



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN GEOGRAFÍA

Centro de Investigaciones en
Geografía Ambiental

Aspectos ecológicos y patrones de
distribución de *Pinus martinezii* Larsen en
la cuenca del lago de Cuitzeo, México: Un
modelo de distribución potencial aplicado
a la conservación

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN GEOGRAFÍA
EN MANEJO INTEGRADO DEL PAISAJE**

P R E S E N T A

OSCAR ADRIÁN LEAL NARES

ASESOR DE TESIS: DR. ELEAZAR CARRANZA GONZÁLEZ

CO-ASESOR: DR. MANUEL E. MENDOZA CANTÚ

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE, 2009

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	<i>iv</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>vii</i>
INDICE DE ANEXOS	<i>xi</i>
RESUMEN	<i>xiii</i>
ABSTRACT	<i>xv</i>
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	2
1.1.1. Objetivos específicos	2
1.2. Hipótesis	3
1.3. Enfoques	3
1.4. Literatura citada	6
CAPITULO 2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	9
2.1. Cuenca de Cuitzeo	9
2.2. Ubicación	10
2.3. Características físico geográficas y climáticas de la cuenca de Cuitzeo	11
2.3.1. Clima	11
2.3.2. Hidrología	15
2.3.3. Fisiografía	17
2.3.4. Geología	18
2.3.5. Geomorfología	19
2.3.6. Suelos	23
2.3.7. Cobertura y uso del suelo	24
2.3.7.1. Matorrales	26
2.3.7.2. Bosques	27
2.3.7.3. Pastizales	28
2.3.7.4. Vegetación acuática	29
2.4. Literatura citada	30
CAPITULO 3 ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS	33
3.1. Antecedentes	33
3.2. Objetivo	35
3.3. Hipótesis	35
3.4. Metodología	35
3.4.1. Análisis y sistematización de la información climática	35
3.4.2. Selección de las variables climáticas de interés	36
3.4.3. Modelamiento de las variables climáticas	38
3.4.3.1. Modelo de regresión	38
3.4.3.2. Ajuste del modelo de regresión por corrección residual	39
3.4.3.3. Estimación de la confiabilidad del modelo	40
3.5. Resultados y discusión	41
3.5.1. Análisis y sistematización de la información climática	41

3.5.2.	Selección de las variables climáticas de interés	44
3.5.3.	Modelamiento de las variables climáticas	46
3.5.3.1.	Modelo de regresión	47
3.5.3.2.	Modelos de regresión de la temperatura	49
3.5.3.3.	Modelos de regresión de la precipitación	51
3.5.4.	Ajuste del modelo de regresión por corrección residual	54
3.5.5.	Confiabilidad del modelo	62
3.6.	Conclusiones	64
3.7.	Literatura citada	65
CAPITULO 4	CARACTERIZACION DE LAS LOCALIDADES DE <i>Pinus martinezii</i> Larsen EN LA CUENCA DE CUITZEO	68
4.1.	Antecedentes	68
4.1.1.	Taxonomía de <i>Pinus martinezii</i>	69
4.1.2.	Descripción morfológica	70
4.1.3.	Distribución de las poblaciones de <i>Pinus martinezii</i>	72
4.2.	Objetivo	74
4.3.	Hipótesis	74
4.4.	Materiales y métodos	74
4.4.1.	Localidades de muestreo	74
4.4.2.	Registro de información en campo	75
4.4.2.1.	Número de individuos o densidad (abundancia)	77
4.4.2.2.	Cobertura de las copas de los árboles	77
4.4.2.3.	Altura de los individuos	77
4.4.2.4.	Diámetro a la altura del pecho (DAP)	78
4.4.2.5.	Frecuencia	78
4.4.2.6.	Cálculo del Área Basal	78
4.4.2.7.	Calculo de Volumen de madera	79
4.4.2.8.	Calculo del Valor de Importancia	79
4.5.	Resultados y discusión	80
4.5.1.	Localidades muestreadas	80
4.5.2.	Descripción y análisis de los parámetros fisonómicos y valor de importancia de las localidades de <i>Pinus martinezii</i>	80
4.5.3.	Condiciones generales de las localidades de <i>Pinus martinezii</i>	82
4.6.	Conclusiones	91
4.7.	Literatura citada	92
CAPITULO 5	MODELO DE DISTRIBUCION POTENCIAL DE <i>Pinus martinezii</i>	95
5.1.	Antecedentes	95
5.1.1.	Perfil bioclimático	95
5.1.2.	Concepto de nicho ecológico	96
5.1.3.	Modelos de distribución potencial	98
5.1.4.	Análisis multicriterio	102
5.2.	Objetivos	101
5.3.	Hipótesis	102
5.4.	Materiales y métodos	102
5.4.1.	Obtención del perfil bioclimático de <i>Pinus martinezii</i>	102
5.4.2.	Elaboración del modelo de distribución potencial de <i>Pinus martinezii</i>	103
5.4.2.1.	Asignación de pesos	104
5.4.2.2.	Obtención del mapa de distribución potencial de <i>Pinus martinezii</i>	105
5.4.2.3.	Evaluación de la confiabilidad	106
5.4.2.4.	Identificación de zonas potenciales de conservación y	106

