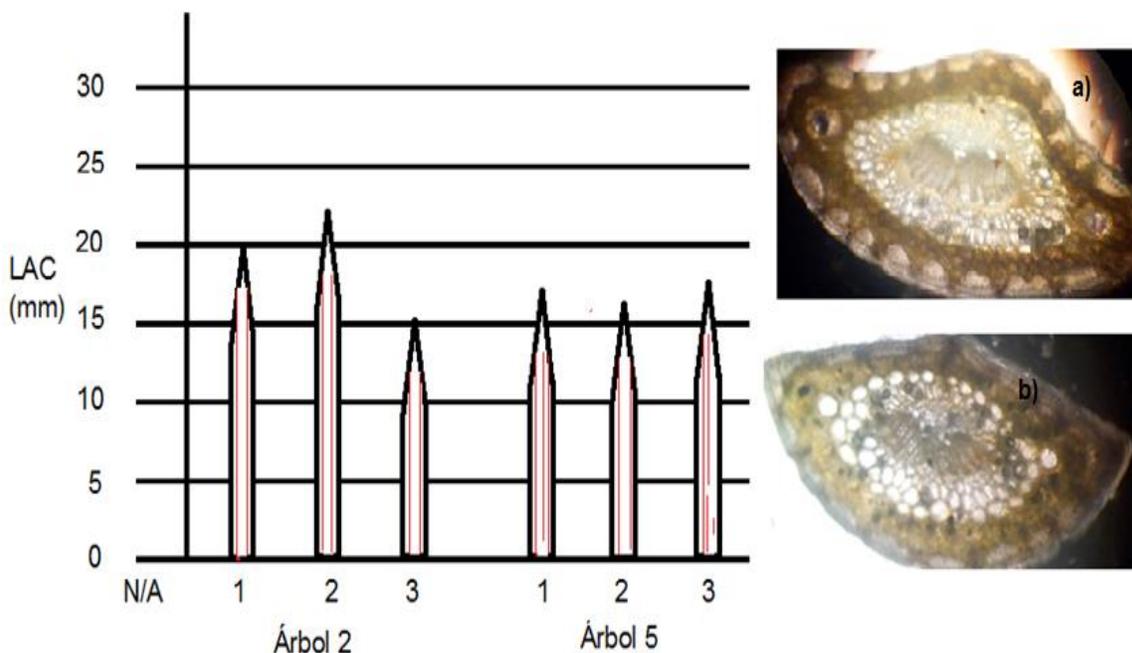
La recolección de las muestras se efectuó de forma manual con ayuda de ganchos y garrochas para cortar las muestras, las cuales fueron marcadas con el número de árbol y la población a la que correspondían, y de esta forma tener organizadas las

¹ Fertilab; Fertilidad de suelos S. de R.L. ubicada en poniente 6. No. 200 ciudad industrial Celaya, Gto. C.P. 38010. Actualmente certificada por ISO 9001 y acreditado en E.U. de Norteamérica (NAPT)

muestras colectadas, las cuales fueron llevadas a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coah., para evaluar la variación morfológica y anatómica.

Para la variable de conductos resiníferos se efectuó un pre análisis que consistió en escoger aleatoriamente dos árboles, de cada población, de los cuales se tomó un fascículo de cada uno para realizar cortes transversales cada centímetro, con el fin de determinar la continuidad de los conductos resiníferos en dicha especie (Figura 3 y 4).

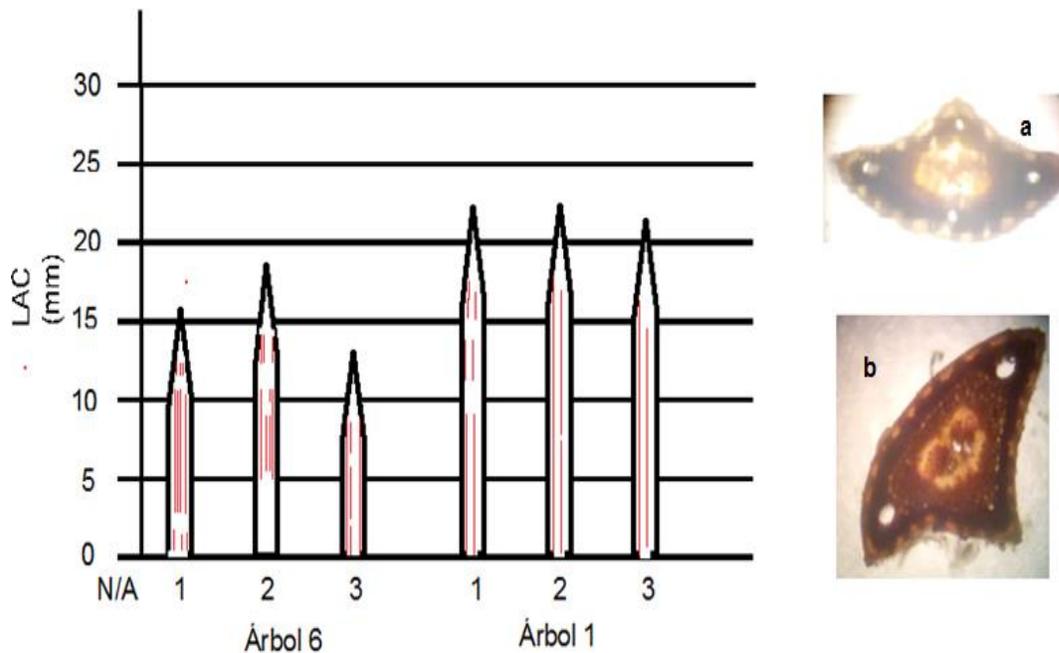
Las variables morfológicas y anatómicas seleccionadas para este estudio se basaron en los trabajos de Salazar (1982), López *et al.* (2001), Vilela y Acosta (2001), Reyes *et al.* (2005), Rodríguez y Capó (2005) e Iglesias y Tivo (2006), quienes evaluaron de 8 a 9 variables morfológicas y de 6 a 7 variables anatómicas.



LAC= Largo de acícula. N/A= Número de acícula. Sección transversal de la acícula y conductos resiníferos. a) árbol 2, b) árbol 5

Escala vertical 1:0.5 Escala horizontal 1:5

Figura 3. Representación de la continuidad de los canales resiníferos en la población de Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.



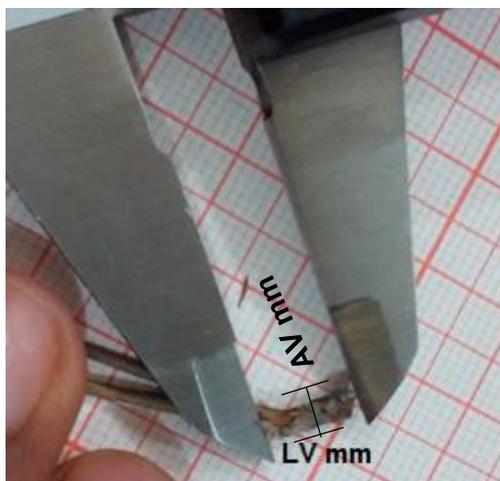
LAC= Largo de acícula. N/A= Número de acícula. Sección transversal de la acícula y conductos resiníferos; a) árbol 6, b) árbol 1

Escala vertical 1:0.5 Escala horizontal 1:5

Figura 4. Representación de la continuidad de los canales resiníferos en la población de Pioneros del Rio Xnohá, Calakmul, Campeche de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Se evaluaron todas las muestras vegetativas colectadas en cada población. Lo primero que se realizó fue que de cada ramilla se seleccionaron dos fascículos de forma aleatoria en la parte inferior de cada una de las ramillas, esto es debido a que en la parte inferior de la rama se presentan las hojas ya maduras. El procedimiento fue el siguiente, con números aleatorios de 360 números que actuaron como grados para cada ramilla de esta manera se obtuvieron los dos fascículos, inmediatamente se midió la longitud de la vaina (LV) que corresponde a la distancia desde la base hasta la parte derecho de la vaina, el ancho de la vaina (AV) fue medido en la parte central de la vaina con un vernier digital con precisión a décima de mm (Figura 5).

Siguiendo con el procedimiento de cada uno de los fascículo se enumeró las acículas del 1 a 3 y empleando la calculadora se obtuvo aleatoriamente una acícula a



LV = Longitud de vaina, AV = Ancho de vaina

Figura 5. Medición de longitud y ancho de vaina en *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

evaluar para al final tener 2 acículas por árbol, a las cuales se les evaluó, longitud y ancho de acícula (LA y AA). Para el largo se midió desde la base hasta el ápice con una regla con precisión al mm, el ancho se efectuó en la parte media de la hoja con un vernier con precisión a décima de mm, se auxilió del microscopio para tener un poco menos de sesgo (Figura 6a). Para las variables del número de hileras de estomas en el haz (NHDEH) y el número de hileras de estomas en el envés derecho e izquierdo, (NHDEES, NHDEEI). Primeramente se definió cual sería el haz y el envés observando la base de la acícula, debido a la forma triangular que presenta la acícula teniendo como consecuencia dos caras en el envés, una vez definidos se procedió a contar el número de hileras de estomas con ayuda de un microscopio simple (Figura 6b).

Siguiendo con el procedimiento también se evaluaron el número de estomas en 1 milímetro en el haz y en el envés (NDEEH1MM y NDEEES1MM, NDEEEI1MM). Para esta variable se realizó empleando una copia de una hoja milimétrica en un acetato y un porta objetos, en donde se forró el porta objetos con la copia, una vez establecido lo anterior se colocó la acícula encima del porta objetos, ya forrado y con ayuda del microscopio se procedió a contar el número de estomas en cada uno de los lados (Figura 6b).

