

Querétaro
2013
cudi

REUNIÓN DE PRIMAVERA
15, 16 Y 17 DE ABRIL

EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Dr. Noel B. Pineda Jaimes

Facultad de Geografía
Universidad Autónoma del Estado de México



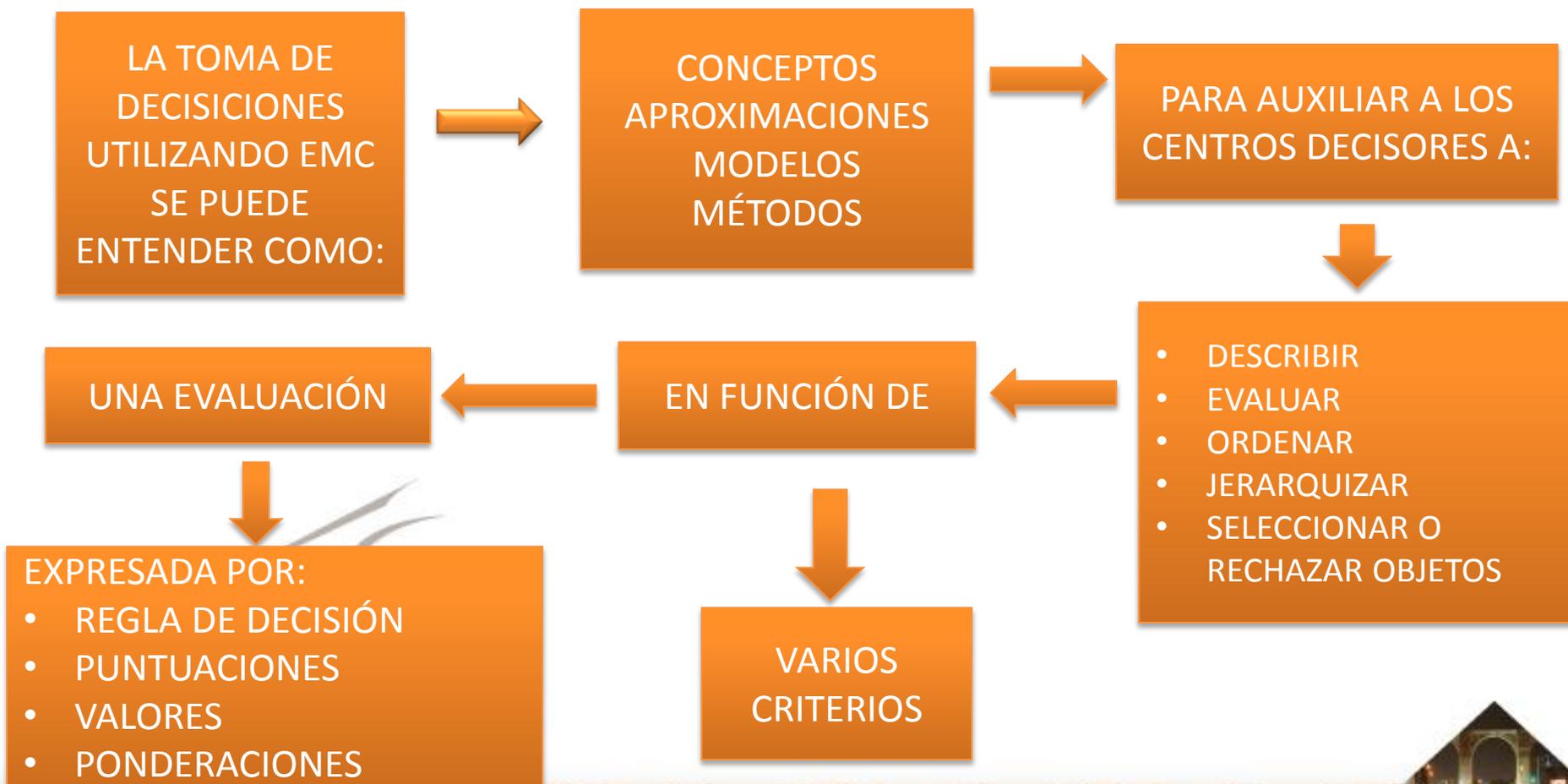


CONTENIDO

1. **EVALUACIÓN MULTICRITERIO**
2. **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**
3. **ORDENAMIENTO TERRITORIAL**
4. **EMC Y SIG**
5. **CASO DE ESTUDIO**
6. **MÉTODO**
7. **RESULTADOS**
8. **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



EVALUACIÓN MULTICRITERIO





EVALUACIÓN MULTICRITERIO

Según Barredo (1994), es el conjunto de técnicas que apoyan en el proceso de toma de decisiones dentro de una amplia variedad de posibilidades.

Para Eastman, et. al. (1993), este proceso implica la evaluación de la elección de alternativas basadas en criterios concretos.



SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



EL OBJETIVO COMÚN DE LOS SIG ES:



INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Un SIG permite al analista o gestor territorial plantear escenarios de una determinada región.



Un SIG constituye una potente herramienta para el Ordenamiento Territorial.



ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Política pública que implica:



un proceso planificado del territorio



Procesos

Técnico-científico

Técnico-político

Técnico-administrativo



Análisis Territorial

Planificación Territorial

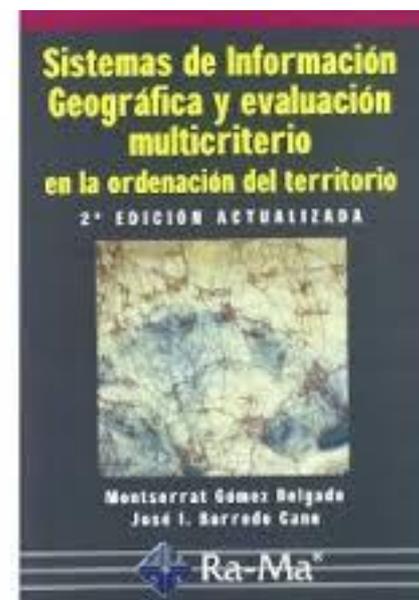
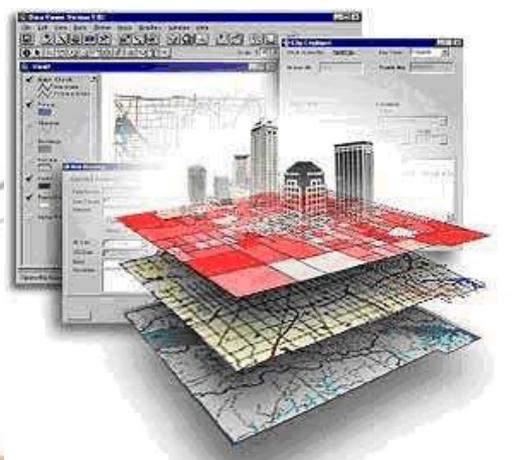
Gestión Territorial

Fases



SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO

El binomio SIG-EMC permite diseñar modelos de adecuación óptima de diferentes usos y ocupaciones del suelo, así como combinar diferentes objetivos y criterios.







