



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DISTRIBUCIÓN Y ZONIFICACIÓN
AGROECOLÓGICA DE *Stenocereus pruinosus* y
S. stellatus EN LA MIXTECA POBLANA, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A

YASIRI MAYELI FLORES MONTER

DIRECTORA DE TESIS: DRA. TERESA DE JESÚS REYNA TRUJILLO

MÉXICO, D.F.

Octubre 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Posgrado en Geografía de la UNAM la oportunidad para fortalecer mi formación profesional a través de mi estancia en la Maestría en Geografía (Orientación Ambiental).

Al CONACYT la beca de estudios que permitió dedicar tiempo completo a mis estudios.

Al Comité Tutorial: a la Dra. Teresa Reyna Trujillo por brindarme la libertad de expresión para la realización de esta investigación, que sin duda, es el resultado de la formación académica adquirida en el Posgrado en Geografía; a la Dra. Marta Concepción Cervantes Ramírez sus amables sugerencias durante el desarrollo del proyecto; al Dr. Cesar Luna Morales su disposición, atención y conocimientos transmitidos; a la Dra. Rebeca Granados Ramírez y al Maestro José Manuel Espinosa sus aportaciones para el enriquecimiento de este trabajo.

A la Dra. Leia Scheinvar y al Biólogo Gabriel Olalde, sus conocimientos proporcionados sobre las cactáceas, así como su ayuda técnica para la determinación, muestreo y preparación de ejemplares de herbario.

Un agradecimiento especial, para el M. en C. Ezequiel Hernández Pérez por su incondicional ayuda en el trabajo de campo y gabinete.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado
a mis padres

Francisco Manuel Flores Aguilar y Lucia Monter Cabrera,

a mi hermano y sobrina

Gerardo Manuel Flores Monter y Natalie Denisse Flores Nava,

a quien amo y a veces odio

EL KELO

a mis viejas y nuevas amistades

Brenda, Marisol, Roberto, Verónica, Emma, Ana y Sonia

...así como aquellos familiares que valoren el esfuerzo y la dedicación
aunque no sea abogada, médico, ingeniera, arquitecta, administradora de empresas, etc.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
4. HIPÓTESIS.....	8
5. JUSTIFICACIÓN.....	8
6. OBJETIVOS.....	11
6.1. Objetivo General.....	11
6.2. Objetivos Particulares.....	11
7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	12
7.1. Fisiografía y geología.....	15
7.2. Suelo.....	15
7.3. Clima.....	15
7.4. Vegetación.....	17
8. MÉTODO.....	18
8.1. Fase de gabinete.....	19
8.1.1. Diagnóstico ambiental.....	19
8.1.1.1. Revisión e investigación documental.....	19
8.1.1.2. Revisión cartográfica.....	19
8.1.1.3. Índice de calidad / fertilidad del suelo.....	19
8.1.1.4. Elaboración de mapas.....	19
a. Calidad visual del paisaje.....	19
b. Fragilidad visual del paisaje.....	21
c. Riesgo de erosión.....	23
d. Riesgo de inundación.....	24
e. Riesgos meteorológicos.....	25
8.1.2. Distribución geográfica.....	25
8.1.2.1. Bases de datos de las especies.....	25
8.1.2.2. Georreferencia y proyección de los registros.....	27
8.1.2.3. Bases de datos de las variables ambientales.....	27
8.1.2.4. Análisis de componentes principales.....	27
8.1.3. Distribución potencial.....	28
8.1.4. Aspectos culturales asociados a la distribución.....	29
8.1.5. Zonificación agroecológica.....	29
8.2. Fase de campo.....	30
8.2.1. Recorridos.....	30
8.2.2. Muestreos.....	30
9. RESULTADOS.....	31
9.1. Diagnóstico ambiental de la Mixteca Poblana.....	31
9.1.1. Paisaje.....	31
9.1.2. Suelo, agua y aire.....	31
9.1.3. Vegetación y fauna.....	36
9.1.4. Planificación territorial y medios de transporte.....	38