	reforestación	
5.5.	Resultados y discusión	109
5.5.1.	Perfil bioclimático de <i>Pinus martinezii</i>	109
5.5.1 .1.	Análisis del perfil bioclimático por localidad	109
5.5.1 .2.	Perfil bioclimático de <i>Pinus martinezii</i>	112
5.5.2.	Modelo de distribución potencial de <i>Pinus martinezii</i>	117
5.5.2.1.	Estandarización de los criterios	117
5.5.2.2.	Estandarización de los factores	118
5.5.2.3.	Estandarización de los atributos	119
5.5.2.4.	Agregación de los factores en el análisis multicriterio	120
5.5.2.5.	Mapa de distribución potencial de <i>Pinus martinezii</i>	126
5.5.3.	Confiabilidad del modelo	132
5.5.4.	Zonas potenciales para el desarrollo de <i>Pinus martinezii</i>	134
5.5.4.1.	Zonas potenciales para reforestacion con <i>Pinus martinezii</i>	134
5.5.4.2.	Zonas potenciales para la conservación de <i>Pinus martinezii</i>	136
5.6.	Conclusiones	137
5.7.	Literatura citada	139
CAPITULO 6	CONCLUSIONES GENERALES	143
	ANEXOS	145

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar los aspectos ecológicos y patrones de distribución del *Pinus martinezii* en la Cuenca del Lago de Cuitzeo. Esta especie se encuentra en estatus de **Pr** “sujeta a protección especial” según la Norma Oficial Mexicana -059-2001 ya que sus poblaciones están fuertemente afectadas por la extracción clandestina de madera, incluso dentro del área de estudio. En esta región, se tienen registradas seis poblaciones consideradas como importantes de acuerdo a su extensión. En estas localidades, se realizó la medición de los parámetros fisonómicos de 248 individuos distribuidos en 18 sitios de muestreo, con base en los cuales se elaboró un Índice de Valor de Importancia (VI) que permitió establecer la comparación de condiciones en las poblaciones actuales de *P. martinezii*. A partir de este análisis se determinó que las poblaciones de Nueva Victoria y Agua Zarca son las que presentan un mayor grado de conservación con respecto a las demás, que están sujetas a las actividades de extracción selectiva en la zona.

Como herramienta para la conservación de esta especie, se obtuvo un mapa de distribución potencial, el cual puede ser una referencia para realizar labores de conservación o reforestación, así como para determinar los sitios de colecta de semilla para el establecimiento de viveros y para realizar exploraciones en busca de nuevas localidades para la reforestación y protección de la especie en la cuenca de Cuitzeo.

