

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Estructura Horizontal y Vertical de Seis Poblaciones de *Pinus johannis* M. F. Robert -
Passini en el Noreste de México

Por:

JOSÉ LUIS CÁRDENAS DOMÍNGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Estructura Horizontal y Vertical de Seis Poblaciones de *Pinus johannis* M. F. Robert -
Passini en el Noreste de México

Por:

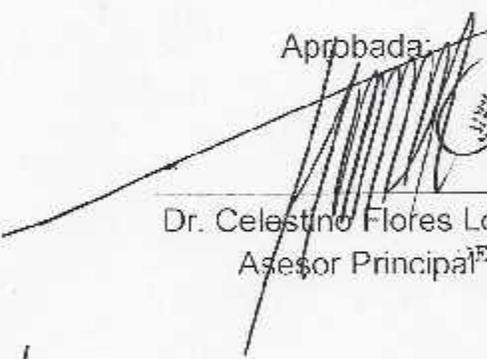
JOSÉ LUIS CÁRDENAS DOMÍNGUEZ

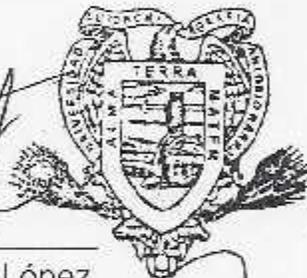
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

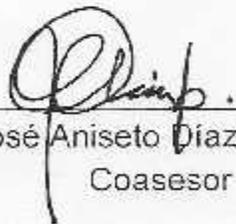
INGENIERO FORESTAL

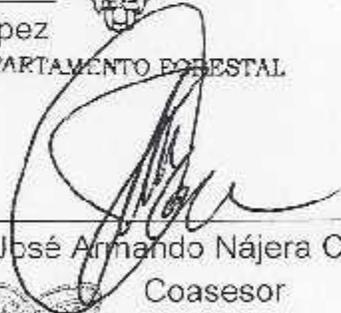
Aprobada:

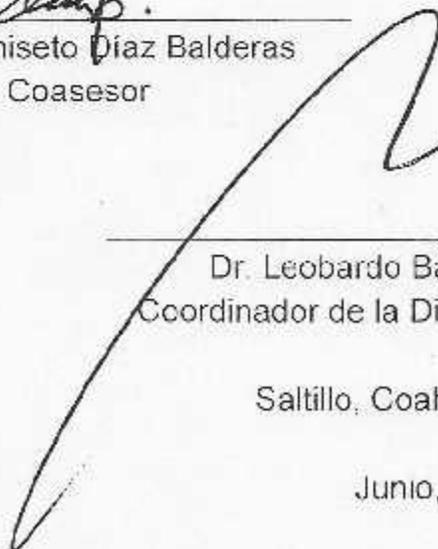

Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal



DEPARTAMENTO FORESTAL


M.C. José Aniseto Díaz Balderas
Coasesor


M.C. José Armando Nájera Castro
Coasesor


Dr. Leobardo Bantúelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
Coahuila, México



Junio, 2015

Esta tesis fue apoyada por el proyecto de investigación “Aproximación molecular para la evaluación genética de áreas productoras de semillas y de conservación en especies del género Pinus” Clave 176167, aprobado por el fondo sectorial CONAFOR-CONACYT 2012.

También esta tesis fue apoyada por el proyecto de investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 38.111.3613.2122, como responsable el Dr. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza que me brindo para culminar con éxito mi carrera profesional y por permitirme percibir que lo único imposible para mí era aquello que nunca intente.

A mi madre por brindarme su apoyo incondicional, motivación y consejos invaluable que perduraran en mí durante toda mi vida.

A mi padre por la confianza que ha depositado en mí.

A mí querido sky que con su admirable inocencia proyecto una armoniosa alegría en mi hogar aun en las situaciones más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de realizar mi formación como Ingeniero Forestal en sus honorables instalaciones.

Al Dr. Celestino Flores López, por aceptar dirigir el presente trabajo de tesis, por su apoyo profesional y académico, y por brindarme su invaluable confianza en la realización de esta tesis.

Al MC. José Armando Nájera Castro y MC. José Aniseto Díaz Balderas por sus importantes observaciones y aportes al presente trabajo.

Al Consejo Consultivo de Alumnos de la Carrera Ingeniero Forestal (COCACIF), por haber sido una importante oportunidad de desarrollo académico, profesional, y de valores formativos personales.

A mis compañeros Everildo José Felipe, Manuel Alfredo Pérez Ávila, Godofredo Martínez Torres, Leticia Jiménez Hernández, Alejandra Jiménez Velázquez, Sergio Aroldo Trujillo Gómez y Marino García Guzmán, un profundo agradecimiento por que sin su ayuda no habría sido posible la realización del presente trabajo de tesis; gracias por su apoyo y amistad brindada en los inventarios realizados.

A mis compañeros que por una u otra circunstancia no pudieron continuar en su desarrollo profesional como ingeniero forestal.

A los profesores que me brindaron sus aportes académicos, científicos y su valiosa amistad durante estos años de formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	4
1.2. Objetivo General	4
1.2.1. Objetivos Específicos	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Taxonomía de pinos piñoneros	6
2.1.1. Características Generales	8
2.1.2. Morfología de <i>Pinus johannis</i> M. F. Robert-Passini	8
2.2. Distribución género <i>Pinus</i> en México.....	10
2.3. Distribución geográfica de pinos piñoneros en México.....	11
2.4. Antecedentes generales de los pinos piñoneros	13
2.5. Ecología de pinos piñoneros.....	13
2.5.1. Clima	13
2.5.2. Suelo	14
2.5.3. Topografía.....	14
2.5.4. Vegetación asociada.....	15
2.6. Descripción <i>Pinus johannis</i> M. F. Robert-Passini	15
2.6.1. Aspectos Ecológicos.....	15
2.6.2. Estado de conservación	16
2.6.3. Problemática.....	16
2.7. Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER)	16
2.8. Estructura de la Vegetación.....	17
2.8.1. Estructura Horizontal.....	17
2.8.2. Estructura Vertical	21
2.8.3. Regeneración natural	23
2.9. Métodos de análisis estructural de la Vegetación.....	24
2.9.1. Índice de valor de importancia (IVI)	25

2.9.2.	Posición sociológica (<i>PS</i>).....	25
2.9.3.	Índice de esbeltez	26
2.10.	Estudios afines.....	27
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1.	Ubicación y descripción del área de estudio.....	28
3.1.1.	Clima	29
3.1.2.	Edafología	32
3.1.3.	Geología.....	33
3.1.5.	Topografía.....	35
3.1.6.	Vegetación	36
3.2.	Método de muestreo.....	36
3.2.1.	Diseño de muestreo	36
3.2.2.	Variables dasométricas evaluadas	37
3.3.	Caracterización Estructural.....	37
3.4.	Análisis estadístico	43
4.	RESULTADOS.....	45
4.1.	Estructura de Poblaciones	45
4.1.1.	Estructura Horizontal.....	45
4.1.2.	Estructura Vertical	59
4.1.3.	Diferencias estructurales <i>Pinus johannis</i>	74
4.2.	Regeneración	79
4.3.	Análisis Cluster.	82
5.	DISCUSIÓN	85
5.1.	Estructura de poblaciones	85
5.2.	Estructura Horizontal.....	86
Abundancia.....		86
Dominancia		87
Frecuencia		88
Índice de valor de importancia		89
5.3.	Estructura Vertical.....	90
5.4.	Regeneración natural	92

6. CONCLUSIONES.....	93
7. RECOMENDACIONES.	94
8. LITERATURA CITADA.....	95
9. APÉNDICE.....	104

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Grupos de distribución de pinos de México.	12
Cuadro 2. Distribución de pinos piñoneros en la república mexicana.	12
Cuadro 3. Climas de distribución de pinos piñoneros.	14
Cuadro 4. Localización de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert-Passini en la región noreste de la República Mexicana.	29
Cuadro 5. Tipo de clima de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert-Passini.	32
Cuadro 6. Tipo de suelo de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert-Passini.	33
Cuadro 7. Formas geológicas de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert-Passini.	34
Cuadro 8. Hidrología poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert-Passini.	35
Cuadro 9. Abundancia población de <i>Pinus johannis</i> ; Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.	45
Cuadro 10. Abundancia población de <i>Pinus johannis</i> ; Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.	46
Cuadro 11. Abundancia población de <i>Pinus johannis</i> ; San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.	46
Cuadro 12. Abundancia población de <i>Pinus johannis</i> ; Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.	47
Cuadro 13. Abundancia población de <i>Pinus johannis</i> ; Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.	47
Cuadro 14. Abundancia población de <i>Pinus johannis</i> ; La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.	47
Cuadro 15. Porcentaje y número de individuos ha ⁻¹ en cada población.	49
Cuadro 16. Dominancia población de <i>Pinus johannis</i> ; Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.	50
Cuadro 17. Dominancia población de <i>Pinus johannis</i> ; Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.	50
Cuadro 18. Dominancia población de <i>Pinus johannis</i> ; Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.	51
Cuadro 19. Dominancia población de <i>Pinus johannis</i> ; San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.	51
Cuadro 20. Dominancia población de <i>Pinus johannis</i> ; Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.	52
Cuadro 21. Dominancia población de <i>Pinus johannis</i> ; La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.	52

Cuadro 22. Porcentaje y área basal $m^2 ha^{-1}$ en cada población.	54
Cuadro 23. Porcentaje y frecuencia absoluta por especie en cada población.	55
Cuadro 24. Comparación entre especies por su frecuencia absoluta.....	55
Cuadro 25. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.	56
Cuadro 26. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.	56
Cuadro 27. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.	56
Cuadro 28. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.	57
Cuadro 29. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.	57
Cuadro 30. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.....	57
Cuadro 31. Distribución vertical de especies; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.	59
Cuadro 32. Distribución vertical de especies; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.	60
Cuadro 33. Distribución vertical de especies; Población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León. ...	61
Cuadro 34. Distribución vertical de especies; Población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.	62
Cuadro 35. Distribución vertical de especies; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.	63
Cuadro 36. Distribución vertical de especies; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.	64
Cuadro 37. Posición sociológica absoluta y relativa; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.	66
Cuadro 38. Posición sociológica absoluta y relativa; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.	66
Cuadro 39. Posición sociológica absoluta y relativa; Población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.	66
Cuadro 40. Posición sociológica absoluta y relativa; Población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.	67
Cuadro 41. Posición sociológica absoluta y relativa; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.	67

Cuadro 42. Posición sociológica absoluta y relativa; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.	67
Cuadro 43. Índice de esbeltez; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.	68
Cuadro 44. Índice de esbeltez; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.	69
Cuadro 45. Índice de esbeltez; Población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.	70
Cuadro 46. Índice de esbeltez; Población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.	71
Cuadro 47. Índice de esbeltez; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.....	73
Cuadro 48. Índice de esbeltez; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.	73
Cuadro 49. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho <i>Pinus johannis</i> ; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.	75
Cuadro 50. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho <i>Pinus johannis</i> ; San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.	76
Cuadro 51. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho <i>Pinus johannis</i> ; La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.	77
Cuadro 52. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho <i>Pinus johannis</i> ; Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.	78
Cuadro 53. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho <i>Pinus johannis</i> ; Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.....	78
Cuadro 54. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho <i>Pinus johannis</i> ; Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.	79
Cuadro 55. Proyección densidad de regeneración natural; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.....	80
Cuadro 56. Proyección densidad de regeneración natural; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.	82
Cuadro 57. Cluster Índice de Valor de Importancia, poblaciones de <i>Pinus johannis</i>	83
Cuadro 58. Matriz de semejanza Índice de Valor de Importancia, poblaciones <i>Pinus johannis</i>	83
Cuadro 59. Cluster Posición Sociología Relativa, poblaciones de <i>Pinus johannis</i>	84
Cuadro 60. Matriz de semejanza Posición Sociológica Relativa, poblaciones <i>Pinus johannis</i> . .	84
Cuadro 61. Valores de abundancia, dominancia, frecuencia e IVI, poblaciones de <i>Pinus johannis</i>	87
Cuadro 62. Atributos verticales de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i>	91

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert-Passini en el noreste de México	28
Figura 2. Diagrama ombrotérmico de las Poblaciones evaluadas.	31
Figura 3. Número de individuos ha ⁻¹ por población evaluada.	48
Figura 4. Porcentaje de aportación en número de individuos ha ⁻¹ por especie considerando el conjunto de poblaciones evaluadas.	49
Figura 5. Área basal m ² ha ⁻¹ por población evaluada.	53
Figura 6. Porcentaje de aportación en área basal m ² ha ⁻¹ por especie considerando el conjunto de poblaciones evaluadas	53
Figura 7. Relación altura-diámetro basal; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila. .	68
Figura 8. Relación altura-diámetro basal; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.	69
Figura 9. Relación altura-diámetro área basal; La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.	70
Figura 10. Relación altura-diámetro basal; Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.	71
Figura 11. Relación altura-diámetro basal; Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.....	72
Figura 12. Relación altura-diámetro basal; Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas	73
Figura 13. Gráfico proyección de regeneración, función univariante gaussiana; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.	81
Figura 14. Gráfico proyección de regeneración, función univariante gaussiana; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.	82
Figura 15. Análisis cluster índice de valor de importancia Bray-Curtis poblaciones <i>Pinus johannis</i>	83
Figura 16. Análisis cluster posición sociológica relativa Bray-Curtis poblaciones <i>Pinus johannis</i>	84

RESUMEN

Los pinos piñoneros representan en el territorio mexicano las únicas especies de pino que producen semillas comestibles, estando ocho de estas especies en un estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010; México es el segundo país a nivel mundial de dispersión de estos taxones y el único territorio de distribución de *Pinus johannis* Robert-Passini, especie de confinada y fragmentada distribución en el noreste de México.

Los objetivos planteados en esta tesis fueron determinar la caracterización estructural de la especie piñonera *Pinus johannis*, conocer la condición actual de la regeneración, y proyectarla a una condición óptima. Se evaluaron seis poblaciones en la región noreste de México, una en el estado de Coahuila, cuatro en Nuevo León y una en Zacatecas; se levantaron seis sitios semipermanentes de 500 m² y circulares concéntricos de 100 m² para evaluar las especies leñosas y la regeneración en cada población.

Los parámetros estructurales obtenidos denotaron que *Pinus johannis* es la especie más abundante, dominante y frecuente; presenta un índice de valor de importancia superior a las especies con las que se asocia, a excepción de la población Mesa del Rosario; la especie que más se asocia en su distribución es *Pinus cembroides*; todas las poblaciones denotaron una diferenciación dimensional en cuanto alturas, que va de heterogénea a mediana homogeneidad, presentando *Pinus johannis* poca dominancia apical; la posición sociológica indicó que *Pinus johannis* es la especie más abundante en el estrato inferior, siendo esta la especie dominante en la distribución vertical de las poblaciones evaluadas.

Pinus johannis obtuvo una buena relación diámetro basal/altura, indicado por el índice de esbeltez; solo en una población se encontró lo contrario lo cual esta correlacionada a el tipo de material edafológico y pendiente abrupta que se presentó en la población Laguna de Sánchez; en la mayoría de los parámetros estructurales evaluados, el individuo hembra contribuyó en mayor proporción al valor ecológico de la especie *Pinus johannis* con respecto al macho. Se encontró una escasa regeneración de la especie, indicándose como nula y escasa.

Palabras clave: Estructura, valor de importancia, posición sociológica, índice de esbeltez, regeneración, abundancia, dominancia, frecuencia, altura, vertical, piñonero.

ABSTRACT

The stone pine trees in the Mexican territory represent the only species of pine tree that produces edible seeds, while eight of these species status in NOM-SEMARNAT-2010; Mexico is the second country worldwide dispersal of these taxa and the only territory distribution of *Pinus johannis* Robert-Passini, sort of confined and fragmented distribution in northeastern Mexico.

The objectives of this thesis were to determine the structural characterization of Pinyon species *Pinus johannis*, know the current condition of regeneration, and project an optimal condition. Six populations were evaluated in the northeastern region of Mexico, one in the state of Coahuila, four in Nuevo Leon and Zacatecas; six semi-permanent sites of 500 m² and 100 m² concentric circular to assess woody species and regeneration in each population rose.

The obtained structural parameters denoted that *Pinus johannis* is the most abundant, dominant and common species; index has a value greater importance species with which it is associated, except for the population table Rosario; the species most associated in distribution is *Pinus cembroides*; all locations denoted a dimensional differentiation in heights, ranging from heterogeneous to medium homogeneity, presenting *Pinus johannis* little apical dominance; sociological position *Pinus johannis* indicated that is the most abundant species in the understory, being the dominant species on the vertical distribution of populations evaluated.

Pinus johannis got a good relationship basal / height diameter, indicated by the slenderness ratio; only in a population otherwise which is correlated to the type of material edafológico steep slope that was presented at the Laguna de Sanchez population it was found; in most structural parameters evaluated, the female individual contributed to a greater extent the ecological value of the species *Pinus johannis* regarding male. Poor regeneration of the species, indicating null and found little.

Keywords: Structure, importance value, sociological position, slenderness ratio, regeneration, abundance, dominance, frequency, height, vertical, stone.

1. INTRODUCCIÓN

México cuenta con una superficie terrestre de 1 964 375 km² sostén de una gran gama de diversidad biótica, de esta superficie total solo 1 597 468 Km² se encuentran clasificados en algún tipo de ecosistema. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía en su publicación “México en el Mundo 2008”, de 1 597 468 Km², 436 299 km² pertenecen a ecosistemas de arbustos, 292 675 km² a sabanas, 301 448 Km² a prados, 1669 Km² a humedales y 565 377 Km² a bosques, de los cuales 306 626 Km² corresponden a bosques siempre verde, 105 311 Km² a bosques de hoja caduca y 153 440 Km² son de bosques mixtos; debido a esta gran distribución territorial acorde a los diferentes tipos de ecosistemas que se albergan en el país, México es considerado uno de los 12 países mega diversos junto con Australia, Indonesia, Brasil, China, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, India, Madagascar, Perú y la República Democrática del Congo (Alfaro *et al.*, 2014).

La gran biodiversidad albergada en el territorio Mexicano cuenta con 12 500 especies endémicas y 261 especies amenazadas (INEGI, 2009), de las cuales 38 especies del orden *Pinales* se encuentran clasificadas dentro de las 4 categorías que están establecidas para la protección (peligro de extinción (P), amenazadas (A), raras (R) y las sujetas a protección especial (Pr)) de especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas del territorio Mexicano NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

En el noreste de México las especies piñoneras cumplen un importante papel económico y ecológico dentro de los ecosistemas y las comunidades rurales que están intrínsecamente en su hábitat; de las 16 especies endémicas del orden *Pinales* asignadas a un estatus de peligro o protección, 8 de estas son especies piñoneras, de las cuales 5 se encuentran en estatus “P” (*Pinus culminicola Andresen & Beaman.*, *Pinus nelsonii Shaw.*, *Pinus pinceana Gord.*, *Pinus maximartinezii Rzedowski* y *Pinus rzedowskii Madrigal & Caballero*) y las 3 especies restantes en estatus “Pr” (*Pinus johannis M.-F. Robert-Passini.*, *Pinus lagunae Rob.-Pass.* y *Pinus remota L.H. Bailey & Hawkesworth.*) (SEMARNAT, 2010).

Por lo que se refiere a la composición y estructura sexual en gimnospermas, sus grupos está consolidados en especies monoicas y especies dioicas tendientes a ser monoicas, manifestando así una inestabilidad sexual en especies dioicas (Givnish, 1980); del genero *Pinus*,

P. johannis es una especie, que además de ser endémico y del grupo de piñoneros, en su estructura sexual es dioica estable (especie que no tiende a ser monoica, permaneciendo en su estado femenino y masculino) (Flores-Rentería *et al.*, 2013).

P. johannis tiene una distribución muy disyuntiva y poco representativa en el noreste de México; se extiende al norte de Zacatecas (Robert, 1978), oeste y sureste de Coahuila (García & Passini, 1993), sur de Nuevo León (Perry, 1991), norte y sureste de San Luis Potosí (Passini, 1994). La distribución fisiográfica de *P. johannis* está confinada a las áreas montañosas xero-mesotermicas de las Sierras Transversas de la porción norte de la Sierra Madre Oriental, al norte de la Sierra Madre Occidental y serranías bajas cercanas a la misma, hasta limitar con el Eje Neo-volcánico Transversal (Romero-Manzanares *et al.*, 1996); las poblaciones de *P. johannis* se encuentran localizadas preferentemente sobre las faldas de los cerros con pendientes suaves (García & Passini, 1993), su disyunción geomórfica es originada por la interrupción de la continuidad fisiográfica ocasionada por la Altiplanicie Mexicana (Romero-Manzanares *et al.*, 1996).

Es una especie que con frecuencia coexiste con *P.cembroides* (Passini, 1996); su regeneración es considerada media, percibiéndose así que sus poblaciones están en peligro debido a sus cercanías con poblaciones rurales, resultado de las actividades antropogénicas (agricultura y ganadería) y fenómenos naturales como incendios forestales (García & Passini, 1993) que pudieran incidir sobre sus poblaciones.

Su valoración y diagnóstico como especie relevante en un hábitat, en la NOM-059-SEMARNAT-2010 no está realizada por el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER), el cual es una herramienta que busca una ponderación, a través de una escala numérica jerárquica, los factores que afectan a una especie a escala regional y nacional (Sánchez *et al.*, 2007).

Considerando que las poblaciones evaluadas de *P. johannis* cumplen con el criterio Amplitud de la distribución del taxón en México (A) establecido por el MER, aún no se posee información suficiente que permita su valoración, diagnóstico y sobre todo sustente su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 a través del MER, método que exige una documentación objetiva y específica sobre un taxón a través de variables o información demográfica, mínima

distribución, características del hábitat, características biológicas que puedan aumentar su fragilidad ante eventos de disturbio y el impacto antropogénico sobre sus poblaciones (Sánchez *et al.*, 2007).

Con base a lo anterior, es necesario generar información que permita valorar ecológicamente a una especie; así pues el conocimiento de las características estructurales de las formaciones vegetales son un fiel indicador de la composición y funcionamiento de los hábitats, permitiendo así la valoración y diagnóstico de especies que resulten relevantes en un hábitat (Ferrer, 2007); el tamaño y estructura de las diferentes poblaciones es el resultado de las exigencias de las especies y de las características del medio ambiente (Acosta *et al.*, 2006).

El estudio de la estructura horizontal y vertical de poblaciones vegetales, a través de la aplicación de índices permite hacer la estimación de la importancia de una especie en un hábitat, siendo las bases de estudio las variables de abundancia, cobertura, dominancia, densidad, frecuencia, productividad y la distribución de las especies en los diversos estratos en que puedan estar distribuidas en una comunidad vegetal, permitiendo así definir una medida o importancia ecológica de especies relevantes en un ecosistema (Krebs, 1998).

La determinación de la importancia ecológica a través del estudio de la base estructural de los árboles en formaciones forestales, permitirá identificar a través de las variables abundancia, dominancia, frecuencia, número de individuos por hectárea y posición socioecológica (Ferrer, 2007), entre otras que puedan definir un valor ecológico, si la especie en estudio ayuda a la conformación del ambiente físico de los hábitats en los cuales se distribuye.

La información obtenida a través del estudio de los caracteres estructurales permitirá obtener bases para establecer criterios de conservación y recolección de germoplasma de especies vegetales, facilitando así el establecimiento estrategias y planes de revegetación y restauración en hábitats naturales de aquellas especies que dentro de la estructura básica del sistema natural de la vegetación constituyan un elemento relevante en su formación (Ferrer, 2007).

1.1. Hipótesis

Ho: La especie piñonera *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini es más abundante, dominante, frecuente y sociológicamente representativa en los estratos de las seis poblaciones evaluadas en los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas correspondientes a la región noreste de México.

Ha: La especie piñonera *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini no es abundante, dominante, frecuente y sociológicamente representativa en los estratos de las seis poblaciones evaluadas en los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas correspondientes a la región noreste de México.

1.2. Objetivo General

Evaluar la especie piñonera *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini a través de la caracterización estructural de sus poblaciones endémicas y de confinada distribución en el noreste de la República Mexicana, concibiendo así bases para el establecimiento de estrategias de conservación y restauración de sus poblaciones forestales naturales.

1.2.1. Objetivos Específicos

Estimar la Estructura Horizontal y Vertical en seis poblaciones distribuidas en el noreste de la República Mexicana, en base a las variables dasonómicas: Área basal, Altura, Diámetro basal y Número de individuos por hectárea.

Determinar el Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) en base a la Abundancia, Dominancia y Frecuencia estimada en cada población.

Determinar el índice de Esbeltez y la Posición sociológica en base al valor fitosociológico (VF), estrato inferior, medio y superior definidos por el Índice A de Pretzsch.

Evaluar el estado actual y potencial de la regeneración natural en base a la función de densidad univariante gaussiana de las poblaciones con individuos (plántulas) menores a 2.5 cm de diámetro basal.

Realizar la comparación estructural entre individuos de macho y hembra de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini estimada en cada población.

Contrastar las seis poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini respecto al Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) y Posición sociológica en base al método de agrupamiento Clúster, utilizando el índice de similitud Bray-Curtis y el método de aglomeración completo, permitiendo así establecer predicciones con respecto a las relaciones entre las poblaciones evaluadas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Las comunidades vegetales naturales han sido la principal fuente de insumo para la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de la sociedad; el aprovechamiento de los recursos naturales, siendo la recolección vegetal y la caza las dos formas más antiguas de aprovechamiento, tienen una gran importancia debido a que dentro del territorio mexicano la mayor parte de comunidades vegetales se encuentran en ambientes muy restringidos (García-Moya & Flores-Flores, 1996).

Las poblaciones del género *Pinus* son muy características del territorio mexicano, abarcando diferentes tipos de ecosistemas; estas comunidades constituyen elementos codominantes o dominantes de la vegetación actual, siendo de distribución geográfica muy restringida ciertas especies que se establecen bajo ciertas condiciones ambientales específicas (Rzedowski, 2006).

Las diferentes especies de pinos producen una gran cantidad de semillas, la mayoría de las cuales cumplen un papel muy importante como estructuras de reproducción y que no son utilizadas por el hombre. Pero algunas especies producen semillas comestibles, las cuales pueden ser consumidas por animales silvestres y por el hombre; a esas especies se les llama pinos piñoneros y sus semillas son conocidas como piñones (Fonseca, 2003); el piñón es el fruto seco almacenado en el interior de las piñas o conos de las especies del género *Pinus*, siendo este el grano comestible (Beltrán *et al.*, 2013).

2.1. Taxonomía de pinos piñoneros

Entre los pinos desde la antigüedad, el pino piñonero era llamado por los griegos *peuré* (Griego: *πευκε* = pino), diferenciándolo así de los demás pinos que estaban agrupados bajo el término *pithys* (Hignard & Pontoppidan, 1998); en español el término viene del latín *Pinus*, diferenciando a los pinos piñoneros del resto por su característico fruto: el piñón.

La república mexicana alberga una gran diversidad de pinos piñoneros, los cuales pueden variar desde árboles de forma arbustiva con el tronco ramificado desde la base a árboles de porte arbóreo con el tronco claramente desarrollado (Passini, 1982).

La clasificación de los piños piñoneros ha sido sujeta a varias modificaciones, siendo el principal factor la filogenia (relaciones evolutivas entre diferentes grupos de organismos, utilizando matrices de información de moléculas de ADN y de morfología); estas modificaciones han logrado independizar especies por la forma o tamaño de sus conos, morfología, número de fascículos, semillas grandes y/o pequeñas, con o sin alas y por caracteres genéticos más específicos, estableciéndose así dos subsecciones notoriamente esclarecidas; subsección *cebroides*: aquellas especies de características divergentes (*P. pinceana*, *P. maximartinezii* y *P. rzedowskii*) y que entre sus conos pequeños se paren entre sí (*P. cebroides*, *P. culminicola*, *P. discolor*, *P. edulis*, *P. johannis*, *P. monophylla*, *P. quadrifolia* y *P. remota*); subsección *nelsoniae*, que contiene únicamente a *P. nelsonii* que por el ITS (Internal Transcribed Spacer, que es a una pieza de ARN no funcional situado entre los ARN ribosómicos (ARNr) estructurales) es diferente a la otra subsección (Gernandt *et al.*, 2007).

Los 12 taxa distribuidos en las dos subsecciones se encuentran principalmente en el norte de América (Gernandt *et al.*, 2007), siendo endémicas del territorio mexicano y con un estatus asignado en la NOM-056-SEMARNAT-2010 solo ocho especies (SEMARNAT, 2010); el estatus de estas ocho especies piñoneras está valorado por la NOM-059-SEMARNAT-2010, no obstante no todas han sido valoradas por el MER.

La categorización de las especies piñoneras ha significado inferir erróneamente sobre la clasificación objetiva de las especies piñoneras con respecto a un mismo grupo, caso de esto es la integración de especies piñoneras como *P. johannis* que por su difícil identificación en campo debido a su parentesco con *P. cebroides*, es considerada subespecie de esta especie; la realización de estudios filogenéticos, que es la base de la subdivisión en dos secciones de las especies piñoneras, ha permitido evitar inferencias erróneas con respecto a la clasificación de especies piñoneras, siendo ejemplo de esto *P. johannis*, indicando que no es una subespecie de *P. cebroides*, debido a que está más relacionada con *P. culminicola* (Gernandt *et al.*, 2007) por su forma arbustiva ramificada hasta la base (Passini, 1982), de la cual adquiere su autonomía debido a la diferencia con respecto a su estructura sexual dioica estable, de la cual carece *P. culminicola* y cualquier otro pino piñonero (Flores-Rentería *et al.*, 2013).

2.1.1. Características Generales

Habitualmente los pinos piñoneros poseen un porte con ramificación muy abundante (Wier, 2011) y escasa dominancia apical (Montoya, 1990); su altura oscila entre 6 y 9 m con diámetros de 15 a 25 cm y en áreas montañosas alcanzan obtener alturas de 13.5 a 18 m con diámetros de 30 a 45 cm, algunas especies jóvenes y maduras son de porte muy bajo teniendo copas amplias y bien desarrolladas de hasta 6 m, notándose así que algunas especies piñoneras tienen más dominancia en cobertura que en altura (McCormick & Andresen, 1963). Regularmente tienen un fuste robusto, recto, cilíndrico y corto (Montoya, 1990) cuando los árboles son de porte arbóreo y tienen su tronco claramente desarrollado, en el caso contrario cuando estos poseen un porte arbustivo presentan ramificaciones desde la base (Passini, 1982).

Generalmente sus acículas se presentan en grupos de 2, 3, 4 y 5 (Passini, 1982), tienen un follaje ovular (McCormick & Andresen, 1963) y semillas de 10 a 26 mm de largo con testa más o menos gruesa (Vallejo, 1997); las flores femeninas y masculinas aparecen en el mismo árbol (excepto *P. johannis* que tiene una estabilidad dioica donde el macho y hembra permanecen en árboles diferentes (Flores-Rentería *et al.*, 2013)), las flores masculinas en las ramas bajas de los árboles antes del brote de nuevas hojas (por lo cual no llevan frutos) y las flores femeninas aparecen al final de los brotes anuales en la parte terminante de la copa en grupos de dos o tres piñas (Montoya, 1990).

Las especies de pinos piñoneros son de lento crecimiento, por lo que algunas especies pueden alcanzar una longevidad de 100 años, a partir de los cuales empezarían a producir conos; algunas especies alcanzan a subsistir desde 350 o 450 años (Wier, 2011).

2.1.2. Morfología de *Pinus johannis* M. F. Robert-Passini

La descripción morfológica de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini está basado en los estudios realizados por Jesse P. Perry Jr. (Perry, 1991).

Conos: Oblongos y bastante resinosos; 3-4 cm de largo y 2-3 cm de ancho cuando abren; solos o en pares sobre pedúnculos cortos y delgados. El pedúnculo es muy corto, 3-4 mm de largo y cayendo con el cono. Conos maduros de color castaño, abren en la madurez y pronto se vuelven deciduas.

Corteza: Corteza de los árboles jóvenes lisa y de color gris, y en los árboles más viejos ásperas y escamosas, pero no profundamente surcadas o con camellones.

Cotiledones: Cafés; 9-11 mm de largo y 5-7 mm de ancho; sostenidas individualmente o por parejas en pedúnculos delgados.

Escamas de los conos: Las escamas de las piñas son delgadas y rígidas, las apófisis de forma romboide irregular, pequeña, delgada y plana o ligeramente elevada, de 10-15 mm de ancho, con una débil cresta transversal; umbo dorsal, deprimido, espina diminuta y pronto deciduas.

Follaje: La copa es baja, densa y redondeada; 3 hojas por fascículo, ocasionalmente 2, raramente 4; 3-5 cm de largo, 0.9 a 1.2 mm de espesor; flexible, márgenes enteros, estomas presentes sólo en las superficies ventrales, con una apariencia abigarrada distintivo debido a que la superficie dorsal es de color verde oscuro y las superficies ventrales glauco blanco. Canales resiníferos externos 2, dorsal; haz vascular solo. Vainas de los fascículos color gris, rizado hacia atrás en una roseta, y más tarde de vez en cuando de hoja caduca.

Madera: Color marrón amarillento pálido, que se utiliza sólo para el combustible.

Porte: Árbol pequeño de forma arbustiva con múltiples tallos, siendo más arbusto que árbol ya que es raro encontrar este taxón con un solo tronco dominante. La especie rara vez alcanza una altura de 4 m; plantas de 2-3 m de altura son las más usuales.

Ramillas: Color gris oscuro, áspero, las bases de las brácteas de las hojas algo decurrentes.

Semillas: Comestibles; de color marrón; sin alas; unos 10 mm de ancho, la cubierta de la semilla o cáscara es gruesa, de 0.5-1.0 mm y dura; alrededor de 2.200 semillas / kg; cotiledones 6-11, con un promedio de aproximadamente 9. Endospermo es blanco.

2.2. Distribución genero *Pinus* en México

La posición latitudinal del territorio mexicano ha sido expuesta a los diferentes procesos de orogenia y vulcanismo, el intemperismo y otros factores modeladores del paisaje, los cuales han permitido el desarrollo de ecosistemas particulares desde el sur al norte de la república mexicana, hecho que ha beneficiado al territorio mexicano con la gran biodiversidad albergada en el mismo (González, 2004).

La región norte del territorio mexicano está conformada longitudinalmente hacia las costas del este y oeste por una gran cadena montañosa característica de pendientes abruptas, siendo el área central conformada por estas, regiones áridas y semiáridas en los valles a diferentes altitudes (Shaw, 1909). La familia Pinaceae está limitada principalmente hacia el hemisferio norte, donde la mayoría de sus géneros se ubica en regiones montañosas orientadas hacia latitudes del norte; son los pinos del género *Pinus* los cuales se distribuyen hacia áreas del norte, tropicales, subtropicales y desérticas, los que denotan una variación y establecimiento en una gran diversidad de habitats (Keator, 1994).

México alberga una diversidad de 77 especies de pinos con sus diversas variedades distribuidos a lo largo de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Macizo de Oaxaca, Sierra Madre de Chiapas y las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir en Baja California Sur (Eguiluz, 1982). El rango vertical de los pinos en México es de aproximadamente 1,200 y 4,500 metros sobre el nivel del mar (Shaw, 1909), pudiéndose encontrar especies hasta los 150 msnm (Eguiluz, 1982); la variabilidad en la distribución del genero *Pinus* en México está dada principalmente por la gran variabilidad y diversidad en los regímenes climáticos, geológicos, topográficos y edafológicos (Keator, 1994).