9.1.5. Demografía.....	38
9.1.6. Índice de ocupación y actividades económicas.....	39
9.1.7. Estructura funcional del medio ambiente.....	42
9.1.8. Riesgos ambientales y meteorológicos.....	42
9.2. Distribución geográfica y potencial de <i>Stenocereus pruinosus</i> y <i>S. stellatus</i> en la Mixteca Poblana.....	50
9.2.1. Registro de las especies.....	50
9.2.2. Análisis de componentes principales.....	67
9.2.3 Modelado de la distribución potencial.....	69
9.3. Aspectos culturales asociados a la distribución de de <i>Stenocereus pruinosus</i> y <i>S. stellatus</i> en la Mixteca Poblana.....	72
9.3.1. Las culturas de la región y las pitayas.....	72
9.3.2. Influencia del aprovechamiento de <i>Stenocereus pruinosus</i> en su distribución.....	74
9.3.3. Influencia del aprovechamiento de <i>S. stellatus</i> en su distribución.....	77
9.3.4. La relación entre la comercialización y el aprovechamiento.....	83
9.4. Zonificación agroecológica de <i>Stenocereus pruinosus</i> y <i>S. stellatus</i> en la Mixteca Poblana.....	85
9.4.1. Áreas agroecológicas por unidades fisiográficas para <i>Stenocereus pruinosus</i>	85
9.4.2. Municipios con potencial agroecológico para <i>Stenocereus pruinosus</i>	87
9.4.3. Áreas agroecológicas por unidades fisiográficas para <i>S. stellatus</i>	90
9.4.4. Municipios con potencial agroecológico para <i>S. stellatus</i>	90
10. DISCUSIÓN.....	93
10.1. Estado actual de la Mixteca Poblana.....	93
10.2. Distribución geográfica de las especies.....	94
10.3. Predicción de la distribución potencial.....	98
10.4. El factor antrópico en la distribución de las especies.....	99
10.5. Zonas con potencial agroecológico.....	102
11. CONCLUSIONES.....	106
12. REFERENCIAS.....	108
13. APÉNDICE I.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Método.....	18
Figura 2. Modelo de calidad visual del paisaje.....	20
Figura 3. Modelo de fragilidad visual del paisaje.....	21
Figura 4. Modelo de riesgo de erosión.....	23
Figura 5. Modelo de riesgo de inundación.....	24
Figura 6. Modelo de distribución potencial.....	28
Figura 7. Modelo de zonificación agroecológica.....	29

ÍNDICE DE MAPAS

Página

Mapa 1. Delimitación del área en estudio a partir de la región Mixteca.....	13
Mapa 2. Municipios que conforman el área en estudio.....	14
Mapa 3. Estaciones meteorológicas.....	26
Mapa 4. Calidad visual del paisaje.....	32
Mapa 5. Fragilidad visual del paisaje.....	33
Mapa 6. Estado actual de la vegetación y uso del suelo.....	37
Mapa 7. Riesgo de erosión.....	44
Mapa 8. Variograma de días con granizo.....	45
Mapa 9. Variograma de presencia de helada.....	46
Mapa 10. Variograma de olas frío menores a -8°C (diciembre, enero y febrero).....	47
Mapa 11. Variograma de olas frío menores a -5°C (marzo y noviembre).....	48
Mapa 12. Variograma de olas frío menores a -3°C (abril, mayo y octubre).....	49
Mapa 13. Distribución geográfica de <i>Stenocereus pruinosus</i> en la Mixteca Poblana.....	52
Mapa 14. Distribución geográfica de <i>S. stellatus</i> en la Mixteca Poblana.....	53
Mapa 15. Continuo de elevaciones.....	54
Mapa 16. Orientación del Terreno.....	55
Mapa 17. Geología.....	56
Mapa 18. Unidades taxonómicas del suelo.....	57
Mapa 19. Variograma de la temperatura máxima del mes más cálido.....	58
Mapa 20. Variograma de la temperatura máxima promedio.....	59
Mapa 21. Variograma de la temperatura media anual.....	60
Mapa 22. Variograma de la temperatura mínima promedio.....	61
Mapa 23. Variograma de la temperatura mínima del mes más frío.....	62
Mapa 24. Variograma de la precipitación total anual.....	63
Mapa 25. Variograma de la precipitación en la época húmeda.....	64
Mapa 26. Variograma de la precipitación en la época seca.....	65
Mapa 27. Vegetación y uso del suelo.....	66
Mapa 28. Distribución potencial de <i>Stenocereus pruinosus</i> en la Mixteca Poblana.....	70
Mapa 29. Distribución potencial de <i>S. stellatus</i> en la Mixteca Poblana.....	71
Mapa 30. Municipios productores de pitaya <i>Stenocereus pruinosus</i> en la Mixteca Poblana.....	76
Mapa 31. Municipios productores de pitaya <i>S. stellatus</i> en la Mixteca Poblana.....	79
Mapa 32. Zonificación agroecológica de <i>Stenocereus pruinosus</i> en la Mixteca Poblana.....	89
Mapa 33. Zonificación agroecológica de <i>S. stellatus</i> en la Mixteca Poblana.....	92