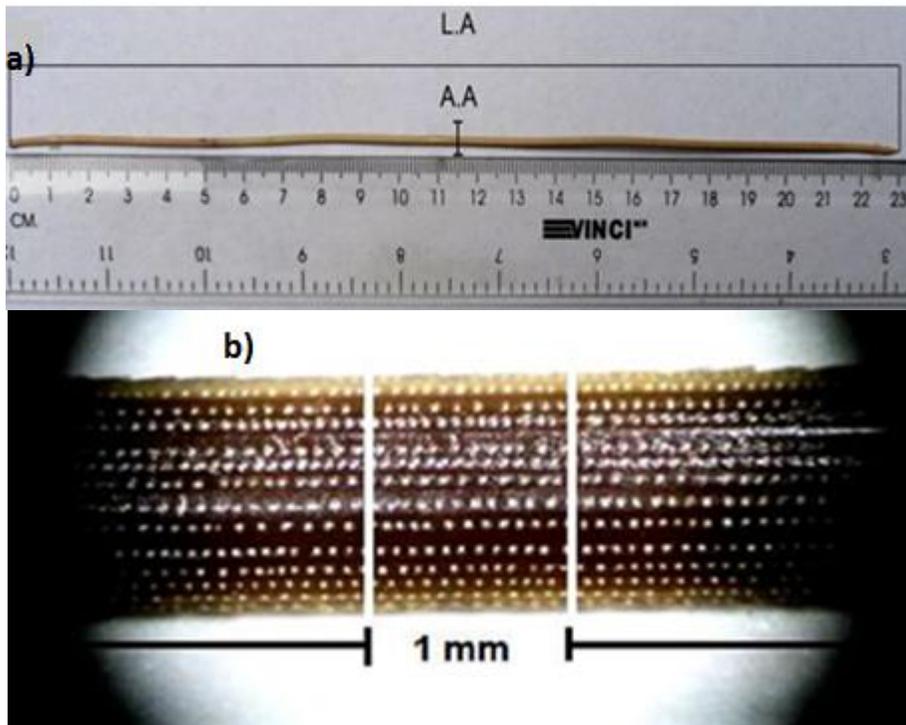


Figura 6. Evaluación de variables morfológicas largo y ancho de acícula el número de hileras de estomas en el haz y envés y número de hileras de estomas para *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Finalmente las dos acículas que fueron evaluadas se introdujeron en popotes mismos que se enumeraron como 1 y 2, esto para tener un control. Anterior a esto se envolvieron con cinta adhesiva identificándolos con la población, número del árbol y el número de la acícula por ejemplo: P-ARB 1 A1²posterior a esto, las muestras se sometieron al proceso de rehidratación en alcohol etílico al 70%, durante tres semanas, para después efectuar los cortes transversales.

Se realizaron tres cortes transversales de cada una de las acículas a diez centímetros de la base, ésto debido a que esta especie presenta los conductos resiníferos continuos, al menos en las dos poblaciones evaluadas, y se obtuvieron muestras temporales en portaobjetos y cubreobjetos. A los cortes se les agregó una

² P-ARB 1 A1= Pioneros árbol 1 acícula 1

gota de ácido láctico con el empleo de un gotero, inmediatamente fueron sometidos a fuego lento por unos segundos para eliminar restos de resina o alguna sustancia que obstruya la visibilidad de las formas anatómicas (conductos resiníferos). Inmediatamente se cubrió con esmalte transparente en los cuatro extremos del cubreobjetos para sellar la muestra. Para finalizar cada portaobjetos se etiquetó con la información correspondiente a la población. Posteriormente fueron sometidas a la evaluación para determinar las variables anatómicas.

Para las variables de número de canales resiníferos se utilizó un microscopio simple comenzando por definir el tipo de objetivo a utilizar, (4x, 10x, 40x, 100x). El objetivo con el cual se observó mejor la anatomía de las hojas fue el de 10x, el cual se empleó para contar el número de canales resiníferos (NCR), y la posición en la que se encontraban de acuerdo a Perry (1991) quien menciona cuatro posiciones de los canales resiníferos las cuales son: a) externa en donde el conducto resinífero toca el hipodermo, b) interna en donde el conducto se encuentra tocando la célula que rodea el haz vascular, c) conductos medios se encuentran en medio del hipodermo y el haz vascular y el d) que corresponde al septal el cual el conducto toca tanto el hipodermo como el endodermo.

Se efectuaron pruebas de *t*-student para valores promedios de acuerdo al manual estadístico para la investigación forestal realizado por la FAO (1999). La prueba de medias fue con el objetivo de determinar en cuales de dichas variables existe diferencia significativa.

De igual forma para la determinación de las variables que tienden a diferenciar una población de otra, se empleó un análisis de componentes principales el cual es una técnica del análisis estadístico multivariante. Este método permite realizar la aplicación a las variables sin que las variables se encuentren normalizadas (Pérez, 2004).

En el presente estudio se auxilió del programa y Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 20, para llevar a cabo el análisis de componentes principales. De la misma manera se realizaron gráficas de los componentes principales en el software SAS (SAS Institute Inc., 1988).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tamaño de las poblaciones, estructura y densidad

4.1.1 Tamaño de las poblaciones

Para la población de Caobas se encontraron 507 árboles mayores a 2.5 cm de DN, 28 árboles considerados como regeneración y 21 árboles muertos. En la población de Pioneros sólo se encontraron 7 Individuos mayores a 2,5 de DN y un solo individuo muerto, en cuanto a regeneración no se encontró ni un solo árbol (Figuras 7 y 8).

Delgado *et al.* (2011) realizaron un censo para las poblaciones de Caobas y Pioneros, en la población de Caobas no reportan un número definitivo para la población pero mencionan que la población se encuentra representada por 150 a 200 árboles maduros que es mayor al 60 % de la población. Para la población de Pioneros mencionan que está constituida por 14 individuo aunque en el censo que se realizó sólo se registraron siete individuos.

Existe la controversia del por qué se encuentra *Pinus caribaea var hondurensis* en los ejidos de Caobas, Quintana Roo y Pioneros en Campeche. Mediante los modelos digitales de elevación se determinaron altitudes dentro del área en donde se encuentra establecido el *Pinus caribaea*. Para la población de Caobas se encontró que el pino se encuentra en la parte alta de la sabana debido a que la parte más baja corresponde a 129 msnm y los pinos se encuentran entre los 132-133 msnm (Apéndice 1). Mientras tanto para Pioneros sigue el mismo patrón que la población de Caobas dentro de la selva baja los pinos encontrados se distribuyen en la parte alta de la selva baja entre las altitudes de 72-73 msnm mientras que el punto más bajo es de 63 msnm (Apéndice 2). Se puede decir que esta tendencia corresponde a una diferenciación altitudinal, o a cambios edáficos debido a que los árboles se encuentran dispersos (Musalem *et al.*, 2008).

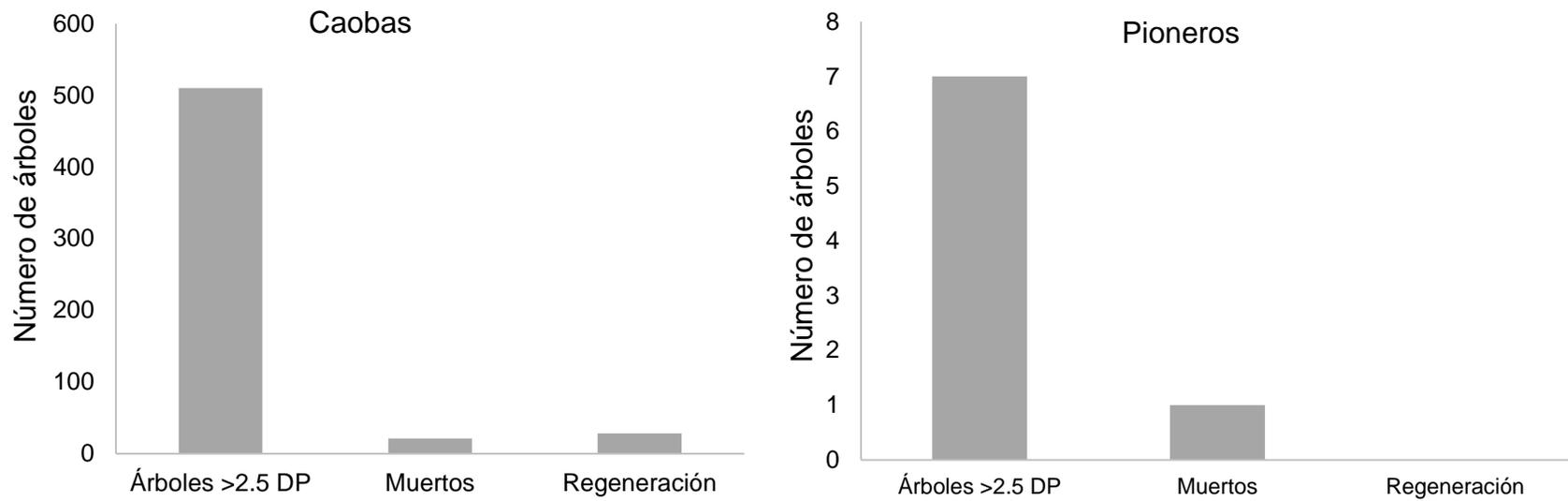
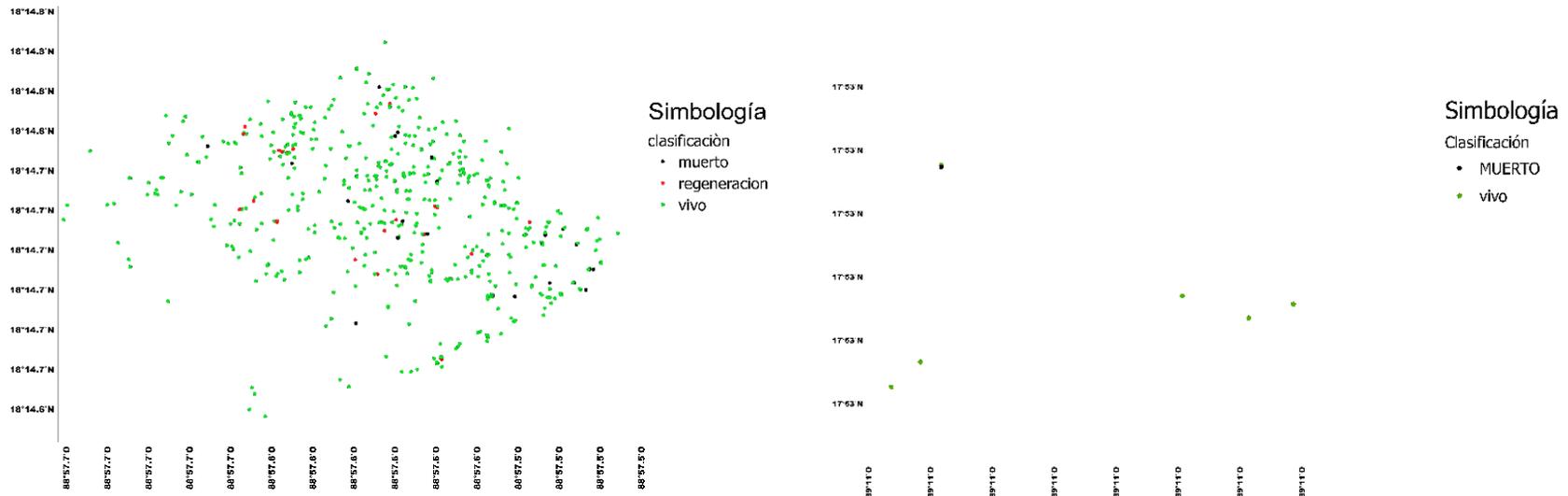


Figura 7. Clasificación de los árboles de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf. encontrados en los ejidos de Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo y Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche.