La distribución de los taxones en la república mexicana está principalmente en la Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental; los estados más representativos son el Estado de Nuevo León con 26 taxones, Michoacán y Jalisco con 24 taxones, Chihuahua, Oaxaca y México con 23 taxones, Coahuila con 22 taxones, Hidalgo con 21 taxones y Durango, Guerrero y Puebla con 20 taxones; los estados que carecen con taxones naturales son Campeche, Tabasco y Yucatán (Eguiluz, 1982).

2.3. Distribución geográfica de pinos piñoneros en México

Los pinos piñoneros se encuentran distribuidos entre el oeste de los Estados Unidos hasta el centro y sur de la república mexicana (Gernandt *et al.*, 2007); en México el grupo de pinos piñoneros se distribuye en los estados de Baja California Norte y Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Veracruz (Fonseca, 2003); la diversidad de piños piñoneros albergados en el territorio mexicano, hace que México sea considerado el segundo país de dispersión de taxones piñoneros (García-Moya & Flores-Flores, 1996).

Debido a la diversidad de pinos piñoneros en la república mexicana diferentes autores delimitan que el número de taxones son 10 especies (Martínez, 1999), 15 especies (Fonseca, 2003) y de 8 a 15 especies (Villarreal *et al.*, 2009). El número de especies piñoneras puede ser agrupada principalmente por la diferenciación genética asociada a la herbívora de insectos y el estrés ambiental (Flores-Rentería *et al.*, 2013), siendo las características filogenéticas las que permiten establecer 12 especies de pinos piñoneros verdaderos y dos variedades en *P. cembroides* (Gernandt, 2005).

La distribución de pinos está dada principalmente por la gran diversidad de regímenes climáticos, geológicos, topográficos y edafológicos (Keator, 1994); los diferentes sistemas de topoformas que configuran el relieve y geología del territorio mexicano influyen en los regímenes climáticos (temperatura y precipitación), configurando así paisajes, hábitats y geoformas que permiten establecer regiones con características similares (González, 2004).

Los pinos de México se distribuyen en 5 grupos de regiones principales, tomando como base la presencia de grupos de especies particulares (Cuadro 1) (Sánchez, 2008). Considerando los grupos de distribución de Sánchez (2008) y la información recabada por Eguiluz (1982) respecto a la distribución del género *Pinus* en México, se establece la distribución de pinos piñoneros en la república mexicana, que a través de la temperatura, precipitación, gradiente altitudinal y geoformas, vinculado a la condición del taxón y su estatus respecto algún criterio de conservación o protección (Cuadro 2), permite reconocer su extensión y distribución geográfica.

Cuadro 1. Grupos de distribución de pinos de México.

Grupo	Regiones Fisiográficas	Entidad Federativa†
I	Península de la Baja California	2, 3
II	Sierra Madre Occidental	8, 10, 14, 18, 25, 26, 32
III	Sierra Madre Oriental	5, 19, 22, 24, 28
IV	Faja Volcánica Transmexicana Sierra Madre del Sur Macizo de Oaxaca	1, 6, 9, 11, 13, 16, 17, 21, 29, 30, *
V	Sierra de San Cristóbal Sierra de Oaxaca Península de Yucatán	4, 7, 12, 20, 23

†: Baja California Norte (2), Baja California Sur (3), Chihuahua (8), Durango (10), Jalisco (14), Nayarit (18), Sinaloa (25), Sonora (26), Zacatecas (32), Coahuila (5), Nuevo León (19), Querétaro (22), San Luis Potosí (24), Tamaulipas (28), Aguascalientes (1), Colima (6), Distrito Federal (9), Estado de México (*), Guanajuato (11), Hidalgo (13), Michoacán (16), Morelos (17), Puebla (21), Tlaxcala (29), Veracruz (30), Chiapas (7), Guerrero (12), Oaxaca (2), Campeche (4) y Quintana Roo (23).

Cuadro 2. Distribución de pinos piñoneros en la república mexicana.

Clasificación y nombre del Taxón	E† (msnm)		PA†† (mm)		TA††† (°C)		RD				
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	1	2	3	4	5
Subsección <i>Cembroides</i>											
<i>P. cembroides</i> Zucc.	1350	2700	365	800	-7	42	x	x	x	x	x
<i>P. cembroides</i> ssp. <i>lagunae</i> Rob.-Pass. * ^{‡‡‡}	1500	3100	150	250	-15.3	39	x	-	-	-	-
<i>P. cembroides</i> ssp. <i>orizabensis</i>	2350	2650	500	600	-3	40	-	-	-	x	-
<i>P. culminicola</i> Andresen & Beaman * [‡]	3000	3750	365	800	-15	20	-	x	x	-	-
<i>P. discolor</i> Bailey & Hawks*	1500	3100	150	250	-15.3	39	x	x	x	-	-
<i>P. edulis</i> Engelm	1500	2000	365	800	-5	35	x	x	-	-	-
<i>P. johannis</i> M.-F. Rob.-Pass. * ^{‡‡‡}	1500	3100	150	250	-15.3	39	-	x	x	-	-
<i>P. maximartinezii</i> Rzedowski*	1700	2100	450	700	-5	45	-	x	-	-	-
<i>P. monophylla</i> Torr. & Frém.*	1075	2100	365	800	-18	45	x	-	-	-	-
<i>P. pinceana</i> Gordon et Glend * [‡]	1500	2700	300	800	-10	45	-	x	x	x	-
<i>P. quadrifolia</i> Parlatore ex Sudworth*	1000	2600	365	800	-18	45	x	-	x	-	-
<i>P. remota</i> D.K. Bailey & Hawksw. * ^{‡‡‡}	1220	1550	150	250	-15.3	39	x	x	x	-	-
<i>P. rzedowskii</i> Madrigal & Caballero*	2040	2400	700	2400	-10	40	-	-	-	x	-
Subsección <i>Nelsoniae</i>											
<i>P. nelsonii</i> Shaw * [‡]	1600	2800	450	700	-5	45	-	-	x	x	-

†: Elevación, msnm: metros sobre el nivel del mar; ††: Precipitación anual en milímetros; †††: Temperatura Anual en grados centígrados; RD: Regiones de Distribución; *: Endémico; †: Estatus del taxón: peligro de extinción (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010; ‡: Estatus del taxón: sujetos a protección especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

2.4. Antecedentes generales de los pinos piñoneros

La gimnospermas actuales están relacionadas con las comunidades vegetales extintas en las eras Paleozoica y Mesozoica (Wayne, 2006); El periodo Devónico significó una exaltación evolutiva en los organismos vivos, siendo la explosión cámbrica la productora de la gran diversidad de flora y fauna; es hasta el periodo Carbonífero donde se da la aparición de los primeros grandes bosques forestales (Lobato-Cameselle & Cidrás-Ferradás, 2013).

La formación y desplazamiento de los continentes originó cambios en los regímenes climáticos, topográficos y geológicos, condicionando así hábitats específicos; en México la región norte está condicionada principalmente a áreas desérticas y semidesérticas (Lanner, 1981), donde solo las especies más resistentes a los nuevos regímenes climáticos adoptan características particulares que aseguran su sobrevivencia (García, 1985).

Las especies de pinos originados en las regiones áridas y semiáridas presentan adaptaciones a bajas condiciones de humedad y poco suelo orgánico, desarrollándose sobre laderas de montañas rocosas, inclinadas y áridas, con suelos delgados, siendo una de estas especies los pinos piñoneros (Fonseca, 2003), los cuales evolucionaron como parte de la geoflora originada en el Madro-Terciario parte de la era cenozoica (Axel, 1958).

2.5. Ecología de pinos piñoneros

La distribución en diferentes regiones fisiográficas que concurren en nichos bióticos particulares bajo diferentes regímenes climáticos (Eguiluz, 1982), permite el establecimiento de los pinos en regiones particulares; el clima, suelo, topografía y vegetación asociada permite describir ciertas características ecológicas de las especies piñoneras en la república mexicana.

2.5.1. Clima

Los pinos piñoneros se encuentran distribuidos en climas Templados, Templados-Fríos, Templados-Cálidos, Templados-Cálidos-Subtropicales y climas Subtropicales en transición a Tropical (Eguiluz, 1982), en el caso de *P. cembroides ssp. Orizabensis* es más común de climas más húmedos y fríos (Perry, 1991) (Cuadro 3); algunas especies piñoneras son características

de los climas semiáridos (Rzedowski, 2006); soportan temperaturas mínimas de -18 °C y máximas de 45 °C (Eguiluz, 1982).

Cuadro 3. Climas de distribución de pinos piñoneros.

Nombre del Taxón	Tipo de Clima
<i>P. cembroides</i> Zucc.	TC-S
<i>P. cembroides ssp. lagunae</i> Rob.-Pass.	TC
<i>P. cembroides ssp. orizabensis</i>	HF
<i>P. culminicola</i> Andresen & Beaman	TF
<i>P. discolor</i> Bailey & Hawks	T
<i>P. edulis</i> Engelm	TC
<i>P. johannis</i> M.-F. Rob.-Pass.	T
<i>P. maximartinezii</i> Rzedowski	S
<i>P. monophylla</i> Torr. & Frém.	TC
<i>P. pinceana</i> Gordon et Glend	S
<i>P. quadrifolia</i> Parlatore ex Sudworth	TC
<i>P. remota</i> D.K. Bailey & Hawksw.	T
<i>P. rzedowskii</i> Madrigal & Caballero	TC
<i>P. nelsonii</i> Shaw	S

TF: Templados-Fríos; TC: Templados-Cálidos; TC-S: Templados-Cálidos-Subtropicales; S: Subtropicales en transición a Tropical; HF: Especie con clima más Húmedo y Frio (Perry, 1991).

2.5.2. Suelo

Los principales tipos de suelos que predominan en las comunidades piñoneras son: someros rocosos de tipo litosol eútrico, rendzinas líticas, aridosoles, entisoles, inceptisoles y molisoles, con texturas francas, limosas o arenosas (Tueller & Clark, 1975, y Robert, 1973, citados por García, 1985); se presentan sobre rocas cristalinas, eruptivas y calcáreas, con un rango de Ph del horizonte superficial de 4 a 9 (Passini, 1985).

2.5.3. Topografía

Las especies piñoneras están presentes en topografía abrupta, localizándose en las cimas de montañas, laderas y cañadas (García, 1985); se desarrollan principalmente en montañas rocosas, inclinadas y áridas, con suelos delgados (Fonseca, 2003).

2.5.4. Vegetación asociada

Los pinos piñoneros comúnmente se asocian con pastizales, matorrales xerófilos, encinares arbustivos, diferentes especies de pinos impropios a especies piñoneras, yucas, juníperos y agaves; están presentes en zonas de transición de vegetación xerófila de climas áridos y vegetación boscosa de montañas más húmedas; se pueden considerar bosques bajos y abiertos, donde otras especies arbustivas son más abundantes y destacan sobre los piñonares (Rzedowski, 2006).

2.6. Descripción *Pinus johannis* M. F. Robert-Passini

2.6.1. Aspectos Ecológicos

Las condiciones climáticas producidas por los sistemas de topoformas presentes en el territorio mexicano ocasionan que las especies se consoliden en condiciones particulares de altitud, exposición, sustrato, clima y topografía; *P. johannis* tiene la peculiaridad de distribuirse en áreas méxicas y sobre laderas con exposición norte-noreste (Romero *et al.*, 2014); es una especie que con frecuencia coexiste con *P.cembroides* (Passini, 1996) y tolerante a restricciones (Romero-Manzanares *et al.*, 1996).

P. johannis se encuentra en climas templados (Eguiluz, 1982) y secos (BS, clasificación climática de Köppen), es común que se encuentre en áreas de inviernos fríos, siendo una especie resistente a las heladas (Malusa, 1992); presenta precipitaciones mínimas de 150 mm y máximas de 250 mm; temperaturas mínimas de -15.3 °C y máximas de 39 °C (Eguiluz, 1982). *P. Johannis* tiene una distribución muy fragmentada, sus comunidades principalmente se encuentran sobre la Sierra Madre oriental y Occidental (Eguiluz, 1982; García & Passini, 1993).

Sus poblaciones presentan individuos del bosque de *Pseudotsuga menziesii* a latitudes de 2840 msnm, se asocia con encinares arbustivos, herbáceas como: *Grindelia inuloides* Willd., *Hymenoxys insignis* (A. Gray) Cockerell, *Senecio coahuilensis* Greenm., *Senecio madrensis* A. Gray, *Stevia spp.*, *Penstemon sp.* y matorrales como: *Agave*, *Arctostaphylos*, *Ceanothus*, *Dasylyrion* y *Yucca* (García & Passini, 1993; Romero *et al.*, 2014).

2.6.2. Estado de conservación

P. johannis tiene el estatus de protección especial (Pr) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, expresando así que podrían llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en sus poblaciones; su estatus Pr en la NOM-059-SEMARNAT-2010 permite propiciar la recuperación y conservación de sus poblaciones, siempre y cuando se presentes estudios que verifique la veracidad del estado actual de sus poblaciones (SEMARNAT, 2010).

Para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) que se dedica a fomentar y propiciar la conservación y protección de taxones, a través de una metodología similar para evaluar la condición de un taxón como la NOM-059-SEMARNAT-2010 a través del MER, *P. johannis* no está considerado dentro de sus listados debido a que no es considerado como una especie válida o como taxón sensible.

2.6.3. Problemática

Las principales problemáticas que presenta *P. johannis* se basan en su valoración como un taxón raro, singular y como único taxón dioico entre los piñoneros y especies de *Pinus* estable que no tiende a ser monoico (Flores-Rentería *et al.*, 2013); es asociado como subespecie de *P. cembroides* lo cual no le permite ser valorado como especie por la UICN; sus poblaciones están en riesgo potencial debido a las actividades de agricultura, ganadería y explotación de madera para leña por las poblaciones rurales cercanas (García & Passini, 1993).

2.7. Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER)

El propósito que persigue la NOM-059-SEMARNAT-2010 a través del MER, en la evaluación del riesgo de extinción de taxones de plantas, es saber la situación de las poblaciones de aquellos taxones que podrían presentar una eventual desaparición en el territorio mexicano; los criterios utilizados por el MER están basados fundamentalmente en la biología e historia del taxón, fragilidad ante las actividades antropogénicas, la mínima distribución del taxón y las características de su hábitat (Sánchez *et al.*, 2007).

Para realizar una correcta valorización de los taxones en base al MER, es necesaria que toda la información sea evaluada a través de un análisis científico a través de un conjunto de expertos relacionados en el área (Sánchez *et al.*, 2007); es necesario que al evaluar el taxón se considere el nicho ecológico, endemismo, restricción geográfica, abundancia en el pasado y/o presente, su divergencia, variación genética y su rareza, ya que esta última representa tres factores importantes: el rango geográfico, especificidad de hábitat y la abundancia local (Figueroa & Piñero, 2011).

2.8. Estructura de la Vegetación

La vegetación es una organización que representa la interacción integral entre los componentes abióticos y bióticos (Rangel & Velázquez, 1997), siendo uno de los elementos más significativos debido a sus múltiples relaciones y más perceptible del medio físico (Ibarra & Yetano, 1989).

Es por su fisionomía que a través de la estructura como patrón de estudio de su organización, se puede identificar la importancia de sus poblaciones dentro de las comunidades que habitan, caracterizando e identificando aquellas especies relevantes que regulan el sistema u organización (Bolaños *et al.*, 2013); el estudio de su geometría, a través de formulaciones matemáticas de sus variables cuantitativas, por su ordenamiento en su disposición horizontal y vertical, permite tener información representativa de la masa forestal de forma autoecológica y sinecológica (Acosta *et al.*, 2006).

2.8.1. Estructura Horizontal

La estructura horizontal se puede describir por las categorías diamétricas de los individuos, número de individuos, la disposición espacial de los individuos y por la cobertura del dosel, siendo las características climáticas, edafológicas, estrategias de supervivencia y efectos de disturbio los que influyan en la dinámica del bosques ante las respuestas al medio ambiente, amenazas y limitaciones, configurando así la estructura horizontal de la vegetación (Louman *et al.*, 2001).

El análisis de la vegetación a través de su formación horizontal, es decir la ocupación superficial de los árboles sobre el suelo (Acosta *et al.*, 2006), permite evaluar la estructura a través de índices que expresan la ocurrencia de especies, tales como abundancia, dominancia y frecuencia, cuya suma relativa define una importancia ecológica (Melo & Vargas, 2003).

Abundancia

La abundancia es uno de los tres primeros índices o factores a través del cual puede ser vista la composición de las especies con una perspectiva ecológica, está asociado con la disponibilidad u ocupación de espacio para crecer (Husch *et al.*, 2003), cuya relación está basada en la cantidad de árboles, su tamaño y la distribución espacial que estas tengan (Corvalán & Hernández, 2006); se mide la participación de las especies en la masa forestal en términos absolutos y relativos (Acosta *et al.*, 2006); la abundancia absoluta expresa el número de individuos por especie y la abundancia relativa la proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema (Melo & Vargas, 2003).

Abundancia absoluta: número total de individuos por unidad de superficie pertenecientes a una determinada especie.

$$Aa = \frac{n_i}{ha}$$

Donde:

Aa = abundancia absoluta.

n_i/ha = número de árboles por ha de la especie i .

Abundancia relativa: indica la participación de cada especie en porcentaje, en relación al número total de árboles que se considera como el 100 %.

$$Ar = \left(\frac{n_i}{N/ha} \right) 100$$

Donde:

Ar = abundancia relativa.

N/ha = número total de árboles por ha.

Dominancia

La dominancia puede expresarse como la proporción del terreno ocupado por la proyección perpendicular de los segmentos aéreos de los individuos de una especie determinada (Greig, 1983); al igual que abundancia es uno de los índices que permite evaluar a los individuos desde una perspectiva ecológica (Husch *et al.*, 2003).

Se puede utilizar como variable el fuste, la copa o sus raíces, representando algunos de estos problemas dendrométricos por su complejidad, aunque los tres estén relacionados entre sí; por su fácil medición se utiliza el DAP (Diámetro a la altura de 1.30 m) para realizar la caracterización de los individuos, esta variable deriva el área basal (G), que dasométricamente es el área de cualquier sección transversal del fuste de un árbol (Acosta *et al.*, 2006) y cuya suma representa la proyección horizontal de los árboles sobre el suelo (Melo & Vargas, 2003).

Otra variable con la cual se puede determinar la dominancia es la cobertura, la cual representa el área ocupada por la proyección perpendicular de las copas sobre el suelo, midiéndose así la espesura del bosque bajo el concepto de dominancia de cobertura (Cancino, 2006).

La dominancia, tomando como base el área basal, expresa la suma de las secciones normales de los individuos pertenecientes a cada especie como dominancia absoluta y el porcentaje de participación de las especies en relación al área basal total como dominancia relativa (Acosta *et al.*, 2006).

Dominancia absoluta

$$Da_i = \frac{g_i}{ha}$$

Donde:

Da_i = dominancia absoluta.

g_i / ha = área basal de cada especie i por ha.

Dominancia relativa

$$Dr_i = \left(\frac{g_i / ha}{G / ha} \right) 100$$

Donde:

Dr_i = dominancia relativa.

G/ha = área basal total por ha.

Frecuencia

La frecuencia está relacionada con la distribución espacial de los árboles, donde los individuos pueden estar distribuidos de forma aleatoria, agrupada o uniforme (Acosta *et al.*, 2006); se considera un atributo que presenta la probabilidad de ser encontrado (uno o más individuos) en una unidad muestral particular, refiriéndose concisamente a la presencia o ausencia de determinada especie, el cual es expresado en porcentaje, definiendo el número de unidades muestrales en que la especie aparece en relación al número total de unidades muestrales (Matteucci & Colma, 1982).

Las distribuciones dependen directamente del tamaño de la unidad muestral, y del número de individuos presentes; al incrementar el tamaño de las unidades muestrales, se incrementa la probabilidad de encontrar la especie considerada; al incrementar el número de individuos, se incrementa la probabilidad de encontrar la especie considerada en las unidades muestrales establecidas, incrementando así la posibilidad de que por lo menos un individuo se encuentre intrínseco sobre alguna unidad muestral (Matteucci & Colma, 1982).

La formulación matemática con que se determine la frecuencia dependerá directamente del tipo de muestreo utilizado; si se utiliza un muestreo puntual con puntos distribuidos al azar o sistemáticamente en subparcelas, la frecuencia adquiriría un índice objetivo definido como frecuencia absoluta, donde el número total de subparcelas representa el 100 %, indicando así el porcentaje de ocurrencia de una especie en una determinada área; la frecuencia será expresada como frecuencia relativa cuando a esta se le sumen todas las frecuencias absolutas de todas las especies, indicando así el porcentaje de ocurrencia de una especie en relación a las demás (Acosta *et al.*, 2006).

Frecuencia absoluta

$$F_a = P_i / P_t$$

Donde:

F_a = frecuencia absoluta.

P_i = número de parcelas en que la especie i está presente.

P_t = número total de parcelas.

Frecuencia relativa

$$F_r = \frac{F_a^i}{\sum_{i=1}^n F_a}$$

Donde:

F_r = frecuencia relativa (%).

F_a = frecuencia absoluta.

i = especie i presente.

La frecuencia en conjunto con la abundancia y dominancia permite evaluar a los individuos desde una perspectiva ecológica, siendo estos tres índices la base para la valoración ecológica de un taxón desde su formación horizontal (Husch *et al.*, 2003).

2.8.2. Estructura Vertical

La estructura dentro de un hábitat determina el ordenamiento espacial de los diferentes elementos morfológicos de la vegetación; la estructura horizontal describe la heterogeneidad de comunidades vegetales y la estructura vertical proporciona una medida de la complejidad de las comunidades vegetales a través de su desarrollo en los diferentes estratos sobre el cual se ordena (Bell *et al.*, 1991).

La caracterización estructural de su ordenamiento vertical describe el estado sucesional de las comunidades vegetales, las cuales están conformadas por individuos dinámicos con determinada ocupación espacial en el sentido vertical (Acosta *et al.*, 2006); la distribución está dada principalmente por los diferentes requerimientos de energía que mejor satisfagan las necesidades de los individuos en una comunidad vegetal (Louman *et al.*, 2001);

la ocupación espacial de los fustes en términos de altura es el parámetro de estudio (Corvalán & Hernández, 2006).

Distribución vertical (A)

La distribución vertical de los individuos en una comunidad vegetal puede ser representada a través de Índice A de Pretzsch, el cual describe la proporción del espacio que ocupa los individuos en la diferentes zonas de altura; los estratos son distribuidos acorde a la altura máxima registrada, definiendo rangos de estratos: I comprendido del 80-100 %, donde el 100 % es equivalente al individuo más alto en la población; II con alturas de 50%-80% de la altura total registrada y estrato III, de 0 a 50% (Pretzsch, 2009).

El índice A toma un valor de entre 0 y un valor máximo de A (A_{max}) dado por el número de especies y zonas de altura, si $A = 0$ significa que la población está conformada por solo una especie ubicada dentro de una sola zona de altura; A_{max} se alcanzara cuando todas las especies se localicen en todas las zonas (Torres-Espinoza *et al.*, 2006).

Índice A de Pretzsch absoluto

$$A_a = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$$

Donde:

A_a = índice A de Pretzsch absoluto.

S = número de especies presentes.

Z = número de zonas de altura.

p_{ij} = porcentaje de especies en cada zona $p_{ij} = n_{i,j}/N$.

n_{ij} = número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j).

N = número total de individuos.

\ln = logaritmo natural.

Índice A de Pretzsch relativo

$$A_r = \left(\frac{A}{A_{\max}} \right) 100$$

Donde:

A_r = Índice A de Pretzsch relativo.

A_{\max} = valor máximo Índice A de Pretzsch absoluto.

$$A_{\max} = \ln(S \cdot Z)$$

Donde:

S = número de especies presentes.

Z = número de zonas de altura.

2.8.3. Regeneración natural

La conjunción de las diferentes especies vegetales permite especular hipotéticamente que estos consumen los mismos recursos ecológicos, por lo cual no deberían existir grandes diferencias estructurales en las masas vegetales; la distribución espacial regula los requerimientos ecológicos de las especies principalmente en sus etapas iniciales, regulando así sus capacidades regenerativas (Pérez, 2007).

La importancia de la regeneración reside en su estado sucesional distribuido en fases, desde su estado de fecundidad hasta la consolidación de su permanencia; la regeneración es vital en el estado estructural y temporal de las comunidades vegetales, consolidando así su permanencia en el hábitat (Pardos *et al.*, 2012).

Ecológicamente la mayoría de las especies deberían presentar regeneración, no obstante la capacidad regenerativa de cada especie está condicionado principalmente durante las primeras fases de su ciclo de vida por diversos factores abióticos y bióticos (Acosta *et al.*, 2006).

La categorización de los individuos juveniles en clases diamétricas prescribe un estado óptimo aparente de la regeneración en categorías inferiores (individuos de categoría diamétrica de 5 cm de diámetro basal), sin embargo la proporción de plántulas con respecto a

los individuos adultos, considerando el coeficiente de proporcionalidad plántulas/árboles (P/A) denotaría que el aparente estado óptimo de la regeneración en poblaciones heterogéneas (discontinuidad en la distribución por clases diamétricas) es sesgada ya que el arbolado adulto tiene bajas proporciones de ejemplares que garanticen la regeneración (Flores-López, 2014).

El análisis de densidad a través de distribuciones o funciones de densidad permite caracterizar el estado estructural o sucesional de una población, permitiendo así a través de la estimación, proyectar el número de individuos que debería presentar una determinada categoría diamétrica a través de valores conocidos de la población en estudio (Diéguez-Aranda, *et al.*, 2009).

2.9. Métodos de análisis estructural de la Vegetación

El estudio de la estructura de las comunidades vegetales desde el punto de vista ecológico, permite conocer aquellas poblaciones que reflejan cierta importancia dentro de sus hábitats (Bolaños *et al.*, 2013), por lo cual se requiere caracterizar e identificar aquellas especies que resulten importantes en la estructura, funcionalidad o singularidad de las comunidades (Ferrer, 2007).

Cualquier variable o atributo de la estructura básica de una comunidad vegetal, sea la abundancia, dominancia, frecuencia, biomasa y/o altura, conforma el ambiente físico del hábitat, regulando así el sistema ambiental de distribución u organización de las especies (Ferrer, 2007).

La variable a ser considerada para la descripción del ordenamiento en su disposición horizontal y vertical de las comunidades vegetales dependerá directamente del objetivo de estudio; las variables representan un valor de importancia, la cuales al estudiarlas y aplicarlas de forma aislada pueden diferir en los resultados con respecto a otras variables utilizadas, considerando así que las variables individuales no dan una descripción adecuada del comportamiento de los atributos de las especies, poblaciones o comunidades que se comparan, por lo cual se exhorta el uso de coeficientes o índices que unifiquen varias de estas variables, permitiendo así establecer un valor de importancia ecológica de las especies integrantes de la comunidad (Matteucci & Colma, 1982).

2.9.1. Índice de valor de importancia (IVI)

El índice de valor de importancia en las comunidades vegetales, es un indicador fiel del valor ecológico que puede representar una especie; la unificación de la abundancia, dominancia y frecuencia en un índice, constituye las tres variables base para el estudio de la vegetación desde una perspectiva ecológica (Husch *et al.*, 2003).

El análisis de la estructura integral de una comunidad vegetal no puede ser evaluada como un todo a través de este índice, debido a que este expresa la importancia ecológica de una especie debido a su ocurrencia u ocupación superficial sobre el suelo en base a la abundancia, dominancia y frecuencia, denotándose así como un índice que valora la importancia ecológica de las especies en su geometría horizontal (Humano, 2013).

El Índice de Valor de Importancia (IVI) representa la suma de los valores relativos de abundancia, dominancia y frecuencia de cada especie, demostrando así la mejor adaptabilidad de ciertas especies (Melo & Vargas, 2003).

$$IVI = Ar + Dr + Fr$$

Donde:

IVI = índice de valor de importancia.

A_r = abundancia relativa.

D_r = dominancia relativa.

F_r = frecuencia relativa.

2.9.2. Posición sociológica (PS)

Siendo la altura el parámetro base para el estudio de la estructura vertical, es necesario dividir a los individuos en estratos que identifiquen su presencia en el ordenamiento vertical de la vegetación, siendo comúnmente estos: estrato superior, estrato medio y estrato inferior, aunque los límites de altura pueden ser fijados según el criterio elegido acorde a las características del tipo de vegetación (Acosta *et al.*, 2006).

El valor absoluto de PS de una especie, es la suma de sus valores fitosociológicos en cada sub-estrato, obtenido del Valor Fitosociológico (VF) del estrato considerado por el número de individuos de la especie en ese mismo estrato, y su valor relativo es el porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absolutos (Finol, 1976).

Posición sociológica absoluta (PSa)

$$PSa = [(VF_i)(n_i)] + [(VF_m)(n_m)] + [(VF_s)(n_s)]$$

Donde:

PSa = posición sociológica absoluta.

n = número de individuos de cada especie.

i : inferior; m : medio; s : superior.

VF = valor fitosociológico del sub-estrato.

$$VF = n/N$$

Siendo:

n = número de individuos del sub-estrato;

N = número total de individuos de todas las especies.

Posición sociológica relativa (PSr)

$$PSr = \frac{PSa}{\sum_{i=1}^n PSa}$$

Donde:

PSa = posición sociológica absoluta.

2.9.3. Índice de esbeltez

Es un índice de espesura que define la relación entre la altura de un árbol y su diámetro normal, en unidades iguales; denota la posición social de los árboles y el grado de estabilidad de las masas o árboles individuales ante daños abióticos (Serrada, 2008).

$$IE = \frac{H_m}{D_m}$$

Donde:

IE = índice de Esbeltez.

H_m = altura media en metros.

D_m : diámetro medio en metros.

2.10. Estudios afines

González (1988) en su investigación “Los bosques piñoneros de México: Estudio del bosque de *Pinus johannis* M–F. Robert, en Concepción del Oro, Zacatecas” determinó que de la familia de la Rosaceae, la especie arbustiva más importante fue *Cowania plicata* en conjunto con *P. johannis* en el estrato arbustivo, perteneciente a la familia Pinaceae; los resultados relativos para *P. johannis* en base a la densidad, dominancia y frecuencia fueron de 55 %, 85.29 % y 41.67 %.

Meza (2006) en su investigación “Estudio ecológico del bosque de piñonero (*Pinus cembroides* Zucc.) del municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo” determinó que en la exposición norte las especies con el mayor valor de importancia fueron *P. cembroides* con un valor de 261.52, *Juniperus flaccida* 26.94 y *Casimiroa pubescens* 11.52; en la exposición sur la especie más importante fue *P. cembroides* con un valor de 300. La caracterización estructural se efectuó con las variables relativas de densidad, dominancia y frecuencia, valorando la importancia de las especies con el índice de valor de importancia (IVI); el orden vertical fue descrito en base a alturas promedio donde se encontró que en la exposición norte, en el estrato superior, *P. cembroides* tiene una altura promedio de 5.73 m, *Juniperus flaccida* 5.45 m y *Casimiroa pubescens* 2.80, en la exposición sur donde solo se encontró la especie de *P. cembroides*, su altura promedio fue de 5.13 m.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El área de estudio correspondiente a las seis poblaciones evaluadas de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini se encuentra sobre la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en la región noreste de la República mexicana, específicamente en la región sureste del Estado de Coahuila, noroeste y sur del Estado de Nuevo León y noreste del Estado de Zacatecas (Figura 1) (Cuadro 4).

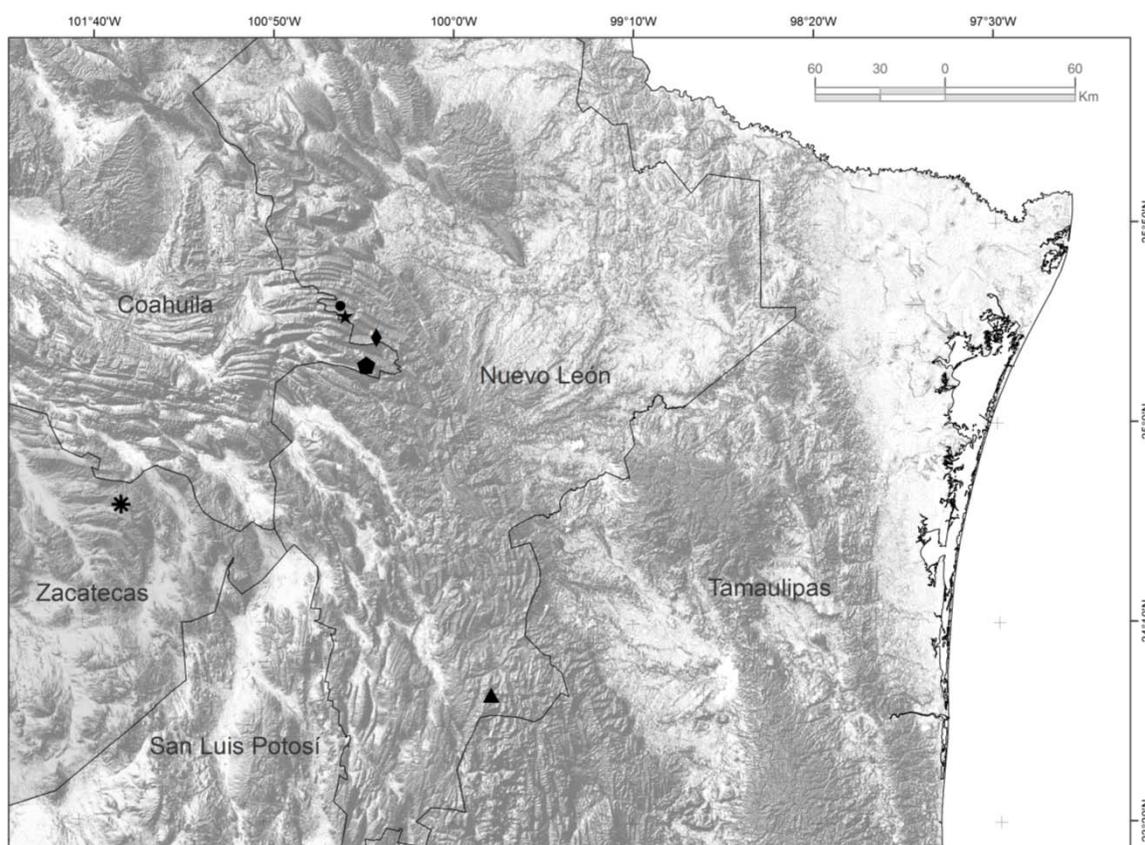


Figura 1. Distribución de las poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini en el noreste de México; ▲ Población La Siberia; ◆ Población Laguna de Sánchez; ● San Antonio de la Osamenta; ★ Población Mesa del Rosario; ▼ Población Mesa de las Tablas; * Población Salaverna.

Cuadro 4. Localización de las poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini en la región noreste de la República mexicana.