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Página

Fotografía 1. Cultivo comercial de <i>Stenocereus pruinosus</i> , municipio Totoltepec de Guerrero.....	81
Fotografía 2. Huerto colonial mixto en Los Linderos, municipio Chiautla de Tapia.....	81
Fotografía 3. Cultivo comercial mixto en Atzompa, municipio Tulcingo del Valle.....	82
Fotografía 4. Individuos de <i>S. stellatus</i> utilizados como cerca viva, municipio Juan N. Méndez.....	82
Fotografía 5. Pitaya de <i>Stenocereus pruinosus</i> , municipio Totoltepec de Guerrero.....	84
Fotografía 6. Pitaya de <i>S. stellatus</i> , municipio Caltepec.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Caracterización climática de la Mixteca Poblana.....	17
Cuadro 2. Índice de calidad/fertilidad del suelo.....	34
Cuadro 3. Valores extremos y promedio de las variables ambientales de los sitios de colecta y georreferencia de ambas especies en la Mixteca Poblana.....	50
Cuadro 4. Intervalo de valores ambientales de las colectas o georreferencias para las especie en la Mixteca Poblana.....	51
Cuadro 5. Matriz de valores propios y comunalidad de componentes principales entre las 15 variables ambientales analizadas y los registros de las especies.....	67
Cuadro 6. Valores máximos y mínimos en la predicción de la distribución potencial de las especies.....	69
Cuadro 7. Nombres asignados a <i>Stenocereus pruinosus</i>	74
Cuadro 8. Nombres asignados a <i>Stenocereus stellatus</i>	77
Cuadro 9. Factores culturales asociados a la distribución de <i>Stenocereus pruinosus</i> y <i>S. stellatus</i> en algunos municipios de la Mixteca Poblana.....	80
Cuadro 10. Requerimientos agroecológicos de <i>Stenocereus pruinosus</i> y <i>S. stellatus</i>	86
Cuadro 11. Unidades fisiográficas con potencial de producción para <i>Stenocereus pruinosus</i>	87
Cuadro 12. Áreas con potencial productivo por municipio para <i>Stenocereus pruinosus</i>	88
Cuadro 13. Unidades fisiográficas con potencial agroecológico para <i>S. stellatus</i>	90
Cuadro 14. Áreas con potencial productivo por municipio para <i>S. stellatus</i>	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Página

Gráfica 1. Demografía de la Mixteca Poblana.....	39
Gráfica 2. Índice de ocupación en la Mixteca Poblana.....	39
Gráfica 3. Distribución de las especies a lo largo de los dos primeros componentes principales.....	68

1. RESUMEN

La baja productividad en la explotación de las pitayas se debe a la subutilización, los límites de la capacidad de producción están regulados por los factores ambientales, sin embargo, el conocimiento existente sobre la distribución espacial de las especies que las producen es aún fragmentario. La presente investigación se realizó en la Mixteca Poblana, el propósito consistió en la identificación de los factores topográficos, geológicos, edáficos y climáticos que influyen en la distribución geográfica de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* (Cactaceae), la estimación de su distribución potencial y el desarrollo de una propuesta de zonificación agroecológica.

Se realizaron sobreposiciones de la cartografía temática y de las coordenadas geográficas asignadas a cada especie, recopiladas de las etiquetas de ejemplares de herbario y del trabajo de campo realizado en el 2007. La estimación de la distribución potencial se realizó a partir del método de interpolación de áreas no muestreadas (*Kriging*). Los modelos predictivos obtenidos fueron la base biofísica en la delimitación de zonas agroecológicas apropiadas para los cultivos. En donde los niveles de aptitud se clasificaron tomando en cuenta la calidad y fragilidad visual del paisaje, los riesgos de erosión, inundación, días con granizo, heladas y olas frío.