En el eje Y se encuentran representando la latitud.
 En el eje X se encuentra representando la longitud.

Figura 8. Distribución de las poblaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf. encontrados en los ejidos de Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo y Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche

En cuanto a los individuos que se registraron para la población de Caobas se pudiese pensar que la población no se encuentra sujeta a peligro de extinción debido a que se registraron 535 árboles en las cuatro etapas fenológicas, pero no sólo el número de individuos es lo que determina el estatus, existen una serie de parámetros que se requieren evaluar como el área de distribución, las características del hábitat de la especie, la genética de la misma, la vulnerabilidad a la actividad humana entre otras, las cuales se especifican en método de evaluación del riesgo de extinción de plantas en México mejor conocido como la evaluación MER (SEMARNAT, 2010). Pero sin duda alguna, en la población de Pioneros con tan solo siete árboles, una población de mesiado pequeña que está sujeta a la endogamia y la desaparición (Delgado *et al.*, 2011).

Aunado a esto en la década de 1980 se tuvieron las primeras discusiones sobre la conservación de las pequeñas poblaciones, es por esto que se desarrolló la llamada regla 50/500. Esta regla propone que para conservar la diversidad genética a corto plazo es necesario tener 50 individuos efectivos y para conservarla a largo plazo es necesario tener al menos 500 individuos (Frankling, 1980). Si se sigue lo que dice Frankling se pudiera suponer que la población de Caobas se recuperaría y se conservaría por un largo tiempo pero debido a que no todos los árboles encontrados son árboles maduros que se pudiesen reproducir, además de que existen estudios que hacen mención que la regla 50/500 no es suficiente para que la población se pueda conservar que es necesario aumentar la proporción de individuos a 100/1000 (Frankham *et al.*, 2014).

En este contexto, para la población de Pioneros se encontraron árboles maduros y sobre maduros, si se tomara en cuenta lo que menciona Frankling (1980) es difícil que la población pudiese subsistir debido a los pocos individuos que se encontraron dentro de la población sin contar que no existe regeneración alguna.

4.1.2 Estructura y densidad de las poblaciones

La distribución por clase diamétrica para la población del ejido de Caobas presenta una curva con una tendencia próxima a la de la distribución normal (Figura 9) y no a la de la J invertida como se pudiese esperar. Si se tuviese la curva de la J, invertida se pensaría que la población es auto regenerativa, esto porque se contemplaría que una vez que existe un gran número de individuos en las clases menores, estos tienden a remplazar a las categorías mayores (Arruda *et al.*, 2011). Pero es todo lo contrario en la población de Caobas debido a que la regeneración con la que se cuenta es muy poca. El caso de la población de Pioneros en donde, en las categorías 5 y 10 no se presenta ningún solo individuo (Figura 10) lo que lleva a pensar que la población dentro de muy poco podría encontrarse desaparecida.

Para tener en cuenta otra idea del nivel de conservación, Ledig (2012) señala que se debe de considerar el coeficiente de plántulas/árboles (P/A), como indicador de proporcionalidad de regeneración. Por lo que al comparar las dos poblaciones de *Pinus caribaea* con las dos poblaciones de *picea* más conservadas en el país las cuales son la población de la Marta en donde se encuentra la *Picea mexicana* con un índice de proporcionalidad de 5.068 y la población de Agua Lardín en donde se encuentra a *Picea martinezii* con un índice de 5.220 ambas poblaciones se encuentran en el mismo estatus de conservación (Flores, 2014). En donde se puede observar que aunque dichas poblaciones poblaciones de *Piceas* sean las más conservadas los coeficientes de plántulas/árboles no son los adecuados debido a que mínimo deberían de tener un coeficiente de 13 (Ledig, 2012). En la población de Caobas, *Pinus caribaea* muestra un índice de P/A de 0.055, lo que lleva a pensar que la población se encuentra en un estado crítico, en cuanto para la población de Pioneros el coeficiente de P/A es de 0 esta población se encuentra a un más expuesta a desaparecer en comparación con la población de Caobas.

Para la altura total promedio se tiene que la mayoría de los árboles de la población de Caobas se cuentan entre el rango de altura de 5.1 a 10 m (Figura 11) mientras que el mayor número de los árboles de Pioneros se encuentra entre 10.1-15 m de altura (Figura 12), esto puede deberse a que la altura se ve afectada por los factores del

medio ambiente entre los cuales se encuentran la humedad, el suelo, precipitación, luz por mencionar algunos (Klepac, 1983). Y al parecer en Pioneros podría pensarse que hay mejor condiciones para crecer en altura, pero las condiciones no necesariamente son las apropiadas para la conservación de la especie.

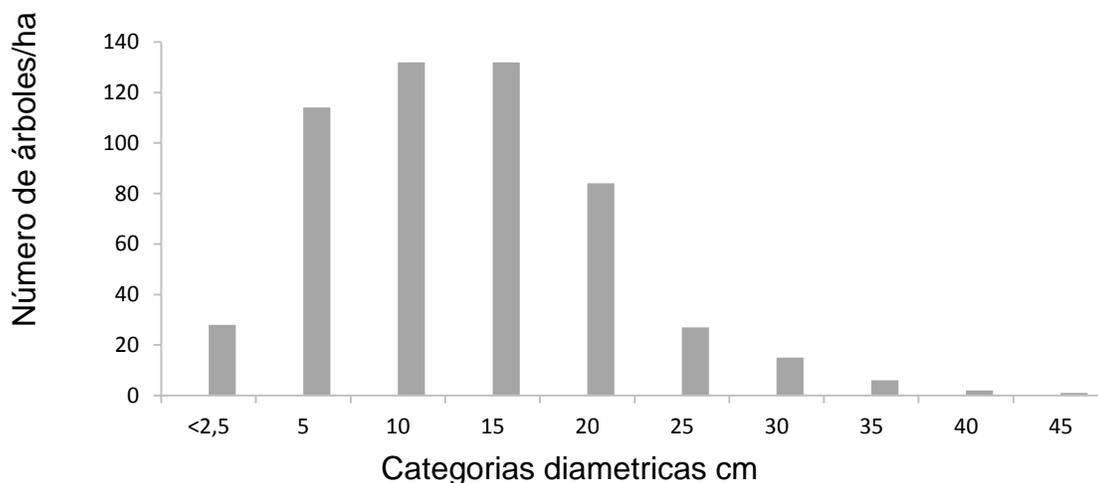


Figura 9. Distribución diamétrica para la población de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf. en Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo.

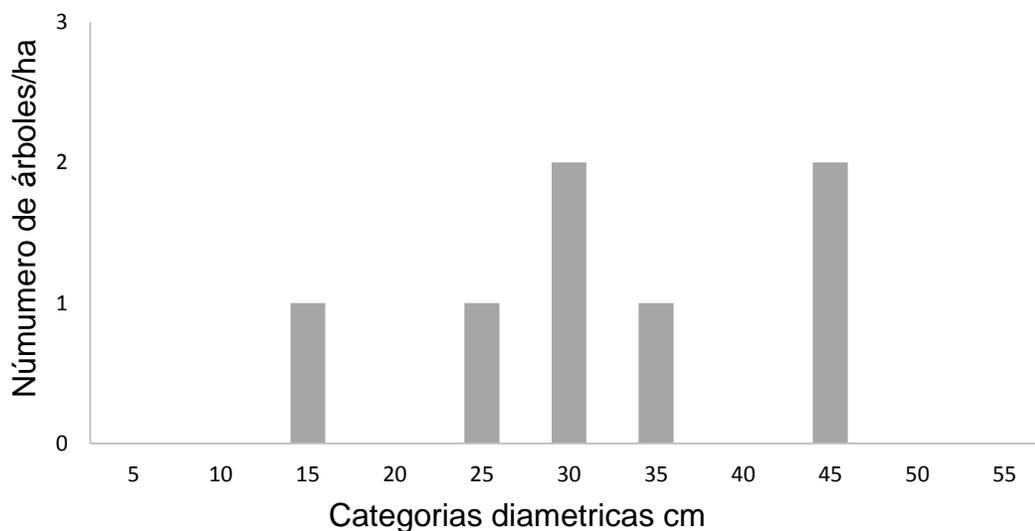


Figura 10. Distribución diamétrica para la población de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf. en Pioneros del Río Xnohá, Calakmul Campeche

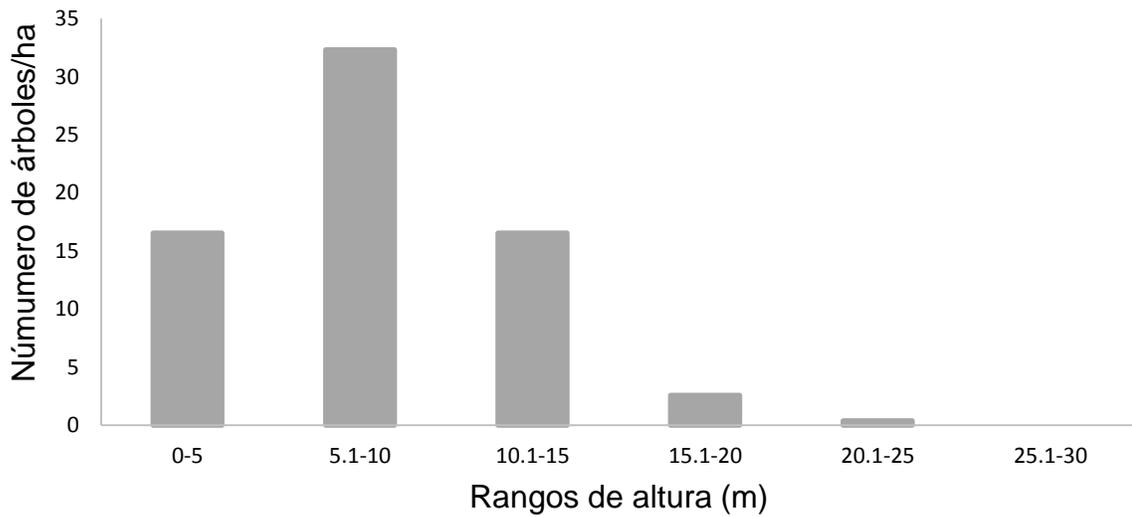


Figura 11. Diagrama de las alturas de la población de *Pinus caribaea* Morelet var *hondurensis* Barr. y Golf. en Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo.