Población	Municipio	Estado	Coordenadas geográficas	Altitud (msnm)
†Mesa de las Tablas	Arteaga	Coahuila	25°14'32.55"N 100°23'23.96"W	2640
††San Antonio de la Osamenta	Santa Catarina	Nuevo León	25°29'19.13"N 100°30'44.32"W	2220
†††La Siberia	Zaragoza	Nuevo León	23°52'8.15"N 99°48'33.61"W	2720
⌘Mesa del Rosario	Santiago	Nuevo León	25°26'41.75"N 100°29'20.53"W	2300
*Laguna de Sánchez	Santiago	Nuevo León	25°21'28.38"N 100°20'40.17"W	2120
**Salaverna	Mazapil-Concepción del Oro	Zacatecas	24°38'52.56"N 101°30'4.77"W	2588

†: Apéndice 1; ††: Apéndice 2; †††: Apéndice 3; ⌘: Apéndice 4; *: Apéndice 5; **: Apéndice 6.

3.1.1. Clima

La población evaluada en Mesa de las Tablas, Coahuila, presenta un clima semiárido, semifrío, subhúmedo templado con verano cálido, lluvias todo el año (lluvia invernal menor al 18 %) y canícula presente en el mes de julio; el mes más lluvioso es septiembre con una precipitación de 108.2 mm, el mes más seco es febrero con una precipitación de 18.2 mm, la temperatura más cálida se presenta en el mes de julio con 18.1 °C y la más fría en el mes de enero con 13.2 °C; presenta una temperatura media anual de 16.4 °C y una oscilación térmica de 4.9 °C; la precipitación anual total es de 468 mm, en invierno presenta una precipitación de 15.3 % y en verano de 54.8 % (Figura 2A) (Cuadro 5).

La población evaluada en San Antonio de la Osamenta, Nuevo León, presenta un clima semicálido, semiárido y subhúmedo templado con lluvias en verano (lluvia invernal menor al 5 %); el mes más lluvioso es septiembre con una precipitación de 153.9 mm, el mes más seco es noviembre con una precipitación de 10 mm, la temperatura más cálida se presenta en el mes de junio con 23.7 °C y la más fría en el mes de enero con 13.6 °C; presenta una temperatura media anual de 19.4 °C, se considera extremo por su oscilación térmica de 10.1 °C, presentando así una marcha de temperatura anual tipo Ganges; la precipitación anual total

es de 572.3 mm, en invierno presenta una precipitación de 7.3 % y en verano de 67.1 % (Figura 2B) (Cuadro 5).

La población evaluada en La Siberia, Nuevo León, presenta un clima subhúmedo templado con verano fresco largo, lluvias en verano (lluvia invernal entre 5 % y 10 %) y canícula presente en el mes de julio; el mes más lluvioso es mayo con una precipitación de 181.3 mm, el mes más seco es febrero con una precipitación de 13.5 mm, la temperatura más cálida se presenta en el mes de junio con 20.4 °C y la más fría en el mes de enero con 12.1 °C; presenta una temperatura media anual de 17 °C, se considera extremoso por su oscilación térmica de 8.3 °C, presentando así una marcha de temperatura anual tipo Ganges; la precipitación anual total es de 729.7 mm, en invierno presenta una precipitación de 6.9 % y en verano de 49.7 % (Figura 2C) (Cuadro 5).

La población evaluada en Mesa del Rosario, Nuevo León, presenta un clima subhúmedo templado con verano fresco largo, lluvias todo el año (lluvia invernal menor de 18 %) y canícula presente en el mes de agosto; el mes más lluvioso es septiembre con una precipitación de 153.4 mm, el mes más seco es noviembre con una precipitación de 16.5 mm, la temperatura más cálida se presenta en el mes de junio con 17.3 °C y la más fría en el mes de enero con 9.4 °C; presenta una temperatura media anual de 14 °C, se considera extremoso por su oscilación térmica de 7.9 °C, presentando así una marcha de temperatura anual tipo Ganges; la precipitación anual total es de 688.6 mm, en invierno presenta una precipitación de 8.2 % y en verano de 66.4 % (Figura 2D) (Cuadro 5).

La población evaluada en Laguna de Sánchez, Nuevo León, presenta un clima subhúmedo templado con verano fresco largo, lluvias en verano (lluvia invernal entre 5 % y 10 %); el mes más lluvioso es septiembre con una precipitación de 183.9 mm, el mes más seco es febrero con una precipitación de 13.7 mm, la temperatura más cálida se presenta en el mes de julio con 18.5 °C y la más fría en el mes de enero con 8.9 °C; presenta una temperatura media anual de 13.8 °C, se considera extremoso por su oscilación térmica de 9.6 °C; la precipitación anual total es de 743.9 mm, en invierno presenta una precipitación de 8.5 % y en verano de 62.9 % (Figura 2E) (Cuadro 5).

La población evaluada en Salaverna, Zacatecas, presenta un clima semiárido, templado con verano cálido, lluvias en verano (lluvia invernal supera el 10 %); el mes más lluvioso es septiembre con una precipitación de 73.3 mm, el mes más seco es marzo con una precipitación de 6.2 mm, la temperatura más cálida se presenta en el mes de junio con 20.4 °C y la más fría en el mes de enero con 9.3 °C; presenta una temperatura media anual de 15.5 °C, se considera extremo por su oscilación térmica de 11.1 °C, presentando así una marcha de temperatura anual tipo Ganges; la precipitación anual total es de 453.7 mm, en invierno presenta una precipitación de 10.2 % y en verano de 60.4 % (Figura 2F) (Cuadro 5).

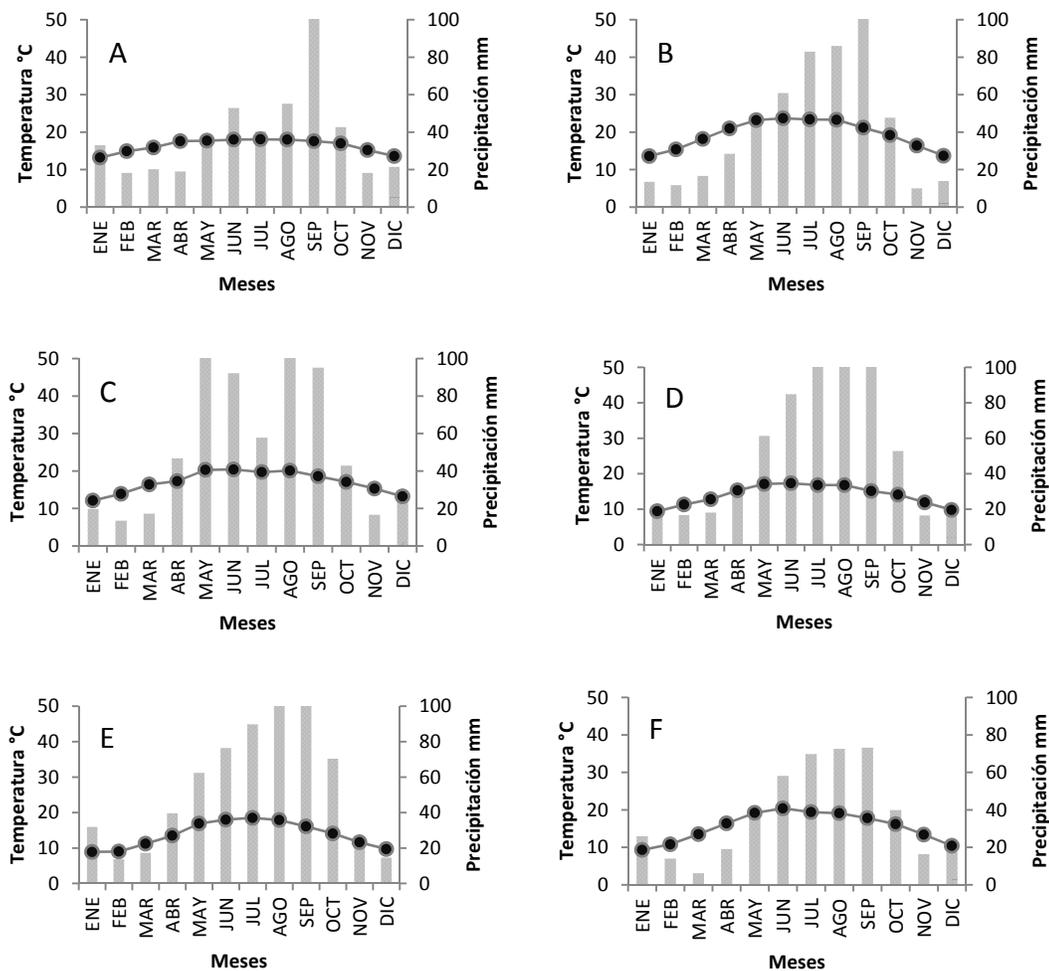


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de las Poblaciones evaluadas. A: Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila; B: San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León; C: La Siberia, Zaragoza, Nuevo León; D: Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León; E: Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León; F: Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Cuadro 5. Tipo de clima de las poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini.

Población	Formula climática
Mesa de las Tablas	C(w1), BS1k(x'), ³ Cb'(w1)x'
San Antonio de la Osamenta	C(w1), BS1k(x'), ⁴ (A)C(w1)
La Siberia	¹ C(w1)
Mesa del Rosario	C(w1)
Laguna de Sánchez	C(w1)
Salaverna	² BS1k(x')

¹C(w1): Templado, subhúmedo; ²BS1k(x'): Templado, semiárido; ³Cb'(w1)x': Semifrío; ⁴(A)C(w1): Semicálido; Datos tomados de la Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA (CONAGUA, 2010).

3.1.2. Edafología

Los suelos característicos de las poblaciones de Mesa de las Tablas, San Antonio de la Osamenta, La Siberia, Mesa del Rosario y Laguna de Sánchez son (Cuadro 6) (INEGI, 1998):

Litosol: suelos que presentan un espesor menor de 10 cm; se ubican en algunos valles y mesetas, más en laderas, lomas y cerros, con pendientes muy pronunciadas (> 30 %); presentan materiales calcáreos con un porcentaje moderado de poros, un pH alcalino a neutro, por lo cual la cantidad de nutrientes es baja, presentando vegetación de matorral o arbórea como pino y encino.

Rendzima: suelos someros poco evolucionados con un espesor de 20 a 45 cm; se ubican sobre sierras bajas-abruptas, lomeríos, laderas de colina y pie de monte con pendientes muy pronunciadas (> 30 %); presenta material calcáreo (> 40 %) que puede ser roca caliza o petrocálcico con estructura granular y un pH alcalino; presentes en áreas con humedad moderada, vegetación arbórea y de matorral, siendo la segunda la de mayor aportación de materia orgánica.

Regosol calcárico: suelos poco desarrollados con un espesor de 20 a 50 cm; presentes en regiones montañosas, sierras, llanura, laderas de colina y pie de monte con pendientes muy pronunciadas (> 35 %); suelos originados de material calcáreo (calizas, mimolitas, areniscas) sobre una capa dura de roca o material petrocálcico con estructura poco desarrollada, pH alcalino con un contenido bajo de nutrientes; la vegetación dominante en este tipo de suelo es arbustiva y graminoide.

Al contrario de las poblaciones evaluadas en la región sureste del estado de Coahuila y noroeste y sur del estado de Nuevo León, la población Salaverna ubicada en el noreste del estado de Zacatecas presenta los tipos de suelo Litosol, Rendzima y Regosol calcárico, integrándose los siguientes (Cuadro 6):

Xerosol háplico: suelos limitados por una fase dúrica con un espesor menor a 50 cm; se ubican principalmente en laderas y pie de monte con pendientes de 8 % y mayores a 26 %; presentan a ciertas profundidades aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche, pH es neutro o ligeramente alcalino con un contenido bajo de nutrientes; la vegetación natural presente es de matorral inerme y graminoide.

Feozem háplico: suelos someros (15 cm) a profundos (>100 cm) con superficie suave y oscura; ubicados principalmente en áreas llanas suavemente onduladas, lomeríos y sierras con pendientes suaves y pronunciadas; carecen de materiales cálcicos (acumulación de carbonato de calcio) y gípsico (acumulación de yeso), no son calcáreos, en ocasiones presenta material petrocálcico, pH neutro con cantidad de nutrientes moderado; vegetación característica de matorrales, bosques y graminoideas.

Cuadro 6. Tipo de suelo de las poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini.

Población	Clave Edafológica
Mesa de las tablas	I+E+Rc/2
San Antonio de la Osamenta	I+E+Rc/2
La Siberia	I+E+Rc/2
Mesa del Rosario	I+E+Rc/2
Laguna de Sánchez	I+E+Rc/2
Salaverna	I+E+Rc/2, I+Rc+Xh/2, E+Rc+Hh/2/PC

I: Litosol; Rc: Regosol calcárico; Xh: Xerosol háplico; E: Rendzima; Hh: Feozem háplico; PC: material petrocálcico; 2: clase textural media; Datos tomados de la representación cartográfica edafológica del INEGI (INEGI, 1998).

3.1.3. Geología

Las características geológicas presentes en las seis poblaciones evaluadas presentan rocas sedimentarias de la era mesozoica a excepción de la población Salaverna que presenta rocas sedimentarias de la era cenozoica (Cuadro 7) (INEGI, 1999).

Las rocas procedentes del cretácico superior están presentes en las poblaciones de Mesa de las tablas y Mesa del Rosario; del cretácico inferior en San Antonio de la Osamenta, La Siberia, Mesa del Rosario y Salaverna; del jurásico superior en San Antonio de la Osamenta, Laguna de Sánchez y Salaverna; del paleógeno solo la población Salaverna (Cuadro 7).

El tipo de roca presenta variaciones de conglomerado, caliza, caliza-lutita y lutita-arenisca, provenientes del periodo cretácico, jurásico y paleógeno; la población Mesa de las tablas presenta rocas de caliza-lutita, San Antonio de la Osamenta rocas de caliza y lutita-arenisca, La Siberia rocas de caliza, Mesa del Rosario rocas de caliza y caliza-lutita, Laguna de Sánchez rocas de lutita-arenisca y Salaverna rocas de caliza y conglomerado (Cuadro 7).

Cuadro 7. Formas geológicas de las poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini.

Población	Clave Geológica
Mesa de las tablas	Ks (cz-lu)
San Antonio de la Osamenta	Js (lu-ar), Ki (cz)
La Siberia	Ki (cz)
Mesa del Rosario	Ki (cz), Ks (cz-lu)
Laguna de Sánchez	Js (lu-ar)
Salaverna	Js (cz), Ki (cz), Ti (cg)

J: jurásico; K: cretácico; T: paleógeno; i: inferior; s: superior; cg: conglomerado; cz: caliza; cz-lu: caliza-lutita; lu-ar: lutita-arenisca; Datos tomados de la representación cartográfica Geológica del INEGI (INEGI, 1999).

3.1.4. Hidrología

Las poblaciones evaluadas en el sureste del Estado de Coahuila y noroeste del estado de Nuevo León se encuentran intrínsecamente en la Región hidrológica RH-24 Bravo-Conchos, en la cuenca Río Bravo-San Juan; la población San Antonio de la Osamenta, Mesa del Rosario y Laguna de Sánchez se integran a la subcuenca R. Monterrey, la población Mesa de las tablas a la subcuenca R. Pílon (Cuadro 8).

La población Siberia ubicada al sur del Estado de Nuevo León está incluida en la RH-26 Pánuco, en la cuenca Río Tamesí y subcuenca R. Guayalejo; al noreste del Estado de Zacatecas se encuentra ubicada la población Salaverna, la cual se encuentra incluida en la RH-36 Nazas-

Aguanaval y RH-37 El Salado, consecuentemente en las cuencas L. de Mayrán y Viesca, y Sierra de Rodríguez, y subcuencas L. de Viesca y Concepción del Oro (Cuadro 8).

Las poblaciones ubicadas al sureste del Estado de Coahuila y noroeste del Estado de Nuevo León están inmersas en un rango del 0.1-0.2 % en la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) Cumbres de Monterrey; la población Siberia ubicada al sur del Estado de Nuevo León está inmersa en un 0.01 % respecto a la RHP Río Tamesí; la población Salaveran ubicada al noreste del Estado de Zacatecas no se encuentra inmersa dentro de ninguna RHP (Cuadro 8).

Cuadro 8. Hidrología poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini.

Población	Superficie(ha)	RH	Cuenca	Subcuenca	RHP
Mesa de las Tablas	262.84	24	Río Bravo-San Juan	R. Monterrey	52
San Antonio de la Osamenta	631.92	24	Río Bravo-San Juan	R. Monterrey	52
La Siberia	120.16	26	Río Tamesí	R. Guayalejo	72
Mesa del Rosario	278.16	24	Río Bravo-San Juan	R. Monterrey	52
Laguna de Sánchez	199.97	24	Río Bravo-San Juan	R. Monterrey	52
Salaverna	2301.42	36	L. de Mayrán y Viesca	L. de Viesca	
		37	Sierra de Rodríguez	C. del Oro	

ha: Hectárea; RH: Región Hidrológica; RHP: Región Hidrológica Prioritaria; 24: RH no. 24 Bravo-Conchos; 26: RH no. 26 Pánuco; 36: RH no. 36 Nazas-Aguanaval; 37: RH no. 37 El salado.

3.1.5. Topografía

El conjunto de formas del terreno asociados a los patrones estructurales en las poblaciones evaluadas está conformado principalmente por serranías, y valles en menos proporción, principalmente para la población evaluada en el noreste del Estado de Zacatecas; todas las poblaciones presentan una morfología montañosa a excepción de la población Laguna de Sánchez y Salaverna que presentan una porción de valles montañosos (INEGI, 2000).

La población Mesa de las tablas está formada por una sierra plegada-flexionada; presenta pendientes abruptas (> 45 %), siendo la pendiente máxima evaluada del 80 % y mínima de 30 %.

La población San Antonio de la Osamenta está formada por una Sierra Plegada-Flexionada; presenta pendientes abruptas (> 45 %), siendo la pendiente máxima evaluada del 70 % y mínima de 26 %.

La población La Siberia está formada por una Sierra compleja; presenta pendientes abruptas (> 45 %), siendo la pendiente máxima evaluada del 51 % y mínima de 14 %. La población Mesa del Rosario está formada por una Sierra Plegada-Flexionada; presenta pendientes abruptas (> 45 %), siendo la pendiente máxima evaluada del 92 % y mínima de 30 %.

La población Laguna de Sánchez está formada por una Sierra Plegada-Flexionada con valles montañosos; presenta pendientes abruptas (> 45 %), siendo la pendiente máxima evaluada del 86 % y mínima de 46 %.

La población Salaverna está formada por una Sierra plegada, Sierra compleja y valles de laderas tendidas; presenta pendientes abruptas (> 45 %), siendo la pendiente máxima evaluada del 59 % y mínima de 7 %.

3.1.6. Vegetación

Las poblaciones presentan vegetación xerófila, a excepción de la población La Siberia que presenta vegetación arbustiva de pie de monte de latifolios deciduos; presentan las siguientes asociaciones: bosque de pino-encino, bosque de coníferas y de latifoliadas, bosque mesofilo de montaña (población al sur del Estado de Nuevo León) y vegetación semidesértica con arbustos latifoliados siempreverdes y deciduos, con dominancia de *agave lechuguilla* (población al noreste del Estado de Zacatecas) (INEGI, 1994).

3.2. Método de muestreo

3.2.1. Diseño de muestreo

El tipo de muestreo utilizado para evaluar las seis poblaciones fue un muestreo sistemático con un punto inicial aleatorio.

El muestreo sistemático permite ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio, permitiendo así detectar variaciones espaciales en la comunidad.

Se evaluaron seis sitios en cada una de las poblaciones, a excepción de Laguna de Sánchez donde se evaluaron siete sitios; se levantaron sitios de forma circular, con una

superficie de 500 m² de forma perpendicular a la pendiente, siendo estos sitios semi-permanentes; se evaluó la regeneración utilizando sitios circulares concéntricos de 100 m², tomando dato de toda aquella especie leñosa mayor a 30 cm de altura.

3.2.2. Variables dasométricas evaluadas

Se evaluó toda especie leñosa intrínseca en los sitios de muestreo; se determinó para cada individuo las siguientes variables dasométricas:

Altura total: se mide la distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol para cada árbol utilizando el clinómetro, en caso de la regeneración, árboles o arbustos de porte menor se utiliza una cinta métrica

Diámetro basal: se mide la circunferencia a 30 cm por encima del nivel del suelo de todas las especies leñosas.

Diámetro de copa: se mide la copa foliar del árbol de cada individuo, trazando radios en dirección a los cuatro puntos cardinales.

Diámetro normal: se mide la circunferencia a 1.30 m por encima del nivel del suelo de toda aquella especie leñosa arbórea.

Especie: se identifica en campo por el nombre científico, nombre común o en su caso se asigna una clave de referencia para posteriormente identificarlas por fuentes bibliográficas y herbario.

Género: para el caso de *Pinus johannis* se identifica en cada unidad de muestreo todo individuo por su orientación sexual, clasificándolos por macho y hembra.

3.3. Caracterización Estructural

Las variables o parámetros estructurales que unifique una importancia ecológica en la estructura de la vegetación, se obtuvieron a través del ordenamiento en su disposición horizontal y vertical, que posteriormente fueron unificados a través de índices ecológicos que permitan establecer un predominio ecológico.

Se analizó la abundancia, dominancia, frecuencia absoluta y relativa en su componente horizontal a través del índice de valor de importancia (I.V.I.) (Melo & Vargas, 2003).

El componente vertical fue analizado a través del Índice A de Pretzsch absoluto y relativo, evitando así establecer criterios subjetivos al establecer el porcentaje de estratos, además de evaluar así la homogeneidad o heterogeneidad de cada piso o estrato.

Cada estrato se definió con este índice en base a la altura máxima alcanzada, estableciéndose los siguientes tres estratos: I comprendido del 80-100 %, donde el 100 % el equivalente al individuo más alto en la población, II con alturas de 50%-80% de la altura total registrada y estrato III de 0 a 50% (Pretzsch, 2009).

Se determinó el índice de esbeltez por especie (*P. johannis* por orientación sexual (macho y hembra)) en los estratos definidos por el Índice A de Pretzsch.

Para completar el estudio de la estructura vertical se realiza el análisis a través de la Posición sociológica absoluta y relativa, permitiendo así identificar aquellas especies que representen una importancia fitosociológica en los estratos evaluados; los parámetros evaluado son: valor fitosociológico (VF) y estrato inferior, medio y superior (definidos por el Índice A de Pretzsch).

La regeneración natural se analiza a través de una función de densidad gaussiana univariante, permitiendo así caracterizar el estado actual de la regeneración y el número esperado de plántulas (regeneración potencial) que debería presentar una determinada categoría diamétrica sobre la cual se establecería la regeneración (plántulas y juveniles) proporcionalmente con respecto al arbolado adulto.

El estado de la regeneración se normaliza a través de la curva de Liocourt (J invertida), ajustando la discontinuidad en la distribución por clases diamétricas del número de individuos por hectárea, permitiendo así denotar la densidad de regeneración esperada que debería existir proporcionalmente al número de individuos adultos.

El cálculo de las variables o parámetros estructurales de las seis poblaciones evaluadas de *Pinus johannis* se realizaron con las siguientes ecuaciones descritas:

Estructura Horizontal

- *Abundancia absoluta y relativa:*

$$Aa = \frac{n_i}{ha}$$

Donde:

Aa = abundancia absoluta.

n_i/ha = número de árboles por ha de la especie i .

$$Ar = \left(\frac{n_i}{N/ha} \right) 100$$

Donde:

Ar = abundancia relativa.

N/ha = número total de árboles por ha.

- *Dominancia absoluta y relativa (área basal y cobertura de copa):*

$$Da_i = \frac{g_i}{ha}$$

Donde:

Da_i = dominancia absoluta.

g_i / ha = área basal de cada especie i por ha.

$$Dr_i = \left(\frac{g_i/ha}{G/ha} \right) 100$$

Donde:

Dr_i = dominancia relativa.

G/ha = área basal total por ha.

$$D_i = \frac{Ab_i}{E}$$

Donde:

D_i = cobertura absoluta.

Ab_i = área de copa de la especie i .

E = la superficie (ha).

$$DR_i = \left(\frac{D_i}{\sum_{i=1..n} D_i} \right) 100$$

Donde:

DR_i = cobertura relativa de la especie i respecto a la cobertura.

D_i = cobertura absoluta.

– Frecuencia absoluta y relativa:

$$F_a = P_i / P_t$$

Donde:

F_a = frecuencia absoluta.

P_i = número de parcelas en que la especie i está presente.

P_t = número total de parcelas.

$$F_r = \frac{F_a^i}{\sum_{i=1}^n F_a}$$

Donde:

F_r = frecuencia relativa (%).

F_a = frecuencia absoluta.

i = especie i presente.

Estructura Vertical

- Índice A de Pretzsch absoluto y relativo:

$$A_a = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$$

Donde:

A_a = índice A de Pretzsch absoluto.

S = número de especies presentes.

Z = número de zonas de altura.

P_{ij} = porcentaje de especies en cada zona $p_{ij} = n_{i,j}/N$.

n_{ij} = número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j).

N = número total de individuos.

\ln = logaritmo natural.

$$A_r = \left(\frac{A}{A_{\max}} \right) 100$$

Donde:

A_r = Índice A de Pretzsch relativo.

A_{\max} = valor máximo Índice A de Pretzsch absoluto.

$$A_{\max} = \ln(S \cdot Z)$$

Donde:

S = número de especies presentes.

Z = número de zonas de altura.

Regeneración Natural

- Función univariante gaussiana:

$$FDug = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{D - X_0}{X_1} \right)^2 \right]$$

Donde:

FD_{ug} = función de densidad gaussiana univariante.

D = número total de individuos de la categoría de tamaño j .

X_0 = densidad en la que se encuentra el máximo número de plántulas o juveniles.

X_1 = valor que controla la amplitud de la función.

– Curva de Liocourt ajustada:

$$Y = ke^{-qx}$$

Donde:

Y = número balanceado de árboles por categoría diamétrica.

k = coeficiente de regresión que corresponde al origen de la curva (intercepto).

e = base de los logaritmos naturales (neperianos).

$-q$ = coeficiente de regresión que corresponde a la pendiente de la curva.

x = categoría diamétrica.

Análisis estructural de la Vegetación

– Índice de valor de importancia (I.V.I.):

$$IVI = Ar + Dr + Fr$$

Donde:

IVI = índice de valor de importancia.

A_r = abundancia relativa.

D_r = dominancia relativa.

F_r = frecuencia relativa.

– Índice de Esbeltez.

$$IE = \frac{H_m}{D_m}$$

Donde:

IE = índice de Esbeltez.

H_m = altura media en metros.

D_m : diámetro medio en metros.

– Posición sociológica absoluta y relativa:

$$Psa = [(VF_i)(n_i)] + [(VF_m)(n_m)] + [(VF_s)(n_s)]$$

Donde:

PSa = posición sociológica absoluta.

n = número de individuos de cada especie.

i : inferior; m : medio; s : superior.

VF = valor fitosociológico del sub-estrato.

$$VF = n/N$$

Siendo:

n = número de individuos del sub-estrato;

N = número total de individuos de todas las especies.

$$PSr = \frac{Psa}{\sum_{i=1}^n Psa}$$

Donde:

PSr : posición sociológica relativa

PSa = posición sociológica absoluta.

3.4. Análisis estadístico

El índice de Bray-Curtis es uno de los más ampliamente utilizados en la ecología cuantitativa, debido a que toma como parámetro principal la abundancia, evitando así que todos los valores presenten la misma importancia sin considerar si son abundantes o raras (Herrera, 2000).

Para encontrar las similitudes entre poblaciones evaluadas se realizó un análisis clúster, utilizando como variables principales el índice de valor de importancia, índice de esbeltez y posición sociológica de cada población en grupos donde las variables fueron similares entre si y muy disimilares al resto; los parámetros utilizados son: el Índice de Bray-Curtis y el método de aglomeración completo.

4. RESULTADOS

4.1. Estructura de Poblaciones

4.1.1. Estructura Horizontal

Abundancia

La población que presentó mayor abundancia fue Mesa de las Tablas en Arteaga, Coahuila, con 426 individuos ha^{-1} ; al agrupar las especies, la especie que demostró tener mayor abundancia fue *Pinus johannis* con 348 individuos ha^{-1} equivalente a una abundancia relativa del 81.69 %; el 18.31 % de abundancia relativa restante se reparte entre las especies de *Pseudotsuga menziesii* con 34 individuos ha^{-1} (7.98 %), *Pinus pseudostrobus* 32 individuos ha^{-1} (7.51 %), *Pinus cembroides* 11 individuos ha^{-1} (2.58 %) y *Quercus laeta* 1 individuo ha^{-1} (0.23 %) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Abundancia población de *Pinus johannis*; Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Especie	Abundancia absoluta†	Abundancia relativa*
<i>Pinus johannis</i>	348	81.69
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	34	7.98
<i>Pinus pseudostrobus</i>	32	7.51
<i>Pinus cembroides</i>	11	2.58
<i>Quercus laeta</i>	1	0.23
Total	426	100

†: Individuos ha^{-1} ; *: Expresado en porcentaje (%).

En el Estado de Nuevo León de las cuatro poblaciones de *Pinus johannis* distribuidas en su territorio, la población de Laguna de Sánchez presenta la mayor abundancia (324 individuos ha^{-1}), siendo esta la segunda del conjunto de poblaciones evaluadas en el noreste de México, después de la población de Mesa de las Tablas en Arteaga, Coahuila.

Pinus johannis presenta una abundancia relativa del 73.77 % con 239 individuos ha^{-1} ; las especies leñosas asociadas: *Pinus pseudostrobus* 66 individuos ha^{-1} (20.37 %), *Pinus cembroides* 13 individuos ha^{-1} (4.01 %) y *Quercus laeta* 6 individuos ha^{-1} (1.85 %) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Abundancia población de *Pinus johannis*; Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

Especie	Abundancia absoluta†	Abundancia relativa*
<i>Pinus johannis</i>	239	73.77
<i>Pinus pseudostrobus</i>	66	20.37
<i>Pinus cembroides</i>	13	4.01
<i>Quercus laeta</i>	6	1.85
Total	324	100

†: Individuos ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

La tercera población con mayor abundancia fue San Antonio de la Osamenta en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León (277 individuos ha⁻¹); con 157 individuos ha⁻¹ y una abundancia relativa equivalente al 56.68 %, *Pinus johannis* es la especie con mayor abundancia, seguida de *Pinus cembroides* con 105 individuos ha⁻¹ (37.91 %), *Pinus pseudostrobus* 9 individuos ha⁻¹ (3.25 %) y *Quercus laeta* 6 individuos ha⁻¹ (2.17 %) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Abundancia población de *Pinus johannis*; San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.

Especie	Abundancia absoluta†	Abundancia relativa*
<i>Pinus johannis</i>	157	56.68
<i>Pinus cembroides</i>	105	37.91
<i>Pinus pseudostrobus</i>	9	3.25
<i>Quercus laeta</i>	6	2.17
Total	277	100

†: Individuos ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

Con menos especies leñosas asociadas, la población Salaverna ubicada en una porción del municipio de Mazapil y Concepción del Oro, Zacatecas es la cuarta con mayor abundancia presente (263 individuos ha⁻¹); *Pinus johannis* presenta 233 individuos ha⁻¹ equivalente al 88.59 y *Pinus cembroides* 30 individuos ha⁻¹ (11.41 %) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Abundancia población de *Pinus johannis*; Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Especie	Abundancia absoluta†	Abundancia relativa*
<i>Pinus johannis</i>	233	88.59
<i>Pinus cembroides</i>	30	11.41
Total	263	100

†: Individuos ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

La población Mesa del Rosario cuenta con la mayor cantidad de especies asociadas de porte leñoso (6), sin embargo es la quinta población considerando su abundancia con 209 individuos ha⁻¹; *Pinus johannis* presenta 109 individuos ha⁻¹ con una abundancia relativa del 52.15 %, *Quercus laeta* 39 individuos ha⁻¹ (18.66 %), *Pinus greggii* 26 individuos ha⁻¹ (12.44 %), *Pinus pseudostrobus* 15 individuos ha⁻¹ (7.18 %), *Pinus cembroides* 10 individuos ha⁻¹ (4.78 %) y *Juniperus erythrocarpa* 10 individuos ha⁻¹ (4.78 %) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Abundancia población de *Pinus johannis*; Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.

Especie	Abundancia absoluta†	Abundancia relativa*
<i>Pinus johannis</i>	109	52.15
<i>Pinus greggii</i>	26	12.44
<i>Quercus laeta</i>	39	18.66
<i>Pinus pseudostrobus</i>	15	7.18
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	10	4.78
<i>Pinus cembroides</i>	10	4.78
Total	209	100

†: Individuos ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

La población que presentó menos abundancia (144 individuos ha⁻¹) fue La Siberia en Zaragoza, Nuevo León; *Pinus johannis* domino con 92 individuos ha⁻¹ equivalente a una abundancia relativa del 63.89 %, *Pinus cembroides* 47 individuos ha⁻¹ (32.64 %) y *Pinus pinceana* 5 individuos ha⁻¹ (3.47 %) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Abundancia población de *Pinus johannis*; La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.

Especie	Abundancia absoluta†	Abundancia relativa*
<i>Pinus johannis</i>	92	63.89
<i>Pinus cembroides</i>	47	32.64
<i>Pinus pinceana</i>	5	3.47
Total	144	100

†: Individuos ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

Al agrupar las especies en cada una de las poblaciones evaluadas, se puede apreciar que solo una especie (*Pinus johannis*) define la estructura de la comunidad vegetal en función de su abundancia, aportando más del 50 % del total de individuos; la más baja 52.15 % en la población de Mesa del Rosario en Santiago, Nuevo León y la más alta 88.59 % en la población Salaverna en Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Considerando el conjunto de poblaciones evaluadas, la especie piñonera *Pinus johannis* aporta el 71.70 % de los individuos ha^{-1} , subsecuentemente otra especie piñonera, *Pinus cembroides* aporta el 13.15 % de los individuos ha^{-1} ; en menor proporción *Pinus pseudostrobus* (7.43 %), *Quercus laeta* (3.16 %), *Pseudotsuga menziesii* (2.07 %), *Pinus greggii* (1.58 %), *Juniperus erythrocarpa* (0.61 %) y *Pinus pinceana* (0.30 %), teniendo en cuenta que estas especies no están presentes de forma continua en todas las poblaciones, a excepción de *Pinus johannis* y *Pinus cembroides* (Figura 3 y 4) (Cuadro 15).

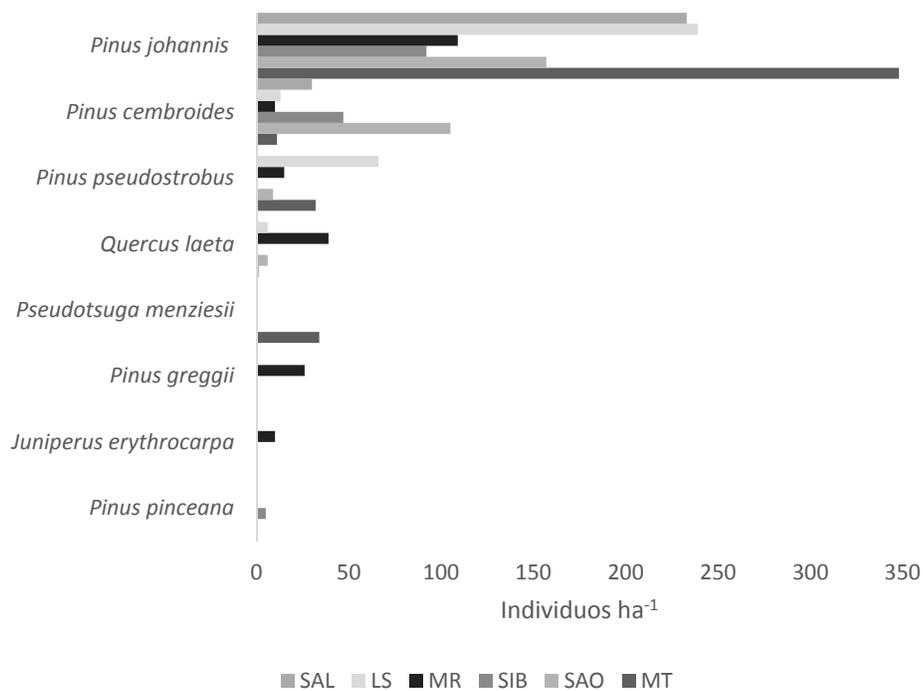


Figura 3. Número de individuos ha^{-1} por población evaluada; SAL: Salaverna; LS: Laguna de Sánchez; MR: Mesa del Rosario; SIB: Siberia; SAO: San Antonio de la Osamenta; MT: Mesa de las Tablas.