El análisis de componentes principales para 15 variables ambientales indicó que los tres primeros explicaron 74.8% de la variación en la distribución de las especies. La presencia de *Stenocereus pruinosus* se explicó con las temperaturas máximas y mínimas promedio; las poblaciones humanas han modificado su distribución, en estado silvestre sólo se encuentra en sitios de difícil acceso y se cultiva principalmente en huerto comercial. La superficie con potencial productivo corresponde a 224 351 hectáreas. La distribución geográfica de *S. stellatus* está regulada por las temperaturas máximas y mínimas, la altitud y la precipitación en la época seca; las modificaciones a su distribución han sido menores, presenta recolección en estado silvestre y manejo *in situ*. Los espacios con potencial productivo corresponden a 570 161 ha.

Las condiciones biofísicas y culturales de dicho territorio, son favorables para la obtención del potencial de rendimiento de estas pitayas, puede sustituir a los cultivos tradicionales de temporal y de riego, ser una opción de reforestación y recuperación de suelos, así como, un alimento energético alternativo.

2. INTRODUCCIÓN

La geografía de nuestro país, por su origen físico y biológico, por su ubicación y por las transformaciones sociales y culturales que su población ha impreso en el territorio, es rica y compleja: los atributos que la naturaleza confiere a México son, fundamentalmente, una amplia gama de climas y de relieves, lo que se traduce en la abundancia de recursos naturales renovables y no renovables; y la cultura como sistema de valores, ideologías, prácticas productivas y estilos de vida ha formado cosmovisiones de la naturaleza, asignando valores y significados de uso y regulando esta utilidad para satisfacer las necesidades humanas (Palacio, 2000; Coll-Hurtado, 2000; Leff, 2000).

Sin embargo, en los últimos siglos las actividades antrópicas han tenido impactos generalmente negativos en el ambiente, desencadenando una crisis ambiental como consecuencia del estilo de desarrollo dependiente y productivista del país, y una crisis cultural que no ha sido reemplazada por una redefinición de valores y prácticas que den sentido a la ciudadanía en las nuevas tendencias del progreso mundial. La magnitud de estas actividades ha llevado a uno de los más graves problemas ambientales, la pérdida de la diversidad biológica y cultural (Leff, 2000).

Aún en estas condiciones socioeconómicas y ambientales, existen diversos y abundantes recursos naturales, muchos de los cuales han sido desconocidos y subutilizados, pero que son relevantes por constituir la base material del desarrollo económico tanto presente como futura (Toledo y Provencio, 2000), motivo por el cual se ha incrementado la necesidad de realizar estudios ambientales integrales, para llevar a cabo la planeación y el óptimo aprovechamiento de los mismos (Cervantes, 1979).

Las estrategias de planificación del manejo racional necesitan datos ambientales sólidos de los recursos naturales, conocer los patrones de distribución para el entendimiento de la influencia del ambiente sobre las especies y sus hábitats, y considerar que la distribución también es el resultado de factores históricos y de perturbaciones producidas por el hombre (Rzedowski, 1978; Téllez *et al.*, 2004). El análisis de la distribución de las especies representa un aspecto fundamental en la comprensión del estado actual de la diversidad biológica (Osorio *et al.*, 1996), y la supervivencia de las culturas es una pieza clave para su conservación (Casas, 2005).

La distribución geográfica de una especie es el conjunto de localidades donde ésta ha sido registrada, ya sea mediante la colecta de especímenes o la observación (Cabrera y Willink, 1973); representa un subconjunto de la distribución real de la especie (Murguía y Rojas, 2001). Un área de distribución geográfica, en cambio, resulta de la inferencia acerca de cuál es el área con mayor probabilidad de que una determinada especie esté presente (Cabrera y Willink, 1973); es decir, la fracción del espacio geográfico donde tal especie interactúa en forma no efímera con el ecosistema (Zunino y Zullini, 2003). A medida que se estudia la distribución de las especies, es común comprobar que las poblaciones no se distribuyen continuamente sino que se presentan en manchones. Se trata de islas, separadas, por amplias zonas vacías o semivacías. Hay lugares donde los individuos varían en su densidad, desde muy abundantes hasta muy raros, lo que dificulta cualquier intento para delimitar su área con precisión (Rapoport y Monjeau, 2001).

En particular, dada la multiplicidad de acercamientos que caracteriza actualmente el estudio de la vegetación se ha puesto de manifiesto la función capital que desempeña la acción humana en la organización de los paisajes vegetales actuales. Además, dada la antigüedad del estudio de la distribución geográfica, se puede considerar que en la mayor parte de los casos los paisajes vegetales son un compromiso entre la obra de la naturaleza y la acción milenaria del hombre. Pretender dibujar la distribución de las vegetaciones naturales en armonía con las condiciones actuales, fuera de su contexto histórico, significa orientarla al entorno natural y limitarla; el hombre está directa o indirectamente en el origen de la mayoría de los paisajes y de su permanencia, la distribución geográfica de las especies también es una biogeografía humana (Elhai, 1968; Guerra, 2001).