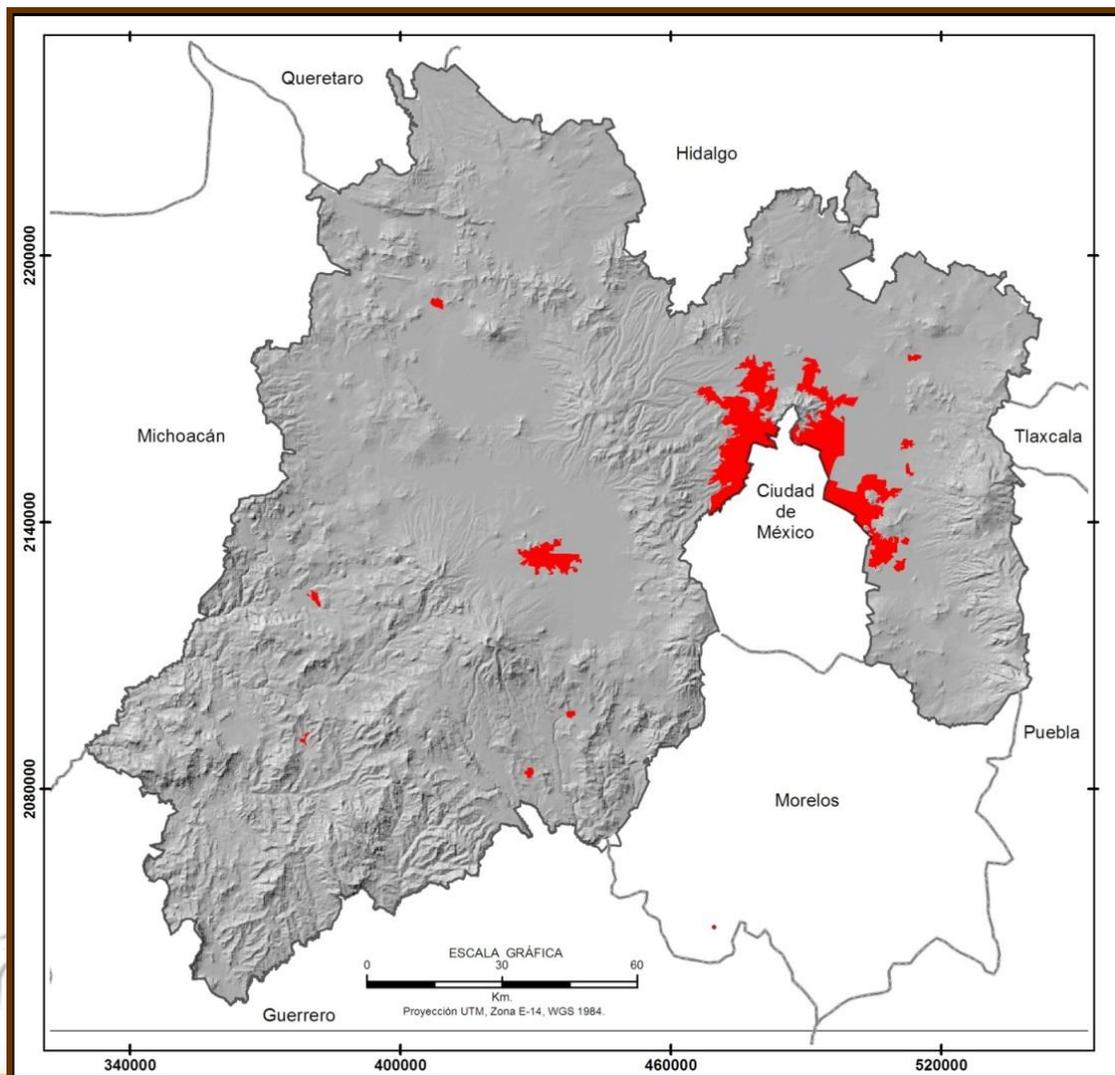
CASO DE ESTUDIO



Localización geográfica



Localización geográfica



Superficie:
22.274 km²

Población:
**15.2 millones en
2010**





**TÉCNICAS DE EMC Y SIG PARA DETERMINAR
ÁREAS ÓPTIMAS PARA PLANTACIONES
FORESTALES CON FINES DE
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**



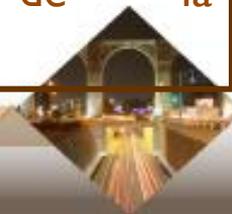


Especies forestales recomendadas para plantaciones forestales por tipo de vegetación.

Especie	Tipo de plantación	Tipo de vegetación
<i>Pinus Montezumae</i>	Comercial	<i>Bosques de coníferas</i> <i>Bosques mixtos</i>
<i>Pinus douglasiana</i>		
<i>Pinus patula</i>		
<i>Pinus Pseudostrobus</i>		
<i>Pinus rudis</i>		
<i>Pinus teocote</i>		
<i>Pinus leiophylla</i>		
<i>Pinus pringlei</i>	Restauración y protección	<i>Bosques de latifoliadas</i> <i>Bosques mixtos</i>
<i>Abies religiosa</i>		
<i>Quercus laurina</i>		
<i>Quercus rugosa</i>	Agroforestal	<i>Selva baja caducifolia</i>
<i>Quercus macropylla</i>		
<i>Acacia farnesiana</i>		
<i>Bursera aloexylon</i>		
<i>Bursera simaruba</i>		
<i>Cordia elaeagnoides</i>		

Los tipos de plantación forestal se definieron según las especies autóctonas recomendadas por PROBOSQUE

Para clasificar las especies forestales por tipo de plantación se tomó en consideración los objetivos de cada reforestación que proponen las fichas técnicas de la CONAFOR.



Tipos de vegetación



Bosque de Coníferas



Bosque de Latifoliadas



Bosque Mixto



Bosque Mesófilo de Montaña



Selva Baja Caducifolia



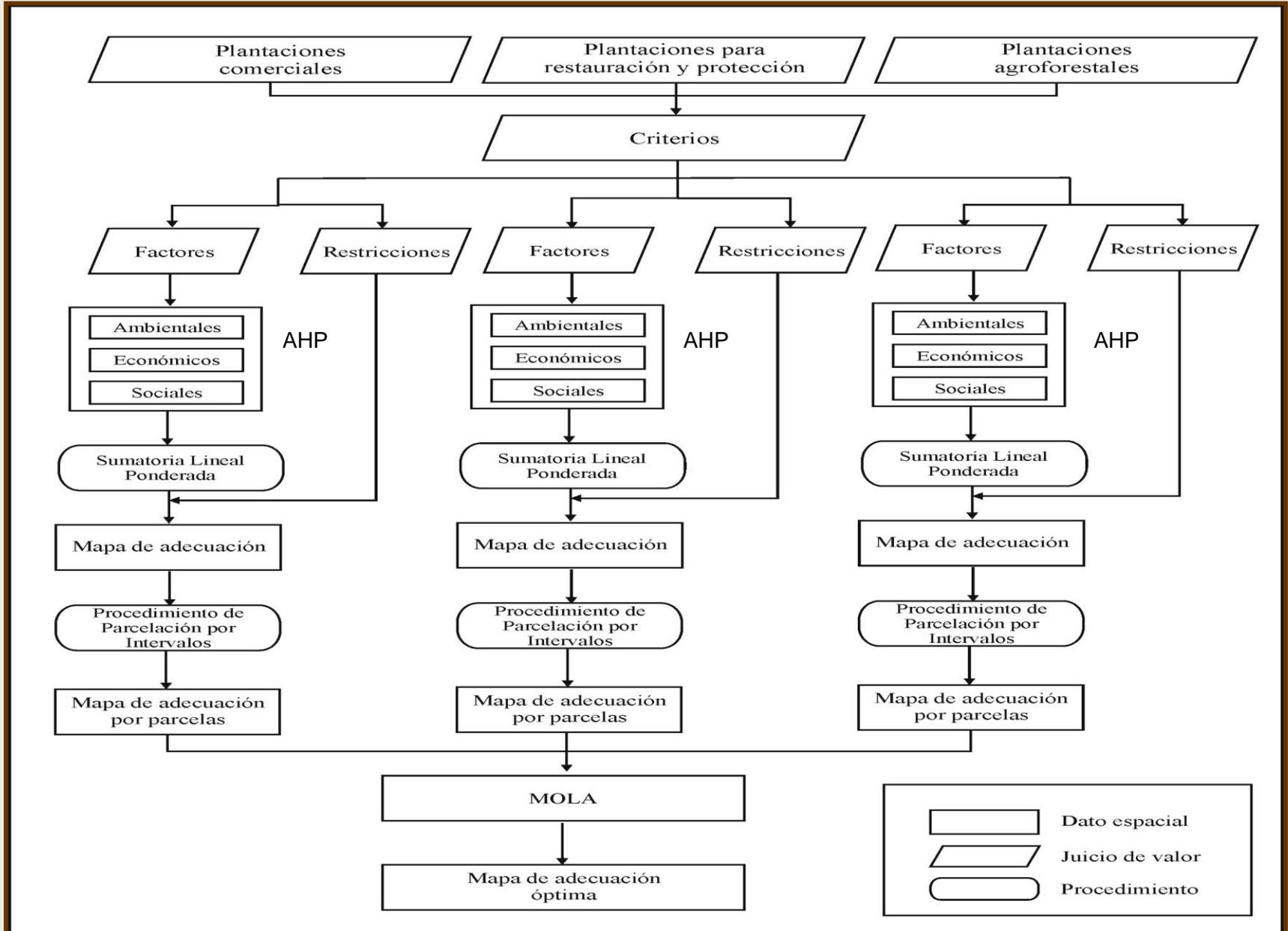
Pastizal



Matorral Xerófilo

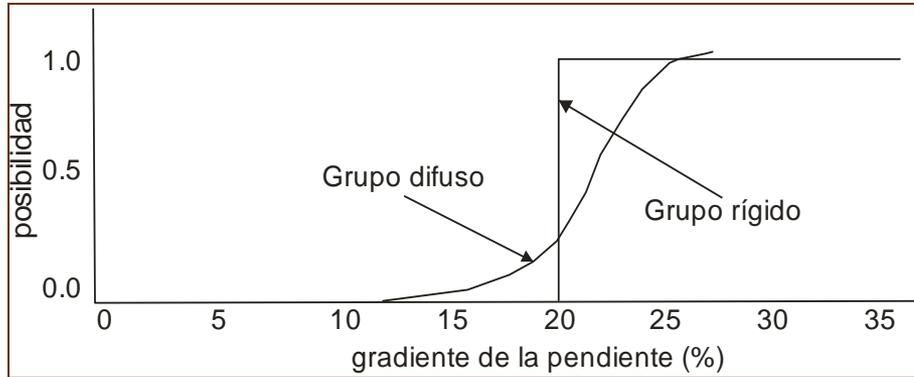


Método



Utilizando información disponible, se delimitaron amplitudes de valores óptimos para cada tipo de plantación forestal