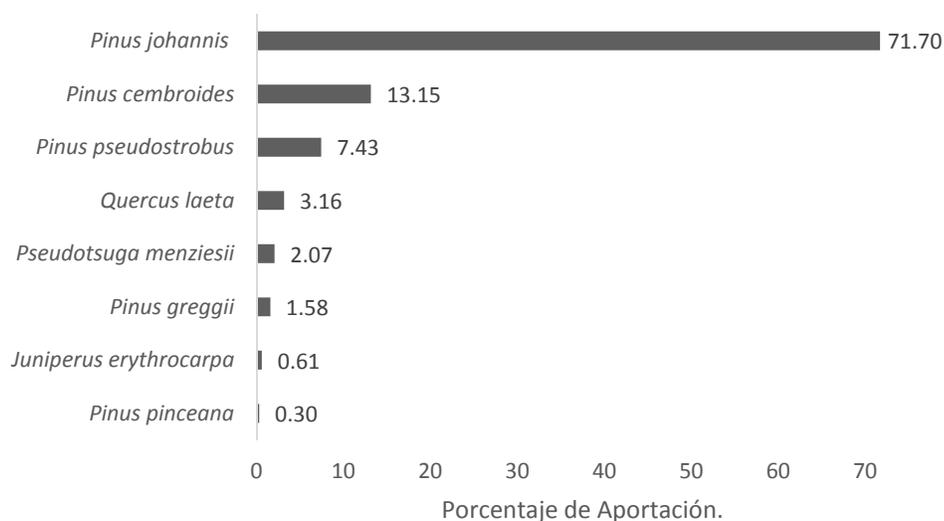


Figura 4. Porcentaje de aportación en número de individuos ha⁻¹ por especie considerando el conjunto de poblaciones evaluadas.

Cuadro 15. Porcentaje y número de individuos ha⁻¹ en cada población.

Especie	MT	SAO	SIB	MR	LS	SAL	Total	%
<i>Pinus pinceana</i>	0	0	5	0	0	0	5	0.30
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	0	0	0	10	0	0	10	0.61
<i>Pinus greggii</i>	0	0	0	26	0	0	26	1.58
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	34	0	0	0	0	0	34	2.07
<i>Quercus laeta</i>	1	6	0	39	6	0	52	3.16
<i>Pinus pseudostrobus</i>	32	9	0	15	66	0	122	7.43
<i>Pinus cembroides</i>	11	105	47	10	13	30	216	13.15
<i>Pinus johannis</i>	348	157	92	109	239	233	1178	71.70
Total	426	277	144	209	324	263	1643	100

SAL: Salaverna; LS: Laguna de Sánchez; MR: Mesa del Rosario; SIB: Siberia; SAO: San Antonio de la Osamenta; MT: Mesa de las Tablas.

Dominancia

La dominancia absoluta y relativa fue expresada por los valores de área basal (m² ha⁻¹); la población con el valor de área basal más alto fue Mesa del Rosario con 4.4062 m² ha⁻¹; en secuencia descendente las poblaciones restante obtuvieron los valores de área basal de 3.9375 m² ha⁻¹ (Laguna de Sánchez), 3.8703 m² ha⁻¹ (Mesa de las Tablas), 3.7031 m² ha⁻¹ (San Antonio de la Osamenta), 2.9820 m² ha⁻¹ (Salaverna) y 1.6798 m² ha⁻¹ (La Siberia).

La especie más dominante en Mesa del Rosario fue *Pinus greggii* con un área basal del 1.4270 m² ha⁻¹ equivalente al 32.39 % de dominancia relativa, posteriormente *Pinus johannis* es la segunda especie más dominante con 1.1402 m² ha⁻¹ (25.88 %), seguida de *Quercus laeta* 1.0255 m² ha⁻¹ (23.27 %), *Pinus pseudostrobus* 0.7019 m² ha⁻¹ (15.93 %), *Juniperus erythrocarpa* 0.0952 m² ha⁻¹ (2.16 %) y *Pinus cembroides* 0.0164 m² ha⁻¹ (0.37 %) (Cuadro 16).

Cuadro 16. Dominancia población de *Pinus johannis*; Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.

Especie	Dominancia Absoluta†	Dominancia Relativa*
<i>Pinus greggii</i>	1.4270	32.39
<i>Pinus johannis</i>	1.1402	25.88
<i>Quercus laeta</i>	1.0255	23.27
<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.7019	15.93
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	0.0952	2.16
<i>Pinus cembroides</i>	0.0164	0.37
Total	4.4062	100

†: m² ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

En la población Laguna de Sánchez, *Pinus pseudostrobus* presentó un área basal de 2.4358 m² ha⁻¹ (61.86 %), siendo la especie con mayor dominancia seguida de *Pinus johannis* con 1.0797 m² ha⁻¹ (27.42 %), *Quercus laeta* 0.3600 m² ha⁻¹ (9.14 %) y *Pinus cembroides* 0.0620 m² ha⁻¹ (1.57 %) (Cuadro 17).

Cuadro 17. Dominancia población de *Pinus johannis*; Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

Especie	Dominancia Absoluta†	Dominancia Relativa*
<i>Pinus pseudostrobus</i>	2.4358	61.86
<i>Pinus johannis</i>	1.0797	27.42
<i>Quercus laeta</i>	0.3600	9.14
<i>Pinus cembroides</i>	0.0620	1.57
Total	3.9375	100

†: m² ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

Considerando la dominancia relativa, *Pinus johannis* es la especie con mayor dominancia en la población de Mesa de las Tablas, presenta un área basal de 1.8622 m² ha⁻¹ equivalente al 48.12 % de la dominancia relativa total de la población; en segundo lugar se encuentra *Pinus pseudostrobus* con un área basal de 1.0329 m² ha⁻¹ (26.69 %).

Partiendo de lo anterior las especies con menor dominancia fueron *Pseudotsuga menziesii* 0.8012 m² ha⁻¹ (20.70 %), *Quercus laeta* 0.0962 m² ha⁻¹ (2.49 %) y *Pinus cembroides* 0.0777 m² ha⁻¹ (2.01 %) (Cuadro 18).

Cuadro 18. Dominancia población de *Pinus johannis*; Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Especie	Dominancia Absoluta†	Dominancia Relativa*
<i>Pinus johannis</i>	1.8622	48.12
<i>Pinus pseudostrobus</i>	1.0329	26.69
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.8012	20.70
<i>Quercus laeta</i>	0.0962	2.49
<i>Pinus cembroides</i>	0.0777	2.01
Total	3.8703	100

†: m² ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

En San Antonio de la Osamenta solo dos especies representan una dominancia bien marcada con respecto a las dos restantes; en primer lugar se encuentra *Pinus johannis* con un área basal de 1.6646 m² ha⁻¹ que representa el 44.95 % de la dominancia relativa y *Pinus cembroides* respectivamente con 1.6155 m² ha⁻¹ (43.63 %); *Pinus pseudostrobus* presenta un área basal de 0.3186 m² ha⁻¹ (8.60 %) y *Quercus laeta* 0.1044 m² ha⁻¹ (2.82%) (Cuadro 19).

Cuadro 19. Dominancia población de *Pinus johannis*; San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.

Especie	Dominancia Absoluta†	Dominancia Relativa*
<i>Pinus johannis</i>	1.6646	44.95
<i>Pinus cembroides</i>	1.6155	43.63
<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.3186	8.60
<i>Quercus laeta</i>	0.1044	2.82
Total	3.7031	100

†: m² ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

De las seis poblaciones evaluadas, Salaverna es la única que presenta solo dos especies leñosas asociadas, de las cuales *Pinus johannis* representa el 92.12 % de la dominancia relativa con un área basal de 2.7471 m² ha⁻¹ y *Pinus cembroides* 7.88 % de dominancia relativa correspondiente a un área basal de 0.2349 m² ha⁻¹ (Cuadro 20).

Cuadro 20. Dominancia población de *Pinus johannis*; Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Especie	Dominancia Absoluta†	Dominancia Relativa*
<i>Pinus johannis</i>	2.7471	92.12
<i>Pinus cembroides</i>	0.2349	7.88
Total	2.9820	100

†: m² ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

La población con menor dominancia absoluta y relativa fue La Siberia, donde *Pinus johannis* fue la especie dominante presentando un área basal de 1.2012 m² ha⁻¹ (71.50 %), seguido de *Pinus cembroides* 0.4552 m² ha⁻¹ (27.10 %) y *Pinus pinceana* 0.0235 m² ha⁻¹ (1.40 %) (Cuadro 21).

Cuadro 21. Dominancia población de *Pinus johannis*; La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.

Especie	Dominancia Absoluta†	Dominancia Relativa*
<i>Pinus johannis</i>	1.2012	71.50
<i>Pinus cembroides</i>	0.4552	27.10
<i>Pinus pinceana</i>	0.0235	1.40
Total	1.6798	100

†: m² ha⁻¹; *: Expresado en porcentaje (%).

En relación a la dominancia *Pinus johannis* es la especie que presenta mayor dominancia absoluta y relativa en las poblaciones Mesa de las Tablas, San Antonio de la Osamenta, Salaverna y La Siberia; en las poblaciones Mesa del Rosario donde domina *Pinus greggii* y Laguna de Sánchez con dominancia de la especie *Pinus pseudostrobus*, *Pinus johannis* es una especie codominante ocupando el segundo lugar en dominancia absoluta y relativa.

Considerando al conjunto de poblaciones evaluadas, *Pinus johannis* representa el 44.56 % de la dominancia total, aportando 9.6949 m² ha⁻¹ de área basal; *Pinus cembroides* que es la única especie que se asocia en todas las poblaciones aporta únicamente el 11.31 % siendo la tercera especie con mayor dominancia, ya que *Pinus pseudostrobus* presente únicamente en cuatro poblaciones aporta el 20.63 %, siendo esta especie la segunda dominante (Figura 5) (Cuadro 22).

Lo anterior refiere a que *Pinus johannis* como especie dominante o codominante en relación al área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), tiene una importante aportación ecológica a la estructura de la comunidad vegetal en función de su dominancia (Figura 6) (Cuadro 22).

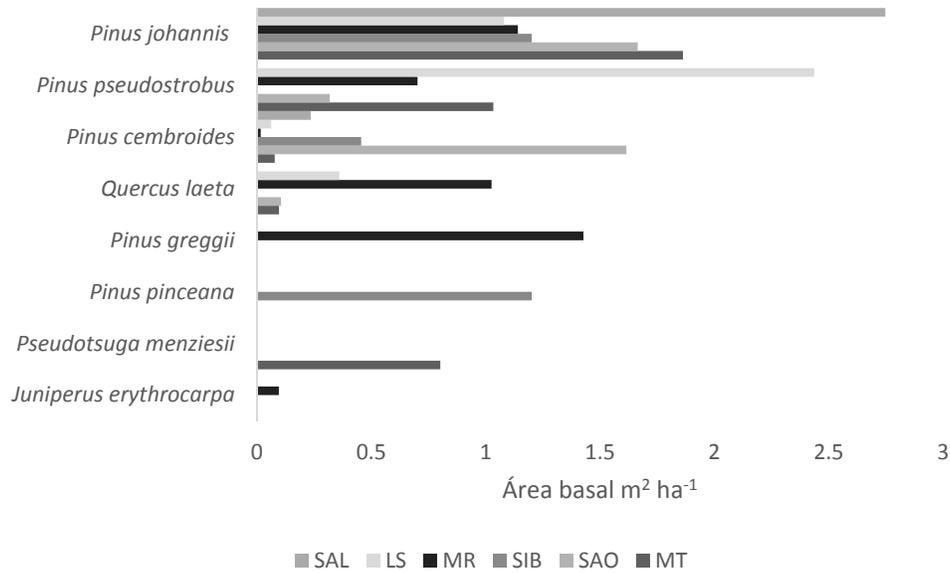


Figura 5. Área basal $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ por población evaluada; SAL: Salaverna; LS: Laguna de Sánchez; MR: Mesa del Rosario; SIB: Siberia; SAO: San Antonio de la Osamenta; MT: Mesa de las Tablas.

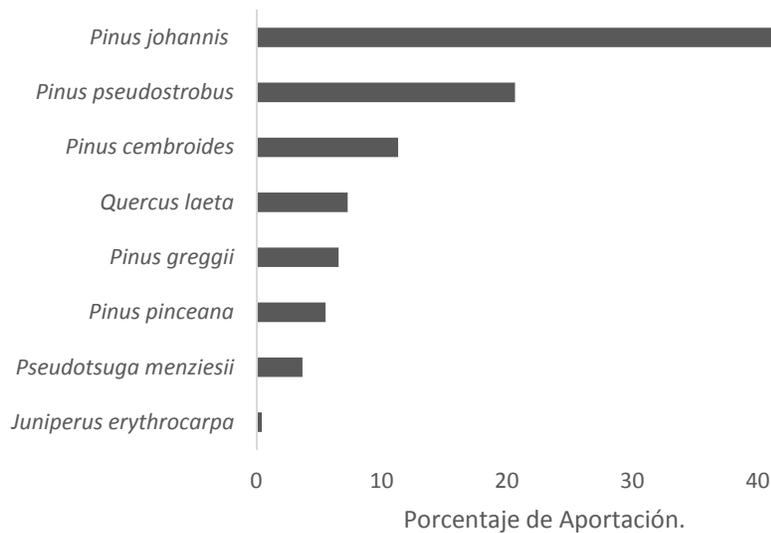


Figura 6. Porcentaje de aportación en área basal $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ por especie considerando el conjunto de poblaciones evaluadas.

Cuadro 22. Porcentaje y área basal m² ha⁻¹ en cada población.

Especie	MT	SAO	SIB	MR	LS	SAL	Total	%
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	0	0	0	0.095	0	0	0.0952	0.44
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.801	0	0	0	0	0	0.801	3.68
<i>Pinus pinceana</i>	0	0	1.201	0	0	0	1.201	5.52
<i>Pinus greggii</i>	0	0	0	1.427	0	0	1.427	6.56
<i>Quercus laeta</i>	0.096	0.104	0	1.026	0.360	0	1.586	7.29
<i>Pinus cembroides</i>	0.078	1.616	0.455	0.016	0.062	0.235	2.462	11.31
<i>Pinus pseudostrobus</i>	1.033	0.317	0	0.702	2.435	0	4.489	20.63
<i>Pinus johannis</i>	1.862	1.665	1.201	1.140	1.080	2.747	9.695	44.56
Total	3.870	3.703	2.856	4.406	3.936	2.982	21.757	100

SAL: Salaverna; LS: Laguna de Sánchez; MR: Mesa del Rosario; SIB: Siberia; SAO: San Antonio de la Osamenta; MT: Mesa de las Tablas.

Frecuencia

De las diez especies leñosas evaluadas en las seis poblaciones de *Pinus johannis*, las especies con mayor frecuencia absoluta fueron *Pinus johannis* (52.66 %), *Pinus cembroides* (19.53 %) y *Pinus pseudostrobus* (13.61 %), seguidos de *Quercus laeta* (5.33 %), *Pinus greggii* (3.55 %), *Pseudotsuga menziesii* (2.37 %), *Juniperus erythrocarpa* (1.78 %) y *Pinus pinceana* (1.18 %) (Cuadro 23).

Considerando las especies más abundantes (*Pinus johannis*, *Pinus cembroides* y *Pinus pseudostrobus*), y realizando un análisis estadístico en función de su frecuencia absoluta (presencia o ausencia), a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), donde el valor del estadístico calculado corresponde a $K = 30,02$, con un grado de significación estadística del 95 % ($p < 0,05$), siendo el valor de p para esta prueba estadística de $p < 0,0001$, se encontraron diferencias significativas en cuanto a su distribución.

Se formaron tres grupos, aquel donde solo una especie es la más dominante (C), la segunda (B) en la cual se encuentra la especie que tiene mayor asociación en toda la distribución con respecto a C y A donde se encuentran todas aquellas especies que estadísticamente difieren significativamente respecto a C en su distribución, siendo estas las de menor presencia (Cuadro 24).

Por lo anterior, el grupo C está conformado por *Pinus johannis*, el grupo B por *Pinus cembroides* y el Grupo A por las especies *Pinus pseudostrabus*, *Quercus laeta*, *Pinus greggii*, *Pseudotsuga menziesii*, *Juniperus erythrocarpa* y *Pinus pinceana* (Cuadro 24).

Cuadro 23. Porcentaje y frecuencia absoluta por especie en cada población.

Especie	MT	SAO	SIB	MR	LS	SAL	Total	%
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	0	0	0	3	0	0	3	1.78
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	4	0	0	0	0	0	4	2.37
<i>Pinus pinceana</i>	0	0	2	0	0	0	2	1.18
<i>Pinus greggii</i>	0	0	0	6	0	0	6	3.55
<i>Quercus laeta</i>	1	2	0	5	1	0	9	5.33
<i>Pinus cembroides</i>	2	10	11	2	4	4	33	19.53
<i>Pinus pseudostrabus</i>	8	2	0	6	7	0	23	13.61
<i>Pinus johannis</i>	11	17	21	14	13	13	89	52.66
Total	26	31	34	36	25	17	169	100

SAL: Salaverna; LS: Laguna de Sánchez; MR: Mesa del Rosario; SIB: Siberia; SAO: San Antonio de la Osamenta; MT: Mesa de las Tablas.

Cuadro 24. Comparación entre especies por su frecuencia absoluta.

Especie	Medias	Grupos
<i>Pinus pinceana</i>	0.50 ± 1.22	A
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	0.67 ± 1.63	A
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.33 ± 0.82	A
<i>Pinus greggii</i>	1.00 ± 2.45	A
<i>Quercus laeta</i>	1.50 ± 1.87	A B
<i>Pinus pseudostrabus</i>	5.50 ± 3.99	A B
<i>Pinus cembroides</i>	3.83 ± 3.60	B C
<i>Pinus johannis</i>	14.83 ± 3.60	C

Medias: valor de media aritmética ± desviación estándar de la frecuencia absoluta.

Índice de Valor de Importancia (I.V.I.).

La unificación de los parámetros de abundancia, dominancia y frecuencia de las diferentes especies permite expresar a través del índice de valor de importancia el valor ecológico que puede presentar una especie.

Para facilitar la interpretación de la contribución ecológica de estos tres parámetros unificados por el índice de valor de importancia, se presentan los resultados obtenidos para la población Mesa de las Tablas (Cuadro 25), San Antonio de la Osamenta (Cuadro 26), La Siberia (Cuadro 27), Mesa del Rosario (Cuadro 28), Laguna de Sánchez (Cuadro 29) y Salaverna (Cuadro 30).

Aa: Abundancia absoluta; Ar: Abundancia relativa; Da: Dominancia absoluta; Dr: Dominancia relativa; Fa: Frecuencia absoluta; Fr: Frecuencia relativa; IVI: Índice de valor de Importancia.

Cuadro 25. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Especie	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
<i>Pinus johannis</i>	348	81.69	1.8622	48.12	11	42.31	57.37
<i>Pinus pseudostrobus</i>	32	7.51	1.0329	26.69	8	30.77	21.66
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	34	7.98	0.8012	20.70	4	15.38	14.69
<i>Pinus cembroides</i>	11	2.58	0.0777	2.01	2	7.69	4.09
<i>Quercus laeta</i>	1	0.23	0.0962	2.49	1	3.85	2.19
Total	426	100	3.8703	100	26	100	100

Cuadro 26. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.

Especie	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
<i>Pinus johannis</i>	157	56.68	1.6646	44.95	17	54.84	52.16
<i>Pinus cembroides</i>	105	37.91	1.6155	43.63	10	32.26	37.93
<i>Pinus pseudostrobus</i>	9	3.25	0.3186	8.60	2	6.45	6.10
<i>Quercus laeta</i>	6	2.17	0.1044	2.82	2	6.45	3.81
Total	277	100	3.7031	100	31	100	100

Cuadro 27. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.

Especie	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
<i>Pinus johannis</i>	92	63.89	1.2012	71.50	21	61.76	65.72
<i>Pinus cembroides</i>	47	32.64	0.4552	27.10	11	32.35	30.70
<i>Pinus pinceana</i>	5	3.47	0.0235	1.40	2	5.88	3.58
Total	144	100	1.6798	100	34	100	100

Cuadro 28. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.

Especie	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
<i>Pinus johannis</i>	109	52.15	1.1402	25.88	14	38.89	38.97
<i>Pinus greggii</i>	26	12.44	1.4270	32.39	6	16.67	20.50
<i>Quercus laeta</i>	39	18.66	1.0255	23.27	5	13.89	18.61
<i>Pinus pseudostrobus</i>	15	7.18	0.7019	15.93	6	16.67	13.26
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	10	4.78	0.0952	2.16	3	8.33	5.09
<i>Pinus cembroides</i>	10	4.78	0.0164	0.37	2	5.56	3.57
Total	209	100	4.4062	100	36	100	100

Cuadro 29. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

Especie	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
<i>Pinus johannis</i>	239	73.77	1.0797	27.42	13	52	51.06
<i>Pinus pseudostrobus</i>	66	20.37	2.4358	61.86	7	28	36.74
<i>Pinus cembroides</i>	13	4.01	0.0620	1.57	4	16	7.20
<i>Quercus laeta</i>	6	1.85	0.3600	9.14	1	4	5.00
Total	324	100	3.9375	100	25	100	100

Cuadro 30. Aportación de los parámetros al IVI total de cada especie; población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Especie	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
<i>Pinus johannis</i>	233	88.59	2.7471	92.12	13	76.47	85.73
<i>Pinus cembroides</i>	30	11.41	0.2349	7.88	4	23.53	14.27
Total	263	100	2.9820	100	17	100	100

La especie que presenta mayor importancia ecológica en términos de energía (energía fijada como fitomasa), es *Pinus johannis* en las seis poblaciones evaluadas en el noreste de México.

En cinco poblaciones contribuye más del 50 % del valor de importancia, solo en la población Mesa del Rosario representa del total el 38.97 % del valor de importancia, destacando que las especies restantes de la población aportan valores ecológicos de 20.50 % (*Pinus greggii*), 18.61 % (*Quercus laeta*), 13.26 % (*Pinus pseudostrobus*) y las especies restantes valores ecológicos menos representativos; esta población presenta una distribución de los valores ecológicos más equitativos con respecto a las otras poblaciones.

Los valores altos de abundancia y frecuencia relativa denotan que *Pinus johannis* presenta una distribución horizontal continua; los valores altos con respecto a la dominancia relativa aportan una importante participación ecológica en términos de energía (fitomasa); las poblaciones donde *Pinus johannis* presenta menor aportación en dominancia relativa son Laguna de Sánchez y Mesa del Rosario, esto no denota que no tenga una aportación ecológica significativa.

Los valores bajos en dominancia relativa y valores altos en frecuencia relativa y abundancia relativa que presenta en las poblaciones de Laguna de Sánchez y Mesa del Rosario, define que es una especie adaptada y que tiene buena respuesta a la condiciones del medio ambiente; relacionado a esto, esta los altos valores de correlación que presenta el índice de valor de importancia con respecto los factores abióticos de pendiente y edafología, cuyo coeficiente de correlación es de -0.8035 (pendiente) y 0.8364 (edafología) (Cuadro 61) (Apéndice 13).

Respecto a la única especie que se asocia a *Pinus johannis* en todas las poblaciones, *Pinus cembroides* presenta valores ecológicos bajos, a excepción de la población de San Antonio de la Osamenta y La Siberia con una aportación ecológica del 37.93 % y 30.70 % respectivamente; sus bajos valores en abundancia, dominancia y frecuencia relativa en las cuatro poblaciones restantes, denota que es una especie que no tiene un importancia ecológica significativa, siendo su mayor aportación ser una especie indicadora de asociación en toda la distribución de las poblaciones de *Pinus johannis* (Cuadro 24).

Las especies *Juniperus erythrocarpa*, *Pinus pseudostrobus*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus greggii*, *Pinus pinceana* y *Quercus laeta* presentar bajos valores de importancia ecológica; sus bajos valores de abundancia, dominancia y frecuencia absoluta indican que la especie *Pinus johannis* tiene mayor aportación ecológica (fitomasa); la baja abundancia y asociación (presencia o ausencia) en su distribución (Cuadro 24) con *Pinus johannis* es un factor determinante en su bajo valor de importancia.

4.1.2. Estructura Vertical

Índice A de Pretzsch

Las especies evaluadas en la población Mesa de las Tablas presentaron un índice A de 0.82 equivalente a un A_{rel} del 30.19 % y un A_{max} de 2.71; este resultado denota que existe una diferenciación dimensional en cuanto a la distribución de las especies en los diferentes estratos, indicando que *Pinus johannis* ejerce una dominancia sobre el resto de las especies, no porque se distribuya en los tres estratos uniformemente o presente la altura dominante, sino por que domina con 347 individuos ha^{-1} en el estrato III (Cuadro 31).

Esta población está conformada principalmente por *Pinus johannis* en el estrato inferior (III), ya que el postulado de Pretzsch indica que cuando A este más cercano a cero ($A = 0$) la población está conformada por solo una especie ubicada dentro de una sola zona de altura.

Las especies dominantes en altura fueron *Pinus pseudostrobus*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus johannis* (Estrato I); la especie con menor representación en cuanto altura (1.84 m) fue *Pinus johannis* en el estrato III; en el estrato II únicamente se presentaron dos especies, *Pinus pseudostrobus* y *Pseudotsuga menziesii*, las cuales presenta alturas uniformemente equitativas; *Quercus laeta* con menos individuos ha^{-1} es la especie más alta en el estrato III (Cuadro 31).

Cuadro 31. Distribución vertical de especies; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Estrato	%	Especie	Ind ha^{-1}	IAa	IAr	Hp	%	IVI
I	100 - 80	<i>Pinus pseudostrobus</i>	2	0.03	0.93	15.37	0.47	3.88
		<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	0.03	0.93	13.92	0.47	2.96
		<i>Pinus johannis</i>	1	0.01	0.52	13.36	0.23	1.47
II	80 - 50	<i>Pinus pseudostrobus</i>	11	0.09	3.49	10.62	2.58	8.54
		<i>Pseudotsuga menziesii</i>	12	0.10	3.71	10.70	2.82	8.25
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	347	0.17	6.17	1.84	81.46	55.91
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	19	0.14	5.12	3.68	4.46	9.24
		<i>Pinus cembroides</i>	11	0.09	3.49	2.38	2.58	4.09
		<i>Pseudotsuga menziesii</i>	20	0.14	5.30	3.61	4.69	3.48
		<i>Quercus laeta</i>	1	0.01	0.52	5.80	0.23	2.19
		Total	426	0.82	30.19		100	100

Ind ha^{-1} : Individuos ha^{-1} ; IAa: Índice A de Pretzsch absoluto; IAr: Índice A de Pretzsch relativo; Hp: Altura promedio en metros; IVI: Índice de valor de importancia; %: contribución en porcentaje de los individuos ha^{-1} .

La población San Antonio de la Osamenta presentó un índice A de 1.25 que representa un A_{rel} de 50.18 % y un A_{max} de 2.71; en cuanto a la diversidad de alturas, por el porcentaje relativo obtenido en A_{rel} , la población presenta una uniformidad media denotado principalmente por la dominancia de *Pinus johannis* con 148 individuos ha^{-1} (53.43 %) y *Pinus cembroides* 84 individuos ha^{-1} (30.32 %) (Cuadro 32).

Las especies dominantes en altura fueron *Pinus cembroides* (13.30, 8.37 m) y *Pinus johannis* (12.90, 8.01 m) en el estrato I y II; en el estrato II *Pinus pseudostrobus* (7.95 m) domina junto con las dos especies dominantes en el estrato I y II, su dominancia en altura se ve presente en el estrato III (4.39 m); en el estrato III *Pinus johannis* es la especie menos representativa en cuanto altura (2.92 m), siendo superada por *Pinus cembroides* (3.90 m) y *Quercus laeta* (3.51 m) (Cuadro 32).

La uniformidad media en cuanto alturas indica que la asociación de las especies en los diferentes estratos esta equitativamente distribuida, aun así la población San Antonio de la Osamenta está conformada principalmente por las especies *Pinus johannis* y *Pinus cembroides* en el estrato III, especies dominantes en una zona de altura en cuanto al número de individuos ha^{-1} , siendo esta su mayor aportación sin considerar su dominancia en altura en los diferentes estratos donde el número de individuos ha^{-1} es menor.

Cuadro 32. Distribución vertical de especies; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Ind ha^{-1}	IAa	IAR	Hp	%	IVI
I	100 - 80	<i>Pinus cembroides</i>	1	0.02	0.82	13.30	0.36	4.09
		<i>Pinus johannis</i>	2	0.04	1.43	12.90	0.72	2.57
II	80 - 50	<i>Pinus cembroides</i>	20	0.19	7.64	8.37	7.22	12.81
		<i>Pinus johannis</i>	7	0.09	3.74	8.01	2.53	10.02
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	2	0.04	1.43	7.95	0.72	3.61
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	148	0.33	13.48	2.92	53.43	39.57
		<i>Pinus cembroides</i>	84	0.36	14.56	3.90	30.32	21.03
		<i>Quercus laeta</i>	6	0.08	3.34	3.51	2.17	3.81
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	7	0.09	3.74	4.39	2.53	2.49
Total			277	1.25	50.18		100	100

Ind ha^{-1} : Individuos ha^{-1} ; IAa: Índice A de *Pretzsch* absoluto; IAR: Índice A de *Pretzsch* relativo; Hp: Altura promedio en metros; IVI: Índice de valor de importancia; %: contribución en porcentaje de los individuos ha^{-1} .

La Siberia es la única población donde se presentó mejor uniformidad respecto a la distribución de alturas en los diferentes estratos; presentó un índice A de 1.43 equivalente a un A_{rel} de 65.13 % y un A_{max} de 2.20; la uniformidad se ve presente debido a que *Pinus johannis* y *Pinus cembroides* dominan en cuanto alturas y número de individuos ha^{-1} en el estrato II y III.

La población está conformada principalmente por el estrato inferior y medio, donde *Pinus johannis* domina en el estrato inferior (III) 63 individuos ha^{-1} y medio (II) 28 individuos ha^{-1} , siendo la especie que tiene mayor representación sobre las dos zonas de altura; la presencia de *Pinus cembroides* en el estrato III con 34 individuos ha^{-1} contribuye a la uniformidad de la población en cuanto a la distribución de alturas, asociado a que estas dos especies son las más altas; *Pinus pinceana* es la especie menos representativa en las diferentes zonas de altura (Cuadro 33).

Cuadro 33. Distribución vertical de especies; Población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Ind ha^{-1}	IAa	IAR	Hp	%	IVI
I	100 - 80	<i>Pinus cembroides</i>	1	0.03	1.57	7.52	0.69	3.19
		<i>Pinus johannis</i>	1	0.03	1.57	6.41	0.69	2.09
II	80 - 50	<i>Pinus johannis</i>	28	0.32	14.49	4.49	19.44	28.77
		<i>Pinus cembroides</i>	12	0.21	9.42	4.33	8.33	12.04
		<i>Pinus pinceana</i>	1	0.03	1.57	4.75	0.69	1.56
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	63	0.36	16.46	2.61	43.75	34.85
		<i>Pinus cembroides</i>	34	0.34	15.51	2.08	23.61	15.47
		<i>Pinus pinceana</i>	4	0.10	4.53	1.80	2.78	2.02
Total			144	1.43	65.13		100	100

Ind ha^{-1} : Individuos ha^{-1} ; IAa: Índice A de *Pretzsch* absoluto; IAR: Índice A de *Pretzsch* relativo; Hp: Altura promedio en metros; IVI: Índice de valor de importancia; %: contribución en porcentaje de los individuos ha^{-1} .

Mesa del Rosario presentó una uniformidad media con un índice A de 1.68 equivalente a un A_{rel} de 55.05 % y un A_{max} de 2.89; la población está conformada por el estrato inferior (III), siendo la especie dominante en cuanto número de individuos ha^{-1} *Pinus johannis* con 107 individuos ha^{-1} , seguido de *Quercus laeta* 30 individuos ha^{-1} , *Pinus greggii* 20 individuos ha^{-1} y *Pinus cembroides* en conjunto con *Juniperus erythrocarpa* 10 individuos ha^{-1} (Cuadro 34).

El estrato I y II no son representativos en cuanto al número de individuos ha^{-1} , por lo cual las especies distribuidas en estos estratos no definen el estado sucesional de la población, a diferencia del estrato III donde se encuentra la mayor presencia de individuos, expresando así que las especies *Pinus johannis* (51.20 %), *Quercus laeta* (14.35 %) y *Pinus greggii* (9.4 %), dominan solo una zona de altura, siendo la primer especie la que conforma la dominancia vertical de la población, aun cuando esta no presente individuos con alturas dominantes (Cuadro 34).

La especie dominante en altura fue *Pinus greggii* (13.13 m) en el estrato I; en el estrato II *Pinus greggii* es la especie más alta (10.70 m) seguida de *Pinus pseudostrobus* (9.72 m), *Quercus laeta* (8 m) y *Pinus johannis* (7.90 m); el estrato III está dominado en altura por *Pinus greggii* (4.38 m) y *Quercus laeta* (4.37 m), seguidos de *Pinus pseudostrobus* (3.29 m), *Pinus johannis* (3.23 m), *Juniperus erythrocarpa* (2.63 m) y *Pinus cembroides* (2.43 m) (Cuadro 34).

Cuadro 34. Distribución vertical de especies; Población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Ind ha^{-1}	IAa	IAR	Hp	%	IVI
I	100 - 80	<i>Pinus greggii</i>	3	0.06	2.00	13.13	1.44	6.12
II	80 - 50	<i>Pinus pseudostrobus</i>	9	0.14	4.45	9.72	4.31	9.05
		<i>Pinus greggii</i>	3	0.06	2.00	10.70	1.44	6.70
		<i>Quercus laeta</i>	9	0.14	4.45	8.00	4.31	5.93
		<i>Pinus johannis</i>	2	0.04	1.46	7.90	0.96	2.93
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	107	0.34	11.26	3.23	51.20	36.04
		<i>Quercus laeta</i>	30	0.28	9.15	4.37	14.35	12.68
		<i>Pinus greggii</i>	20	0.22	7.38	4.38	9.57	7.68
		<i>Juniperus erythrocarpa</i>	10	0.15	4.78	2.63	4.78	5.09
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	6	0.10	3.35	3.29	2.87	4.21
		<i>Pinus cembroides</i>	10	0.15	4.78	2.45	4.78	3.57
Total			209	1.68	55.05		100	100

Ind ha^{-1} : Individuos ha^{-1} ; IAa: Índice A de Pretzsch absoluto; IAR: Índice A de Pretzsch relativo; Hp: Altura promedio en metros; IVI: Índice de valor de importancia; %: contribución en porcentaje de los individuos ha^{-1} .