Por otra parte, los modelos predictivos de la distribución de las especies son algoritmos matemáticos incluidos en programas de cómputo, a partir de los cuales se puede obtener información geográfica a diferentes escalas (Hirzel *et al.*, 2002). Aplican diversas herramientas estadísticas, informáticas y geográficas sobre la información biológica disponible, para elaborar predicciones razonables que permitan estimar la distribución de la diversidad biológica en ausencia de datos exhaustivos (Nicholls, 1989), definen los límites mínimos y máximos para los parámetros ambientales que se asocian a los sitios de colecta (Murgia y Rojas, 2001). La aplicación de la geoestadística ha supuesto un nuevo impulso al análisis de la distribución espacial aplicada a la ecología y

a las ciencias ambientales (Moral, 2004), es considerada como uno de los mejores métodos de estimación que existen, ya que proporcionan los resultados más adecuados en una gran variedad de circunstancias, siempre y cuando, se asuman y cumplan los principios en los cuales se fundamentan (Goovaerts, 1997).

Incluso la regionalización del territorio es útil para explicar la distribución variable espacialmente (Vidal, 2005), en donde la diferenciación de los espacios geográficos requiere de un conocimiento integral, tanto físico como socioeconómico (Juárez *et al.*, 1997). El espacio es sujeto y objeto de la actividad humana: sujeto en la medida en que posee características que sirven de soporte básico al desarrollo social y objeto en cuanto que la actividad humana lo transforma con su dinámica. La componente social, tiene una base territorial que atiende a los recursos del espacio, e incide sobre la misma definiendo la morfología y los usos del suelo; y el medio físico, como espacio transformado por la dinámica natural y por el hombre es un proceso cuyos resultados y potencialidades son básicos para la definición de la misma (Segado *et al.*, 1996).

De esta forma el ambiente físico afecta la ventaja comparativa de un lugar, para diferentes tipos de producción económica; el clima y la geología influyen en las formas terrestres, suelos, vegetación e hidrología (Samuelson, 1991). Específicamente, el medio rural presenta discontinuidad espacial y fija sus límites a partir de los factores ambientales en los que el hombre tiene una influencia bastante limitada (Soto *et al.*, 1991).

Los fenómenos geomorfológicos desempeñan un papel importante en la dinámica general de los sistemas naturales por los flujos de materia que provocan y las modificaciones de la superficie terrestre que resultan de ellos. Con suma frecuencia, son una fuente de limitaciones (Tricart y Killian, 1982). La cuantificación de la inclinación de las pendientes permite zonificar las laderas en forma objetiva, y resulta un criterio básico para la evaluación de la aptitud territorial o potencial natural (Bocco *et al.*, 2005). También la variación espacial de las formas geológicas puede tener una importante influencia en la presencia y tipo de actividad económica, debido a que es una variable importante para la formación de suelos, los que determinan la posibilidad de explotación económica según la cantidad y calidad de los productos derivados (Samuelson, 1991).

No obstante, el clima es el elemento en el que menos influencia y adaptación tiene el hombre para modificarlo con fines de producción agropecuaria (Meigs, 1953). La ocupación de la tierra ha estado bajo el influjo de la distribución de los tipos de climas, afectando la ubicación económica a través de su papel en la bioquímica de la vida vegetal. Entre todos los requerimientos para la producción biológica, los dos más críticos son las condiciones termopluviométricas; los ciclos vegetativos y los rendimientos cuantitativos de las plantas cultivadas están vinculados con numerosos elementos del entorno, pero son la temperatura y la precipitación los que, por sus efectos directos, acusan las más estrechas relaciones con los cultivos (De Fina y Ravelo, 1973; Samuelson, 1991). Así mismo, los indicadores agroclimáticos establecen la relación entre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos con los elementos climáticos como la temperatura y precipitación (Reyna *et al.*, 1997).