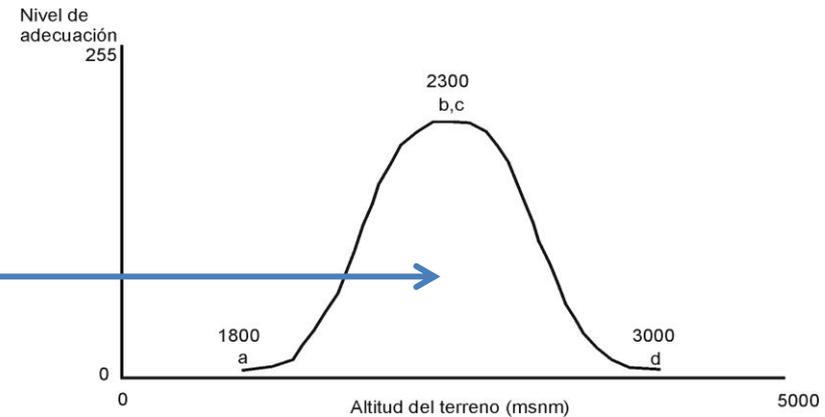
Requerimientos ambientales		Tipo de plantación forestal		
		Comerciales	Restauración y protección	Agroforestales
Altitud	(msmm)	1800 - 3000	1500 - 2700	100 - 1400
Pendiente	(%)	20 - 40	20 - 40	20 - 40
Exposición solar	(grados)	Norte y Noroeste	Norte	Sur
Temperatura media anual	(° C)	3 - 25	16 - 20	19 - 28
Precipitación media anual	(mm/año)	700 - 1500	1000 - 1400	600 - 1700
Tipo de suelo		Andosol	Andosol	Regosol
Profundidad del suelo	(cm)	> 100	50 - 100	0 - 50
Textura del suelo		Media	Media	Fina
Tipo de roca		Volcánica	Volcánica-sedimentaria	Volcánica-sedimentaria Clastica y volcánica



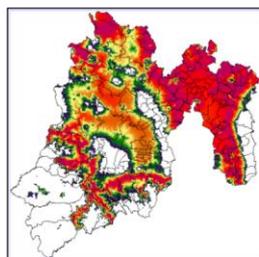
Fuzzy Logic. Zadeh (1965)

Normalización de la altitud mediante una función borrosa de tipo sigmoïdal simétrica.

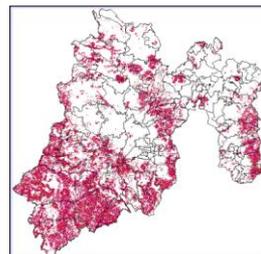
Requerimientos ambientales		Tipo de plantación forestal		
		Comerciales	Restauración y protección	Agroforestales
Altitud	(msmm)	1800 - 3000	1500 - 2700	100 - 1400
Pendiente	(%)	20 - 40	20 - 40	20 - 40
Exposición solar	(grados)	Norte y Noroeste	Norte	Sur
Temperatura media anual	(°C)	3 - 25	16 - 20	19 - 28
Precipitación media anual	(mm/año)	700 - 1500	1000 - 1400	600 - 1700
Tipo de suelo		Andosol	Andosol	Regosol
Profundidad del suelo	(cm)	> 100	50 - 100	0 - 50
Textura del suelo		Media	Media	Fina
Tipo de roca		Volcánica	Volcánica-sedimentaria	Volcánica-sedimentaria Clastica y volcánica



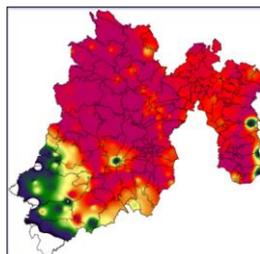
Factores ambientales (plantaciones comerciales)



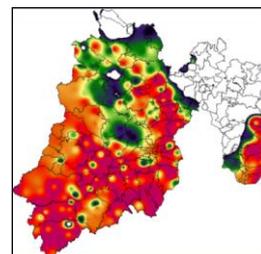
Altitud



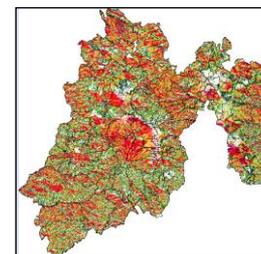
Pendiente



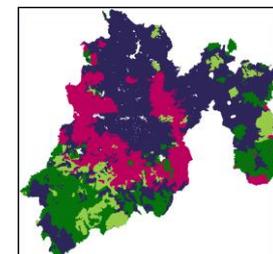
Temperatura



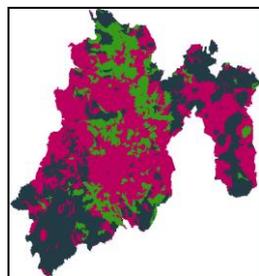
Precipitación



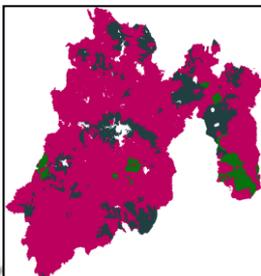
Orientación



Tipo de suelo



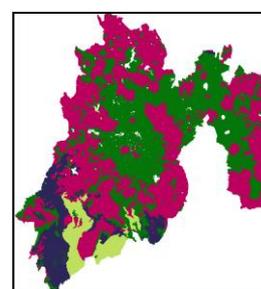
Profundidad
de suelo



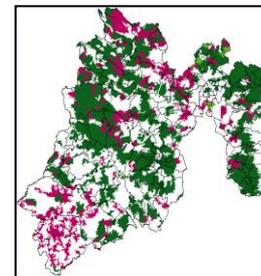
Textura
del suelo



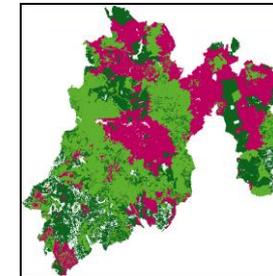
Erosión
del suelo



Litología



Ocupación
del suelo



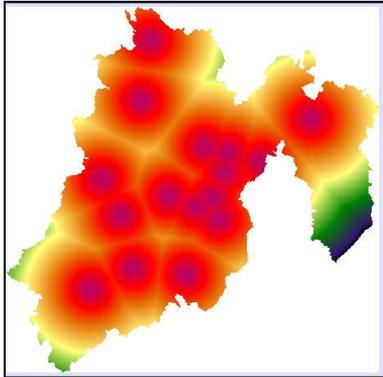
Potencial del suelo



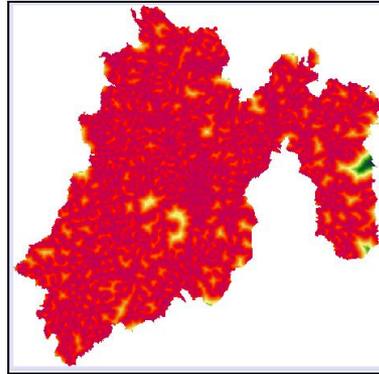
Análisis de Correlación



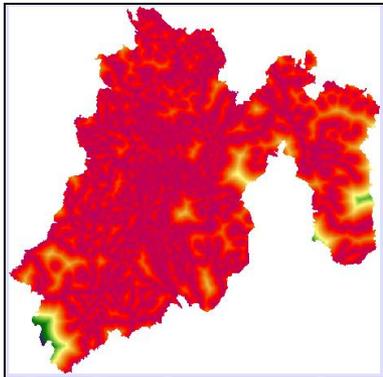
Factores económicos (p. comerciales)



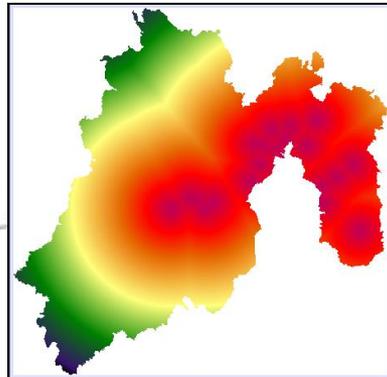
Viveros forestales



Carreteras

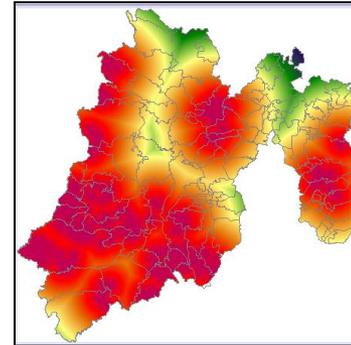


Hidrografía

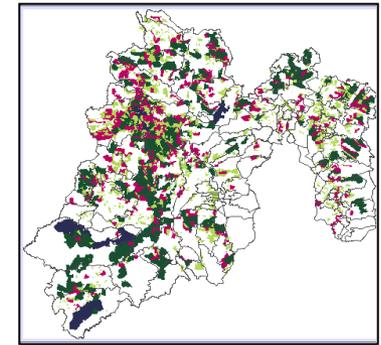


Mercados

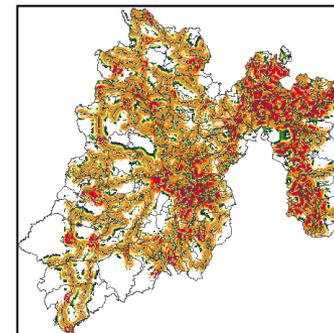
Factores sociales (p. comerciales)