La población Laguna de Sánchez presentó una diferenciación dimensional en cuanto a la distribución de las especies en los diferentes estratos; obtuvo un índice A de 0.85 que representa un A_{rel} de 34.22 % y un A_{max} de 2.48; los valores obtenidos reflejan que la distribución en cuanto a la equitatividad de número de individuos ha^{-1} en cada estrato es heterogénea estando alejado en un 65.78 % del A_{max} , lo que denota que solo *Pinus johannis* domina en una zona sola de altura, por lo cual A_{max} no se alcanza y la distribución homogénea de los individuos ha^{-1} en las diferentes zonas de altura no está presente (Cuadro 35).

Pinus johannis conforma la estructura vertical de la población, aún cuando no presente la altura dominante; presenta 239 individuos ha^{-1} en el estrato inferior (III) lo que indica que la población está dominada en altura por esta especie, siendo el número de individuos ha^{-1} que presenta en una sola zona de altura el principal factor (Cuadro 35).

La especie dominante en altura en los estratos I y II es *Pinus pseudostrobus* (19.35, 15 m); en el estrato III *Pinus pseudostrobus* es la especie más alta (9.60 m), seguida de *Pinus johannis* (6.60 m), *Pinus cembroides* (4.90 m) y *Quercus laeta* (4.30 m) (Cuadro 35).

Cuadro 35. Distribución vertical de especies; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Ind ha^{-1}	IAa	IAr	Hp	%	IVI
I	100 - 80	<i>Pinus pseudostrobus</i>	3	0.04	1.74	19.35	0.93	6.89
II	80 - 50	<i>Pinus pseudostrobus</i>	6	0.07	2.97	15.00	1.85	8.97
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	239	0.22	9.03	6.60	73.77	51.06
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	57	0.31	12.30	9.60	17.59	20.88
		<i>Pinus cembroides</i>	13	0.13	5.19	4.90	4.01	7.20
		<i>Quercus laeta</i>	6	0.07	2.97	4.30	1.85	5.00
Total			324	0.85	34.22			100

Ind ha^{-1} : Individuos ha^{-1} ; IAa: Índice A de *Pretzsch* absoluto; IAr: Índice A de *Pretzsch* relativo; Hp: Altura promedio en metros; IVI: Índice de valor de importancia; %: contribución en porcentaje de los individuos ha^{-1} .

La asociación de especies leñosas en cinco de las poblaciones varía entre cuatro y seis especies, la única población que presentó una asociación escasa fue Salaverna, presentando únicamente las especies de *Pinus johannis* y *Pinus cembroides*; el índice A obtenido en esta población fue de 0.38 equivalente a un A_{rel} de 21.18 % y un A_{max} de 1.79 (Cuadro 36).

Los resultados obtenidos denotan que existe diferenciación dimensional en cuanto a la distribución de las especies en los diferentes estratos; la diferenciación está dada principalmente a que *Pinus johannis* con 232 individuos ha⁻¹ equivalente a un 88.21 % de la población total, es la especie que conforma la población siendo el estrato inferior (III) el dominante; la no equitatividad de la distribución de individuos ha⁻¹ en las diferentes zonas de altura, esta diferenciada en un 78.82 % con respecto a A_{max} , lo cual indica que solo una especie domina en una zona de altura (Cuadro 36).

Pinus johannis es la especie que presentó mayor altura en la población (12.12 m), siendo la única con distribución en el estrato I; en el estrato II es nula la presencia de especies; con respecto al estrato III, la especie que presentó mayor altura fue *Pinus cembroides* (2.45 m), aunque solo representa el 11.41 % de la población total con 30 individuos ha⁻¹, *Pinus johannis* presentó una altura de 2.12 m, teniendo menor dominancia en altura con respecto a *Pinus cembroides* (Cuadro 36).

Cuadro 36. Distribución vertical de especies; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Estrato	%	Especie	Ind ha ⁻¹	IAa	IAR	Hp	%	IVI
I	100 - 80	<i>Pinus johannis</i>	1	0.02	1.18	12.12	0.38	2.26
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	232	0.11	6.17	2.12	88.21	83.46
		<i>Pinus cembroides</i>	30	0.25	13.82	2.45	11.41	14.27
Total			263	0.38	21.18		100	100

Ind ha⁻¹: Individuos ha⁻¹; IAa: Índice A de *Pretzsch* absoluto; IAR: Índice A de *Pretzsch* relativo; Hp: Altura promedio en metros; IVI: Índice de valor de importancia; %: contribución en porcentaje de los individuos ha⁻¹.

Posición sociológica

El valor fitosociológico calculado para cada estrato refleja la importancia de aquellas especies que en su composición vertical presentan mayor número de individuos en el estrato inferior (III) o igual a la de los estratos I y II (Acosta *et al.*, 2006).

La posición sociológica del conjunto de especies indicó la expansión vertical que presentan las especies en los diferentes estratos o zonas de altura, considerando el número de individuo ha⁻¹; este índice confirmó la importancia ecológica que tiene cada especie en los diferentes estratos en los cuales se distribuye en valores absolutos y relativos.

Aún cuando los valores fitosociológicos fueron altos en el estrato inferior (III) para todas las especies asociadas con *Pinus johannis* en las seis poblaciones evaluadas, esta especie resultó ser la que contribuye más a las comunidades vegetales en las cuales se distribuye; sus valores relativos en cuanto a la posición sociológica en las seis poblaciones aportan más del 50 % de la conformación vertical de las poblaciones.

Con los altos valores de posición sociológica relativa (conjunción de los tres estratos) *Pinus johannis* aun cuando carezca de dominancia en altura, por su dominancia sociológica en el estrato inferior es la especie más importante, la cual contribuye a la conformación vertical de las especies leñosas de las poblaciones evaluadas, ya que los bajos valores obtenidos en las especies leñosas asociadas no garantizan una continuidad en la masa forestal de las poblaciones estudiadas.

La influencia de la abundancia en número de individuos ha^{-1} que ejerce *Pinus johannis* sobre las especies leñosas asociadas, puede deberse principalmente a la composición y heterogeneidad en edades, ya que *Pinus johannis* es una especie de lento crecimiento; Wier (2011) explica que estas especies, en particular los pinos piñoneros pueden alcanzar una longevidad de 100 hasta 450 años, durante los cuales aún presentarían escasa dominancia apical, en algunos casos puede que hasta la edad de 100 años empiecen a producir sus primeros conos.

Lo anterior precisa que las especies que presenten mayor altura no son las especies más importantes, dominantes o las que definan la masa forestal, ya que una especie con poca dominancia apical puede representar una comunidad vegetal mejor por su aportación a la continuidad sucesional, debido a su capacidad de adaptación que le hace no sobrepasar el estrato inferior.

Los resultados de los valores fitosociológicos y de posición sociológica relativa y absoluta obtenidas para *Pinus johannis* y las especies leñosas asociadas se presentan en los Cuadros 37 (Mesa de las Tablas), 38 (San Antonio de la Osamenta), 39 (La Siberia), 40 (Mesa del Rosario), 41 (Laguna de Sánchez) y 42 (Salaverna) para cada población evaluada.

PSA: Posición sociológica absoluta; PSR: Posición sociológica relativa; N*: número total de individuos de todas las especies; N†: número total de individuos de toda la especie; n: número de individuos del sub-estrato; Vf: Valor fitosociológico.

Cuadro 37. Posición sociológica absoluta y relativa; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Especie	Estrato de Altura						PSA	PSR	N†
	III		II		I				
	n/N*	Vf	n/N*	Vf	n/N*	Vf			
<i>Pinus johannis</i>	347	9	0	1	1	1	3243	86.56	348
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	20	9	12	1	2	1	201	5.36	34
<i>Pinus pseudostrobus</i>	19	9	11	1	2	1	191	5.09	32
<i>Pinus cembroides</i>	11	9	0	1	0	1	103	2.74	11
<i>Quercus laeta</i>	1	9	0	1	0	1	9	0.25	1
Total	398		23		5		3746	100	426

Cuadro 38. Posición sociológica absoluta y relativa; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.

Especie	Estrato de Altura						PSA	PSR	N†
	III		II		I				
	n/N*	Vf	n/N*	Vf	n/N*	Vf			
<i>Pinus johannis</i>	148	9	7	1	0	1	1316	59.83	155
<i>Pinus cembroides</i>	84	9	20	1	1	1	765	34.76	105
<i>Pinus pseudostrobus</i>	7	9	2	1	2	1	66	3.00	11
<i>Quercus laeta</i>	6	9	0	1	0	1	53	2.41	6
Total	245		29		3		2200	100	277

Cuadro 39. Posición sociológica absoluta y relativa; Población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.

Especie	Estrato de Altura						PSA	PSR	N†
	III		II		I				
	n/N*	Vf	n/N*	Vf	n/N*	Vf			
<i>Pinus johannis</i>	63	7	28	3	1	1	523	63.18	92
<i>Pinus cembroides</i>	34	7	12	3	1	1	274	33.08	47
<i>Pinus pinceana</i>	4	7	1	3	0	1	31	3.74	5
Total	101		41		2		827	100	144

Cuadro 40. Posición sociológica absoluta y relativa; Población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.

Especie	Estrato de Altura						PSA	PSR	N†
	III		II		I				
	n/N*	Vf	n/N*	Vf	n/N*	Vf			
<i>Pinus johannis</i>	107	9	2	1	0	1	939	57.59	109
<i>Quercus laeta</i>	30	9	9	1	0	1	273	16.72	39
<i>Pinus greggii</i>	20	9	3	1	3	1	181	11.13	26
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	10	9	0	1	0	1	88	5.37	10
<i>Pinus cembroides</i>	10	9	0	1	0	1	88	5.37	10
<i>Pinus pseudostrobus</i>	6	9	9	1	0	1	62	3.83	15
Total	183		23		3		1631	100	209

Cuadro 41. Posición sociológica absoluta y relativa; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

Especie	Estrato de Altura						PSA	PSR	N†
	III		II		I				
	n/N*	Vf	n/N*	Vf	n/N*	Vf			
<i>Pinus johannis</i>	239	10	0	1	0	1	2324	75.65	239
<i>Pinus pseudostrobus</i>	57	10	6	1	3	1	563	18.34	66
<i>Pinus cembroides</i>	13	10	0	1	0	1	126	4.11	13
<i>Quercus laeta</i>	6	10	0	1	0	1	58	1.90	6
Total	315		6		3		3072	100	324

Cuadro 42. Posición sociológica absoluta y relativa; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Especie	Estrato de Altura						PSA	PSR	N†
	III		II		I				
	n/N*	Vf	n/N*	Vf	n/N*	Vf			
<i>Pinus johannis</i>	232	10	0	1	1	1	2312	88.55	233
<i>Pinus cembroides</i>	30	10	0	1	0	1	299	11.45	30
Total	262		0		1		2611	100	263

Índice de Esbeltez

Los resultados obtenidos en la población mesa de las tablas denotaron que todas las especies presentan un índice de esbeltez admisible, los cuales están por debajo de un coeficiente de esbeltez ($IE < 100$) de 100 (Serrada, 2008), lo cual indica que en su composición (relación altura – diámetro basal) vertical los individuos denotan ser una masa forestal resistente a daños mecánicos por factores abióticos.

La mayoría de las especies tiene una relación estable en cuanto a la relación altura y diámetro basal (h/db), a excepción de *Pinus johannis* en el estrato I con un índice de esbeltez de 106.88 superando el coeficiente de esbeltez $IE < 100$, lo cual indica que además de ser un individuo frágil en ese estrato, presenta una desproporción en cuando h/db, haciéndolo más susceptible a daños mecánicos (Cuadro 43).

Pinus johannis presenta un índice de esbeltez estable (30.51) en el estrato III, ostentado en que tiene una buena relación proporcional h/db, indicando que es una especie que presenta un óptimo desarrollo en el estrato inferior (III) en esta población(Figura 7) (Cuadro 43).

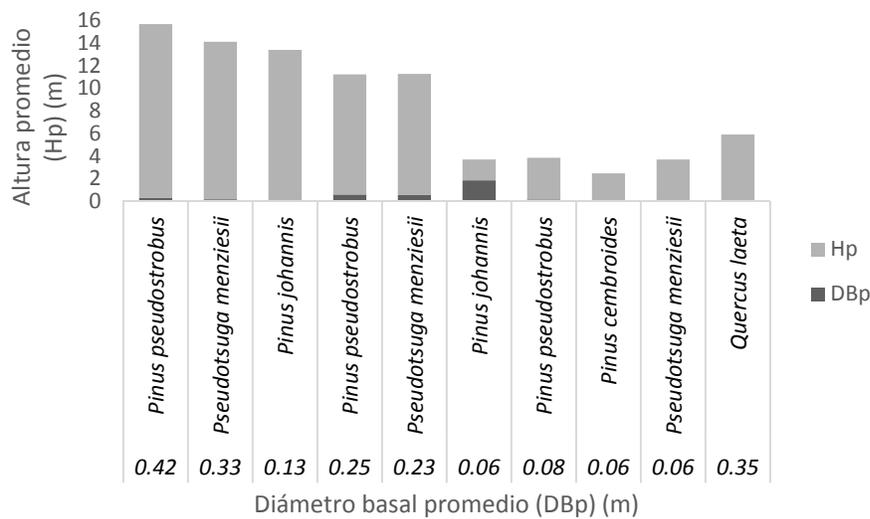


Figura 7. Relación altura-diámetro basal; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila. DBp disminuye cuando Hp aumenta.

Cuadro 43. Índice de esbeltez; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Estrato	%	Especie	Ind ha ⁻¹	Hp (m)	DBp (m)	IE
I	100 - 80	<i>Pinus pseudostrabus</i>	2	15.37	0.42	36.86
		<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	13.92	0.33	42.31
		<i>Pinus johannis</i>	1	13.36	0.13	106.88
II	80 - 50	<i>Pinus pseudostrabus</i>	11	10.62	0.25	41.71
		<i>Pseudotsuga menziesii</i>	12	10.70	0.23	46.79
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	347	1.84	0.06	30.51
		<i>Pinus pseudostrabus</i>	19	3.68	0.08	48.04
		<i>Pinus cembroides</i>	11	2.38	0.06	39.73
		<i>Pseudotsuga menziesii</i>	20	3.61	0.06	64.70
		<i>Quercus laeta</i>	1	5.80	0.35	16.57

Ind ha⁻¹: Individuos ha⁻¹; Hp: altura promedio; DBp: diámetro basal promedio; IE: índice de esbeltez.

El índice de esbeltez que presentaron las especies de la población San Antonio de la Osamenta cumplen con el criterio $IE < 100$, por lo cual se considera una masa estable y proporcional en cuanto a su relación h/db ; las especies que presentaron mayor IE, fueron *Pinus johannis* en el estrato I con un $IE = 53.28$ y *Pinus cembroides* en el estrato III con un $IE = 52.28$; estas especies presentaron una buena relación en cuanto a su altura promedio y el diámetro basal en los estratos II y III (Figura 8) (Cuadro 44)

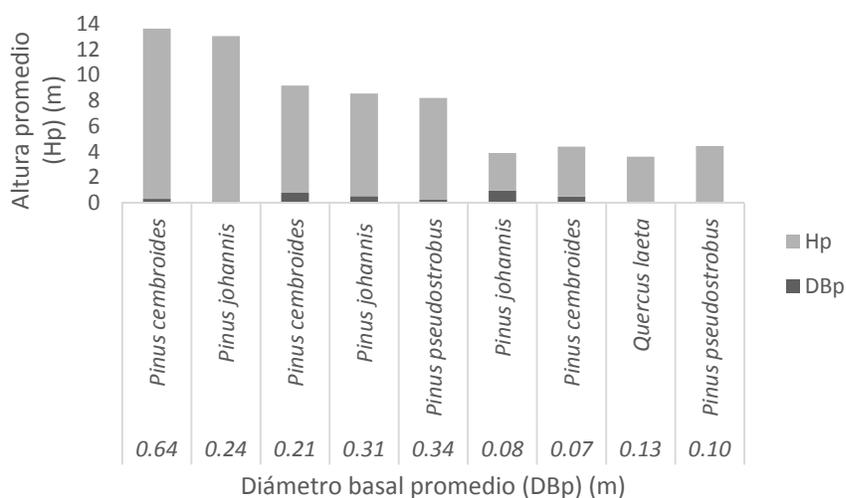


Figura 8. Relación altura-diámetro basal; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León. DBp disminuye cuando Hp aumenta.

Cuadro 44. Índice de esbeltez; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Ind ha ⁻¹	Hp (m)	DBp (m)	IE
I	100 - 80	<i>Pinus cembroides</i>	1	13.30	0.64	20.78
		<i>Pinus johannis</i>	2	12.90	0.24	53.28
II	80 - 50	<i>Pinus cembroides</i>	20	8.37	0.21	40.28
		<i>Pinus johannis</i>	7	8.01	0.31	25.44
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	2	7.95	0.34	23.18
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	148	2.92	0.08	38.30
		<i>Pinus cembroides</i>	84	3.90	0.07	52.28
		<i>Quercus laeta</i>	6	3.51	0.13	26.45
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	7	4.39	0.10	44.21

Ind ha⁻¹: Individuos ha⁻¹; Hp: altura promedio; DBp: diámetro basal promedio; IE: índice de esbeltez.

La Siberia presentó especies con índice de esbeltez menores a 50 en los diferentes estratos, por lo cual cumplen con el criterio de $IE < 100$, considerándose una masa estable y proporcional en cuanto a su relación h/db ; las especies que presentaron mayor IE fueron, *Pinus pinceana* con un $IE = 42.06$ y *Pinus cembroides* con un $IE = 34.96$, ambas en el estrato III, en el estrato II únicamente *Pinus cembroides* con un $IE = 31.67$; *Pinus johannis* obtiene un valor alto de esbeltez en el estrato III con un $IE = 29.86$, y presenta una buena relación en cuanto a su altura promedio y el diámetro basal en los estratos II y III (Figura 9) (Cuadro 45).

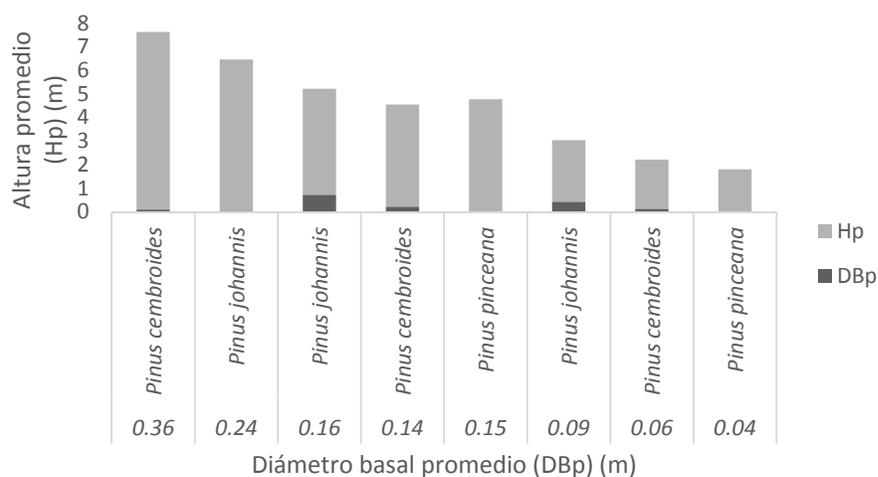


Figura 9. Relación altura-diámetro área basal; La Siberia, Zaragoza, Nuevo León. DBp disminuye cuando Hp aumenta.

Cuadro 45. Índice de esbeltez; Población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Ind ha ⁻¹	Hp (m)	DBp (m)	IE
I	100 - 80	<i>Pinus cembroides</i>	1	7.52	0.36	21.12
		<i>Pinus johannis</i>	1	6.41	0.24	26.93
II	80 - 50	<i>Pinus johannis</i>	28	4.49	0.16	27.25
		<i>Pinus cembroides</i>	12	4.33	0.14	30.11
		<i>Pinus pinceana</i>	1	4.75	0.15	31.67
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	63	2.61	0.09	29.86
		<i>Pinus cembroides</i>	34	2.08	0.06	34.96
		<i>Pinus pinceana</i>	4	1.80	0.04	42.06

Ind ha⁻¹: Individuos ha⁻¹; Hp: altura promedio; DBp: diámetro basal promedio; IE: índice de esbeltez.

En la población Mesa del Rosario las especies en el estrato I, II y III presentan un índice de esbeltez menor a 50; en el estrato III la única especie que presentó un IE mayor al promedio fue *Pinus cembroides* (IE = 60.95); el IE de *Pinus johannis* no presenta variación, ya que oscila entre 34 a 35 en el estrato II y III (Figura 10) (Cuadro 46).

Pinus johannis presenta buena relación en cuanto a su altura promedio y el diámetro basal en el estrato III, por el contrario en el estrato II su relación es muy baja debido al bajo número de individuos ha⁻¹ que presenta, manifestado ser una especie que no se desarrolla bien en estratos superiores en esta población (Figura 10) (Cuadro 46).

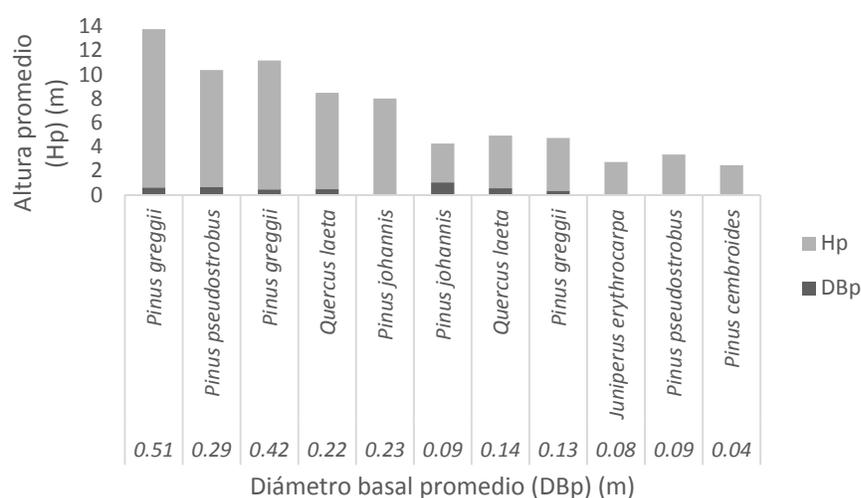


Figura 10. Relación altura-diámetro basal; Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León. DBp disminuye cuando Hp aumenta.

Cuadro 46. Índice de esbeltez; Población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Ind ha ⁻¹	Hp (m)	DBp (m)	IE
I	100 - 80	<i>Pinus greggii</i>	3	13.13	0.51	25.58
II	80 - 50	<i>Pinus pseudostrobus</i>	9	9.72	0.29	33.90
		<i>Pinus greggii</i>	3	10.70	0.42	25.28
		<i>Quercus laeta</i>	9	8.00	0.22	36.73
		<i>Pinus johannis</i>	2	7.90	0.23	35.03
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	107	3.23	0.09	34.25
		<i>Quercus laeta</i>	30	4.37	0.14	30.50
		<i>Pinus greggii</i>	20	4.38	0.13	34.54
		<i>Juniperus erythrocarpa</i>	10	2.63	0.08	32.75
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	6	3.29	0.09	38.71
		<i>Pinus cembroides</i>	10	2.45	0.04	60.95

Ind ha⁻¹: Individuos ha⁻¹; Hp: altura promedio; DBp: diámetro basal promedio; IE: índice de esbeltez.

Las especies asociadas presentes en Laguna de Sánchez presentaron un índice de esbeltez alto en el estrato inferior (III) y bajo en el estrato superior (I y II); en el estrato I y II *Pinus pseudostrabus* presentó un IE menor de 40; la especie que presentó bajo IE con fue *Quercus laeta* (IE = 15.93); en el estrato III *Pinus johannis* con el IE más alto de toda la población presentó un IE = 103.13, seguido de *Pinus pseudostrabus* con un IE = 87.11, *Pinus cembroides* IE = 68.92 y *Quercus laeta* IE = 15.93 (Cuadro 47).

La desproporción en la relación h/db que presenta *Pinus johannis*, se debe principalmente a sus bajos valores de diámetro basal; esta población fue la única que presentó alto valor en IE con respecto al estrato inferior (III) en relación a *Pinus johannis*, lo que asociado al alto valor de correlación (0.8364) que se obtuvo en el índice de valor de importancia para esta especie respecto a la edafología, indicaría que en esta población la especie está afectada por este factor ambiental en relación a su área basal ($m^2 ha^{-1}$), denotado en sus bajos valores de dominancia absoluta y relativa (Figura 11) (Cuadro 29 y 47).

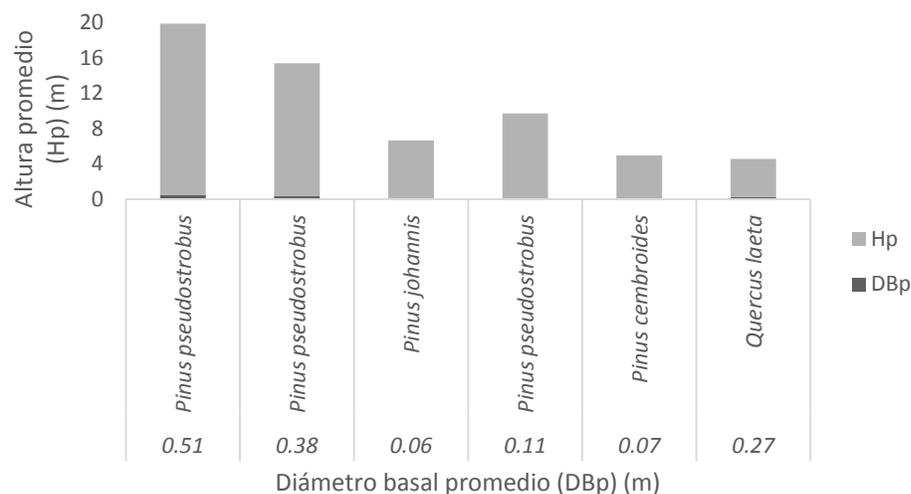


Figura 11. Relación altura-diámetro basal; Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León. DBp disminuye cuando Hp aumenta.

Cuadro 47. Índice de esbeltez; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Ind ha ⁻¹	Hp (m)	DBp (m)	IE
I	100 - 80	<i>Pinus pseudostrobus</i>	3	19.35	0.51	38.07
II	80 - 50	<i>Pinus pseudostrobus</i>	6	15.00	0.38	39.74
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	239	6.60	0.06	103.13
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	57	9.60	0.11	87.11
		<i>Pinus cembroides</i>	13	4.90	0.07	68.92
		<i>Quercus laeta</i>	6	4.30	0.27	15.93

Ind ha⁻¹: Individuos ha⁻¹; Hp: altura promedio; DBp: diámetro basal promedio; IE: índice de esbeltez.

La población Salaverna presentó un IE < 100, por lo que en su composición vertical los individuos presentan una buena relación en cuanto a su altura promedio y el diámetro basal en los estratos I y III, ya que en esta población no se presentó ningún individuo en el estrato II; *Pinus johannis* presentó un IE = 85.35 en el estrato I, siendo este individuo el que presenta mayor IE de la población; en el estrato III *Pinus cembroides* obtuvo un IE = 29.48 y *Pinus johannis* IE = 21.24 (Figura 12) (Cuadro 48).

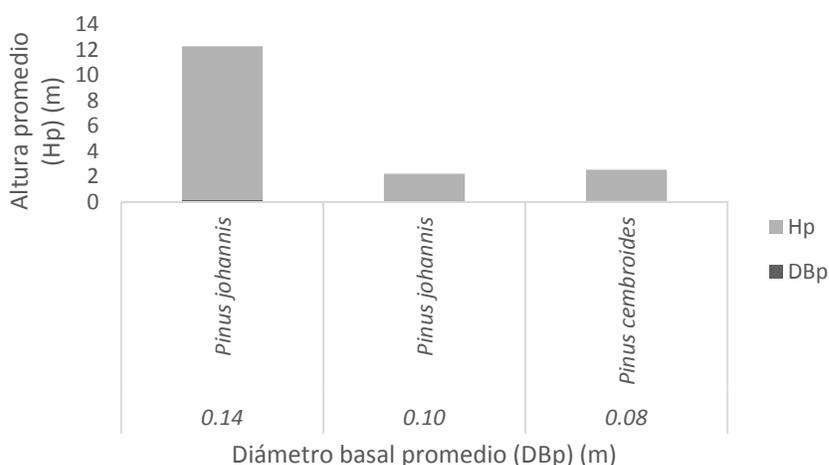


Figura 12. Relación altura-diámetro basal; Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas. DBp disminuye cuando Hp aumenta.

Cuadro 48. Índice de esbeltez; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Estrato	%	Especie	Ind ha ⁻¹	Hp (m)	DBp (m)	IE
I	100 - 80	<i>Pinus johannis</i>	1	12.12	0.14	85.35
III	0 - 50	<i>Pinus johannis</i>	232	2.12	0.10	21.24
		<i>Pinus cembroides</i>	30	2.45	0.08	29.48

Ind ha⁻¹: Individuos ha⁻¹; Hp: altura promedio; DBp: diámetro basal promedio; IE: índice de esbeltez.

4.1.3. Diferencias estructurales *Pinus johannis*

Las poblaciones evaluadas en el noreste de México denotaron que *Pinus johannis* es la especie que tiene mayor valor de importancia ecológica en la estructura de las comunidades vegetales en las cuales se distribuye; como especie dioica presenta individuos hembra y macho en sus poblaciones, por lo cual la aportación de cada uno contribuye en diferente proporción al valor ecológico total de la especie.

En la distribución horizontal, el individuo hembra domina en cuatro poblaciones (Mesa de las Tablas, Mesa del Rosario, Laguna de Sánchez y Salaverna), denotando por la mayor presencia de número de individuos ha^{-1} con diámetros basales mayores respecto al individuo macho; el individuo macho domino únicamente en dos poblaciones (San Antonio de la Osamenta y La Siberia), denotado principalmente por la presencia de individuos ha^{-1} con mayor diámetro basal con respecto al individuo hembra.

Respecto a la distribución vertical, el número de individuos ha^{-1} presente en los diferentes estratos fue el principal factor de contribución al valor ecológico de la especie; el individuo hembra domino en cinco poblaciones (Mesa de las Tablas, Mesa del Rosario, Laguna de Sánchez, San Antonio de la Osamenta y Salaverna), y el individuo macho solo en una (La Siberia); el área basal y altura no representan variables que definan la contribución ecológica principalmente, debido a que individuos de menor dominancia apical de *Pinus johannis* contribuyen mas a este parámetro estructural, y respecto a la hembra en las poblaciones que domina presenta poca dominancia en área basal.

En la población Mesa de las Tablas, *Pinus johannis* presenta el valor de importancia más alto (57.37 %) en el componente horizontal; de este porcentaje la hembra aporta el 33.38 % y el macho 23.99 %, siendo estos los más importantes; en la estructura vertical la especie aun cuando no es la más dominante en altura o representativa en todos los estratos tiene un valor sociológico de 86.56 %, aportando la hembra el 52.40 % y el macho 34.16 % (Cuadro 49) (Apéndice 7).

Cuadro 49. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Estrato	%	Especie	Hp (m)	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
I	100 - 80	<i>P. pseudostrobus</i>	15.37	2	0.47	0.28	7.32	1	3.85	3.88
		<i>Ps. menziesii</i>	13.92	2	0.47	0.18	4.56	1	3.85	2.96
		<i>P. johannis hembra</i>	13.36	1	0.23	0.01	0.32	1	3.85	1.47
II	80 - 50	<i>P. pseudostrobus</i>	10.62	11	2.58	0.59	15.33	2	7.69	8.54
		<i>Ps. menziesii</i>	10.70	12	2.82	0.55	14.25	2	7.69	8.25
III	0 - 50	<i>P. johannis hembra</i>	1.72	210	49.30	1.05	27.21	5	19.23	31.91
		<i>P. johannis macho</i>	1.96	137	32.16	0.80	20.59	5	19.23	23.99
		<i>P. pseudostrobus</i>	3.68	19	4.46	0.16	4.03	5	19.23	9.24
		<i>P. cembroides</i>	2.38	11	2.58	0.08	2.01	2	7.69	4.09
		<i>Ps. menziesii</i>	3.61	20	4.69	0.07	1.90	1	3.85	3.48
		<i>Q. laeta</i>	5.80	1	0.23	0.10	2.49	1	3.85	2.19
Total				426	100	3.87	100	26	100	100

Hp: Altura promedio; Aa: Abundancia absoluta; Ar: Abundancia relativa; Da: Dominancia absoluta; Dr: Dominancia relativa; Fa: Frecuencia absoluta; Fr: Frecuencia relativa; IVI: Índice de valor de Importancia.

El valor de importancia relativo obtenido en la estructura horizontal de la población San Antonio de la Osamenta fue de 52.16 %, aportando la hembra 24.78 % y el macho 27.37 %; considerando a la especie como individuos separados, su valor de importancia es menor con respecto al *Pinus cembroides*, el cual presentó un valor de importancia relativo de 37.93 % (Cuadro 50).

Sociológicamente del 59.92 % obtenido en la estructura vertical, el macho aporta el 21.68 % y la hembra el 38.24 %; el individuo macho tiene la menor contribución sociológica en los diferentes estratos, siendo sobrepasado por *Pinus cembroides* con un valor sociológico de 34.76 %; la baja presencia de individuos ha⁻¹ en el estrato III del individuo macho es el principal factor de su baja aportación (Apéndice 8).

Cuadro 50. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Hp (m)	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
I	100 - 80	<i>P. cembroides</i>	13.30	1	0.36	0.32	8.69	1	3.23	4.09
		<i>P. johannis macho</i>	12.90	2	0.72	0.14	3.75	1	3.23	2.57
II	80 - 50	<i>P. cembroides</i>	8.37	20	7.22	0.80	21.53	3	9.68	12.81
		<i>P. johannis macho</i>	8.62	6	2.17	0.45	12.19	3	9.68	8.01
		<i>P. pseudostrobus</i>	7.95	2	0.72	0.25	6.88	1	3.23	3.61
		<i>P. johannis hembra</i>	7.40	1	0.36	0.09	2.42	1	3.23	2.00
III	0 - 50	<i>P. johannis hembra</i>	2.35	95	34.30	0.54	14.68	6	19.35	22.78
		<i>P. cembroides</i>	3.90	84	30.32	0.50	13.41	6	19.35	21.03
		<i>P. johannis macho</i>	3.48	53	19.13	0.44	11.89	6	19.35	16.79
		<i>Q. laeta</i>	3.51	6	2.17	0.10	2.82	2	6.45	3.81
		<i>P. pseudostrobus</i>	4.39	7	2.53	0.06	1.72	1	3.23	2.49
Total				277	100	3.70	100	31	100	100

Hp: Altura promedio; Aa: Abundancia absoluta; Ar: Abundancia relativa; Da: Dominancia absoluta; Dr: Dominancia relativa; Fa: Frecuencia absoluta; Fr: Frecuencia relativa; IVI: Índice de valor de Importancia.