La temperatura ayuda a que la vegetación llegue a su óptimo crecimiento y establece límites para su buen desarrollo; las altas temperaturas que sobrepasan los límites de tolerancia pueden producir escaldamientos o lesiones a los cultivos, otros, mueren al ser expuestos a temperaturas bajas, ya que el frío reduce la circulación del agua hacia la raíz y ésta puede llegar a secarse (Larcher, 1995). Además, la productividad de las plantas está estrechamente relacionada con su alimentación acuosa, y con la cantidad que deben rechazar por transpiración y para evitar un excesivo calentamiento de sus órganos. El agua es un factor de crecimiento que interviene en el desarrollo vegetativo, rendimiento y maduración de los cultivos (Mercado y Granados, 1999).

El conocimiento y, a veces, el dominio de los regímenes hídricos de las tierras de cultivo han sido elaborados en el marco de todas las agriculturas tradicionales. Para la agricultura de temporal la fuente de agua utilizable es la lluvia; el suministro oportuno, la cantidad y la distribución en diferentes fases de crecimiento es importante para determinar el éxito o fracaso del cultivo (Granados *et al.*, 2004). De esta manera, el manejo del recurso agua es uno de los aspectos más importantes en la planeación del uso de la tierra; la distribución altamente irregular y la calidad del agua en el espacio y en el tiempo son factores que afectan la ubicación y el carácter de la actividad económica. El control de las condiciones hídricas desempeña un importante papel en el ordenamiento del medio rural: la apreciación, el estudio inmediato de los regímenes hidrológicos, la medición de

sus fluctuaciones y de sus consecuencias sobre las posibilidades de su explotación por las plantas, es una de las mayores preocupaciones (Tricart y Killian, 1982).

En consecuencia, el entorno se comporta como una unidad en la que interactúan los distintos elementos, aun cuando uno de ellos pueda ser el factor decisivo en la delimitación del espacio agrícola (Soto *et. al.*, 1991). El efecto combinado de las condiciones biofísicas es responsable en gran medida de la ubicación de la agricultura, pastoreo, silvicultura, pesca, minería y otras formas de producción primaria, que están basadas directamente en el ambiente natural. Aunque la ubicación de la producción agrícola, explica una gran parte la ubicación de todas las otras formas de la actividad económica y de asentamientos humanos (Samuelson, 1991).

Por ello, el uso eficiente de los recursos naturales en la planificación del territorio, al optimizar la ocupación y uso del suelo puede favorecer el desarrollo basado en la búsqueda de sustentabilidad y equidad (Muñoz, 2003); a partir de una visión integral de ordenación de los espacios y usos que ensamble y compatibilice el desarrollo económico y social con la conservación, protección y recuperación de procesos ecológicos (Allende, 1996). Los estudios de Zonificación Agroecológica de cultivos (ZAE), desempeñan un papel muy importante en la delimitación de áreas, en las cuales es posible definir cuales tienen mayor potencial de producción, utilizan como parámetros los requerimientos climáticos y edáficos de las especies, así como, el potencial biofísico para la producción agraria (FAO, 1978).

La caracterización agroecológica de un territorio implica dividir la superficie de tierra en unidades más pequeñas, a partir de las características similares relacionadas con la aptitud agrícola, la producción potencial y el impacto ambiental, lo cual proporciona: zonas agroecológicas o unidades cartográficas, definidas en términos de clima, fisiografía, suelo y cubierta de tierras, que tienen un rango específico de limitaciones y potencialidades para el uso del suelo, así como también, celdas agroecológicas (AEC) o unidades básicas de referencia para el análisis físico en estudios de ZAE, es decir, la combinación única de fisiografía, suelo y características climáticas (FAO, 1978; 1996).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Mixteca Poblana enfrenta un grave problema ambiental (Barrios, 2000; Nava, 2000) ocasionado por el deficiente uso y manejo de sus recursos, producto del desconocimiento de sus procesos ecológicos (Godínez, 1998); el aprovechamiento, ha sido confinado a la agricultura de subsistencia con cultivos de temporal y a la baja productividad de algunas actividades como artesanía (tejido de palma, cerámica de barro negro y policromada, y ónix), recolección de productos silvestres, comercio en pequeña escala y trabajo asalariado mal pagado (en maquiladoras) (Moreno *et al.*, 1999; Barrios, 2000).

En particular, la baja productividad en la explotación de frutos, se debe a la subutilización (Hernández y García, 1997); los límites de la capacidad de producción de las pitayas de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*, están determinados por los factores ambientales, sin embargo, el conocimiento existente sobre su distribución espacial en las diferentes comunidades bióticas es aún fragmentario, se desconoce si se distribuyen homogéneamente en el espacio regional, considerando el número de especies a lo largo de gradientes ambientales o entre comunidades (Osorio *et al.*, 1996).