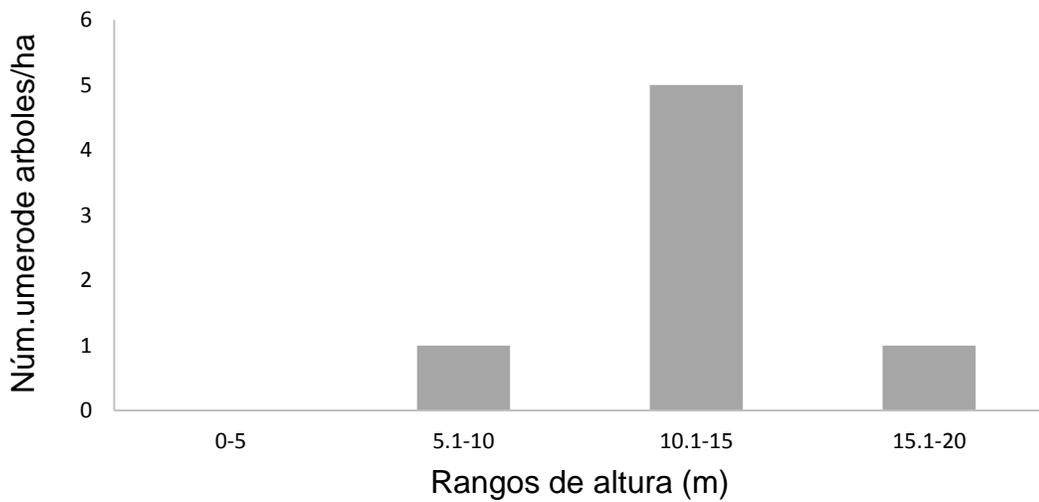


Figura 12. Diagrama de alturas de la población de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf. en Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche.

4.1.3 Clasificación del vigor de copa

Mediante la clasificación de copas que se realizó en cada una de las poblaciones se encontró que en la población de Caobas la mayoría de sus individuos se encuentran en la etapa de jóvenes, pero en esta etapa más del 50% de sus individuos se encuentran con copa pobre, en la etapa de inmaduros se presenta el mismo suceso se pensaría que en las dos etapas posteriores se encontrarán las mismas tendencias pero no es así debido a que conforme los individuos se encuentran madurando el vigor de su copa se encuentra disminuyendo (Figura 13).

En la población de Pioneros las dos primeras etapas no cuentan con ningún individuo y para los pocos árboles encontrados el mayor número se encuentra en la etapa de maduros y el resto en la etapa de sobres maduros pero el vigor de ambas etapas no es el adecuado debido a que se encuentran con una escases de follaje (Figura 14).

Otros problemas observados en ambas poblaciones son el alto número de árboles encontrados con vigor de copa pobre (Figuras 13 y 14) y es probable que de alguna manera la producción de conos se vea afectada por esta situación (Bilan, 1960). Otras situaciones que se observaron por las cuales se pudiera ver afectado la reproducción de estas poblaciones es que en la época de que los árboles se encuentran tirando la semilla es la época del año en que el lugar se encuentra inundado. Además, la mayoría del tiempo el suelo se encuentra agrietado, debido al alto contenido de arcillas y se pudiera pensar también que existe la posibilidad que algunos árboles tiren las semillas después de que pase la temporada de inundación, esto por la poca regeneración que se encontró en la población de Caobas, pero debido a que el estrato bajo está compuesto por pasto, hace pensar que las semillas no llegan al suelo mineral, lo que provoca que no germinen.

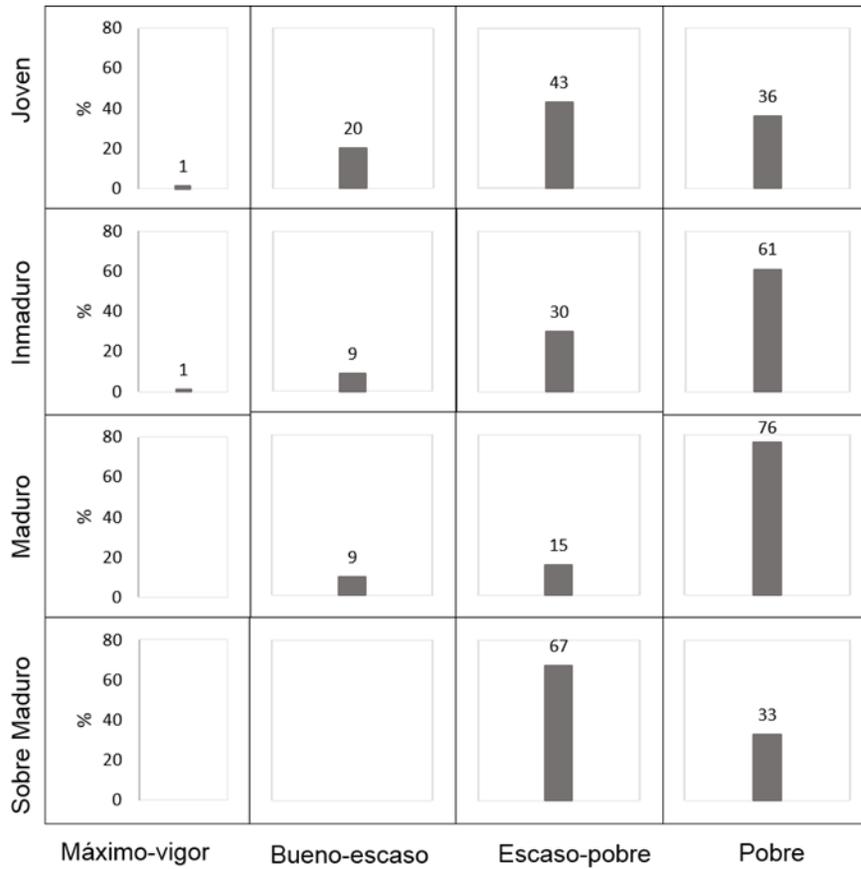


Figura 13. Clasificación de copas de *Pinus caribaea* Morelet. var *hondurensis* Barr. y Golf para la población de Caobas, Othón P. Blanco, Quintana Roo.

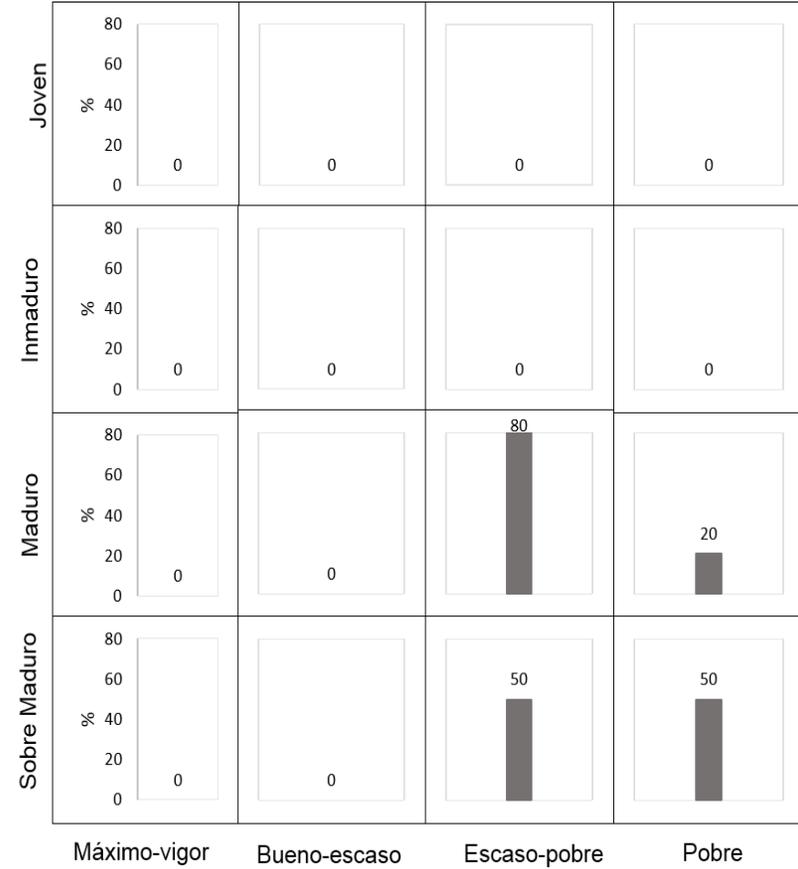


Figura 14. Clasificación de copas de *Pinus caribaea* Morelet. var *hondurensis* Barr. Golf. para la población de Pioneros del Río Xnohá, Calakmul, Campeche

4.3 Fertilidad del suelo a dos profundidades

En el análisis de suelo se encontraron mayores diferencias entre las dos poblaciones en los nutrientes en la profundidad de 30-60 cm. En la profundidad de 0-30 cm los nutrientes que presentaron diferencia entre poblaciones fueron el sodio (Na) y el aluminio (Al), mientras que para la profundidad de 30-60 cm se encontraron diferencias en el magnesio (Mg), fierro (Fe), el aluminio (Al) y el boro (B) (Cuadro 5).