En La Siberia el valor de importancia relativo obtenido por *Pinus johannis* fue de 65.72 %, aportando el 23.39 % la hembra y el 42.33 el macho; al contrario de la población San Antonio de la Osamenta, en esta el individuo hembra es la que menos contribuye a valor de importancia ecológico de la especie, siendo superado por *Pinus cembroides* con un valor de importancia de 30.70 % (Cuadro 51).

En la estructura vertical la posición sociológica total de *Pinus johannis* fue de 63.19 %, aportando el 21.65 % la hembra y el 41.84 % el macho; *Pinus cembroides* presentó un valor relativo sociológico (33.08 %) más importante que el individuo hembra (Apéndice 9).

Cuadro 51. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Hp (m)	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
I	100 - 80	<i>P. cembroides</i>	7.52	1	0.69	0.10	5.93	1	2.94	3.19
		<i>P. johannis hembra</i>	6.41	1	0.69	0.04	2.65	1	2.94	2.09
II	80 - 50	<i>P. johannis macho</i>	4.57	23	15.97	0.64	38.08	4	11.76	21.94
		<i>P. cembroides</i>	4.33	12	8.33	0.22	13.09	5	14.71	12.04
		<i>P. johannis hembra</i>	4.40	5	3.47	0.09	5.26	4	11.76	6.83
		<i>P. pinceana</i>	4.75	1	0.69	0.02	1.05	1	2.94	1.56
III	0 - 50	<i>P. johannis macho</i>	2.53	40	27.78	0.26	15.75	6	17.65	20.39
		<i>P. cembroides</i>	2.08	34	23.61	0.14	8.08	5	14.71	15.47
		<i>P. johannis hembra</i>	2.69	23	15.97	0.16	9.77	6	17.65	14.46
		<i>P. pinceana</i>	1.80	4	2.78	0.01	0.35	1	2.94	2.02
Total				144	100	1.68	100	34	100	100

Hp: Altura promedio; Aa: Abundancia absoluta; Ar: Abundancia relativa; Da: Dominancia absoluta; Dr: Dominancia relativa; Fa: Frecuencia absoluta; Fr: Frecuencia relativa; IVI: Índice de valor de Importancia.

De un valor de importancia relativo total de 38.97 % obtenido en la población Mesa del Rosario, la hembra aporta el 20.87 % y el macho 18.10 %; el individuo macho es la cuarta especie respecto a aquellas que presentan mayor valor de importancia ecológica; en segundo lugar esta *Pinus greggii* (20.50 %), seguido de *Quercus laeta* (18.61 %) (Cuadro 52).

Sociológicamente en la estructura vertical la hembra aporta el 35.55 % y el macho 22.11 % de un total de 57.66 %, siendo los individuos dominantes respecto a las especies leñosas con quien se encuentra asociada en esta población (Apéndice 10).

En la población Laguna de Sánchez *Pinus johannis* obtuvo un valor de importancia de 51.06 %, contribuyendo el 33.18 % la hembra y el 17.88 % el macho; los individuos hembra y macho por separado tienen menor valor de importancia, siendo *Pinus pseudostrobus* la especie con un valor de importancia (36.74 %) más alto (Cuadro 53).

Verticalmente la hembra aportó el 58.24 % y el macho 17.41 %, del total de 75.65 % de la distribución sociológica total; como individuos aislados el individuo macho presentó menor valor de importancia que *Pinus pseudostrobus* con una PSR de 18.34 % (Apéndice 11).

Cuadro 52. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Hp (m)	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
I	100 - 80	<i>P. greggii</i>	13.13	3	1.44	0.62	14.15	1	2.78	6.12
II	80 - 50	<i>P. pseudostrobus</i>	9.72	9	4.31	0.64	14.51	3	8.33	9.05
		<i>P. greggii</i>	10.70	3	1.44	0.45	10.32	3	8.33	6.70
		<i>Q. laeta</i>	8.00	9	4.31	0.47	10.71	1	2.78	5.93
		<i>P. johannis hembra</i>	8.00	1	0.48	0.09	2.07	1	2.78	1.78
		<i>P. johannis macho</i>	7.80	1	0.48	0.01	0.22	1	2.78	1.16
III	0 - 50	<i>P. johannis hembra</i>	2.48	66	31.58	0.40	9.04	6	16.67	19.09
		<i>P. johannis macho</i>	3.97	41	19.62	0.64	14.55	6	16.67	16.95
		<i>Q. laeta</i>	4.37	30	14.35	0.55	12.56	4	11.11	12.68
		<i>P. greggii</i>	4.38	20	9.57	0.35	7.92	2	5.56	7.68
		<i>Jun. erythrocarpa</i>	2.63	10	4.78	0.10	2.16	3	8.33	5.09
		<i>P. pseudostrobus</i>	3.29	6	2.87	0.06	1.42	3	8.33	4.21
		<i>P. cembroides</i>	2.45	10	4.78	0.02	0.37	2	5.56	3.57
Total				209	100	4.41	100	36	100	100

Hp: Altura promedio; Aa: Abundancia absoluta; Ar: Abundancia relativa; Da: Dominancia absoluta; Dr: Dominancia relativa; Fa: Frecuencia absoluta; Fr: Frecuencia relativa; IVI: Índice de valor de Importancia.

Cuadro 53. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

Estrato	%	Especie	Hp (m)	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
I	100 - 80	<i>P. pseudostrobus</i>	19.35	3	0.93	0.62	15.74	1	4	6.89
II	80 - 50	<i>P. pseudostrobus</i>	15.00	6	1.85	0.83	21.07	1	4	8.97
III	0 - 50	<i>P. johannis hembra</i>	7.90	184	56.79	0.74	18.76	7	28	34.52
		<i>P. pseudostrobus</i>	9.60	57	17.59	0.99	25.05	5	20	20.88
		<i>P. johannis macho</i>	5.30	55	16.98	0.34	8.66	6	24	16.54
		<i>P. cembroides</i>	4.90	13	4.01	0.06	1.57	4	16	7.20
		<i>Q. laeta</i>	4.30	6	1.85	0.36	9.14	1	4	5.00
Total				324	100	3.94	100	25	100	100

Hp: Altura promedio; Aa: Abundancia absoluta; Ar: Abundancia relativa; Da: Dominancia absoluta; Dr: Dominancia relativa; Fa: Frecuencia absoluta; Fr: Frecuencia relativa; IVI: Índice de valor de Importancia.

La población Salaverna donde se presentaron pocas especies asociadas, *Pinus johannis* obtuvo un valor de importancia del 85.73 %, contribuyendo el macho 40.38 % y la hembra 45.34 %; en la estructura vertical el macho contribuye en un 35.52 % y la hembra 53.03 % de un total de 88.55 % (Cuadro 54) (Apéndice 12).

Cuadro 54. Índice de Valor de Importancia, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

Estrato	%	Especie	Hp (m)	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI
I	100 - 80	<i>P. johannis macho</i>	12.12	1	0.38	0.02	0.53	1	5.88	2.26
III	0 - 50	<i>P. johannis hembra</i>	2.00	139	52.85	1.43	47.89	6	35.29	45.34
		<i>P. johannis macho</i>	2.24	93	35.36	1.30	43.70	6	35.29	38.12
		<i>P. cembroides</i>	2.45	30	11.41	0.23	7.88	4	23.53	14.27
Total				263	100	2.9820	100	17	100	100

Hp: Altura promedio; Aa: Abundancia absoluta; Ar: Abundancia relativa; Da: Dominancia absoluta; Dr: Dominancia relativa; Fa: Frecuencia absoluta; Fr: Frecuencia relativa; IVI: Índice de valor de Importancia.

4.2. Regeneración

De las seis poblaciones evaluadas, *Pinus johannis* únicamente presentó regeneración natural en dos poblaciones, Salaverna en Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas y Laguna de Sánchez en Santiago, Nuevo León; las cuatro poblaciones restantes presentaron nula regeneración.

Los valores de regeneración de *Pinus johannis* detonaron que la población Salaverna cuenta con 20 individuos ha⁻¹ en la categoría diamétrica de 2.5 cm y 250 individuos ha⁻¹ en la categoría diamétrica de 5 cm en una superficie de 2301.427 ha; la población Laguna de Sánchez presentó 6 individuos ha⁻¹ en la categoría diamétrica de 2.5 cm y 409 individuos ha⁻¹ en la categoría diamétrica de 5 cm en una superficie de 199.971 ha.

El modelo de densidad univariante gaussiana indicó que la densidad de plántulas en la categoría diamétrica de 2.5 cm en ambas poblaciones fue de 0.78 plántulas ha⁻¹; la proyección de densidad realizada, considerando los individuos ha⁻¹ que presentan la categoría diamétrica de 2.5 cm, por el valor que devuelve la función de densidad, por la categoría considerada, expresó que en la población Salaverna debería presentar una densidad de 39 individuos ha⁻¹ y en Laguna de Sánchez 12 individuos ha⁻¹.

Con respecto a los individuos de la categoría diamétrica de 5 cm, Salaverna presentó 0.98 individuos ha⁻¹ y Laguna de Sánchez 0.91 individuos ha⁻¹; la proyección de densidad obtenida para Salaverna fue de 1225 individuos ha⁻¹ y Laguna de Sánchez de 1867 individuos ha⁻¹, ambas respecto a la categoría diamétrica de 5 cm.

Considerando que las poblaciones evaluadas son rodales irregulares, las densidades obtenidas con la función univariante gaussiana se normalizaron para así ajustar la discontinuidad de las clases diamétricas, obteniendo así la regeneración esperada que debería existir proporcionalmente con respecto al número de individuos adultos.

La población Salaverna considerando el número de individuos ha^{-1} registrados en el muestreo, presenta una densidad normalizada de 133 individuos ha^{-1} para la categoría diamétrica de 2.5 cm y 117 individuos ha^{-1} para la categoría diamétrica de 5 cm; tomando en cuenta el número de individuos ha^{-1} obtenidos de la función de densidad, para la categoría diamétrica de 2.5 cm se obtuvieron 287 individuos ha^{-1} y para la categoría diamétrica de 5 cm se normalizo a 232 individuos ha^{-1} (Cuadro 55).

Los resultados obtenidos para la población Salaverna indican que para la categoría diamétrica de 2.5 cm, existe una diferencia de 154 individuos ha^{-1} ; respecto a la categoría diamétrica de 5 cm, existe una diferencia de 115 individuos ha^{-1} ; estas diferencias indican que la regeneración natural está por debajo de lo que debería realmente existir, considerando la densidad proyectada (Figura 13).

Cuadro 55. Proyección densidad de regeneración natural; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

CD	*Ind ha^{-1}	**Ind ha^{-1}	†EST. BALANC. A	††EST. BALANC. B
2.5	20	39	133	287
5	250	1225	117	232
10	243	243	90	152
15	143	143	69	100
20	67	67	53	65
25	33	33	41	43
30	20	20	31	28
35	20	20	24	18

CD: Categoría diamétrica; *: Individuos ha^{-1} muestreo; ** Individuos ha^{-1} proyección función de densidad; †: estructura balanceada respecto a *; ††: estructura balanceada respecto a **.

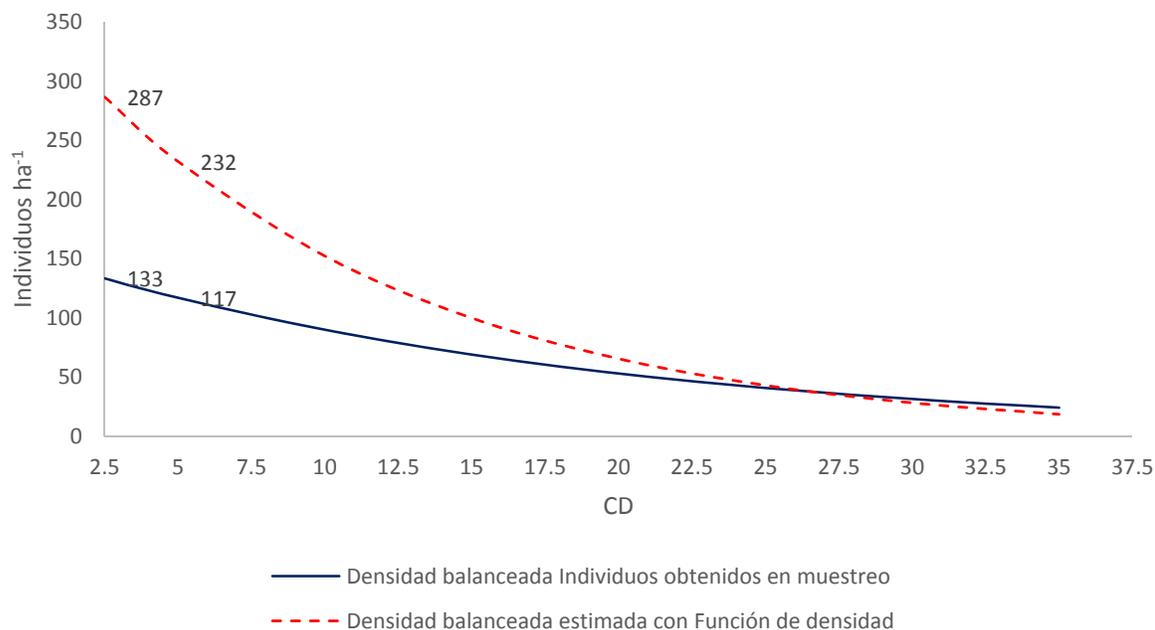


Figura 13. Gráfico proyección de regeneración, función univariante gaussiana; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.

La población Laguna de Sánchez presentó 96 individuos ha^{-1} en la categoría diamétrica de 2.5 cm y 78 individuos ha^{-1} en la categoría diamétrica de 5 cm, resultado de la normalización de la densidad original; la proyección de densidad en la categoría diamétrica de 2.5 cm, obtuvo una densidad de 196 individuos ha^{-1} y 147 individuos ha^{-1} en la categoría diamétrica de 5 cm (Cuadro 56).

La diferencia entre la densidad original y la proyectada está dada en la categoría diamétrica de 2.5 cm por 100 individuos ha^{-1} y 69 individuos ha^{-1} en la categoría de diamétrica de 5 cm, lo cual expresa que la densidad de plántulas en esta población presenta un nivel bajo de establecimiento (Figura 14).

Ambas poblaciones presentan bajas densidades de regeneración natural, presentando proporciones de 0.78 individuos ha^{-1} , lo cual es contrastante respecto a la superficie de distribución de la especie; la función de densidad permitió ver el comportamiento de la regeneración considerando el número de individuos ha^{-1} presente en las categorías diamétrica en la cual se debería encontrar la máxima densidad de plántulas y juveniles.

Cuadro 56. Proyección densidad de regeneración natural; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

CD	*Ind ha ⁻¹	**Ind ha ⁻¹	†EST. BALANC. A	††EST. BALANC. B
2.5	6	12	96	196
5	409	1867	78	147
10	180	180	50	83
15	49	49	33	47
20	37	37	21	27
25	6	6	14	15
40	3	3	4	3

CD: Categoría diamétrica; *: Individuos ha⁻¹ muestreo; ** Individuos ha⁻¹ proyección función de densidad; †: estructura balanceada respecto a *; ††: estructura balanceada respecto a **.

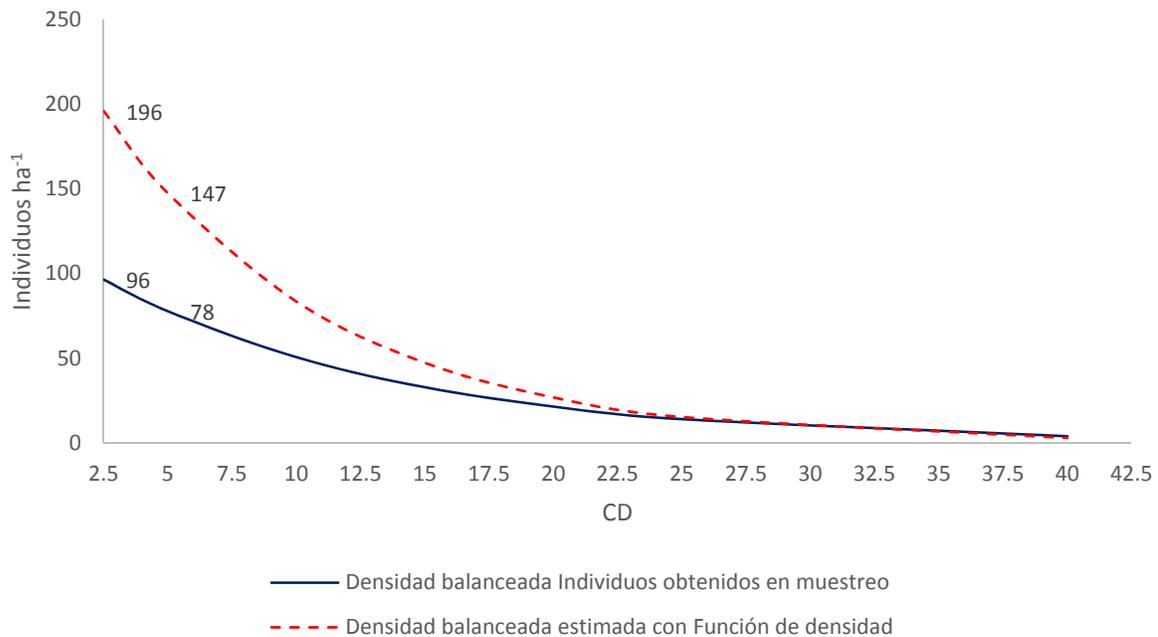


Figura 14. Gráfico proyección de regeneración, función univariante gaussiana; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

4.3. Análisis Cluster.

El análisis cluster se realizó en la estructura horizontal tomando como parámetro de similitud el índice de valor de importancia, y para la estructura vertical la posición sociológica relativa; la medida de similitud se evaluó con el índice de Bray-Curtis y el método de aglomeración completo.

Considerando el índice de valor de importancia como parámetro de similitud, se obtuvieron cinco grupos, de los cuales solo dos presentaron un porcentaje de similitud por encima del 90 %; el primer cluster está formado por la población de Laguna de Sánchez y San Antonio de la Osamenta, con una distancia de 1.06 y un porcentaje de similitud del 98.94 %, y el segundo cluster está conformado por la población Mesa de las Tablas y Laguna de Sánchez, con una distancia de 5.81 y un porcentaje de similitud del 94.18 % (Cuadro 57 y 58) (Figura 15).

Cuadro 57. Cluster Índice de Valor de Importancia, poblaciones de *Pinus johannis*.

Clusters	Distancia	Semejanza	Unión principal	Unión secundaria
5	1.06	98.94	2	5
4	5.82	94.18	1	2
3	12.55	87.45	1	3
2	25.34	74.66	1	6
1	37.49	62.51	1	4

Cuadro 58. Matriz de semejanza Índice de Valor de Importancia, poblaciones *Pinus johannis*.

Poblaciones	1	2	3	4	5	6
1.- Mesa de las tablas		95.24	93.22	80.90	94.18	80.18
2.- San Antonio de la Osamenta			88.49	85.53	98.94	75.65
3.- La Siberia				74.45	87.45	86.79
4.- Mesa del Rosario					86.57	62.51
5.- Laguna de Sánchez						74.66
6.- Salaverna						



MRO: Mesa del Rosario; SA: Salaverna; SIB: La Siberia; LS: Laguna de Sánchez; SAO: San Antonio de la Osamenta; MT: Mesa de las Tablas.

Figura 15. Análisis cluster índice de valor de importancia Bray-Curtis poblaciones *Pinus johannis*.

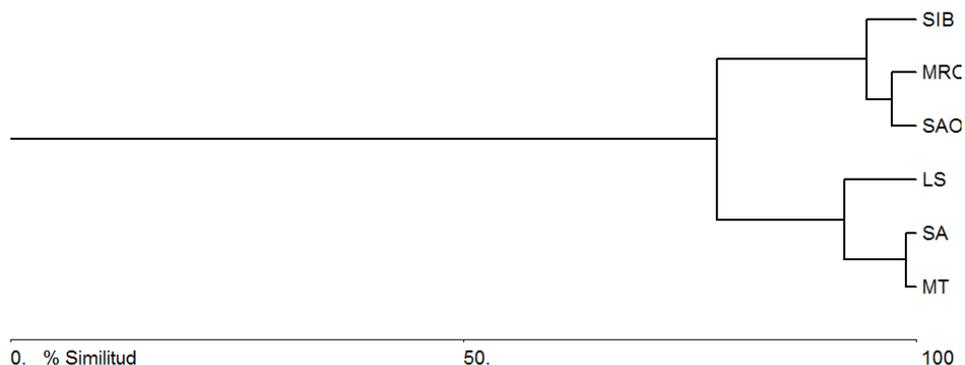
Tomando como parámetro de similitud la posición sociológica relativa, las poblaciones denotaron altos porcentajes de semejanza; se obtuvieron cinco cluster, de los cuales cuatro presentaron porcentajes de similitud por encima del 90 % y uno con 78.05 %; los dos grupos con porcentajes de similitud altos son: San Antonio de la Osamenta, Mesa del Rosario y La Siberia con un porcentaje del 97.29 %, 97.28 % y Mesa de las Tablas con Salaverna 98.86 % (Cuadro 59 y 60) (Figura 16).

Cuadro 59. Cluster Posición Sociología Relativa, poblaciones de *Pinus johannis*.

Clusters	Distancia	Semejanza	Unión principal	Unión secundaria
5	1.14	98.86	1	6
4	2.70	97.30	2	4
3	5.42	94.58	2	3
2	7.86	92.14	1	5
1	21.94	78.06	1	2

Cuadro 60. Matriz de semejanza Posición Sociológica Relativa, poblaciones *Pinus johannis*.

Poblaciones	1	2	3	4	5	6
1.- Mesa de las tablas		81.74	84.39	79.14	93.27	98.86
2.- San Antonio de la Osamenta			97.28	97.30	88.32	80.64
3.- La Siberia				94.58	91.02	83.28
4.- Mesa del Rosario					85.66	78.06
5.- Laguna de Sánchez						92.14
6.- Salaverna						



MRO: Mesa del Rosario; SA: Salaverna; SIB: La Siberia; LS: Laguna de Sánchez; SAO: San Antonio de la Osamenta; MT: Mesa de las Tablas.

Figura 16. Análisis cluster posición sociológica relativa Bray-Curtis poblaciones *Pinus johannis*.

5. DISCUSIÓN

5.1. Estructura de poblaciones

En el presente trabajo se utilizaron diferentes metodologías para el análisis estructural de las poblaciones de la especie en estudio, cada método permitió analizar la distribución horizontal y vertical con diversos parámetros, brindando información relevante y detallada en el estudio de estas comunidades. Los métodos seleccionados estuvieron en función de los objetivos planteados y de las variables dasométrica consideradas en la evaluación de campo.

Los resultados estuvieron condicionados a las dimensiones de las áreas de estudio, ya que su amplitud condicionó la factibilidad en la obtención de datos como posición del árbol, rumbo, distancia entre individuos, porcentaje de cubierta de copas, sitios rectangulares (obtención de perfiles estructurales más detallados), tamaño, número y distribución de las unidades de muestreo que hubieran permitido aplicar otras metodologías que reforzarían el contenido del estudio.

Con la caracterización estructural de las seis poblaciones evaluadas de *Pinus johannis* Robert-Passini en el noreste de México, y los resultados obtenidos que determinan la dominancia de *Pinus johannis* en el estrato horizontal y vertical en los diferentes componentes estructurales analizados, se encuentra evidentemente que esta especie está adaptada a regiones fisiográficas con pendientes pronunciadas y suelos poco desarrollados con material calcáreo, resultado de su alta correlación con estos factores ambientales (Apéndice 13).

La importancia ecológica en base a la caracterización estructural de las poblaciones de *Pinus johannis* en el noreste de México no han sido estudiada por muchos autores; González (1988) estudió la población de *Pinus johannis* en Concepción del Oro Zacatecas, encontrando que en el estrato arbustivo *Pinus johannis* es la especie más importante considerando la abundancia, dominancia y frecuencia relativa; Barrera (2007) encontró que las densidades de la especie en las poblaciones de San Antonio de la Osamenta, Mesa del Rosario, Laguna de Sánchez y el Cerro el Coahuilón, son de 505, 1070, 1080 y 855 individuos ha⁻¹, acorde a la secuencia anterior.

5.2. Estructura Horizontal

Abundancia

La abundancia en las seis poblaciones evaluadas vario de 92 individuos ha^{-1} a 348 individuos ha^{-1} , presentándose la más baja densidad en la población La Siberia en Zaragoza, Nuevo León con una abundancia relativa presente de 63.89 %, y la más alta en la población Mesa de las Tablas equivalente a una abundancia relativa del 81.69 %. Con respecto a estos valores de abundancia, el individuo macho y hembra aportan en diferente proporción a este parámetro ecológico.

El individuo macho presentó mayor abundancia solo en la población La Siberia (63 individuos ha^{-1} macho; 29 individuos ha^{-1} hembra), en las cinco poblaciones restantes la hembra domina en abundancia con respecto al individuo macho (Cuadro 61).

Barrera (2007) determinó la abundancia de la especie sin evaluar densidades separadas respecto a individuos machos y hembras; encontró que el mayor número de individuos ha^{-1} de *Pinus johannis* con sus especies asociadas se encuentra en la población Laguna de Sánchez con 1080 individuos ha^{-1} y Mesa del Rosario con 1070 individuos ha^{-1} , mientras las poblaciones con menor densidad fueron San Antonio de la Osamenta (505 individuos ha^{-1}) y Cerro el Coahuilón (855 individuos ha^{-1}).

Los valores de abundancia respecto a los obtenidos por Barrera (2007), denotan que las seis poblaciones evaluadas tienen densidades bajas comparadas con los resultados obtenidos en su trabajo de investigación, específicamente en las poblaciones evaluadas en similitud en ambos trabajos; los valores de abundancia obtenidos en el presente trabajo no superan las densidades obtenidas por Barrera en las poblaciones evaluadas.

Aún cuando las densidades son bajas respecto al trabajo realizado por Barrera, *Pinus johannis* en las poblaciones evaluadas en el presente trabajo, obtuvo una abundancia superior respecto a sus especies asociadas, siendo este parámetro uno de los más importantes en la atribución ecológica de la especie en la distribución horizontal.

Cuadro 61. Valores de abundancia, dominancia, frecuencia e IVI, poblaciones de *Pinus johannis*.

Población	H	M	Aa	Ar	Da	Dr	Fa	Fr	IVI	IVI Total
Mesa de las tablas	X		211	49.53	1.07	27.53	6	23.08	33.38	57.37
		X	137	32.16	0.80	20.59	5	19.23	23.99	
San Antonio de la Osamenta	X		96	34.7	0.63	17.11	7	22.58	24.78	52.16
		X	61	22.02	1.03	27.84	10	32.26	27.37	
La Siberia	X		29	20.1	0.30	17.68	11	32.35	23.39	65.72
		X	63	43.8	0.90	53.83	10	29.41	42.33	
Mesa del Rosario	X		67	32.06	0.49	11.11	7	19.44	20.87	38.97
		X	42	20.10	0.65	14.77	7	19.44	18.10	
Laguna de Sánchez	X		184	56.79	0.74	18.76	6	24.00	33.18	51.06
		X	55	16.98	0.34	8.66	7	28.00	17.88	
Salaverna	X		139	52.9	1.43	47.89	6	35.29	45.34	85.73
		X	94	35.7	1.32	44.24	7	41.18	40.38	

H: individuo *P. johannis* hembra; M: individuo *P. johannis* macho; Aa: abundancia absoluta; Ar: abundancia relativa; Da: dominancia absoluta; Dr.: dominancia relativo; Fa: frecuencia absoluta; Fr: frecuencia relativa; IVI: índice de valor de importancia total por población.

Dominancia

Las poblaciones evaluadas presentaron valores de dominancia altos; el valor más alto se presentó en la población Mesa del Rosario con $4.4062 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, y el más bajo en La Siberia con $1.6798 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Considerando únicamente a *Pinus johannis* su participación en la estructura horizontal presenta dominancias de $1.87 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en Mesa de las Tablas, $1.66 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en San Antonio de la Osamenta, $1.20 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ La Siberia, $1.14 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ Mesa del Rosario, $1.08 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ Laguna de Sánchez y $2.75 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ Salaverna.

La contribución del individuo macho y hembra se reparte en una proporción de tres y tres, teniendo mayor aportación la hembra en cuanto dominancia en las poblaciones de Mesa de las Tablas, Laguna de Sánchez y Salaverna, y el individuo macho en las tres poblaciones restantes (Cuadro 61). La especie ocupa el segundo lugar en dominancia en las poblaciones Mesa del Rosario (dominancia de *Pinus greggii*, $1.43 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) y Laguna de Sánchez (dominancia de *Pinus pseudostrobus*, $2.44 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), en las poblaciones restantes domina como la especie que más aporta a este parámetro ecológico.

Meza (2006) en su estudio ecológico del bosque piñonero de *Pinus cembroides*, encontró que en las exposiciones sur y norte *Pinus cembroides* ejerció una dominancia respecto a las especies asociadas, presentando una dominancia relativa del 92.10 % en la exposición norte y 100 % en la exposición sur; en el presente estudio *Pinus johannis* ejerce una dominancia relativa de 44.95 % en la población San Antonio de la Osamenta, 48.12 % Mesa de las Tablas, 71.50 % La Siberia y 92.12 % Salaverna; en las poblaciones donde no domina presenta una dominancia relativa de 25.88 % (Mesa del Rosario) y 27.42 % (Laguna de Sánchez).

Frecuencia

Los resultados obtenidos indican que las especies que denotan un patrón de distribución de frecuencia más particular son *Pinus johannis* y *Pinus cembroides*; la especie con mayor frecuencia absoluta en las seis poblaciones evaluadas en el noreste de México fue *Pinus johannis* con una frecuencia relativa del 52.66 %, seguida de *Pinus cembroides* con 19.53 % y *Pinus pseudostrobus* 13.61 %, las especies restantes están por debajo de una frecuencia relativa del 6 %.

El análisis estadístico de Kruskal-Wallis realizado para este estudio indicó que *Pinus cembroides* es la especie que tiene mayor asociación en toda la distribución de *Pinus johannis* en el noreste de México con un grado de significancia estadística del 95 %, siendo esta la única especie indicadora, ya que las especies asociadas restantes muestran diferencias significativas en cuanto a su distribución y escasa presencia en las poblaciones de *Pinus johannis*.

Flores-Olvera (1985) encontró que *Pinus cembroides* es una especie que se distribuye con mucha frecuencia en las montañas del norte de México; asociado a esto descubrió que es una especie que se adapta a condiciones ambientales difíciles (precipitaciones variables, heladas, nevadas y sequías) y a condiciones edáficas de suelos calcáreos, someros, con poca profundidad.

Resultado de lo manifestado anteriormente, lo obtenido en el presente trabajo, en el cual se señala a *Pinus cembroides* como una especie indicadora de *Pinus johannis* ya que se asocia en toda su distribución, esta correlacionado con lo que manifiesta Flores-Olvera (1985) ya que *Pinus johannis* es una especie que se distribuye en condiciones abióticas difíciles

(nevadas, sequias, precipitaciones variables) y suelos delgados, someros, calcáreos y de poca profundidad, acorde a lo obtenido en la descripción del sistema ambiental para el presente estudio.

Índice de valor de importancia

La especie que presentó una alta participación en la estructura horizontal en las seis poblaciones evaluadas, considerando los parámetros de abundancia, dominancia y frecuencia fue *Pinus johannis* con un valor de importancia mayor del 50% en cinco poblaciones, a excepción de la población Mesa del Rosario donde presenta un valor de importancia de 38.97 % (Cuadro 61); en el presente estudio se obtuvo que *Pinus johannis* es la especie más importante en las poblaciones evaluadas.

El valor de importancia de la especie está contribuido en mayor proporción por el individuo hembra, ya que solo en las poblaciones de San Antonio de la Osamenta y La Siberia el individuo macho contribuye más que la hembra a este atributo ecológico (Cuadro 61).

Se encontró similitud en la importancia ecológica de *Pinus johannis* con respecto al trabajo realizado por Gonzáles (1988), aunque este fue realizado únicamente en la población de Concepción del Oro; encontró que esta especie es la más importante con un valor de abundancia relativa del 55 %, dominancia relativa de 85.29 % y frecuencia relativa de 41.67 % para el estrato arbustivo; los resultados obtenidos se puede relacionar con los resultados obtenidos por Gonzáles (1999) y Meza (2006) con respecto a las especies piñoneras *Pinus culminicola* y *Pinus cembroides*.

Gonzáles (1999) encontró que *Pinus culminicola* domina en el gradiente 2 (3300 msnm) con un valor de importancia de 133.66 % y en el gradiente 3 (3500 msnm) con un valor de importancia del 100 %; únicamente en el gradiente 1 (3100 msnm) presenta un valor de importancia del 63.66 %, sobrepasado por *Pinus hartwegii* con un valor de importancia de 136.33 %; Meza (2006) obtuvo un valor de importancia de 261.52 % para la exposición norte y 300 % para la exposición sur (considera el máximo valor de índice de valor de importancia con un 300 %), siendo *Pinus cembroides* la especie más importante.

5.3. Estructura Vertical

En relación a la estructura vertical, las poblaciones de *Pinus johannis* presentan mayor porcentaje de individuos en el estrato inferior, notándose una diferenciación dimensional en cuanto a su distribución en los diferentes estratos por lo cual los individuos de *Pinus johannis* presentan una distribución heterogénea en la continuidad vertical de las poblaciones en las que se distribuye; la altura mayor (13.36 m) y baja (1.84 m) la presentó en la población Mesa de las Tablas.

En relación a los individuos macho y hembra la dominancia en altura presenta mucha variación; el individuo macho domina en altura a la hembra en las poblaciones de San Antonio de la Osamenta (8.33 m), Salaverna (7.18 m) y Mesa del Rosario (5.89 m), mientras la hembra domina en altura al macho en las poblaciones Mesa de las Tablas (7.54 m), La Siberia (4.50 m) y Laguna de Sánchez (7.90 m) (Cuadro 62).

Pinus johannis denotó ser una especie con poca dominancia apical, debido a su dominancia en número de individuos ha^{-1} en el estrato inferior en todas las poblaciones; presentó valores de posición sociología relativa mayores del 50 % en todas las poblaciones, revelando esto que es una especie bien adaptada a estratos inferiores, tolerante a la sombra y que presenta una capacidad de establecerse y sobrevivir ante la competencia (Cuadro 62) (Apéndices 7, 8, 9, 10, 11 y 12).

Respecto al índice de esbeltez presentaron buenas proporciones de diámetro basal/ altura, a excepción de la población Laguna de Sánchez con un índice de esbeltez de 145.76 en el individuo hembra, además de que en esta población el individuo macho obtuvo el más alto valor de índice de esbeltez (71.82) con respecto a las demás poblaciones (Cuadro 62).

Cuadro 62. Atributos verticales de las poblaciones de *Pinus johannis*.

Población	H	M	G	Hp(m)	PS	PS Total	IE
Mesa de las tablas		X	0.7967	1.96	34.16	86.56	30.87
	X		0.5327	7.54	52.40		68.50
San Antonio de la Osamenta		X	0.3437	8.33	21.68	59.92	40.82
	X		0.3168	4.88	38.24		29.19
La Siberia		X	0.4521	3.55	41.84	63.19	27.53
	X		0.0990	4.50	21.35		28.83
Mesa del Rosario		X	0.3254	5.89	22.11	57.66	52.09
	X		0.2447	5.24	35.55		29.70
Laguna de Sánchez		X	0.3409	5.30	17.41	75.65	71.82
	X		0.7388	7.90	58.24		145.76
Salaverna		X	0.6596	7.18	35.52	88.55	52.88
	X		1.4280	2.00	53.03		22.27

H: individuo *Pinus johannis* hembra; M: individuo *Pinus johannis* macho; Hp: altura promedio en metros; PS: posición sociológica relativa individuo hembra y macho; IE: índice de esbeltez.