Se establecieron los rangos de tolerancia de *P. martinezii* a los factores ambientales en el área de estudio, a partir de los cuales se obtuvo el perfil bioclimático de la especie, mismo que puede ser utilizado para medir su ocurrencia en el espacio geográfico. Con base en los registros de campo se determinó que la presencia del *P. martinezii* está definida en un rango altitudinal de 2,280 hasta 3,020 m y en suelos principalmente de tipo luvisoles y andosoles.

El modelo de distribución potencial está basado en el concepto de nicho fundamental n–dimensional de Hutchinson, tomando en consideración los

requerimientos ambientales que esta especie necesita para su distribución, para el cual se utilizaron como herramientas el análisis multicriterio y los Sistemas de Información Geográfica, obteniendo una confiabilidad del modelo de un 81.25%. Sin embargo, el nicho real de esta especie varía debido a otros factores que restringen su distribución, como son las barreras biogeográficas y la competencia interespecífica.

Con base en los resultados obtenidos, es necesario llevar a cabo acciones de reforestación en las localidades de La Joya, El Temazcal y Laguna Verde, debido a las condiciones de disturbio que presentan; mientras que en las comunidades de Nueva Victoria y Agua Zarca se puede realizar conservación orientada al manejo sostenible de las poblaciones y reforestación en algunas áreas en las que existe extracción de madera.

Tomando en cuenta el “VI”, el perfil bioclimático, el modelo de distribución potencial y la experiencia de los recorridos en campo, se determinó que las poblaciones para la colecta de semillas y el establecimiento de viveros de *Pinus martinezii* son las localidades de Nueva Victoria, Agua Zarca y Laguna Verde.

FORMA DE CITAR EL DOCUMENTO

Leal- Nares, O.A. 2008. Aspectos ecológicos y patrones de distribución de *Pinus martinezii* Larsen en la cuenca del lago de Cuitzeo, México: Un modelo de distribución potencial aplicado a la conservación. Tesis de maestría. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 182 pp.

ABSTRACT

The present research was done in order to approach ecological aspects and distribution pattern of *Pinus martinezii* inside of the Cuitzeo Lagoon basin. This species is considered as “subject to special protection” according to Mexican laws (NOM-059-2001) due to illegal logging that constitutes the main problem of pine populations in the basin of Cuitzeo Lagoon. There are six important populations of this species in the study area based in their extensions; those were characterized by physiognomic measurements of 248 individuals and 18 sampling sites, with the fieldwork data were elaborated an Importance Value Index (VI) which allows a quick comparison of the ecological conditions among the populations of *P. martinezii*, according to this data, the localities of Nueva Victoria and Agua Zarca were the top ranked with respect to the others surveyed, which are under significant pressure by selective extraction activities.

The potential distribution map was developed as a conservation tool for this species, which is a reference to conduct reforestation and other conservation efforts, although this information is strongly useful to carry out reforestations and may be also a reference to determine sites for seed collection and establishment of greenhouses; is able to find new localities for reforestation issues and protection of *P. martinezii* in the Basin.

The optimal ranges of environmental factors for *P. martinezii* in the basin were established and the bioclimatic profile obtained, which provides important information to measure its occurrence in the geographical space. Its altitudinal range is from 2,280 to 3,020 meters, mainly in Luvisols and Andosols soil types.

A potential distribution model was developed, based on the fundamental niche concept of n-dimensional Hutchinson's concept, which considers the environmental requirements of the species for its distribution. The model was created using different tools as the multicriteria analysis and the Geographic Information Systems. The real niche of the species can be different due to multiple factors which can restrict their distribution, such biogeographical barriers and interspecific competition.

Based on the results, it is necessary to carry out reforestation in the localities of La Joya, El Temazcal and Laguna Verde, due to the disturbance conditions, in the other hand, the actions in the communities of Nueva Victoria and Agua Zarca can be oriented into sustainable forestry management and reforestation in some areas where there is logging. Considering the VI, thue potential distribution map and the fieldwork, the best populations for seed collection and the establishment of greenhouses were Nueva Victoria, Agua Zarca and Laguna Verde.