En cuanto a los valores promedios de los nutrientes evaluados se encontró que el sodio es el que presenta contenidos muy bajos en ambas poblaciones con un promedio de 163 partes por millón (ppm) en la profundidad de 0-30 cm de igual manera se encontró que se encuentra en mayor cantidad en la profundidad de 30-60 cm con un promedio de 303.5 ppm (Cuadro 5). Marrero *et al.* (1998) y García-Quintana *et al.* (2009), quienes realizaron estudios en Cuba en poblaciones naturales de *Pinus caribaea*, encontraron contenidos bajos de sodio.

En cuanto a los nutrientes evaluados en los cuales se presentan diferencias son el fierro, magnesio y aluminio. Las mayores cantidades de fierro (Fe), se presenta en la profundidad de 0-30 cm, aunque las diferencias entre este micro nutriente se presenta en la profundidad de 30-60 cm a diferencia del magnesio (Mg) y aluminio, que en ambas profundidades presenta diferencias, sin mencionar que en esta profundidad (30-60 cm) se encuentran las mayores diferencias entre las poblaciones. Además se puede observar en el Cuadro 5 las cantidades de al menos nueve de los nutrientes se encuentran con más ppm en la primera profundidad que en la de 30-60 esto pudiese deberse a que la mayoría de los nutrientes siempre se encuentran disponibles en los primeros centímetros, conforme se avanza en profundidad las porciones de los nutrientes se encuentran disminuyendo (Estévez *et al.*, 1998).

Las poblaciones evaluadas presentan diferente tipo de pH. Para la población de Caobas se tiene un valor de 5.3 y para la población de Pioneros de 4.2 y de acuerdo con la clasificación de Agrolab (s/f) el pH de Caobas es moderadamente ácido y el de pioneros es muy ácido. Tenemos que en los contenidos de aluminio (Al), fierro (Fe), boro (B), zinc (Zn) se encuentran con mayor número de ppm en la población de

Pioneros en ambas profundidades, esto puede deberse a que entre más ácido sea el suelo mayor es la concentración de dichos nutrientes (Roca *et al.*, 2007).

Cuadro 5. Valores promedio en partes por millón (ppm) para cada micro y macro nutriente para dos profundidades y evaluadas en dos poblaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Elementos	Profundidad 0-30		Profundidad 30-60	
	Caobas	Pioneros	Caobas	Pioneros
	Ppm			
P	0.37	5.145	0.045	2.175
K	221	214	2275	186.5
Ca	3946	6909	4284.5	10862
Mg	1204.5*	699*	961.5*	493.5*
Na	206.5	119.5	404.5	202.5
Fe	40.6	107.7	52.75*	69.15*
Zn	0.06	0.24	0.00	0.025
Mn	17.1	10.995	15.84	2.385
Cu	1.045	0.765	0.97	0.46
B	0.385	0.99	0.34	0.825
Al	122.75*	277.5*	88.3*	509*
S	7.33	2455.5	107.6	7742.5

*Diferencia significancia $P \leq 0.05$

Con base a los resultados obtenidos en el análisis de fertilidad del suelo para las poblaciones se rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que al menos uno de los micros nutrientes presenta diferencias entre las poblaciones estudiadas.

4.4 Variables morfológicas y anatómicas de acículas

4.4.1 Comparación entre poblaciones

La prueba de t-student, para comparar las dos poblaciones muestra que tres de las 11 variables evaluadas mostraron diferencia entre las poblaciones. Las variables en las cuales se presentó diferencias entre las poblaciones son: el número estomas en el envés izquierdo en un milímetro (NDEEEI1MM), el número de hileras de estomas en el envés izquierdo (NHDEEI) y el número de estomas en el envés derecho en un

milímetro (NDEEES1MM). En estas características la población que presentó mayores valores fue la de Pioneros (Cuadro 6).

En el estudio realizado por Salazar (1982), para la especie de *Pinus caribae* var. *hondurensis*, se encontró un aumento en el número de hileras de estomas tanto en el haz como el envés derecho e izquierdo, al igual que el número de estomas por milímetro lineal, a medida que disminuye la altitud. Lo anterior coincide con el resultado obtenido en el presente estudio, debido a que los mayores promedios son para Pioneros que se encuentra a mayores altitudes.

En cuanto a los resultados obtenidos en la comparación de las variables morfológicas y anatómicas se determina el rechazo de la hipótesis nula por lo que al menos una de las variables evaluadas permite diferenciar a una población de otra.

Cuadro 6. Valores promedio para las variables anatómicas y morfológicas de dos poblaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Variable	Población	
	Caobas	Pioneros
Número de estomas en el envés izquierdo en un milímetro (NDEEEI1MM)	25.961	32.540*
Número de hileras de estomas en el envés izquierdo (NHDEEI)	3.551	5.712*
Número de hileras de estomas en el envés derecho (NHDEES)	3.321	4.140
Número de estomas en el envés derecho en un milímetro (NDEEES1MM)	24.420	32.346*
Grosor de vaina (GV)	1.859	1.925
Largo de acícula (LA)	18.494	16.865
Número de conductos resiníferos (NCR)	2.244	2.760
Número de hileras de estomas en el haz (NHDEH)	8.361	8.685
Grosor de acícula (GA)	0.859	0.810
Largo de vaina (LV)	8.383	8.737
Número de acículas por fascículo	2.969	2.857

*Diferencia significancia $P \leq 0.05$

4.4.2 Componentes principales

De las 12 variables morfológicas y anatómicas evaluadas para las acículas, se eliminó el número de estomas en el haz en un milímetro (NDEEH1MM) debido a la baja variabilidad que existía en ésta, de tal manera que se tiene como resultado que cinco componentes explican más del 71 % de la variación en características de acículas entre las poblaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza total de cada uno de los componentes principales para *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Componente principal	Auto valores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3.617	30.144	30.144
2	1.566	13.050	43.194
3	1.257	10.475	53.670
4	1.108	9.235	62.905
5	1.008	8.396	71.301

Por otra parte se encontró que los primeros tres componentes explican más del 53 % de la variación para las acículas de la especie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. El primer componente está relacionado con el número de estomas en el envés izquierdo en un milímetro (NDEEEI1MM) y el número de hileras de estomas en el envés izquierdo (NHDEEI), mientras que en el segundo componente está relacionado con el número de hileras de estomas en el envés derecho (NHDEES) y el número de

estomas en el envés derecho en un milímetro (NDEEES1MM), y el tercer componente se relaciona con el grosor de vaina (GV) y el largo de acícula (LA) (Cuadro 7).

Las dos poblaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* incluidas en el presente trabajo no pueden ser consideradas como poblaciones diferentes dado que no reúnen características morfológicas y anatómicas lo suficientemente contrastantes para ser distinguir una de la otra, además de que la varianza que explican los primeros tres componentes es baja y las poblaciones no se ven separadas al graficar los componentes (Figura 15 y 16).

Cuadro 7. Matriz de componentes principales para las variables morfológicas y anatómicas de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. Barret y Golf.

Variable	Componente principal				
	1	2	3	4	5
Número de estomas en el envés izquierdo en un milímetro (NDEEEI1MM)	0.469†	-0.052	-0.137	-0.206	-0.075
Número de hileras de estomas en el envés izquierdo (NHDEEI)	0.388†	0.003	-0.115	-0.084	0.023
Número de hileras de estomas en el envés derecho (NHDEES)	-0.093	0.492†	0.071	0.007	-0.032
Número de estomas en el envés derecho en un milímetro (NDEEES1MM)	0.029	0.451†	-0.069	-0.019	-0.052
Grosor de vaina (GV)	-0.143	0.126	0.614†	-0.271	-0.053
Largo de acícula (LA)	0.054	-0.125	0.407†	-0.049	0.153
Número de conductos resiníferos (NCR)	-0.098	0.014	-0.265	0.664†	0.060
Número de hileras de estomas en el haz (NHDEH)	-0.050	0.057	0.228	0.362†	-0.007
Grosor de acícula (GA)	-0.128	-0.043	0.068	0.163	0.565†
Largo de vaina (LV)	0.229	-0.068	-0.069	-0.154	0.523†
Número de acículas	0.102	-0.325	0.197	0.284	-0.461†

† Variable con mayor correlación para cada uno de los componentes.

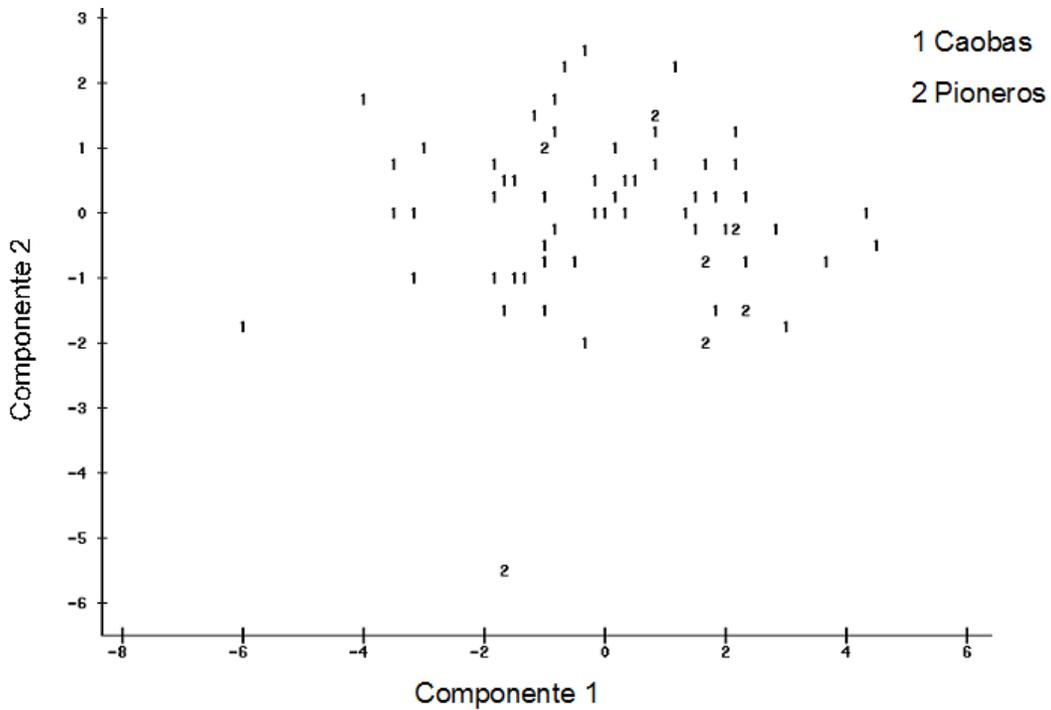


Figura 14. Gráfica que muestra los valores de los componentes 1 y 2 provenientes de las variables morfo-anatómicas de acículas de las dos poblaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