Son pocos los estudios que utilicen la metodología de posición sociológica relativa e índice vertical A en estudios de bosques de pinos, y menos en especies piñoneras, por lo cual el parámetro más utilizado es la dominancia en altura; relacionando los resultados obtenidos en el presente trabajo con otros estudios, se encontró que Meza (2006) descubrió que *Pinus cembroides* presentó una altura promedio de 5.73 m en la exposición norte y 5.13 m en la exposición sur, siendo estos valores menores respecto a la altura obtenida de *Pinus johannis* en las poblaciones evaluadas en el noreste de México.

Hernández-Reyna & García-Moya (1985) encontraron que para las localidades de San Luis Potosí y Guanajuato donde realizaron la caracterización físico-bióticas de *Pinus cembroides*, esta especie presenta una altura promedio de 0.1 m en el estrato herbáceo y de 0.15 a 8.5 m en el estrato arbustivo y arbóreo; considerando a *Pinus johannis* como especie (sin dividir individuo hembra y macho), presenta alturas mayores a las registradas por Hernández-Reyna & García-Moya (1985), sin embargo al realizar la división por el carácter dioico de *Pinus johannis*, *Pinus cembroides* presenta mayor altura con respecto a estos.

5.4. Regeneración natural

La regeneración presente en las poblaciones evaluadas en el noreste de México presentan pocos individuos ha^{-1} , presentándose solo regeneración en las poblaciones de Laguna de Sánchez y Salaverna con proporciones de 0.78 plántulas ha^{-1} .

La densidad de plántulas en Laguna de Sánchez fue de 6 individuos ha^{-1} , con una densidad proyectada de 12 individuos ha^{-1} , que al normalizarla con la curva de liocourt denotó una proyección de densidad de 96 individuos ha^{-1} para los individuos muestreados y para la función de densidad de 196 individuos ha^{-1} .

Para la población Salaverna se obtuvo una densidad en el muestreo de 20 plántulas ha^{-1} y una densidad proyectada de 39 individuos ha^{-1} ; al realizar la proyección normalizada con la curva de liocourt se obtuvo una densidad proyectada de 133 individuos ha^{-1} para los individuos muestreados y 287 individuos ha^{-1} para la función de densidad. En ambas poblaciones hay una diferencia en cuanto número de individuos ha^{-1} respecto a lo obtenido por la función de densidad normalizada por la curva de Liocourt.

Barrera (2007) en el estudio que realizó de las poblaciones de *Pinus johannis* encontró densidades de regeneración superiores a los 1000 individuos ha^{-1} de aquellos individuos menores a 5 cm de diámetro basal; en la población Laguna de Sánchez encontró una densidad de regeneración de 1675 individuos ha^{-1} ; en Mesa del Rosario 2375 individuos ha^{-1} ; Cerro el Coahuilón 2050 individuos ha^{-1} ; las densidades de regeneración tomadas en su estudio están referidas en conjunto con todas aquellas especies asociadas con *Pinus johannis*, sin embargo no hace referencia específicamente a condición de regeneración de *Pinus johannis*.

Los valores obtenidos por Barrera (2007) denotan proporciones de regeneración muy buenas, sin embargo al contrastar esa condición en proporción a las evaluadas específicamente en el presente trabajo respecto a *Pinus johannis*, esta especie presenta una regeneración casi nula, ya que en este estudio, de las seis poblaciones evaluadas solo dos presentaron individuos (densidades bajas) y las cuatro restantes ningún individuo.

6. CONCLUSIONES

La especie piñonera *Pinus johannis* presenta el mayor valor de importancia ecológica y posición sociológica en las seis poblaciones evaluadas, siendo la especie que define la estructura horizontal y vertical de las poblaciones en las cuales se distribuye en el noreste de México.

La hembra presenta mayor contribución al valor ecológico con respecto a la macho en la estructura horizontal y vertical.

Conocer la posición sociológica relativa permitió conocer la expansión vertical de las especies en base al número de individuos ha^{-1} , ya que este método permite determinar que no toda aquella especie que domine en altura es la que tiene más aportación en la distribución vertical de la población, si no que aquella que por sus características genéticas o fisiológicas se distribuya uniformemente en los tres estratos o domine un estrato.

El dosel inferior de las poblaciones evaluadas está dominado por *Pinus johannis*, encontrándose a esta especie como dominante en su distribución vertical.

Los factores abióticos que influyen ecológicamente en el valor de importancia de las seis poblaciones evaluadas de *Pinus johannis* son la pendiente y la edafología.

Pinus cembroides es la especie que tiene mayor asociación en toda la distribución de *Pinus johannis* en las poblaciones evaluadas en el noreste de México.

La condición actual de la regeneración natural está por debajo de la proporción con respecto al número de individuos ha^{-1} que realmente debería estar presente, existiendo así una escasa densidad de regeneración para remplazar el arbolado adulto en las seis poblaciones evaluadas.

Se acepta la hipótesis nula (H_0), ratificando que *Pinus johannis* es la especie más abundante, dominante, frecuente y sociológicamente representativa en los diferentes estratos de las poblaciones evaluadas en el noreste de México.

7. RECOMENDACIONES

Estimar el tamaño de muestra adecuado y en su caso aumentar el número de unidades de muestreo en las poblaciones evaluadas, considerando las variables en campo como posición exacta de los arboles y distancia entre individuos.

Tomar datos sobre el patrón espacial de los individuos a estudiar, encontrando así patrones de correlación entre las distintas variables dasométricas a evaluar que permitirán identificar aquellas que pudieran inferir sobre el proceso sucesional.

Inferir sobre el estado de la regeneración a partir del efecto de distancia con respecto a la fuente de semilla más cercana en especies que no presenten regeneración y el porcentaje de recubrimiento de copa para determinar el porcentaje de radiación solar total directa y difusa ($\text{MJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$), y la porción del cielo visible en estratos, obteniendo así modelos de simulación de desarrollo de los individuos en los diferentes estratos, ya sea por su alta capacidad de captar luz o por el incremento o disminución de los individuos en relación a la Posición sociológica - clase diamétrica.

Realizar un análisis de la regeneración potencial a través de un modelo estocástico utilizando las variables: producción de semillas, área de dispersión de semilla, semillas llenas, semillas maduras, depredación de semillas, germinación, número de plántulas y mortalidad y altura de crecimiento, produciendo así una distribución de los resultados similar a la encontrada en la naturaleza.

8. LITERATURA CITADA

- Acosta, V., Araujo, P., & Iturre, M. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago del Estero, Argentina. 35 p.
- Alfaro, J., B. Limón, & G. Martínez. 2014. Ambiente y Sustentabilidad: Por una educación ambiental. Primera Edición. Grupo Editorial S.A. de C.V. México, D.F. 244 p.
- Axel, D. 1958. Evolution of the Madro-Tertiary geoflora. *The Botanical Review*, 7 (24):433-509.
- Barrera A., J. D. 2007. Aspectos Ecológicos de poblaciones de *Pinus johannis* M. – F. Robert en la Sierra Plegada de Coahuila y Nuevo León. Tesis Licenciatura, Ingeniero Forestal. Departamento Forestal, División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 58 p.
- Bell, S., E. McCoy & H. Mushinsky. 1991. Habitat structure: the physical arrangement of objects in space. 1st Ed. Chapman and Hall. London, United Kingdom. 438 p.
- Beltrán, M., P. Vericat & M. Piqué 2013. Evaluación de los Recursos Forestales por CC.AA. Proyecto REDFOR. Proyecto piloto en el marco de la Red Rural Nacional, 2011. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Solsona, Lleida, España. 211 p.
- Bolaños, O., C. Flores, & AR. González. 2013. Composición florística del Ejido de Sayulita, Bahía de Banderas, Nayarit, México: Un análisis espacial. *BioCiencias*, 3 (2): 172-188.
- Cancino, J. 2006. Dendrometría básica. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento manejo de Bosques y Medio Ambiente. Concepción, Chile 171 P.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) 2010. Red de Estaciones Climatológicas. [En línea]. [Citado el: 25 de abril de 2015.] Disponible en Web <http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75>.
- Corvalán, P. & J. Hernández 2006. Densidad del rodal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Cátedra de Dasometría 2006. 5 p.
- Diéguez-Aranda, U., Rojo Alboreca, A., Castedo-Dorado, F., Álvarez González, J. G., Barrio-Anta, M., Crecente-Campo, F., González González, J. M., Pérez-Cruzado, C., Rodríguez

- Soalleiro, R., López-Sánchez, C. A., Balboa-Murias, M. A., Gorgoso Varela, J. J., Sánchez Rodríguez, F. 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Consellería do Medio Rural, Dirección Xeral de Montes. Xunta de Galicia, Galicia, España. 259 p.
- Eguiluz, T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. *Ciencia Forestal*, 38 (71):30-44.
- Ferrer, P. 2007. Base estructural de un hábitat. Principios para su definición y diagnosis. Versión consultiva 5.01. GENMEDOC. Generalitat Valenciana-CIEF. Valencia, España. 29 p.
- Figueroa, L. & D. Piñero. 2011. Nuevo MER para plantas, sus virtudes y defectos. Ponencia presentada en el Seminario de Divulgación: Lista Roja de Especies de México: NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, D.F. 31 p.
- Finol, H. 1976. Estudio fitosociológico de las unidades 2 y 3 de la Reserva Forestal de Carapo, Estado de Barinas. *Acta Botánica Venezuelica*, 1-4 (10): 15-103.
- Flores-López, C. 2014. Líneas para la conservación de los Recursos Genéticos de *Picea Mexicana Martínez* y *Picea Martinezii Patterson*. Tesis Doctorado, Doctorado en Ciencias Forestales. Facultad de Forestal y Agronomía, Centro de Estudios Forestales. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. 136 p.
- Flores-Olvera, R. 1985. Estudio florístico-ecológico de *Pinus cembroides* Zucc. en Nuevo León. *In* Simposium Nacional sobre Pinos Piñoneros 1985, memoria; Linares, Nuevo León, México, del 10 al 12 de junio de 1985. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Linares, Nuevo León, México. pp. 121-129.
- Flores-Rentería, L., Francisco Molina-Freaner, Amy V. Whipple, Catherine A. Gehring & C. A. Domínguez. 2013. Sexual Stability in the Nearly Dioecious *Pinus Johannis* (Pinaceae). *American Journal of Botany*, 100 (3): 602-612.
- Fonseca-Juárez, R. 2003. De Piña y Piñones. *Ciencias*, 69: 64-65.

- García A., & Passini, M. 1993. Distribución y ecología de *Pinus johannis* M.-F. Robert. *Phytologia*, 74 (2):125–127.
- García, E., 1985. Estado actual de conocimiento de los Piñoneros. *In* Simposium Nacional sobre Pinos Piñoneros 1985, memoria; Linares, Nuevo León, México, del 10 al 12 de junio de 1985. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Linares, Nuevo León, México. pp. 1-18.
- García-Moya, E. & J. Flores-Flores 1996. Aprovechamiento de plantas silvestres de zonas áridas de México (desierto y pastizal). *Geografía Agrícola*, 22 – 23: 7-22.
- Gernandt, D., G. Geada-López, S. Ortiz-García & A. Liston 2005. Phylogeny and classification of *Pinus*. *Taxon*, 1 (54): 29-42.
- Gernandt, D., O. Zerón & I. Goyenechea 2007. Inferencia filogenética mediante secuencias de DNA: un ejemplo con los pinos piñoneros. *In* Contreras–Ramos, A., C. Cuevas Cardona, I. Goyenechea y U. Iturbe (eds.). *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo. 55–65.
- Givnish, T. 1980. Ecological Constraints on the Evolution of Breeding Systems in Seed Plants: Dioecy and Dispersal in Gymnosperms. *Society for the Study of Evolution*, 34 (5): 959-972.
- González T., M. A. 1999. Patrones de dinámica de un ecosistema multicohortal de *Pinus culminicola* ANDRESEN & BEAMAN y *Pinus hartwegii* LINDL. en una fracción de la Sierra Madre Oriental. Tesis Maestría, Maestría en Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Subdirección de Postgrado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 76 p.
- González, F. 2004. *Las comunidades vegetales de México*. Segunda Edición. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, D.F. 80 p.
- González, J. 1998. Los bosques piñoneros de México: Estudio del bosque de *Pinus johannis* M–F. Robert, en Concepción del Oro, Zacatecas. Tesis Maestría, Maestría en ciencias Forestales. División de Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 152 p.

- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative Plant Ecology. 3rd Ed. University of California Press. Bangor, United Kingdom. 359 p.
- Hernández-Reyna, A. & E. García-Moya, 1985. Datos estructurales de algunos Piñonares del Altiplano Potosino. *In* Simposium Nacional sobre Pinos Piñoneros 1985, memoria; Linares, Nuevo León, México, del 10 al 12 de junio de 1985. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Linares, Nuevo León, México. pp. 150-159.
- Herrera, A. 2000. La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Primera Edición. Editorial Sammenycar C. x A., Santo Domingo, República Dominicana 102 p.
- Hignard, L. & A. Pontoppidan 1998. El pino piñonero. Volumen 1. Ediciones AKAL S. A. Madrid, España. 94 p.
- Humano, C. A. 2013. Modelado de la dinámica y producción forestal de la Selva Pedemontana de Yungas, Argentina. Tesis Maestría, Maestría en Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 159 p.
- Husch, B., T. Beers & J. Kershaw 2003. Forest Mensuration. 4th Ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, E.U.A. 456 p.
- Ibarra, P. & L. Yetano 1989. El estudio de la vegetación en Geografía. *Geographicalia*, 26: 165-174.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 1994. Diccionario de datos de uso del suelo y vegetación Escala 1: 1 000 000 (vectorial). [En línea]. [Citado el: 25 de abril de 2015.] Disponible en Web <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/ususuelo>>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1998. Diccionario de datos edafológicos Escala 1: 1 000 000 (vectorial). [En línea]. [Citado el: 25 de abril de 2015.] Disponible en Web <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/edafologia/>>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1999. Diccionario de datos geológicos Escala 1: 1 000 000 (vectorial). [En línea]. [Citado el: 25 de abril de 2015.] Disponible en Web <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/geologia/>>.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Diccionario de datos fisiográficos Escala 1: 1 000 000 (vectorial). [En línea]. [Citado el: 25 de abril de 2015.] Disponible en Web < <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/fisiografia/>>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009. México en el Mundo 2008. El Instituto. Aguascalientes, México. 672 p.
- Keator, G. 1994. Strybing Arboretum's collection of pines from Mexico. Strybing leaflet and calendar, 3 (17): 3-4.
- Krebs, J. 1998. Ecology Methodology. Second Edition. Benjamin Cummings. New York, USA. 620 p.
- Lanner, R. 1981. The piñon pine. A natural and cultural history. University of Nevada Press. Reno, Nevada. 208 p.
- Lobato-Cameselle, R. & J. Cidrás-Ferradás. 2013. Evolución Vegetal: La Conquista de la Tierra Firme. Universidad de Vigo. Facultad de Biología. Pontevedra, España, 9 p.
- Louman, B., D. Quirós & M. Nilsson 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie técnica, Manual técnico, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), N° 46. Cartago, Costa Rica. 265 p.
- Malusa, J. 1992. Phylogeny and Biogeography of the Pinyon Pines (*Pinus Subsect. cembroides*). Systematic Botany, 1 (17): 42-66.
- Martínez, B., 1999. Producción de semilla de *Pinus maximartinezii* Rzedowski. In II Simposio sobre avances en la producción de semillas forestales en América Latina, Memorias; Santo Domingo, República Dominicana, del 18-22 de octubre de 1999. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Cartago, Costa Rica. pp. 47-51.
- Matteucci, S. & A. Colma 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía científica No. 22 de serie biológica. Edición digital 2002. Ediciones Ave Fénix. Buenos Aires. Argentina. 168 p.
- McCormick, J. & J. Andresen 1963. A Subdioecious Population of *Pinus cembroides* in Southeast Arizona. Ohio Journal of Science, 4 (63): 159-163.

- Melo, O. & R. Vargas 2003. Evaluación Ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRG, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA. Ibagué, Colombia. 235 p.
- Meza, A., H. 2006. Estudio ecológico del bosque de piñonero (*Pinus cembroides* zucc.) del Municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo. Tesis Licenciatura, Ingeniero en Manejo de Recursos Naturales. Área Académica de Ingeniería Forestal. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hidalgo. 120 p.
- Mirov, N. & J. Hasbrouck 1976. The story of pines. Indiana University Press. Bloomington, Indiana, 148 p.
- Montoya, J. 1990. El Pino Piñonero. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 99 p.
- Mora-Donjuán, C., E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez & M. Aurelio-González 2013. Estructura, composición florística y diversidad del Matorral Espinoso Tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 1 (12): 29-34.
- Pardos, M., F. Bravo, F. Gordo, G. Montero & R. Calama 2012. La investigación en regeneración natural de las masas forestales. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible. pp. 17-36.
- Passini, M. 1982. Los pinos piñoneros del grupo "Cembroides" de México. *Recursos Genéticos Forestales*, 11: 70.
- Passini, M. 1985. Algunas consideraciones acerca de los pinos piñoneros en México. *In* Simposium Nacional sobre Pinos Piñoneros 1985, memoria; Linares, Nuevo León, México, del 10 al 12 de junio de 1985. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Linares, Nuevo León, México. pp. 130-136.
- Passini, M. 1994. Synonymie entre *Pinus discolor* Bailey & Hawksworth et *Pinus johannis* M.-F. Robert. *Acta Botánica Gallica*, 141 (3): 387-388.
- Passini, M. 1996. Les pins mexicains de la sous-section Cembroides Engelm. : distribution, cycle et phénologie, pollen. *In* Guillaumet Jean-Louis (ed.), Belin M. (ed.), Puig H. (ed.) *Phytogéographie tropicale: réalités et perspectives*. *Phytogéographie Tropicale*:

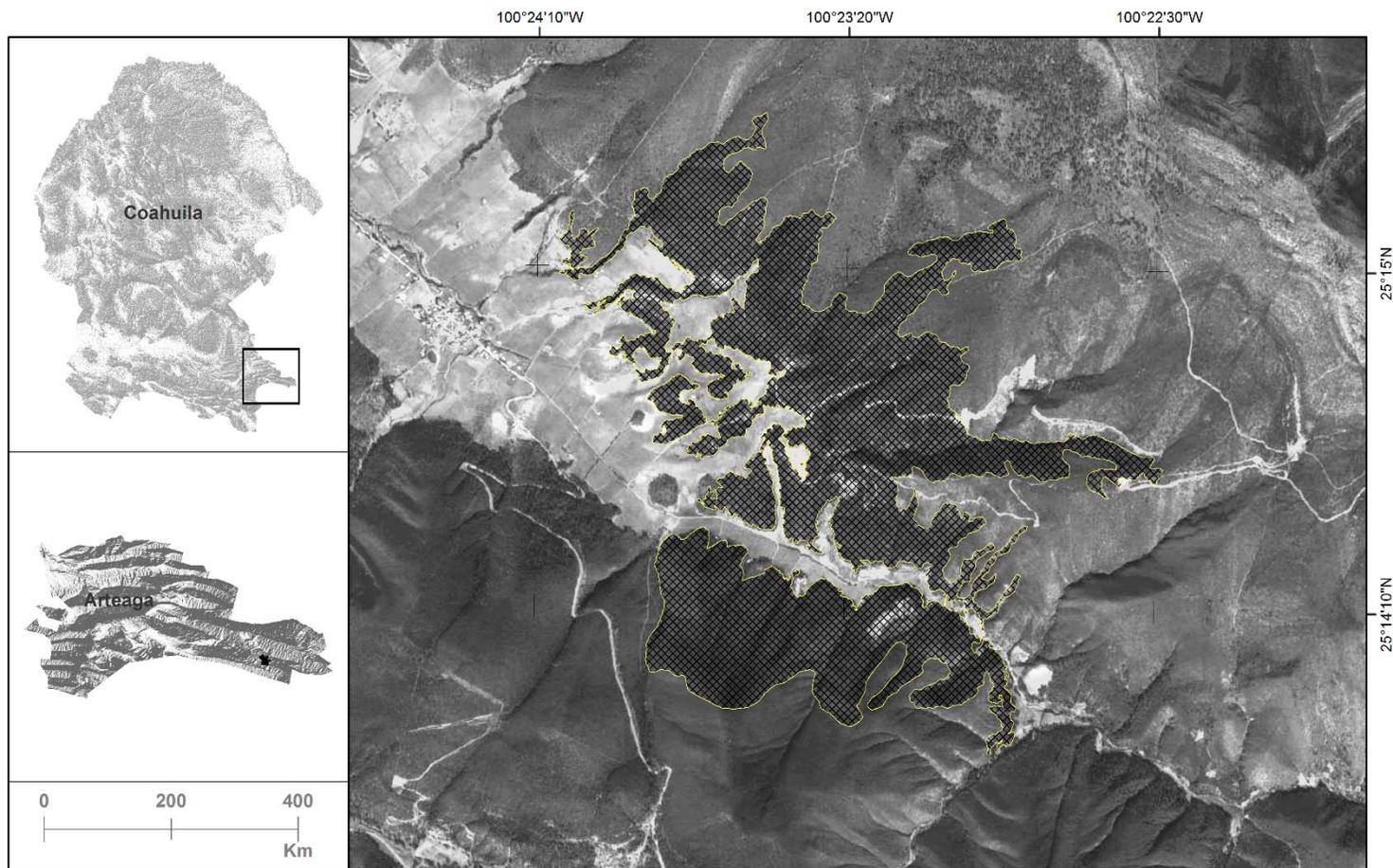
- Colloque International en Hommage au Professeur Raymond Schnell. ORSTOM, Paris, France. pp. 243-249.
- Pérez, I. 2007. Factores que condicionan la regeneración natural de especies leñosas en un bosque mediterráneo del sur de la Península Ibérica. *Ecosistemas*, 2 (16): 1-5.
- Perry, J. 1991. *The pines of Mexico and Central America*. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Pretzsch, H. 2009. *Dynamics, Growth and Yield*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Freising, Germany. 683 p.
- Rangel, O. & A. Velázquez 1997. Métodos de estudio de la vegetación. *In* Rangel-Ch, J.O., P. Lowy-C, M. Aguilar-P. (eds.), *Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM) Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC.U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, D.C. pp. 59-87.
- Robert, M. 1973. Contribution a l'étude des forets de *Pinus cembroides* dans l'est du Mexique. These 3e cycle. Montpellier. 131 p.
- Robert, M.-F. 1978. Un nouveau pin pignon Mexican: *Pinus johannis* M.-F. Robert. *Adansonia*, 13 (3): 365-373.
- Romero, A., M. Luna & E. García 2014. Factores físicos que influyen en las relaciones florísticas de los piñonares (Pinaceae) de San Luis Potosí, México. *Biología Tropical*, 2 (62): 795-808.
- Romero-Manzanares, A., Edmundo García-Moya & Marie-Françoise Passini 1996. *Pinus cembroides* s. l. y *Pinus johannis* del Altiplano Mexicano: una síntesis. *Acta Botánica Gallica*, 143 (7): 681-693.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
- Sánchez, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*, 1 (14): 107-120.

- Sánchez, O., R. Medellín, A. Aldama, B. Goettsch, J. Soberón, & M. Tambutti 2007. Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). Primera Edición. Instituto Nacional de Ecología (INE). México, D.F. 173 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestre – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. D.O.F.30 de diciembre de 2010. México. 77 p. [En línea]. 20 de diciembre de 2014. Disponible: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/detalleXNormaAction.do>
- Serrada, R. 2008. Apuntes de Selvicultura. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid, España 501 p.
- Shaw, G. 1909. The Pines of Mexico. Arnold Arboretum No. 1. 96 p.
- Torres-Espinoza, L., J. Sánchez-Salas & J. Jiménez-Pérez 2006. Análisis estructural de un ecosistema forestal de *Pinus-Quercus* en la sierra madre oriental. *Ciencia Forestal*, 100 (31): 7-30.
- Tueller, P. & J. Clark 1975. Autecology of pinyon-Juniper species of the Great Basin and Colorado Plateau. *In* The pinyon-juniper ecosystem: a symposium 1975; Logan, UT: Utah State University, College of Natural Resources, Utah Agricultural Experiment Station. Utah, E.U.A. pp. 27-40.
- Vallejo M., G. E. 1997. Asociación de Variables Dasonómicas a Diferentes Niveles de Producción de Conos en Pino Piñonero *Pinus cembroides* Zucc. en el Sur de Nuevo León, México. Tesis Maestría, Maestría en Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Subdirección de Postgrado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 150 p.
- Villarreal-Quintanilla, J., O. Mares-Arreola, E. Cornejo-Oviedo & M. Ángel Capó-Arteaga 2009. Estudio florístico de los piñonares de *Pinus pinceana* Gordon. *Acta Botánica Mexicana*, 89: 87-124.
- Wayne, M. 2006. Introducción a la botánica. Primera Edición. Editorial Pearson, Madrid, España 744 p.

Wier, S. 2011. The Native Trees of Colorado: Pinyon Pine. [En línea] 16 de Octubre de 2011.
[Citado el: 06 de enero de 2015.] Disponible en Web <<http://www.westernexplorers.us/ColoradoTrees.html>>.

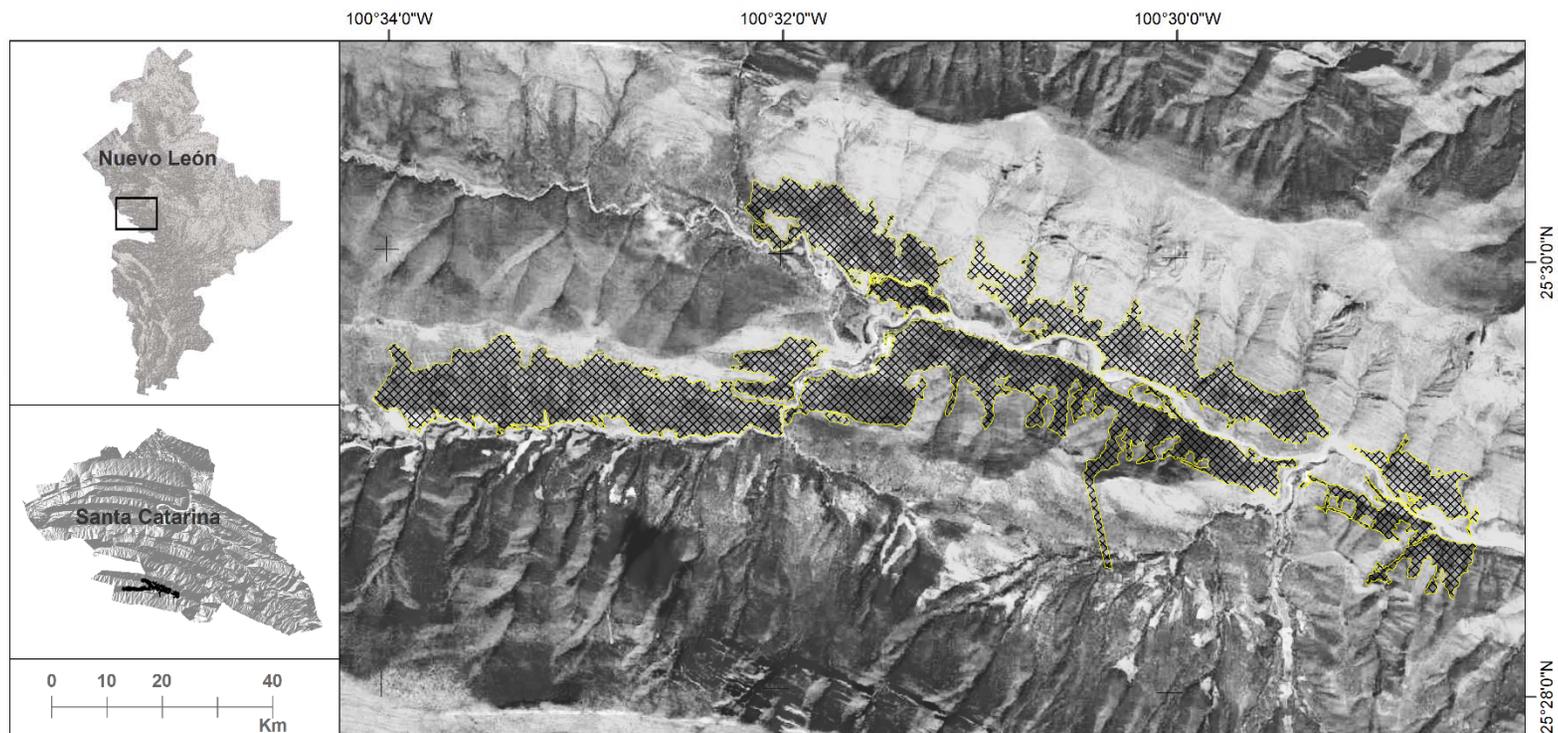
9. APÉNDICE

Apéndice 1. Población *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini, Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.



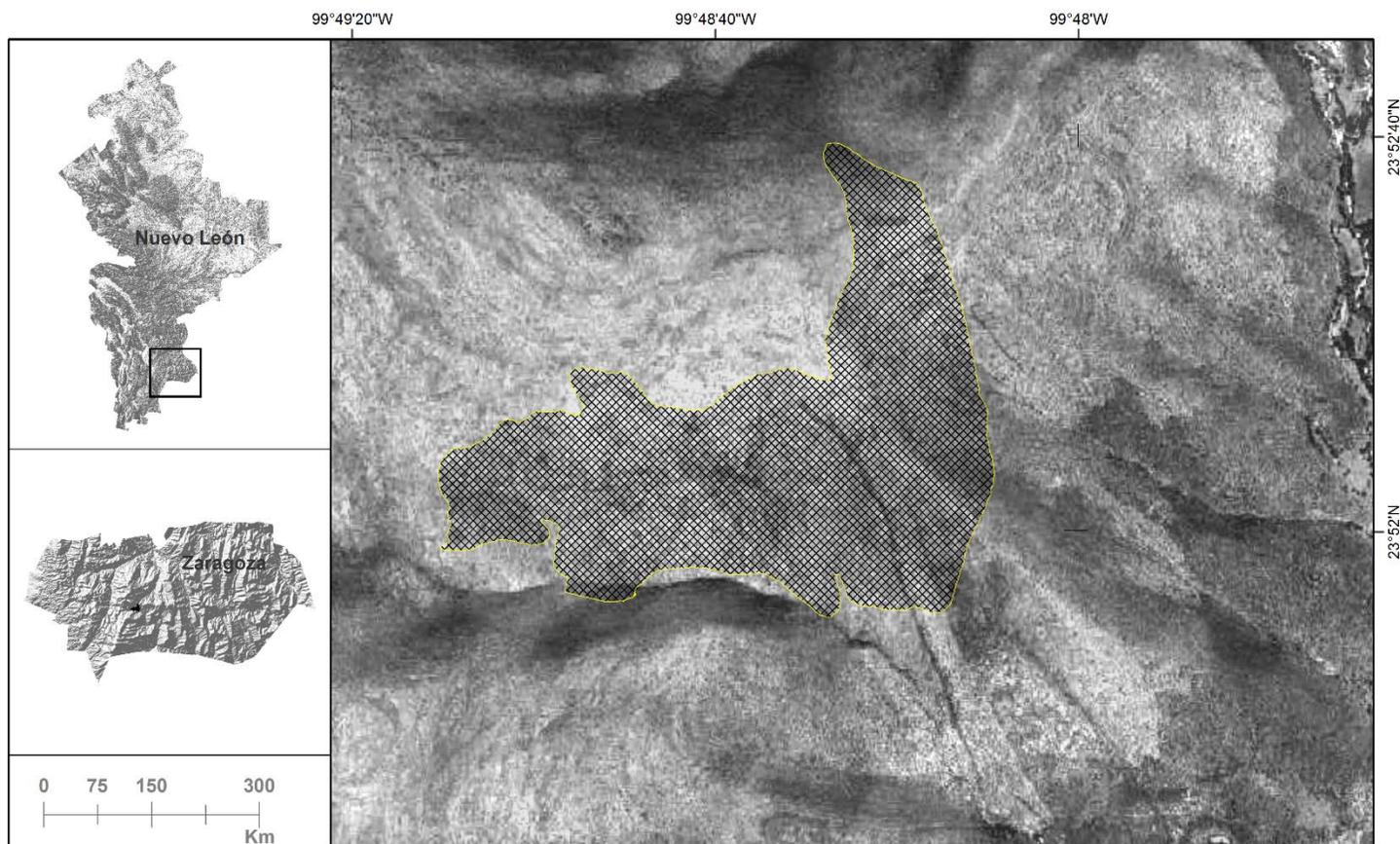
Superficie: 262.85 ha.

Apéndice 2. Población *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini, San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.



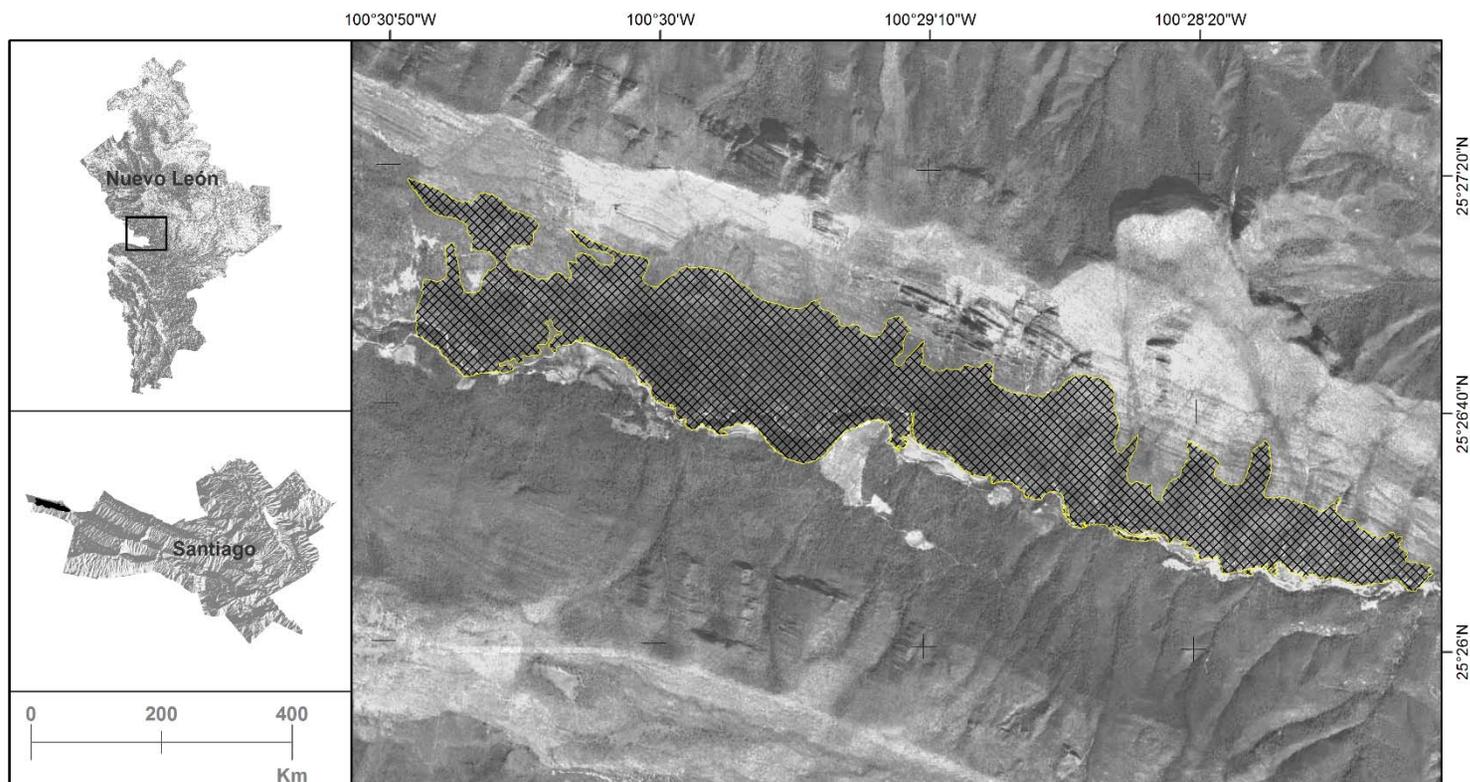
Superficie: 631.92 ha.