El género *Stenocereus* se ha estudiado biogeográficamente, pero la mayoría de las georreferencias corresponden a los datos almacenados en los ejemplares de herbario (Rapoport, 1982; Ezcurra, 1997; Arreola, 2005), sesgados principalmente a los lugares más accesibles (Llorente *et al.*, 1994), lo que reitera la necesidad de realizar esfuerzos de colecta y considerar todos los gradientes ambientales (Toledo, 1998).

Incluso se han discutido aspectos generales de la distribución del género y de las especies, a nivel de sus patrones de riqueza local o regional a partir de estudios florísticos, pero poco se ha hecho para documentar el área que cada especie ocupa en una región, dado como resultado mapas de distribución a partir de puntos de colecta (Rapoport, 1982; Osorio *et al.*, 1996). Las especies carecen de mapas de distribución geográfica a partir de información incompleta, fundamentados en métodos de extrapolación a áreas no muestreadas (Echeverría *et al.*, 1996), es decir, modelos predictivos de la distribución potencial, que permitan delimitar áreas con capacidades productivas basada en las características ambientales, y así contribuir a dar solución a la demanda insatisfecha y creciente de producción del recurso pitaya.

4. HIPÓTESIS

Las cactáceas *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* son especies nativas de la Mixteca Poblana, para las cuales se puede proponer una zonificación agroecológica fundamentada en los factores biofísicos que regulan su distribución geográfica.

5. JUSTIFICACIÓN

Watt (1973), sugiere que las especies silvestres de un determinado ambiente son las que tienen mayores probabilidades de aprovechar eficientemente los recursos disponibles en el mismo. Las cactáceas como los principales componentes de los bosques tropicales caducifolios y matorrales xerófilos en el área en estudio representan una opción agrícola para el desarrollo económico (Piña, 1977) ya que son capaces de crecer en condiciones marginales tanto de suelo como de agua (López *et al.*, 2000). Estas plantas como cultivos de bajos requerimientos hídricos, son alternativas potenciales para los habitantes, en donde el monocultivo y el desinterés de los productores por adoptar nuevos cultivos ha provocado la subutilización de especies nativas (Mejorada, 1993).

Las cactáceas columnares *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* tienen usos múltiples, principalmente consumo de fruto, además del aprovechamiento de los tallos para cercas vivas, control de erosión y como combustible; así mismo, se tienen indicios de domesticación. Su conservación y aprovechamiento puede contribuir a mejorar la situación económica de la región; pues han sido aprovechadas durante milenios, involucrando una gran riqueza biológica y cultural (Casas *et al.*, 1997; Casas *et al.*, 1999; Luna, 2002).

Estas pitayas presentan ventajas morfológicas, anatómicas y fisiológicas que favorecen su desarrollo en condiciones de escasa humedad y altas temperaturas, además pueden crecer bien en condiciones restrictivas y deterioradas, su gran adaptabilidad a distintas condiciones ambientales facilita que su cultivo pueda establecerse en varias regiones de la república, y que sea una alternativa económica y productiva para el país, con la posibilidad de incursionar en el mercado internacional. También, la gran variación genética de estos frutos aporta amplias posibilidades para el mejoramiento genético, ya que son ampliamente aceptados debido a su valor alimenticio y a su sabor, y los

beneficios que aportan son importantes dado el alto valor comercial que adquieren y la reducida inversión (Ventura, 2002; Flores *et al.*, 2003).

Pese a que las pitayas son un producto secundario, la derrama económica durante la época de cosecha del fruto es relevante (Armella y Yáñez, 1997). El beneficio es temporal, si bien puede extenderse a partir de la introducción de huertos mixtos con especies productoras en diferentes épocas, lo que sería recomendable para las distintas regiones pitayeras. Por lo tanto, para contribuir al desarrollo de estos sistemas de cultivo es necesario recurrir a estudios etnobotánicos, ya que existen numerosas etnias que conservan conocimientos ancestrales al respecto y, dichos estudios deberán estar ligados a los de carácter ecológico, indispensables para determinar las estrategias que procuren un manejo adecuado (Granados *et al.*, 1999).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han demostrado ser una herramienta útil en el desarrollo de proyectos de administración de los recursos naturales, planeación territorial y toma de decisiones (Pérez, 2003). Permiten monitorear y analizar los parámetros ambientales que determinan la distribución de las especies, utilizándose como una aproximación útil en la evaluación de la riqueza, la cantidad del recurso y/o su estado de conservación (Dinerstein *et al.*, 1995). Además, con el propósito de conocer la distribución geográfica precisa de las especies, los modelos predictivos ayudan a estimar la distribución potencial (Nix, 1986; Carpenter *et al.*, 1993; Sánchez-Cordero *et al.*, 2001; Anderson *et al.*, 2003); determinan donde se encuentran las condiciones ambientales más adecuadas para que prosperen; e incluso, permiten identificar patrones generales de biodiversidad, lo que facilita decidir acerca de las prioridades de conservación (Chapman y Busby, 1994).