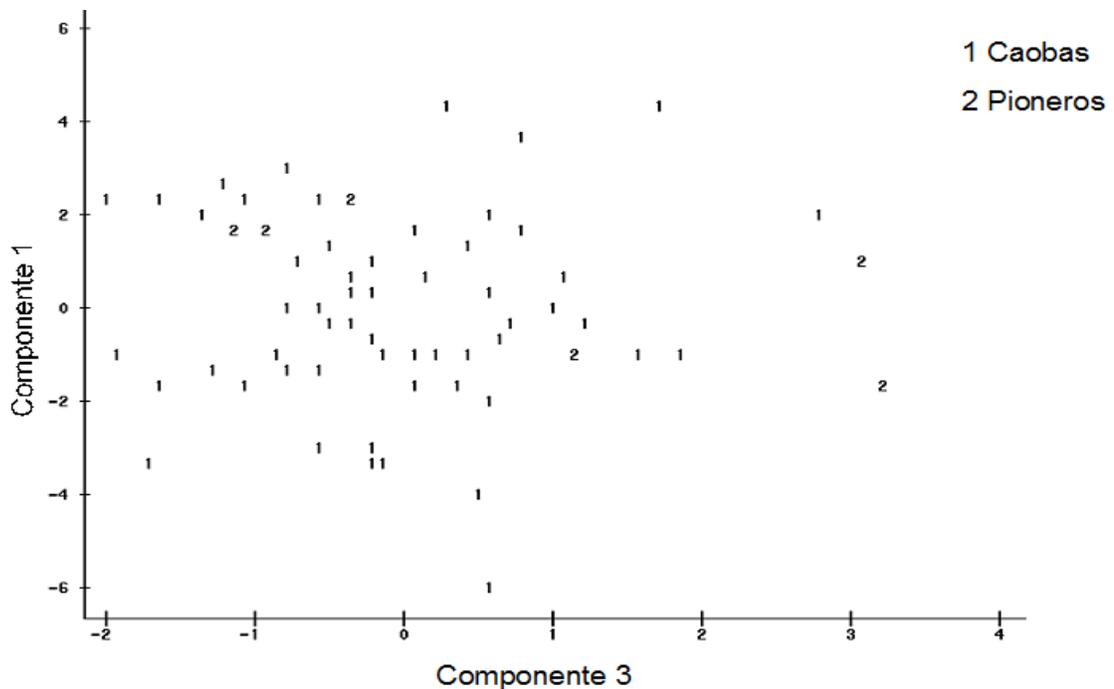


Figura 13. Gráfica que muestra los valores de los componentes 1 y 3 provenientes de las variables morfo-anatómicas de acículas de las dos poblaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. y Golf.

Los resultados muestran que en los primeros dos componentes son diferencias en el envés de la acícula en el número de estomas en un milímetro y el de hileras de estomas lo que lleva a pensar que son adaptaciones al medio en donde se encuentran desarrollándose. Estudios como el de *Pseudotsuga* realizado por Reyes *et al.* (2005), en el que hacen mención que la variación en el número e hileras de estomas puede referirse por el aislamiento y separación de las poblaciones además de que se podría considerar como una respuesta adaptativa a las condiciones ambientales. Además en un estudio realizado para *Pinus chapensis* donde demuestran que el número de hileras de estomas y el número de estomas en un milímetro se debe a las condiciones en donde se encuentran desarrollándose, en donde pueden influir aspectos como la temperatura, radiación solar, vientos, humedad atmosférica y precipitación, por mencionar algunos (Vilela y Acosta, 2001).

Por su parte Salazar (1982), encontró diferencias en el número de estomas por milímetro tanto en el envés derecho como izquierdo, en el número de hileras de estomas en el estudio que realizó en nueve poblaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en donde también menciona que las diferencias se debe al ambiente en el cual se encuentran desarrollándose los individuos.

Siguiendo con el contexto se ha determinado que los análisis de componentes principales ayudan a separar algunas poblaciones de diferente especie como ejemplo en el trabajo realizado por Favela (1991) con *Pinus pseudostrobus* con *Pinus devoniana* Lamb. Otro ejemplo es la separación entre *Pinus devoniana* var. *devoniana* Lindl y *Pinus devoniana* var. *cornuta* Martínez (Sáenz *et al.*, 2012). Pero también se ha encontrado que han logrado separar poblaciones de la misma especie como es el caso del estudio de Pérez (2014) en donde evaluó tres poblaciones de *Pinus coulteri* D. Don. y encontró separación entre ellas sin embargo en el estudio de Arellano (2013) de *Pinus coulteri* D. Don. en donde evaluó dos poblaciones de la misma especie en el cual no encontró separación entre las poblaciones. Es algo similar con lo que sucedió en el presente estudio, puede deberse a que son poblaciones de la misma especie (Figuras 15 y 16). Otro aspecto por el cual las poblaciones no se separan es que en la población de Caobas se tienen 56 muestras vegetativas y para Pioneros solo siete.

5 CONCLUSIONES

De acuerdo con el censo realizado, se encontró que la población de Caobas existen 535 árboles vivos y la población de Pioneros con siete árboles.

En la población de Caobas existe muy pobre regeneración y en Pioneros no existe regeneración alguna.

En cuanto al vigor de copa se encontró que en ambas poblaciones se presentan los árboles con pobre vigor de copa.

Las relación a fertilidad de suelo en la población de Pioneros se presentan mayores contenidos de hierro (Fe) y aluminio (Al), mientras que en Caobas se presenta mayor contenido de magnesio (Mg).

Las variables morfo-anatómicas de las acículas que presentaron diferencias entre poblaciones son número de estomas en el envés izquierdo en un milímetro, número de hileras de estomas en el envés izquierdo y número de estomas en el envés derecho en un milímetro.

Con los componentes principales no fue posible separar de forma clara una población de otra.

6 RECOMENDACIONES

Evaluar más variables anatómicas como el diámetro de cada uno de los canales resiníferos, número de células endodérmicas, longitud y ancho del haz vascular. Por otra parte es necesario para más estudios, en estas poblaciones realizar una muestra más amplia para suelo de 15 a 20 muestras por población.

Diseñar un plan de manejo y conservación en conjunto con las autoridades estatales y locales competentes para estas dos poblaciones que se encuentran reportadas hasta el momento.

7 LITERATURA CITADA

- Agrolab. (s/f). Guía de referencia para la interpretación análisis de suelos Agrolab. [En línea] documento electrónico [Fecha de consulta: 8 de marzo del 2017.] disponible en <http://www.agrolab.com.mx>
- Alba-Landa, J., L. del C. Mendizábal-Hernández, E. O. Ramírez-García, J. Márquez R. y H. Cruz-Jiménez. 2011. Conservación de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. y Golf. a partir de una prueba genética. *Foresta Veracruzana* 13(2):43-48.
- Arellano C., A 2013. Variación morfológica y anatómica *Pinus coulteri* D. Don de acículas en poblaciones naturales de Baja California Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 40 p.
- Arruda, D. M., D. O. Brandao, F. V. Costa, G. S. Tolentino, R. D. Brasil, S.D Â. Neto e Y. R. F. Nunes. 2011. Strutral aspects and floristic similarity among tropical dry forest fagments with diferent management histories in northern minas gerais, Brazil. *Revista Árvore* 35:131-142.
- Azofeifa-Delgado, A., 2006. Uso de marcadores moleculares en plantas; aplicaciones en frutales del trópico. *Agronomía Mesoamericana*. 17(2):221-242.
- Bilan M., V. 1960. Stimulation of cone and seed production in pole-size Loblolly Pine. *Forest Science*. 6(3):207-220.
- Blas, R. 2010. Marcadores moleculares. [En línea] documento electrónico [Fecha de consulta: 10 de marzo del 2017.] disponible en <http://www.lacbiosafety.org/>
- Clausen, K. E., 1990. Métodos de mejoramiento genético forestal. En Eguiluz, P., T., y A. Plancarte B. (compiladores) Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal. México. Pp. 16-65.

- CONABIO. 2004. Mapa base del estado de Campeche. [En línea] documento electrónico [Fecha de consulta: 6 de febrero del 2017.] disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONABIO. 2006. Mapa base del estado de Quintana Roo. [En línea] documento electrónico [Fecha de consulta: 6 de febrero del 2017.] disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Delgado, P., D. Piñero, V. Rebolledo, L. Jardón y F. Chi. 2011. Genetic variation and demographic contraction of the remnant populations of Mexican Caribbean pine (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*: pinacea). *Annals of Forest Science* 68:121-128.
- Dvorak, W. S., E. A. Gutierrez, G. R. Hodge, J. L. Romero, J. Stock y O. Rivas. 2000. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. En *Conservation and testing of tropical y subtropical forests tree species by the CAMCORE Cooperative*, College of Natural Resources, NCSU, Raleigh, NC. USA. Pp. 12-33.
- Estévez, J. I., L. Andrade, P. Marcet . y M. J. Montero 1998. Influencia de las propiedades del suelo en la fijación y movilidad del Zn y Cd. *Edafologia* 5:19-27.
- FAO., (Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación). 1999. *Forestry research support programme for Asia and the Pacific*. 231 p.
- Favela L., S. 1991 *Aplicación de técnicas numéricas en algunos pinos mexicanos*. Reporte científico N° 25. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N, L. 35 p.
- Flores L., C., 2014. *Líneas para la conservación de los recursos genéticos de Picea mexicana* Martínez y *Picea martinezii* Patterson. Tesis doctoral. Universidad del Pinar del Río “Hermanos Saíenz Montes de Oca”. Cuba. 136 p.