Apéndice 3. Población *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini, La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.



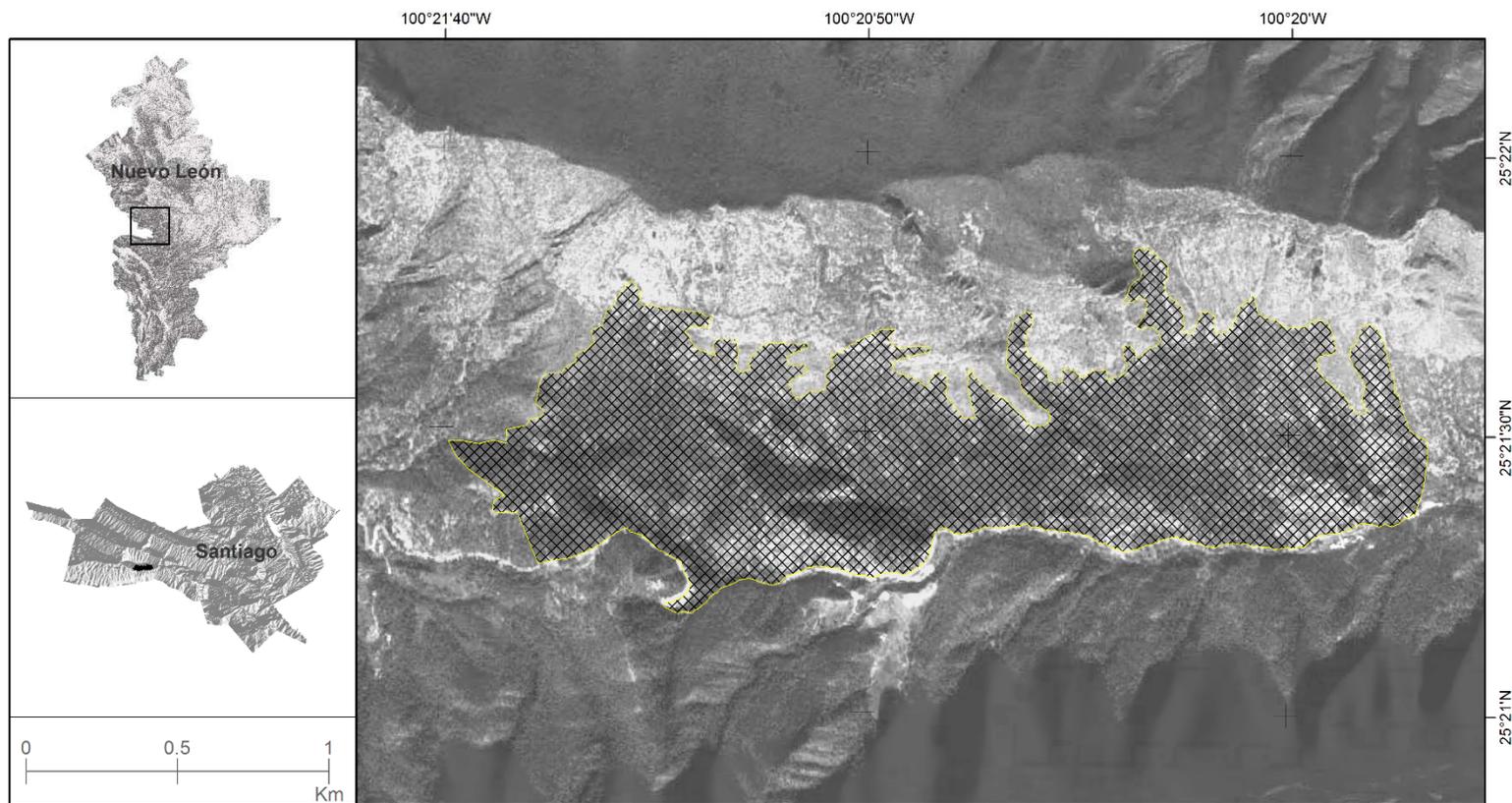
Superficie: 120.10 ha.

Apéndice 4. Población *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini, Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.



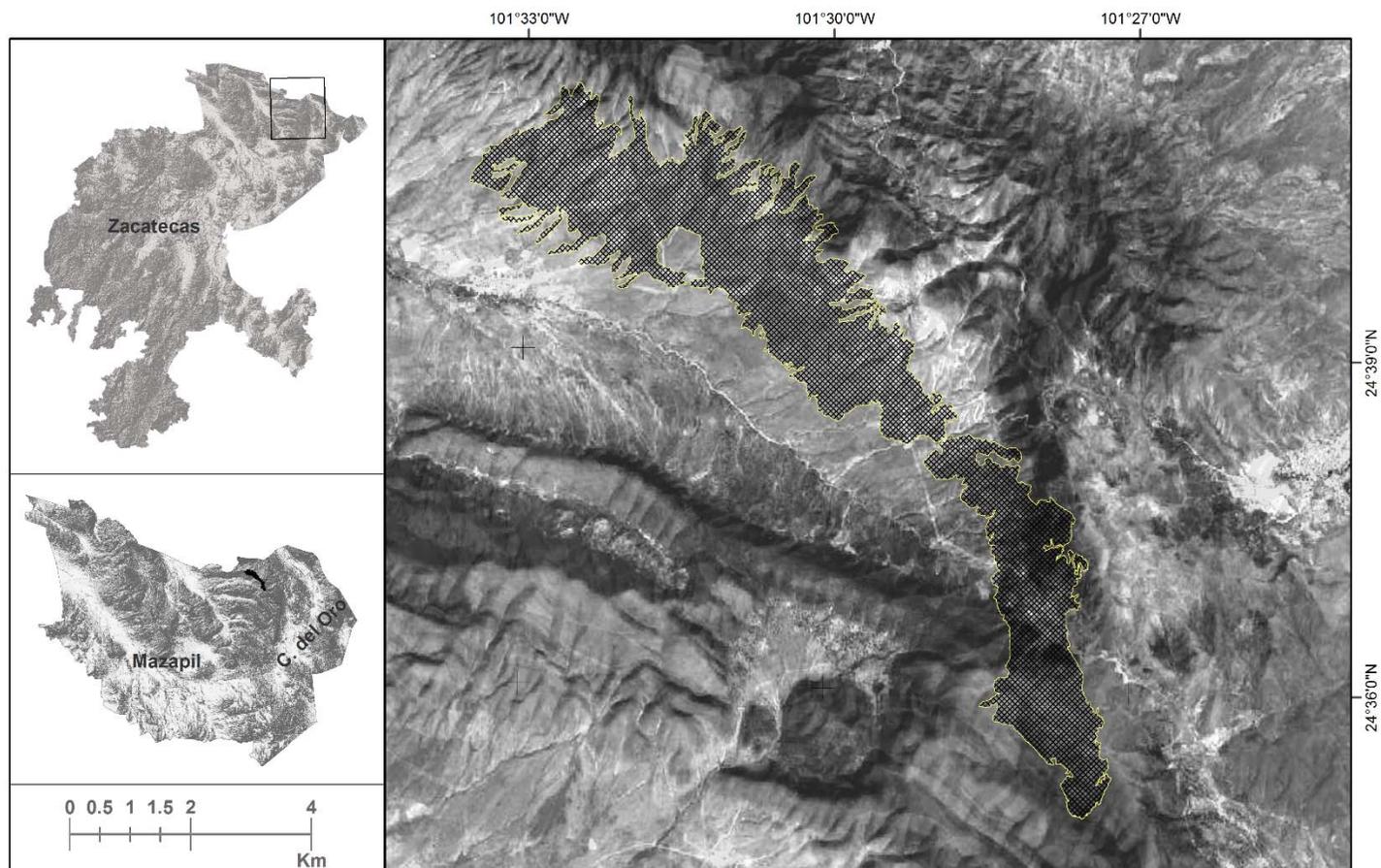
Superficie: 278.16 ha.

Apéndice 5. Población *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini, Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.



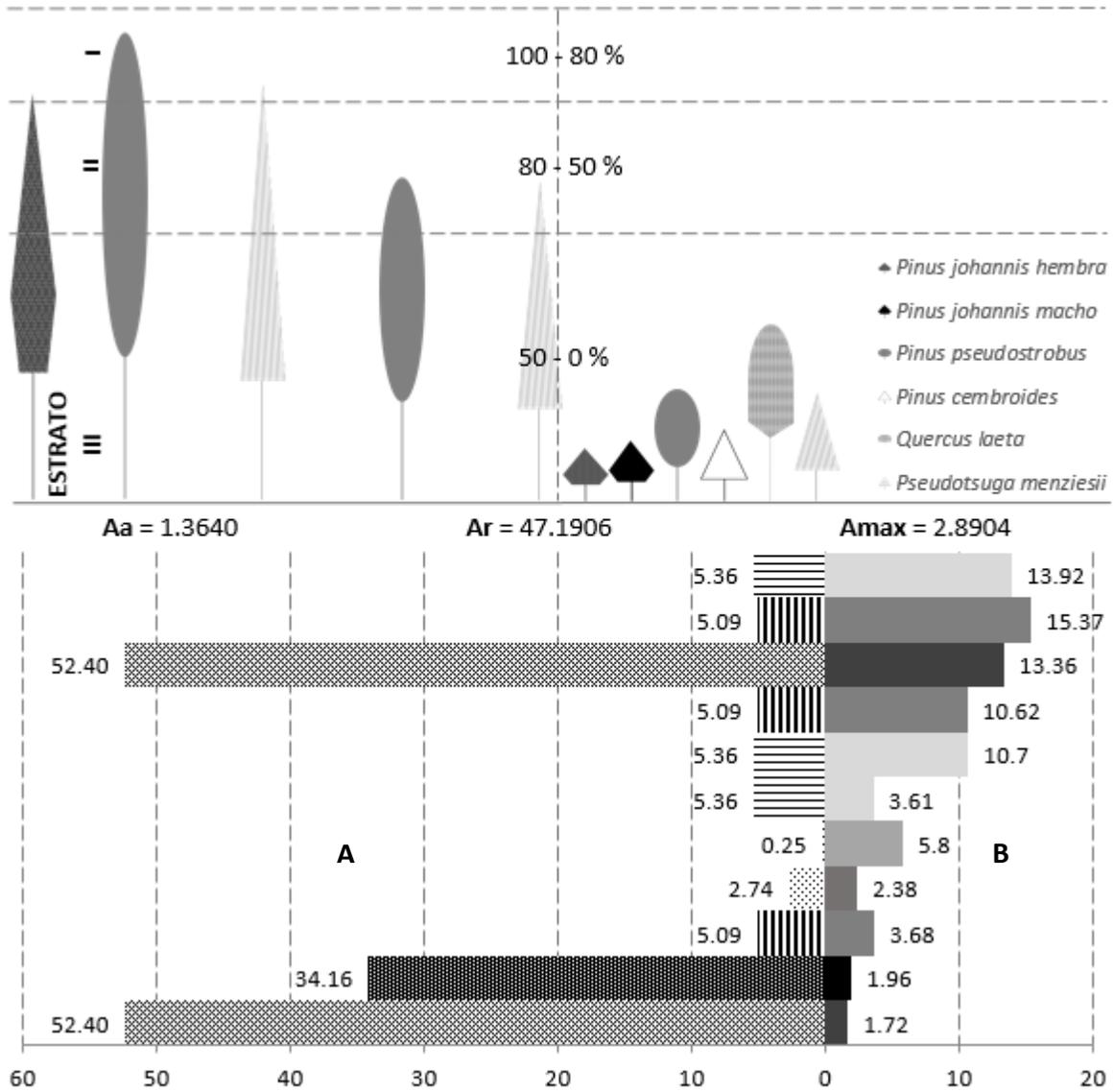
Superficie: 199.97 ha.

Apéndice 6. Población *Pinus johannis* M.-F. Robert-Passini, Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.



Superficie: 2301.43 ha.

Apéndice 7. Perfil estructura vertical, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Población Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

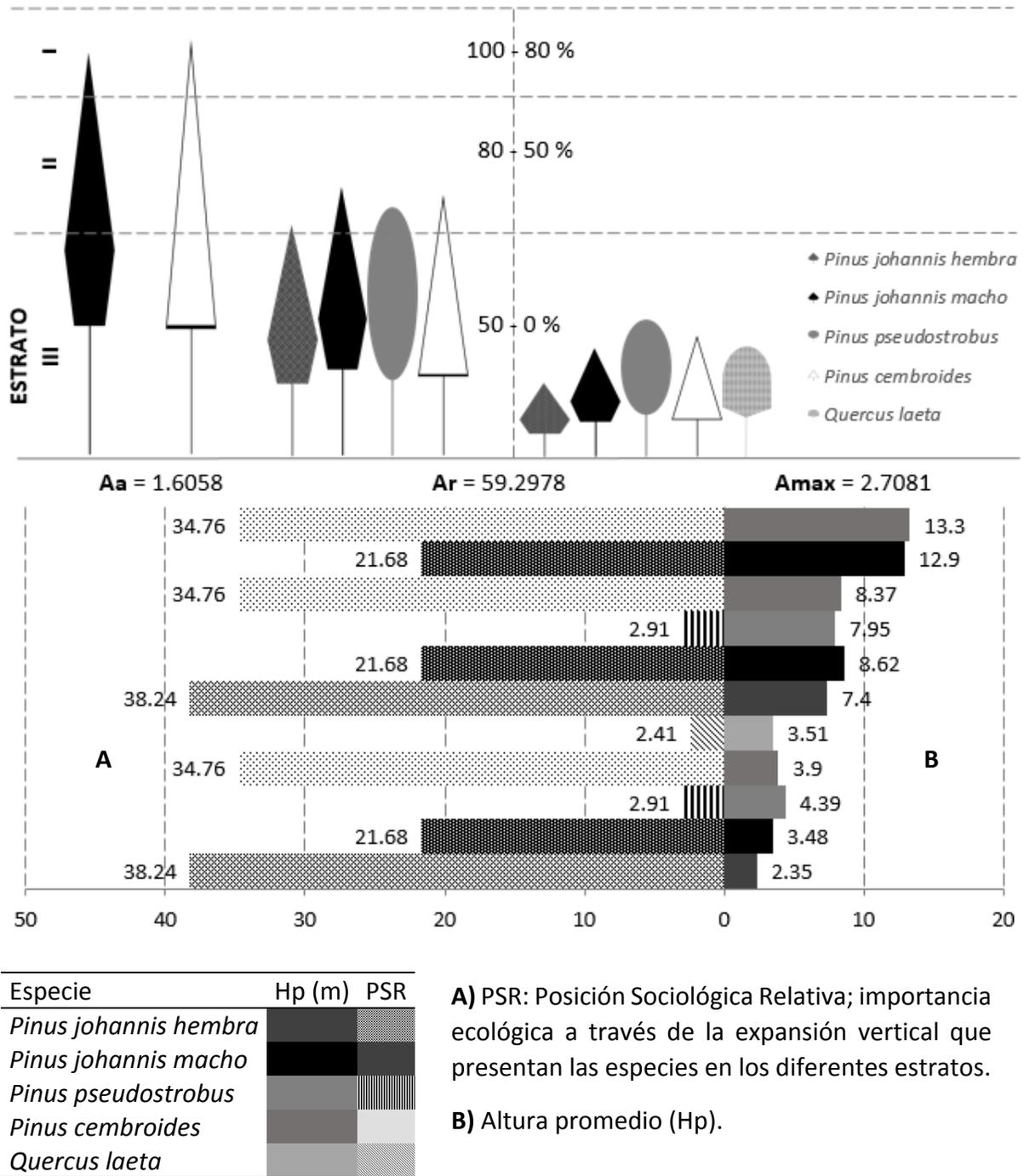


Especie	Hp (m)	PSR
<i>Pinus johannis hembra</i>	13.36	15.37
<i>Pinus johannis macho</i>	10.62	10.7
<i>Pinus pseudostrobus</i>	3.61	5.09
<i>Pinus cembroides</i>	5.09	5.36
<i>Quercus laeta</i>	5.36	5.36
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.25	2.74

A) PSR: Posición Sociológica Relativa; importancia ecológica a través de la expansión vertical que presentan las especies en los diferentes estratos.

B) Altura promedio (Hp).

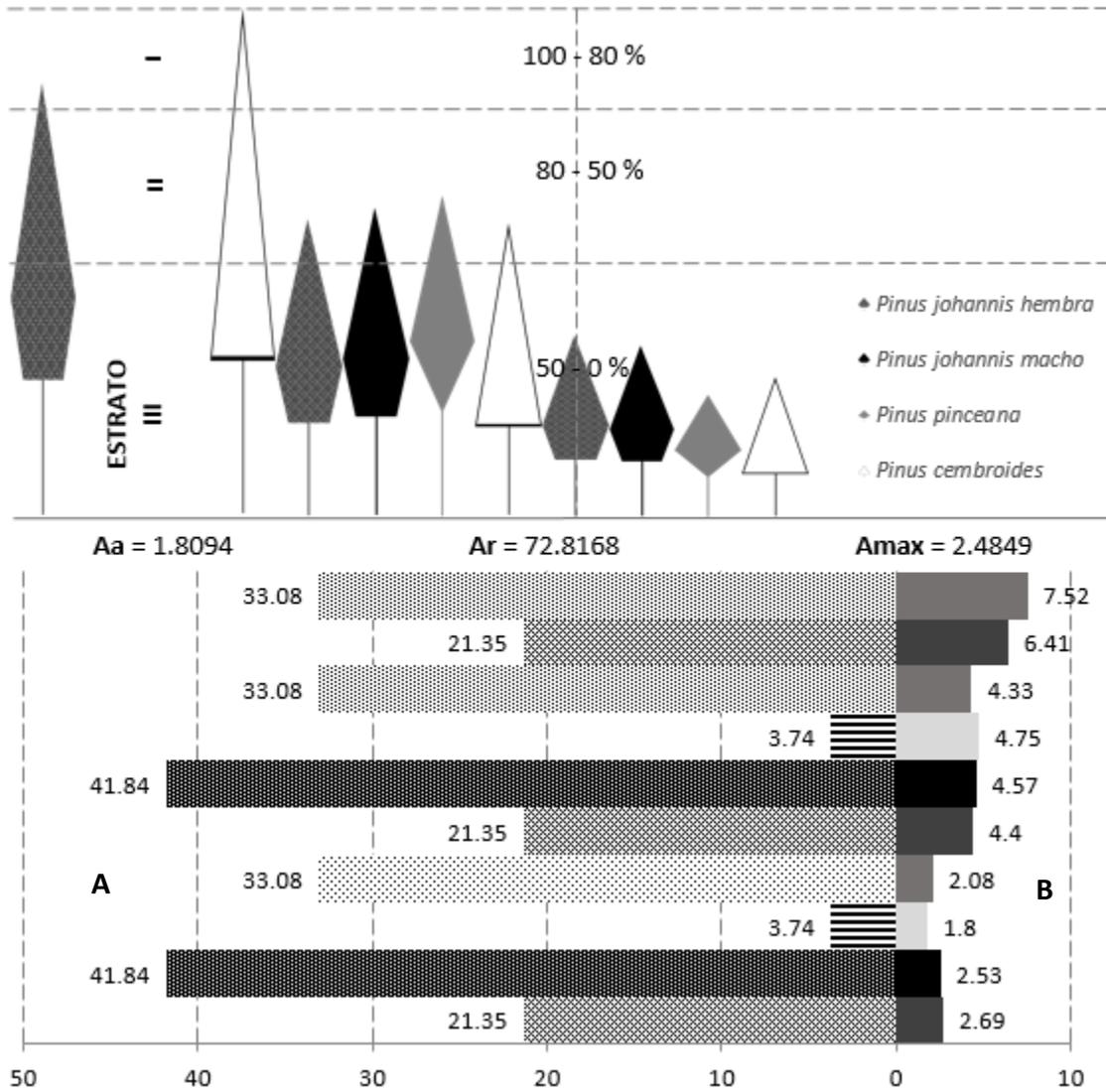
Apéndice 8. Perfil estructura vertical, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Población San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, Nuevo León.



A) PSR: Posición Sociológica Relativa; importancia ecológica a través de la expansión vertical que presentan las especies en los diferentes estratos.

B) Altura promedio (Hp).

Apéndice 9. Perfil estructura vertical, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Población La Siberia, Zaragoza, Nuevo León.

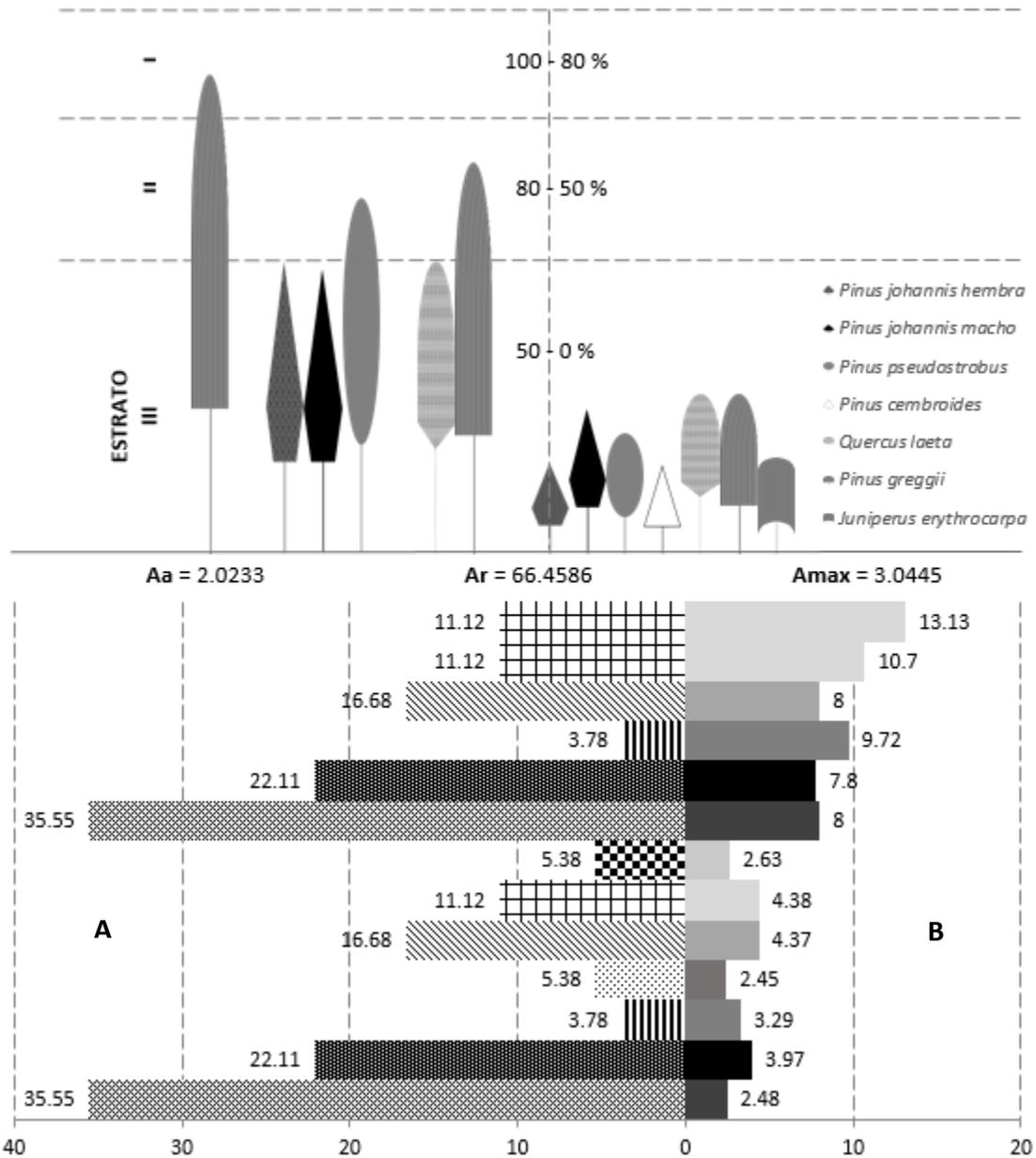


Especie	Hp (m)	PSR
<i>Pinus johannis hembra</i>	7.52	33.08
<i>Pinus johannis macho</i>	6.41	21.35
<i>Pinus cembroides</i>	4.33	33.08
<i>Pinus pinceana</i>	4.75	3.74

A) PSR: Posición Sociológica Relativa; importancia ecológica a través de la expansión vertical que presentan las especies en los diferentes estratos.

B) Altura promedio (Hp).

Apéndice 10. Perfil estructura vertical, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Población Mesa del Rosario, Santiago, Nuevo León.

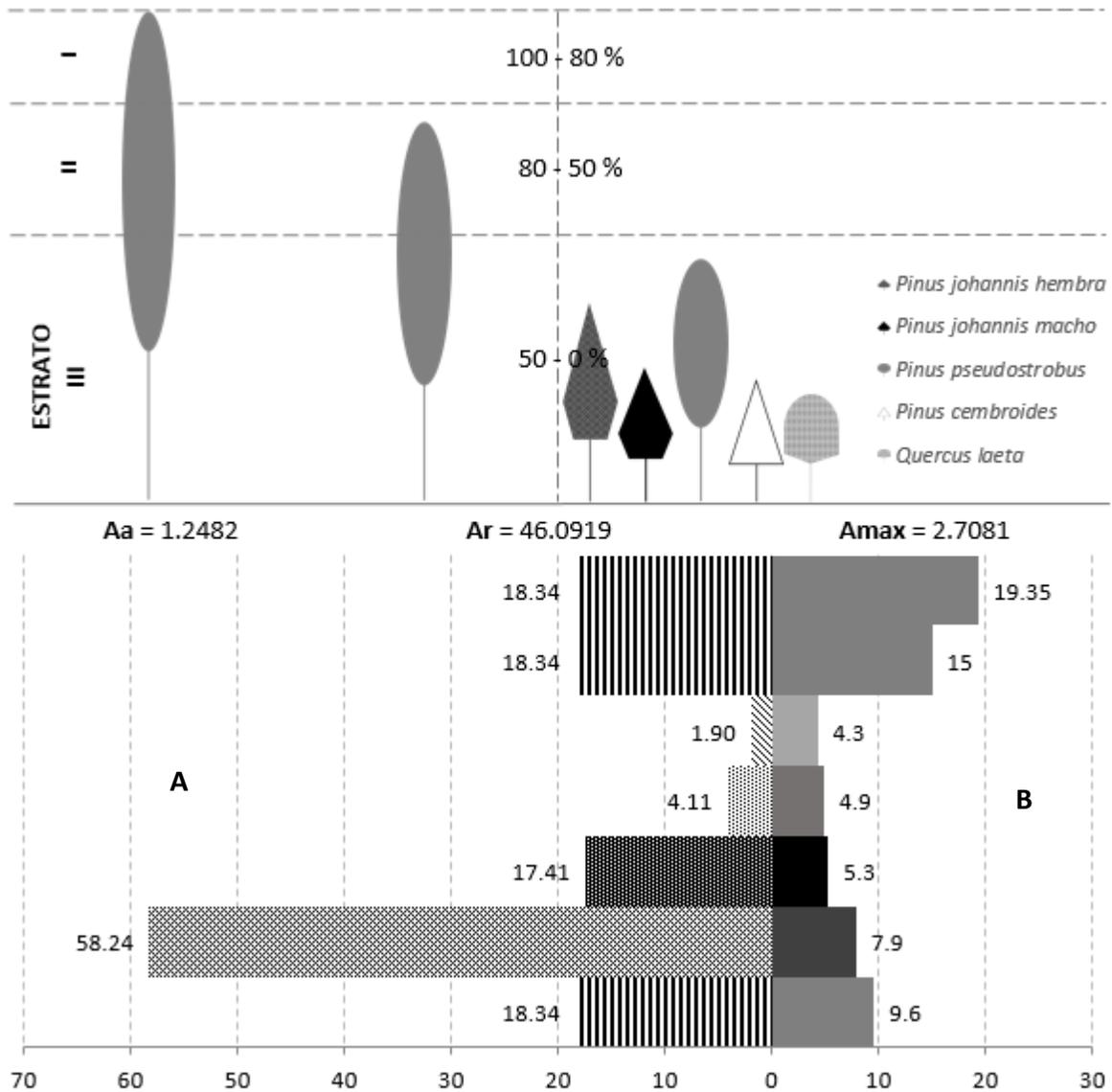


Especie	Hp (m)	PSR
<i>Pinus johannis hembra</i>	11.12	13.13
<i>Pinus johannis macho</i>	11.12	10.7
<i>Pinus pseudostrabus</i>	16.68	8
<i>Pinus cembroides</i>	3.78	9.72
<i>Quercus laeta</i>	22.11	7.8
<i>Pinus greggii</i>	35.55	8
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	5.38	2.63

A) PSR: Posición Sociológica Relativa; importancia ecológica a través de la expansión vertical que presentan las especies en los diferentes estratos.

B) Altura promedio (Hp).

Apéndice 11. Perfil estructura vertical, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Población Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

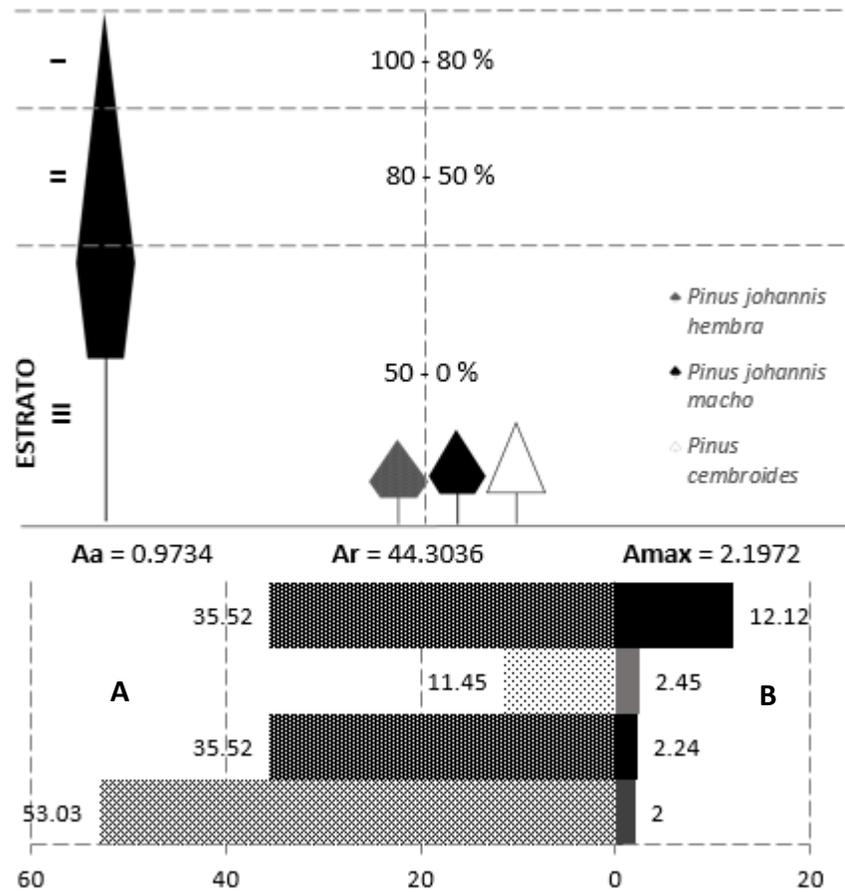


Especie	Hp (m)	PSR
<i>Pinus johannis hembra</i>	19.35	15
<i>Pinus johannis macho</i>	5.3	7.9
<i>Pinus pseudostrobus</i>	4.9	4.11
<i>Pinus cembroides</i>	1.90	18.34
<i>Quercus laeta</i>	4.3	58.24

A) PSR: Posición Sociológica Relativa; importancia ecológica a través de la expansión vertical que presentan las especies en los diferentes estratos.

B) Altura promedio (Hp).

Apéndice 12. Perfil estructura vertical, individuos hembra y macho *Pinus johannis*; Población Salaverna, Mazapil - Concepción del Oro, Zacatecas.



Especie	Hp (m)	PSR
<i>Pinus johannis</i> hembra	12.12	35.52
<i>Pinus johannis</i> macho	2.45	11.45
<i>Pinus cembroides</i>	2.24	53.03

A) PSR: Posición Sociológica Relativa; importancia ecológica a través de la expansión vertical que presentan las especies en los diferentes estratos.

B) Altura promedio (Hp).

Apendice 13. Matriz de correlación de factores ambientales y atributos estructurales.

Variables	D	G	FRE	AP	IVI	PSR	ALT	EXP	PEN	PRC	TEM	EDA
D	1											
G	0.4299	1										
FRE	*-0.7827	-0.3567	1									
AP	*-0.9084	-0.4372	*0.8048	1								
IVI	0.1942	*0.7974	0.0526	-0.3327	1							
PSR	*0.8350	0.6960	-0.6449	*-0.9214	0.6516	1						
ALT	0.1922	0.4757	0.0331	-0.2045	0.6669	0.4910	1					
EXP	-0.1264	*0.7158	0.1599	0.2701	0.4718	0.0189	0.1993	1				
PEN	0.1821	-0.6242	-0.4869	-0.2167	*-0.8035	-0.1694	-0.6055	*-0.7444	1			
PRC	-0.6348	*-0.8999	0.5027	0.4794	-0.5330	-0.6629	-0.3954	-0.6691	0.4404	1		
TEM	-0.0897	0.2127	0.4951	0.3793	0.1621	-0.2076	-0.0623	0.6467	-0.5856	-0.3234	1	
EDA	0.1392	*0.8701	-0.2494	-0.3426	*0.8364	0.5945	0.4682	0.5423	-0.5671	-0.5868	-0.1212	1

D: densidad, número de individuos ha⁻¹; G: área basal, m² ha⁻¹; FRE: frecuencia; AP: altura promedio; IVI: índice de valor de importancia; PSR: posición sociológica relativa; ALT: altitud, metros sobre el nivel del mar (msnm); EXP: exposición; PEN: pendiente; PRC: precipitación; TEMP: temperatura; EDA: edafología; *: Valores diferentes de 0, con un nivel de significación $\alpha = < 0.05$; no se encontrarán valores altamente significativos $\alpha = < 0.001$ y el resto de valores obtenidos son no significativos.