Localidades rurales



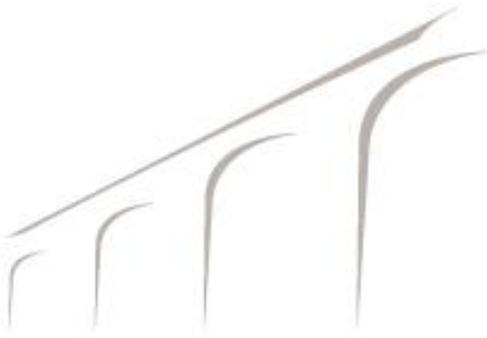
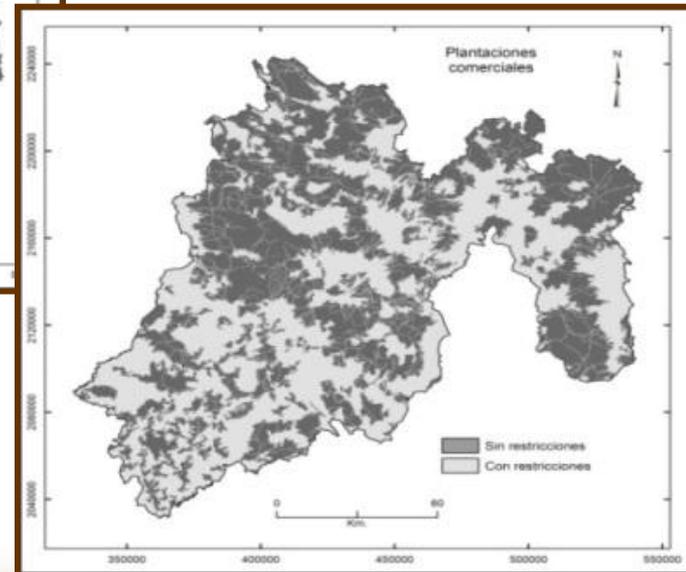
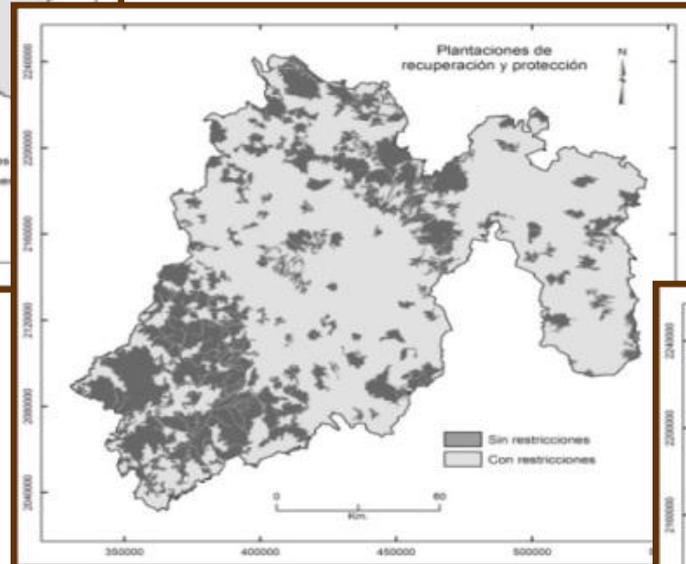
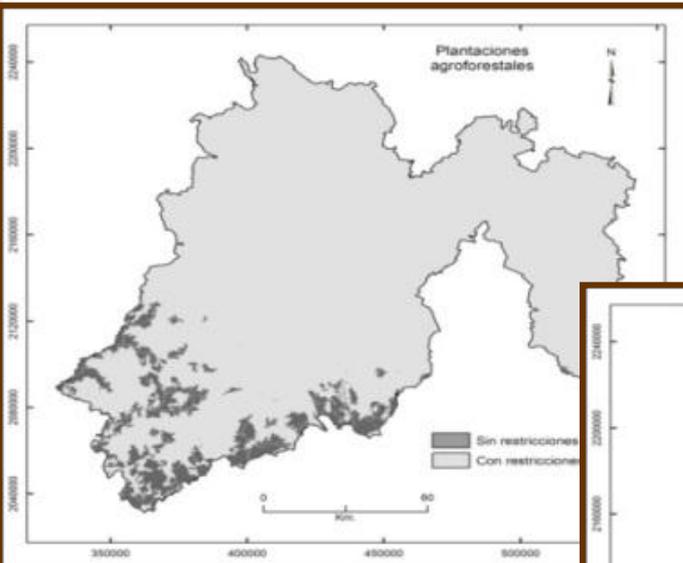
Superficie comunal



Impacto visual



Restricciones



Pesos de los factores de la primera jerarquía

Tipo de Plantación (pesos)

Factores

Comercial

Restauración y
protección

Agroforestales

Ambientales

0,22

0,69

0,33

Económicos

0,65

0,12

0,41

Sociales

0,13

0,19

0,26

Total

1,00

1,00

1,00



Pesos de los factores de la segunda jerarquía para el análisis de adecuación

Subfactores	Tipo de Plantación					
	Comercial		Restauración y protección		Agroforestales	
	Peso	Peso final	Peso	Peso final	Peso	Peso final
Ambientales						
Pendientes	0,274	0,060	0,274	0,189	0,274	0,090
Tipos de suelo	0,190	0,042	0,190	0,131	0,190	0,063
Profundidad del suelo	0,124	0,027	0,124	0,085	0,124	0,041
Orientación del terreno	0,124	0,027	0,124	0,085	0,124	0,041
Precipitación	0,078	0,017	0,078	0,054	0,078	0,029
Altitud	0,078	0,016	0,078	0,054	0,078	0,027
Erosión	0,051	0,012	0,051	0,035	0,051	0,018
Ocupación y uso del suelo	0,034	0,009	0,034	0,024	0,034	0,012
Litología	0,023	0,007	0,023	0,016	0,023	0,009
Áreas naturales protegidas			0,023	0,016		
	1,00	0,22	1,00	0,69	1,00	0,33
Económicos						
Accesibilidad a mercados	0,418	0,272			0,419	0,172
Accesibilidad a carreteras	0,262	0,171	0,059	0,007	0,263	0,108
Accesibilidad a hidrografía	0,256	0,167	0,426	0,052	0,256	0,105
Accesibilidad a viveros	0,061	0,040	0,515	0,062	0,061	0,025
	1,00	0,65	1,00	0,12	1,00	0,41
Sociales						
Proximidad a localidades menores a 2500 habitantes	0,539	0,070	0,082	0,016	0,297	0,077
Superficies comunales	0,297	0,039	0,158	0,030	0,539	0,140
Impacto visual	0,163	0,021	0,760	0,145	0,163	0,042
	1,00	0,13	1,00	0,19	1,00	0,26
		1,00		1,00		1,00