- Flores-López, C., C. G. Geada-López, J. López-Upton y E. López-Ramírez. 2013. Variación morfológica en poblaciones naturales *Picea Mexicana* Martínez. Revista Forestal Baracoa. 32 (2):3-9.
- Fonseca J., R. M. 2003. De piña y de piñones. Ciencias. 69:64-65.
- Forrest, G. 1994 Biochemical markers in tree improvement programmes. Forestry 55(22):123-153.
- Frankham, R., C.J.A. Bradshaw. B.w. Brook. 2014. Genetics in conservation management revised recommendations for the 50/500 rules, red lista criteria and population viability analyses. Biological. Conservation 1(170):56-63.
- Frankling, I.R., 1980. Evolutionary change in small populations. En: Soulé, M.E., Wilcox B.A. Conservation Biology An evolutionary-Ecological perspective, Sinauer, Sunderland. MA. EUA. Pp. 135-149.
- Furnier, G.R. 2004. Métodos para medir variación genética en las plantas. En: Vargas H., J. J., B. Bermejo V. y F. T. Ledig. 2ª ed. Manejo de recursos genéticos forestales. Colegio de Postgraduados, Montecillo, CONAFOR, Zapopan, Jalisco. Pp. 22-29.
- García N., R.M. 1986. Variación morfológica de acículas, conos y semillas de *Pinus maximartinezii* Rzedowski. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 54 p.
- García Q., Y. 2006. Estrategia de conservación intraespecifica para *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari. Tesis doctoral de la Universidad d'Alacant. Cuba. 180 p.
- García-Quintana, Y., A. Alvares-Brito, E. Guizar-Nolazco. 2007. Ensayo de procedencias de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en altura de Pizarras, viñales, Pinar del Rio, Cuba. Revista Chapingo Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente 13(2):125-129.

- García-Quintana, Y., J. Flores, G. Geada-López, A. Escarré-Estévez, I. Catillo-Martínez y M. Medina M. 2009. Relación entre atributos ecofísicos de la especie vulnerable *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* y características ambientales de ocho localidades en Pinar del Río, Cuba. *Interciencia* 34 (5):344-349.
- Godoy, J. A., 2009. La genética, los marcadores moleculares y la conservación de especies. *Revista Científica Técnica de Ecología y Medio Ambiente* 18:23-33.
- Iglesias A., L. G. y F Tivo. 2006. Caracterización morfométrica de la población de *Pinus hartwegii* Lindl del cofre de perote, Veracruz, México. *Ra Ximhai* 2 (2): 449-468.
- INEGI. 2001a. Modelos Digitales de Elevación. José María Morelos y Pavón. Carta E16C13. Escala 1:50000. México.
- INEGI. 2001b Modelos Digitales de Elevación. Cacao. Carta E16A84-85.escala 1:50000. México.
- INEGI. 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Othón. P. Blanco, Quintana Roo. México. 15 p.
- INEGI. 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Calakmul Campeche. México. 15 p.
- Karp, A., K. Kresovich, K. Bhat, W., Ayad y T. Hodgking. 1997. Molecular tools in plant genetic resources conservation a guide to the technologies. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Roma, Italia. 47 p.
- Kenn, F. P. 1943. Ponderosa pine tree classes redefined *Journal of Forestry*. 41:249-253.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento en árboles y masas forestales. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de enseñanza. Investigación y Servicio en Bosques. Chapingo, México. 297 p.

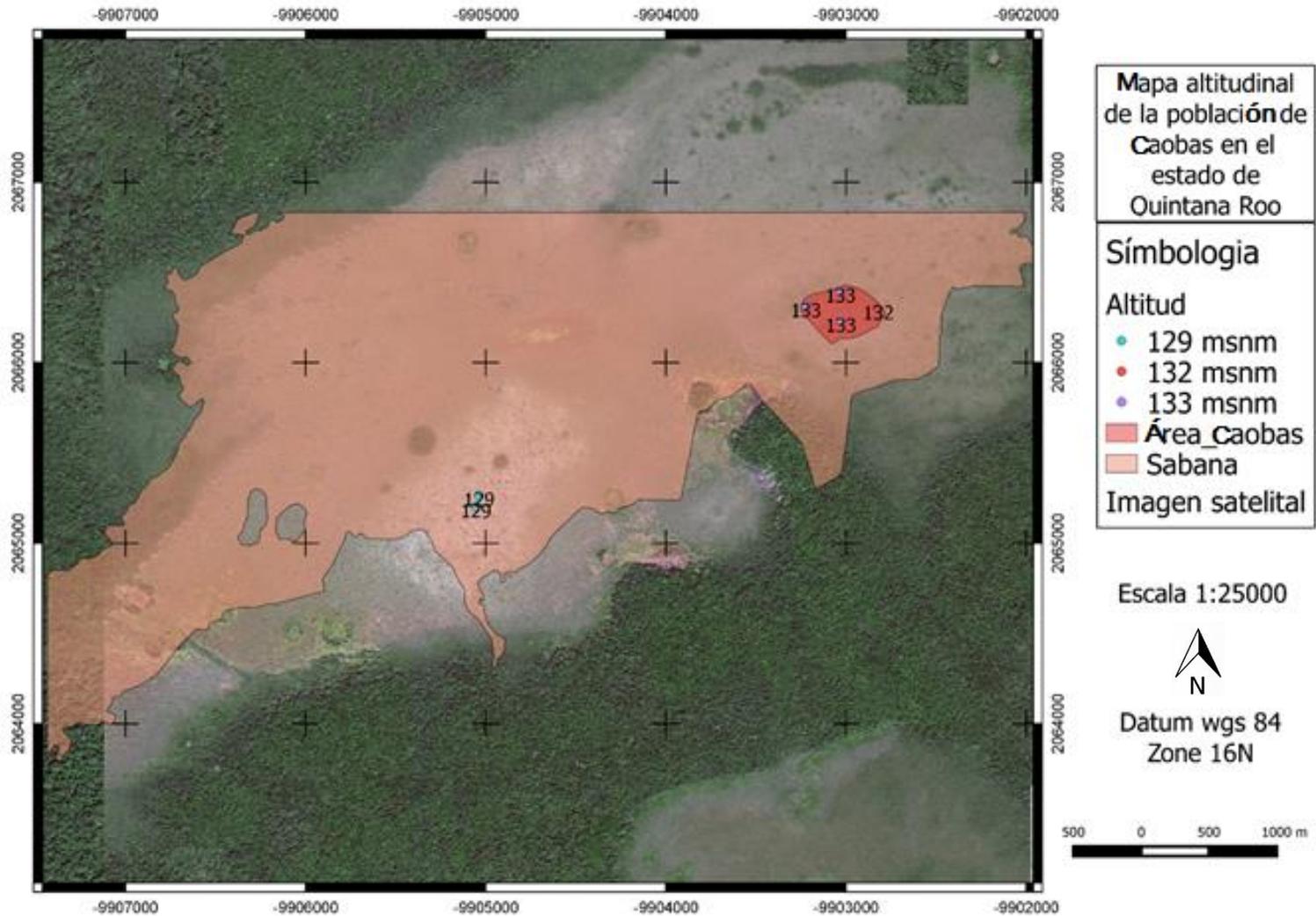
- Ledig, F. T. 2012. Climate change and conservation. *Acta Silvatica y Lignaria Hungarica* 8:57-74.
- López U., J., V. Velasco F., J. Jasso M., C. Ramírez H., y J. J. Vargas H. 2001. Hibridación natural entre *Pinus oocarpa* y *P. pringlei*. *Acta Botánica Mexicana* 57:51-66.
- Macario, M., P. A., y L. C. Sánchez-Pérez. 2011. Capítulo 3 Flora. Pino tropical En: Riqueza Biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. Tomo 2 (ed. Pozo, C.) El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Pp. 52-55.
- Magaña, P. y J. L. Villaseñor. 2002. La flora de México. Se podrá conocer completamente. *Ciencias* 66:24-26.
- Marrero, A., A. Renda, y E. Calzadilla. 1998. Comportamiento de *Pinus caribaea* var *caribaea* Morelet en diferentes tipos de suelo. *Revista Cubana Forestal* 1(1):39-40.
- Musalem, M. A., C.T. Lomas-Barrie y M. Mendoza. 2008. Ficha técnica de *Pinus caribaea hondurensis*. En Musalem, M. A. (Compilador). Fichas de 27 especies de coníferas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. DK003. México. Pp. 1-10.
- Navarro R., P, 2004. Variación en la morfología foliar de especies mediterráneas procedentes de sitios con diferente disponibilidad de suelo y agua. *Naturzale* 18:169-193.
- Nienstaedt, H., 1990. Importancia de la variación natural. En Eguiluz, P., T., y A. Plancarte B. (compiladores) Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de genética forestal. A.C. México. Pp. 16-23.
- Perera L., J. F. y M. A. Musálem. 2003. Botánica y ecología de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis*. *Waní Revista del Caribe Nicaragüense* 33:49-67.

- Pérez L., C. 2004. Técnicas de análisis multivalente de datos. Aplicaciones con SPSS. Pearson educación Madrid. 672 p.
- Pérez R., O. 2014. Diferenciación morfológica y anatómica de acículas en tres poblaciones naturales de *Pinus coulteri* D. Don de Baja California Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 44 p.
- Perry, J. P. Jr., 1991. The pines of México and Central America. Timber Press .Portland, Oregon. USA. 231 p.
- Perry, J. P. Jr., A. Graham, y M. D. Richardson. 1998. The history of pines in México and Central America. En: Richardson., M. D. Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge. UK. Pp. 137-149.
- Powell, W. 1992. Plant genomes gene markers, and linkage maps. In Moss, J. P., Biotechnology and crop improvement in Asia. Patancheru, India. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Pp. 297-322.
- Price, R. A., A. Listón y S. H. Strauss. 1998. Phylogeny and systematics of *Pinus*. En: Richardson., M. D. Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge. UK. Pp. 49-68.
- Reyes H., V.J., J.J. Vargas H., J. López U., y H. Vaquera H. 2005. Variación morfológica y anatómica en poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* (Pinaceae). Acta Botánica Mexicana 70:47- 67.
- Roca, N., M. S. Pazos y J. Bech. 2007. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en el suelos del NO Argentino. Ciencia del Suelo 25:31-42.
- Rodríguez G., A. 2004. Variación de nueve caracteres morfológicos de acículas, conos y semillas de *Pinus engelmannii* Carr en el estado de Durango. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 78 p.
- Rodríguez L., R. y M. A. Capó A. 2005. Morfología de acículas y conos en poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm. Ra Ximhai 1 (1):131-152.