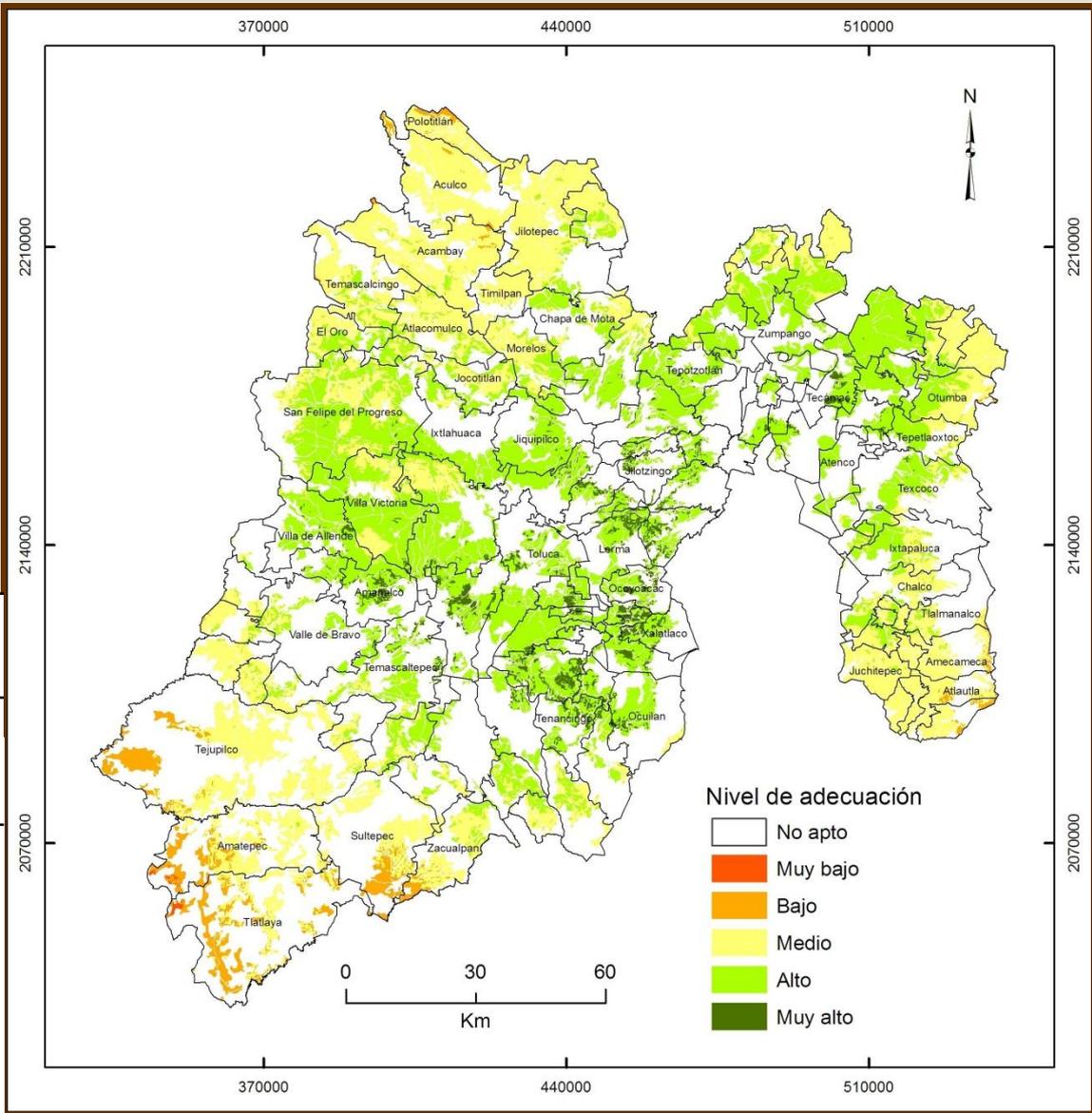


RESULTADOS



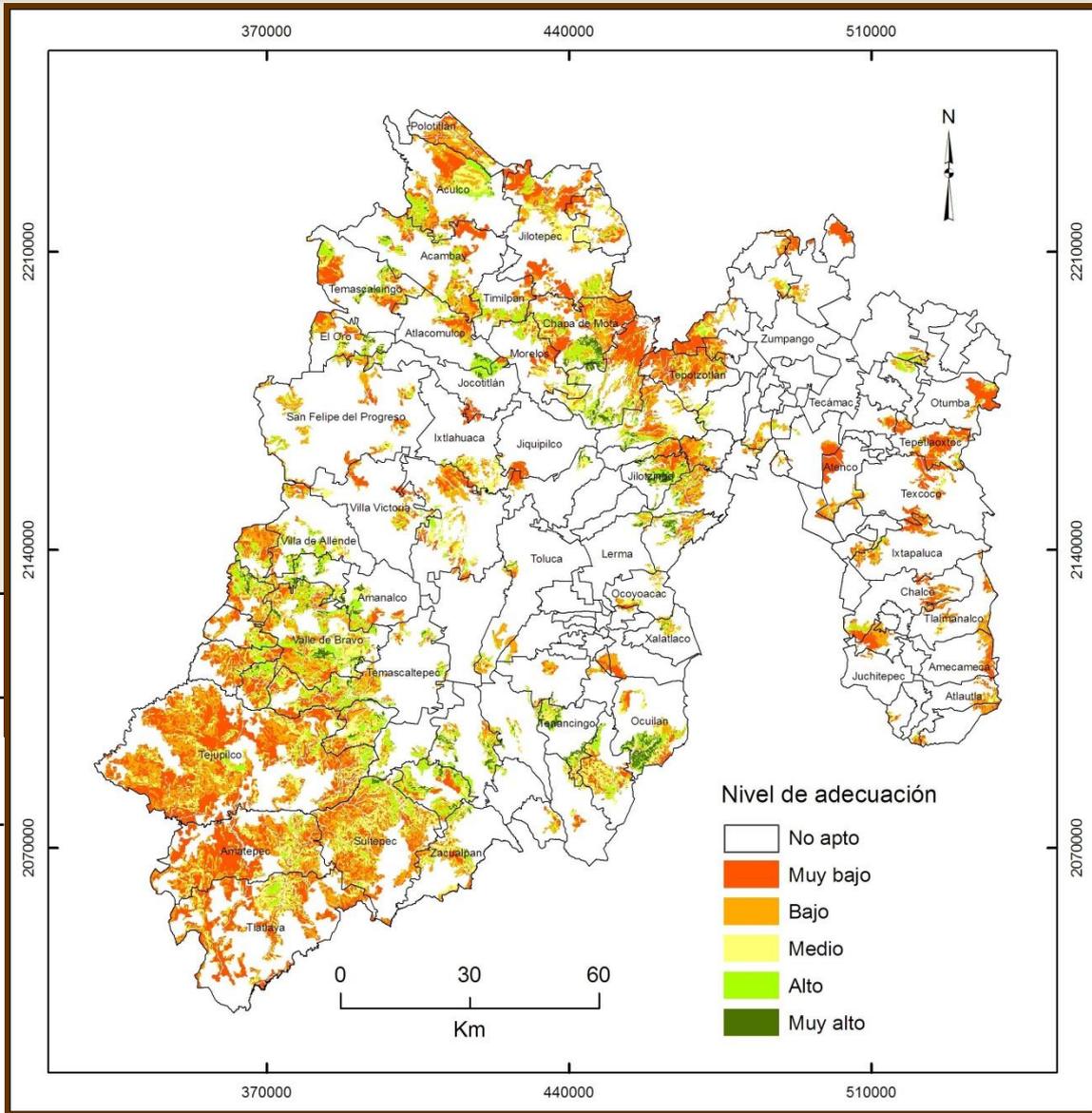
Mapas de adecuación óptima por plantación forestal (1993-2000)

Nivel de adecuación	Tipo de Plantación		
	Hectáreas disponibles		
	Comercial	Restauración y protección	Agroforestales
Muy alto	38.728	20.885	34.257
Alto	525.059	82.185	4.712
Medio	485.773	169.468	12.478
Bajo	42.784	200.701	42.492
Muy bajo	1.093	221.607	68.151



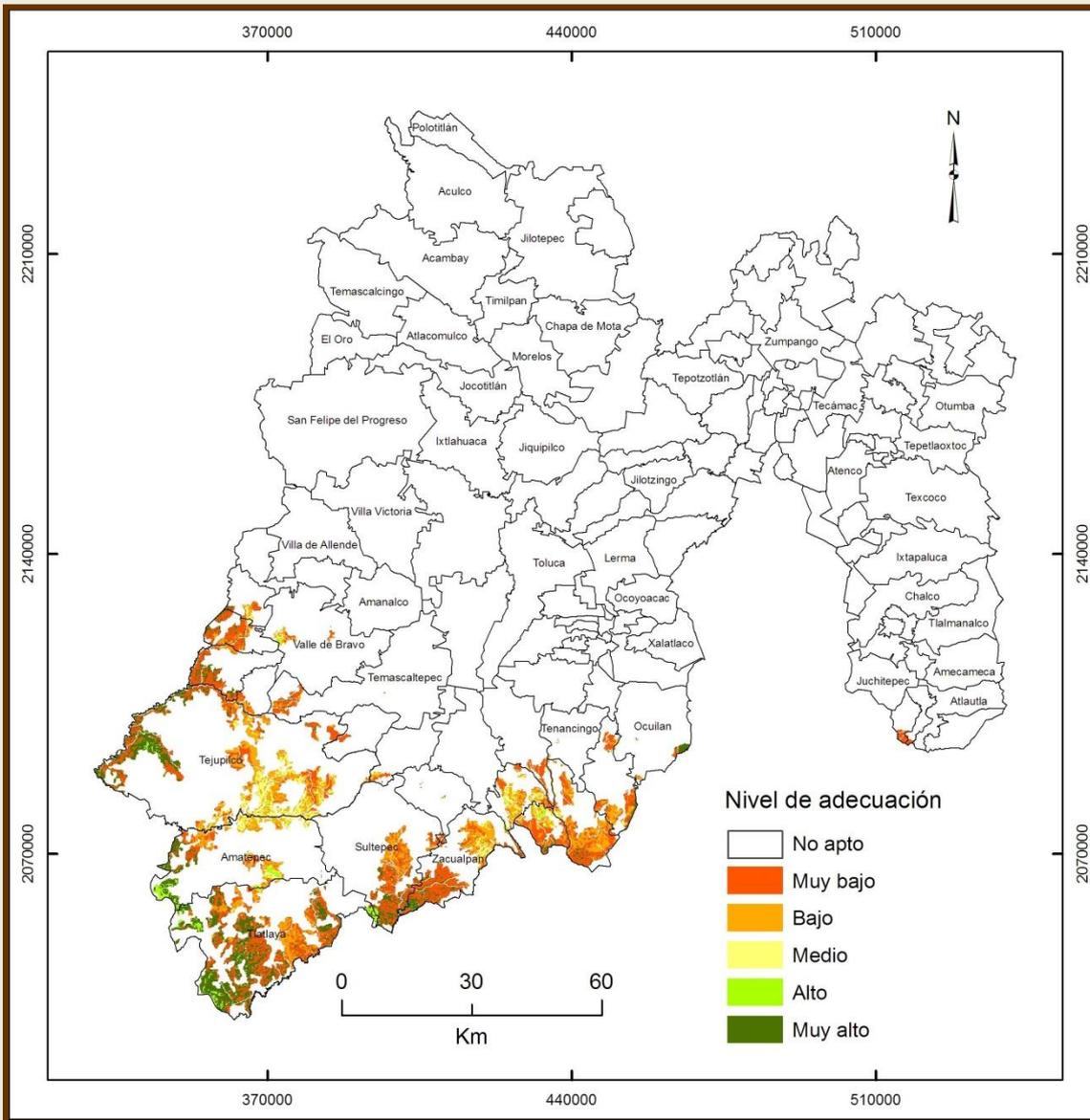
Mapas de adecuación óptima por plantación forestal (1993-2000)

Nivel de adecuación	Tipo de Plantación		
	Hectáreas disponibles		
	Comercial	Restauración y protección	Agroforestales
Muy alto	38.728	20.885	34.257
Alto	525.059	82.185	4.712
Medio	485.773	169.468	12.478
Bajo	42.784	200.701	42.492
Muy bajo	1.093	221.607	68.151



Mapas de adecuación óptima por plantación forestal (1993-2000)

Nivel de adecuación	Tipo de Plantación		
	Hectáreas disponibles		
	Comercial	Restauración y protección	Agroforestales
Muy alto	38.728	20.885	34.257
Alto	525.059	82.185	4.712
Medio	485.773	169.468	12.478
Bajo	42.784	200.701	42.492
Muy bajo	1.093	221.607	68.151



Modelación espacial con fines de Ordenamiento Territorial

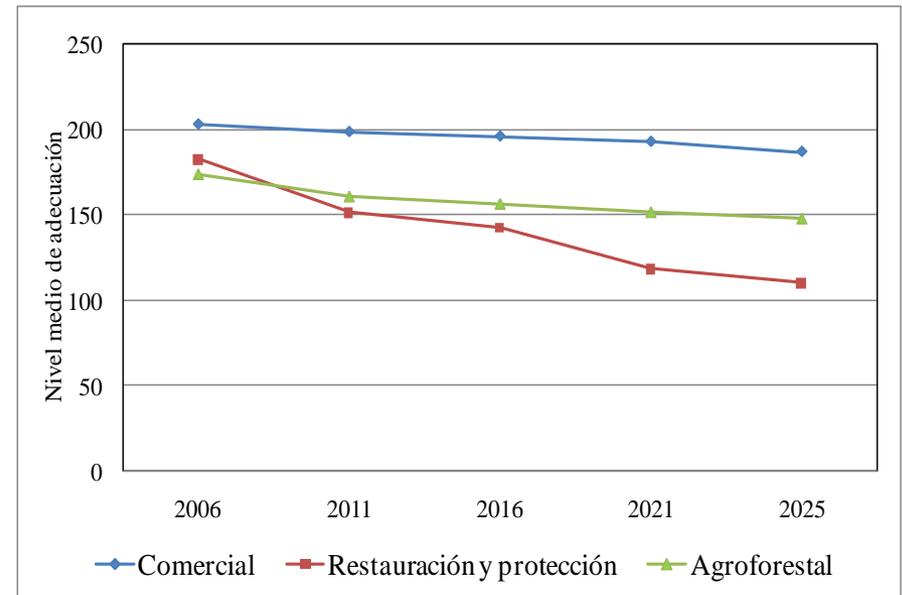
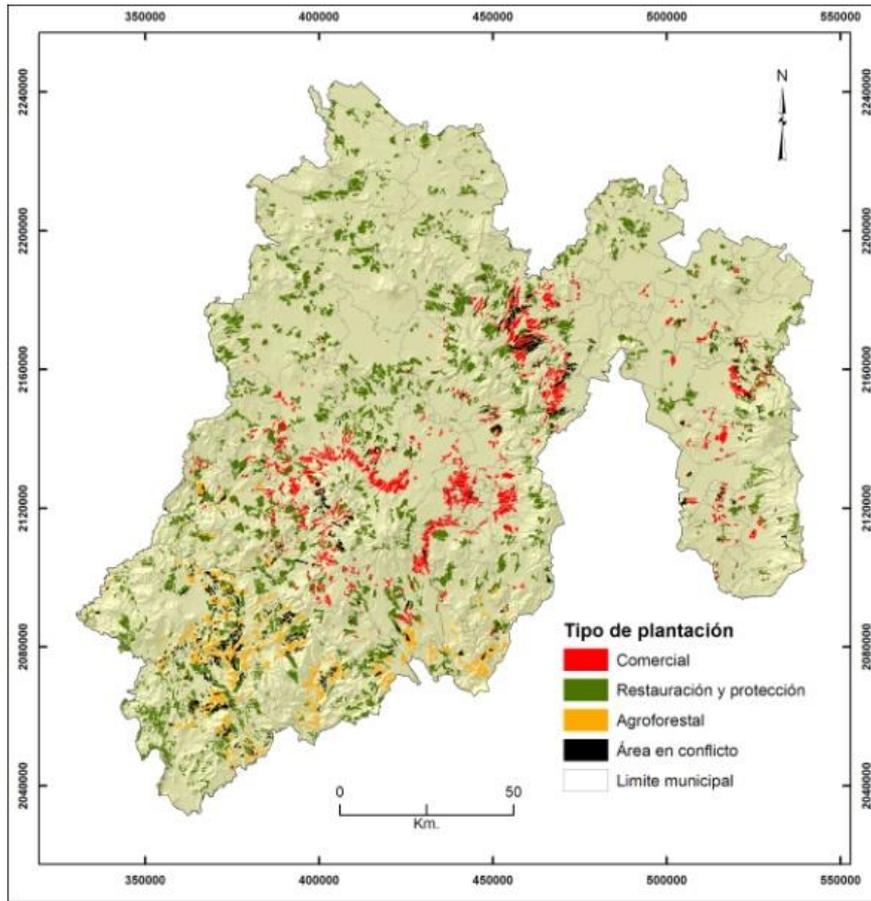
Metas de superficie a reforestar utilizadas en los modelos

Tipo de Plantación	2006	2011	2016	2021	2025	Total
	Superficie (Ha)					
Comercial	5000	10000	15000	20000	25000	75000
Restauración y protección	10000	62000	60000	55000	50000	237000
Agroforestal	9500	9500	9500	9500	9500	47500

Fuente: Plan de Desarrollo Forestal
Sustentable del GEM, (2006)