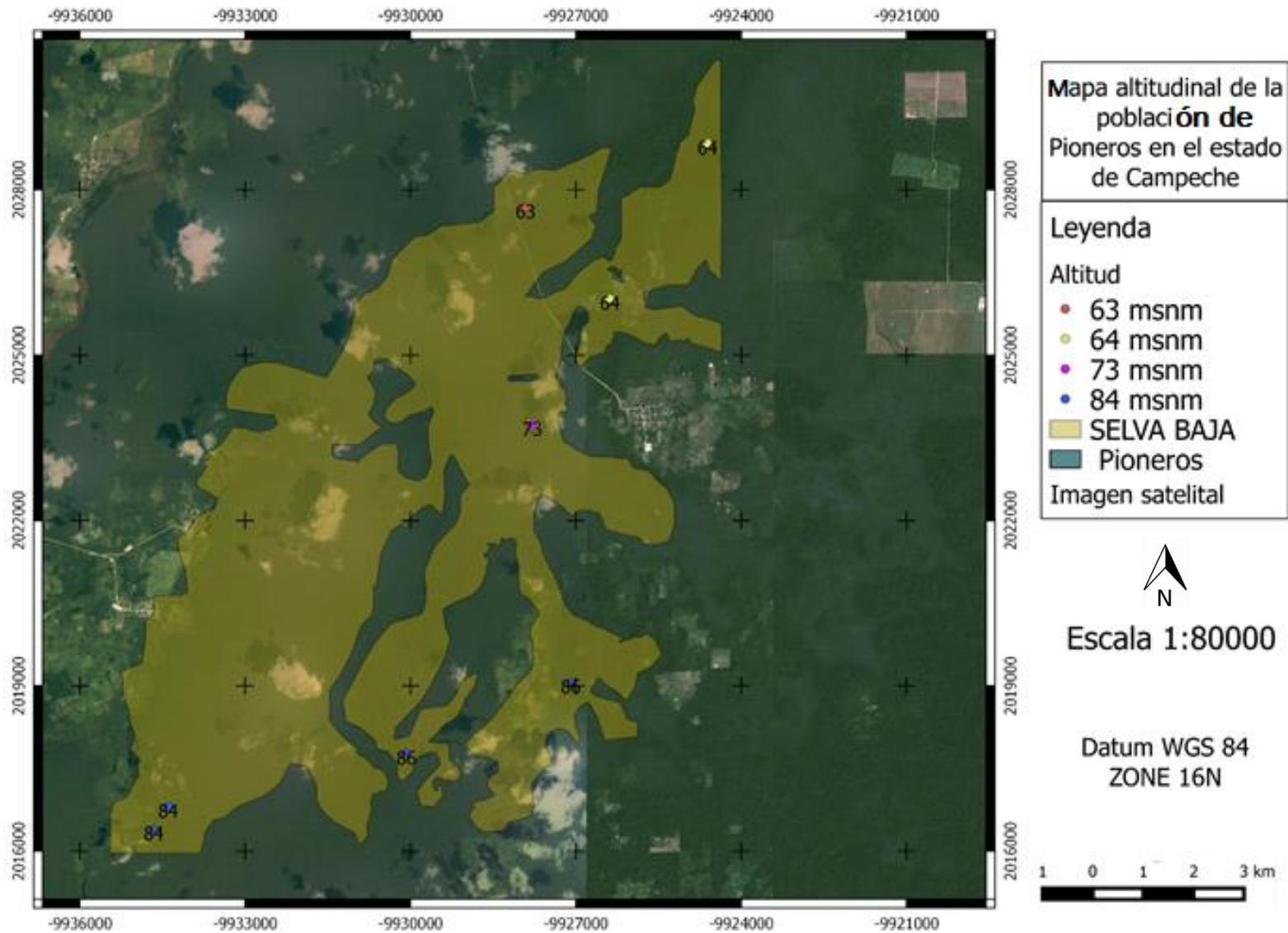
- Rodríguez. G. H. y C. R. López. 2002. Variación genética de progenies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari. *Quebracho* 9:19-28.
- Rojas, F., y E. Ortiz. 1991 *Pinus caribaea* Morelet Var. *hondurensis* (Barret y Golfari), Especie de árbol de múltiple en américa central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Sáenz R., C., S. Aguilar A., M.A. Silvia F., X. Madrigal S., S. Lara C. y J. López U. 2012. Variación morfológica altitudinal entre poblaciones de *Pinus devoniana* Lindl. y la variedad putativa cornuta Martínez en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(13):18-28.
- Salazar, R. 1982. Variation in needles of *Pinus caribaea* (var. *hondurensis* Barr. y Golf. From natural Stands). *Silvae Genetica* 32:52-59.
- Sánchez-Gonzales, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques* 14(1):107-120.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT® User's guide, release 6.03 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, NC. USA. 1028 p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusivo o cambio-lista de especies en riesgo. Diario oficial de la federacion. México. 77 p. En línea] documento electrónico [Fecha de consulta: 27 de noviembre del 2016.] disponible en <http://biblioteca.semarnat.gob.mx>.
- Vilela, A. E. y S. Acosta C. 2001. *Pinus chiapensis*: un enfoque ecológico de su anatomía foliar. *Polibotánica* 11:111-120.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 p.

APÉNDICE

Apéndice 1 Representación de la parte más baja dentro de la sabana en el Ejido Caobas en el municipio de Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo.



Apéndice 2 Representación de la parte más baja dentro de la selva baja en el Ejido de Pioneros en el municipio de Calakmul en el estado de Campeche.



Apéndice 3 Resultados del análisis de fertilidad que fue realizada para cada una de las muestras, colectadas, para las dos poblaciones.



Fertilab
Fertilidad de Suelos S. de R.L.

**Análisis que
Rinden Frutos**



DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	Juan carlos hernandez martinez		
No. de Registro	SU-57023	Cultivo Anterior	Ninguno
Fecha de Recepción	01/11/2016	Cultivo a Establecer	Ninguno
Fecha de Entrega	03/11/2016	Tipo de Abono Organico	Composta
Rancho o Empresa	na	Tipo de Agricultura	Temporal
Municipio	Colon	Manejo de Residuos	NA
Estado	Queretaro	Meta de Rendimiento	NA
Identificación	P 60 M2 A7	Prof. Muestra	0-60 cm

Propiedades Físicas del Suelo

Clase Textural	Arcilla		
Punto de Saturación	61.6	%	Muy Alto
Capacidad de Campo	33.0	%	Muy Alto
Punto March. Perm.	19.6	%	Muy Alto
Cond. Hidráulica	0.80	cm/hr	Muy Bajo
Dens. Aparente	1.22	g/cm3	

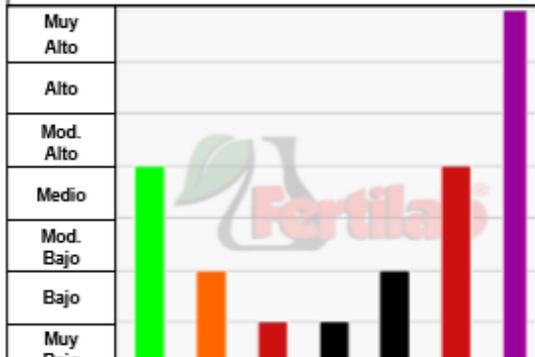
pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado

pH (1.2 agua)	3.96	Muy acido
pH Buffer	5.56	
Carbonatos Totales (%)	0.01	% Libre
Salinidad (CE Extracto)	5.69	ds/m Requieren de Lavado
Requerimientos de Yeso	No Requiere	
Requerimientos de Cal	10.3	Ton/Ha

Fertilidad del Suelo

Def	Result	Unid	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
MO	1.05	%							
P- Bray	1.45	ppm							
K	182	ppm							
Ca	13654	ppm							
Mg	488	ppm							
Na ⁺	155	ppm							
Fe	69.1	ppm							
Zn	0.05	ppm							
Mn	3.47	ppm							
Cu	0.64	ppm							
B	-0.78	ppm							
Al ⁺	417	ppm							
S	11878	ppm							
N-NO3	0.36	ppm							

**Cationes Intercambiables
Gráfico Basado en % de Saturación**



	Muy Alto	Alto	Mod. Alto	Medio	Mod. Bajo	Bajo	Muy Bajo
% Sat	68.4	4.03	0.47	0.67	4.65	21.8	—
meq/100g	68.1	4.01	0.47	0.67	4.63	21.7	99.6
Catión	Ca	Mg	K	Na ⁺	Al ⁺	H ⁺	CIC

Relación Entre Cationes (Basadas en me/100g)

Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg
Resultados	145	8.55	153	16.9
Interpretación	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

* Es deseable que estos elementos tengan un bajo contenido

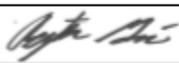
PND = PENDIENTE POR VERIFICACIÓN NA = NO ANALIZADO

Interpretación Resumida del Diagnostico de la Fertilidad del Suelo

Suelo con pH muy acido. Suelo de alta capacidad de retención de agua y nutrientes. Libre de carbonatos. Muy alta salinidad. Bajo nivel de materia organica, es recomendable su aportacion. Muy deficiente de fosforo.

En cuanto a la disponibilidad de micronutrientes: Muy pobre en zinc. Pobre en manganeso. Moderadamente bajo en cobre. Muy pobre en boro.

Poniente 6. No. 200 Ciudad Industrial
Celaya, Gto. C.P. 38010
Tel. (461) 614 5238, 614 7951
www.fertilab.com.mx



Gerente de Área Analítica
Ing. Agustín García Olivares



Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización expresa de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE R.L.

50