Simulación prospectiva de las plantaciones forestales para el año 2025

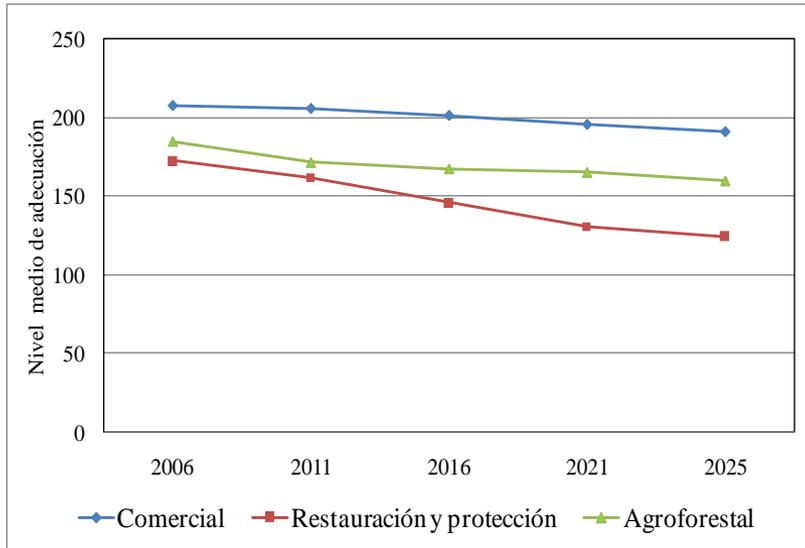


Niveles de adecuación

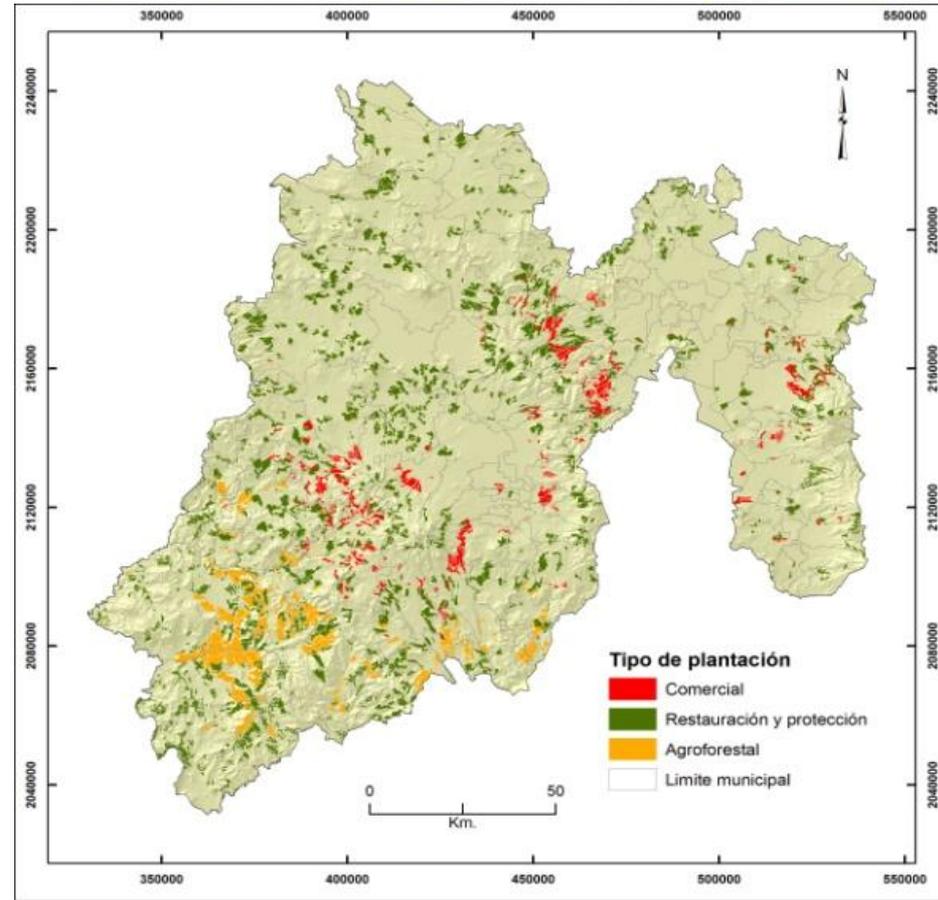
Modelo único sin aplicar asignación multiobjetivo



Simulación prospectiva de las plantaciones forestales para el año 2025



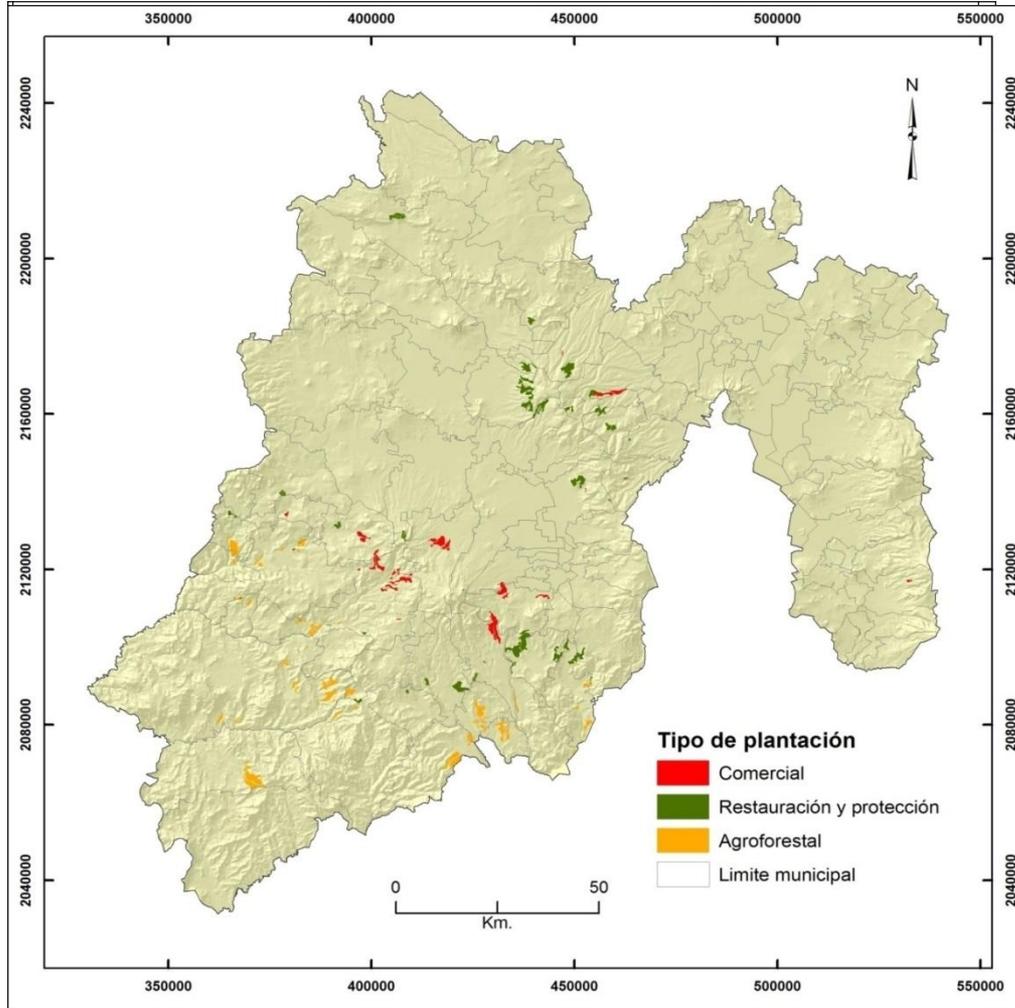
Niveles de adecuación



Modelo único aplicando asignación multiobjetivo



Modelización espacial de las plantaciones forestales:

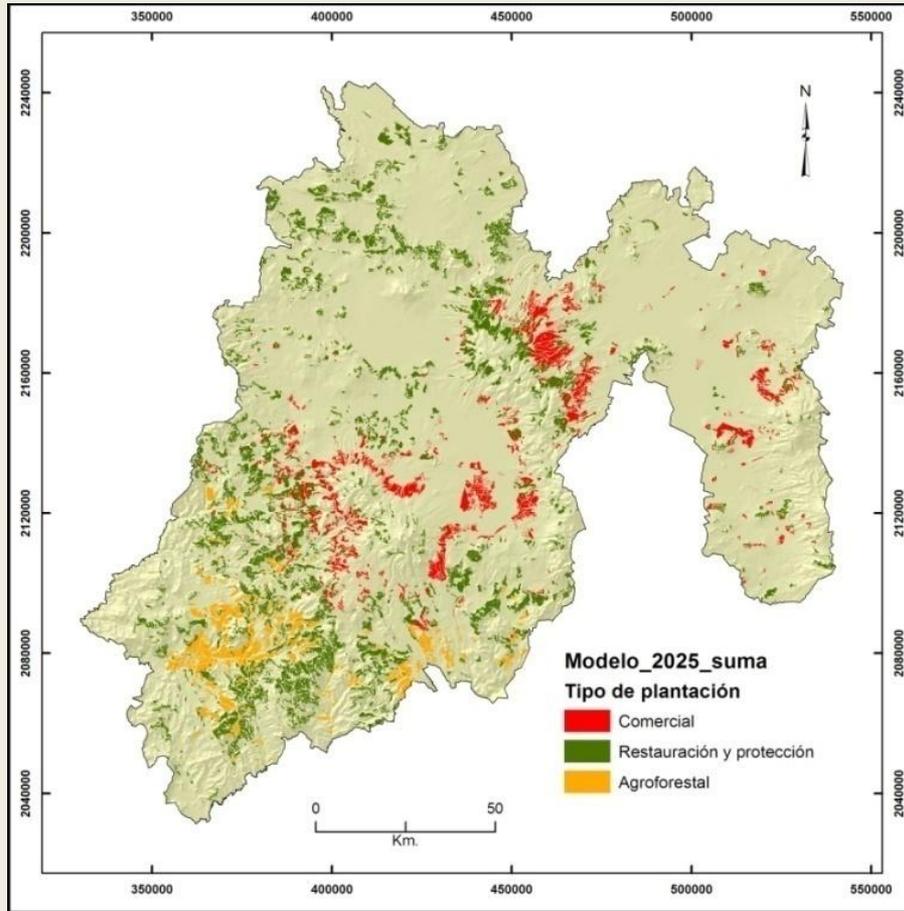


2006
2011
2016
2021
2025
2025 suma

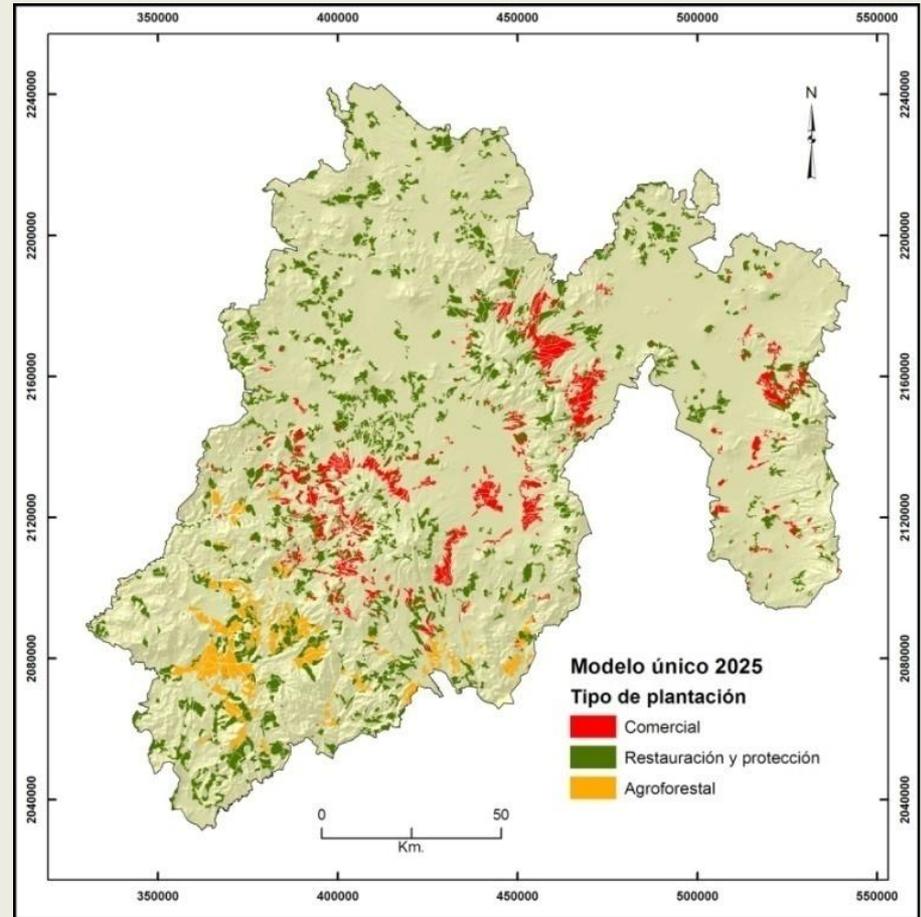


Resultados

Modelización espacial de las plantaciones forestales:



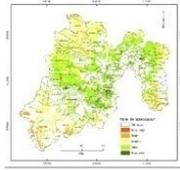
2025 suma



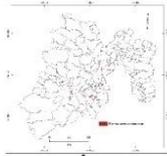
2025 modelo único

Plantaciones comerciales

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$

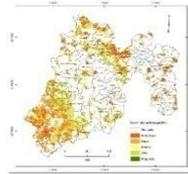


Procedimiento de Parcelación por Intervalos



Plantaciones para restauración y protección

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$

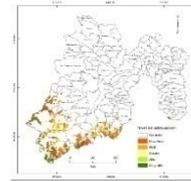


Procedimiento de Parcelación por Intervalos



Plantaciones agroforestales

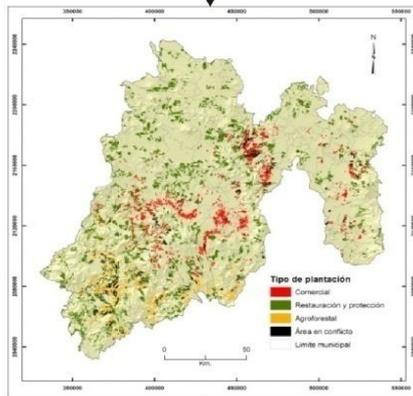
$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$



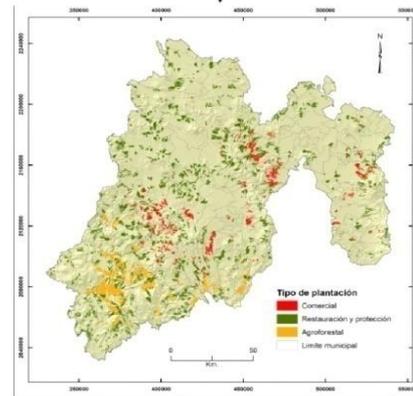
Procedimiento de Parcelación por Intervalos



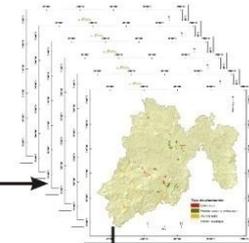
SIN MOLA



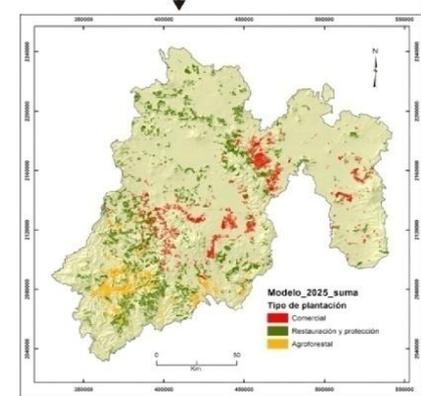
MOLA



Suma 2025



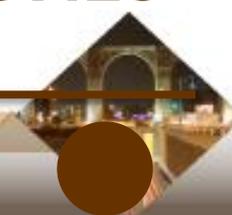
Modelo único 2025







CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





- La metodología de EMC proporciona suficiente confiabilidad para la toma de decisiones y como apoyo al Ordenamiento Territorial.
- Se optimizó el proceso, además de que con el uso integrado con los SIG es posible manejar una gran cantidad de información geográfica.





- Los modelos de simulación desarrollados mediante EMC cada 5 años, ofrecen escenarios de planificación forestal más acordes con la realidad, ya que toman en consideración las restricciones y reforestaciones realizadas en cada período de tiempo.





Posible subjetividad en la asignación de pesos en los modelos de EMC.

Aplicar análisis de sensibilidad, para identificar que tan significativos son cada uno de los factores empleados.

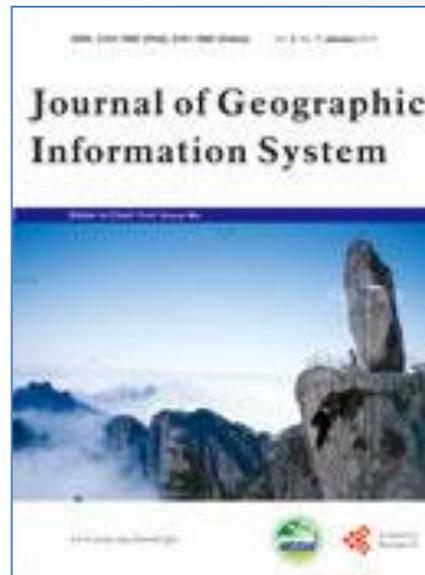
Aplicar análisis de incertidumbre que permita explorar las variaciones o posibles errores en los datos de entrada.



Querétaro
2013

cudi

REUNIÓN DE PRIMAVERA
15, 16 Y 17 DE ABRIL



Journal of Geographic Information System, 2012, 4, 204-218
doi:10.4236/jgis.2012.43025 Published Online June 2012 (<http://www.SciRP.org/journal/jgis>)

 Scientific
Research

Determination of Optimal Zones for Forest Plantations in the State of Mexico Using Multi-Criteria Spatial Analysis and GIS

Noel Bonfilio Pineda Jaimes¹, Joaquín Bosque Sendra², Montserrat Gómez Delgado²,
Roberto Franco Plata¹, Xanat Antonio Némiga¹, Luis Ricardo Manzano Solís¹

¹Faculty of Geography, Autonomous University of the State of Mexico, Toluca, Mexico

²Department of Geography, University of Alcalá, Alcalá de Henares, Spain

Email: {noelpj2000, luisrms}@gmail.com, {joaquin.bosque, montserrat.gomez}@uah.es,
roberto_franco_plata@yahoo.com.mx, xanynemiga@rocketmail.com

Received February 29, 2012; revised March 18, 2012; accepted April 1, 2012

<http://www.scirp.org/journal/JGIS/>

Querétaro
2013
cudi

REUNIÓN DE PRIMAVERA
15, 16 Y 17 DE ABRIL

¡GRACIAS!

nbpinedaj@uaemex.mx