Algunas de las ventajas que aportan los métodos de estimación geoestadística sobre otros se encuentra en que, se obtiene la estimación en cada punto y adicionalmente un valor puntual de la varianza o de la desviación típica, denominada varianza o desviación típica del *krigeaje* (Moral, 2003 y 2004). La confección de mapas a partir de la geoestadística hace posible describir matemáticamente la variabilidad espacial de la variable y *Kriging* (Burgess y Webster, 1980) que permite la interpolación a sectores no muestreados (Cañada, 2004). Dicha interpolación, se basa en la teoría de las variables regionalizadas y en su dependencia y autocorrelación, bajo un marco de variabilidad espacial (Trangmar *et al.*, 1985).

De este modo, la predicción de la distribución potencial en el análisis de los recursos naturales integra los factores bióticos y abióticos en interacción, mediante un estudio de distribución espacial que incorpora las características del espacio geográfico, respeta las potencialidades y las restricciones del territorio, resuelve la falta de uniformidad de los datos e incluye variables ambientales y condicionantes ambientales heterogéneas, lo que representa la posibilidad de adecuar una zonificación agroecológica, una de las primeras etapas del ordenamiento y del planeamiento ambiental, sin la cual, sería imposible imaginar un plano de gestión ambiental, de adecuación de las técnicas agrícolas o de monitoreo ambiental, a cualquier escala (Miranda, 1996).

El Proyecto Zonas Agroecológicas (ZAE) de FAO (1978), ha sido de los primeros ejercicios en la aplicación de la evaluación de tierras, combina limitaciones y potencialidades, sirve como punto de referencia para incrementar la producción o limitar la degradación de los recursos. Los programas específicos pueden, entonces, formularse para proporcionar el apoyo más efectivo para cada zona. En la actualidad, las investigaciones de zonificación agroecológica se refieren al diseño de metodologías que permitan identificar los usos de tipo agropecuario que causan menos impactos ambientales (FAO, 1996).

El concepto ZAE es esencialmente simple, la metodología desarrollada por FAO se diseñó para sistemas de cómputo, debido a que la naturaleza del análisis implica la combinación de capas de información espacial. El procedimiento propuesto aún no ha sido aceptado ampliamente, su implementación y las aproximaciones metodológicas varían en relación con las condiciones particulares de cada región. No obstante, diversos autores en la delimitación de unidades agroecológicas (UAE) partieron de la valoración física, biológica, económica, social y cultural del territorio, aunque la definición de los límites únicamente incluye la información correspondiente a suelo y clima, a través de la unidad cartográfica de suelos, y los regímenes de temperatura y humedad (Ruiz, 1998; Villa *et al.*, 2001; Jiménez *et al.*, 2004; Pérez y Geissert, 2006). En la delimitación de los espacios apropiados para los cultivos de los pitayos *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*, se tomó en cuenta la valoración biofísica y socioeconómica de la región, los riesgos ambientales y meteorológicos que la afectan, así como, los parámetros abióticos y culturales importantes en la distribución geográfica y potencial de las especies.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

- Conocer los factores biofísicos y culturales que influyen en la distribución de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* (Cactaceae) en la Mixteca Poblana para estimar la distribución potencial y proponer una zonificación agroecológica.

6.2. Objetivos Particulares

- Realizar un diagnóstico ambiental bibliográfico y cartográfico como base biofísica y socioeconómica de la región.
- Definir cuáles factores topográficos, geológicos, edáficos y climáticos regulan la distribución de cada especie en el área en estudio.
- Predecir la distribución potencial de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* con base en los factores ambientales antes mencionados.
- Describir los aspectos culturales asociados a la distribución zonal y aprovechamiento de las especies.
- Zonificar agroecológicamente los cultivos de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* en la Mixteca Poblana.

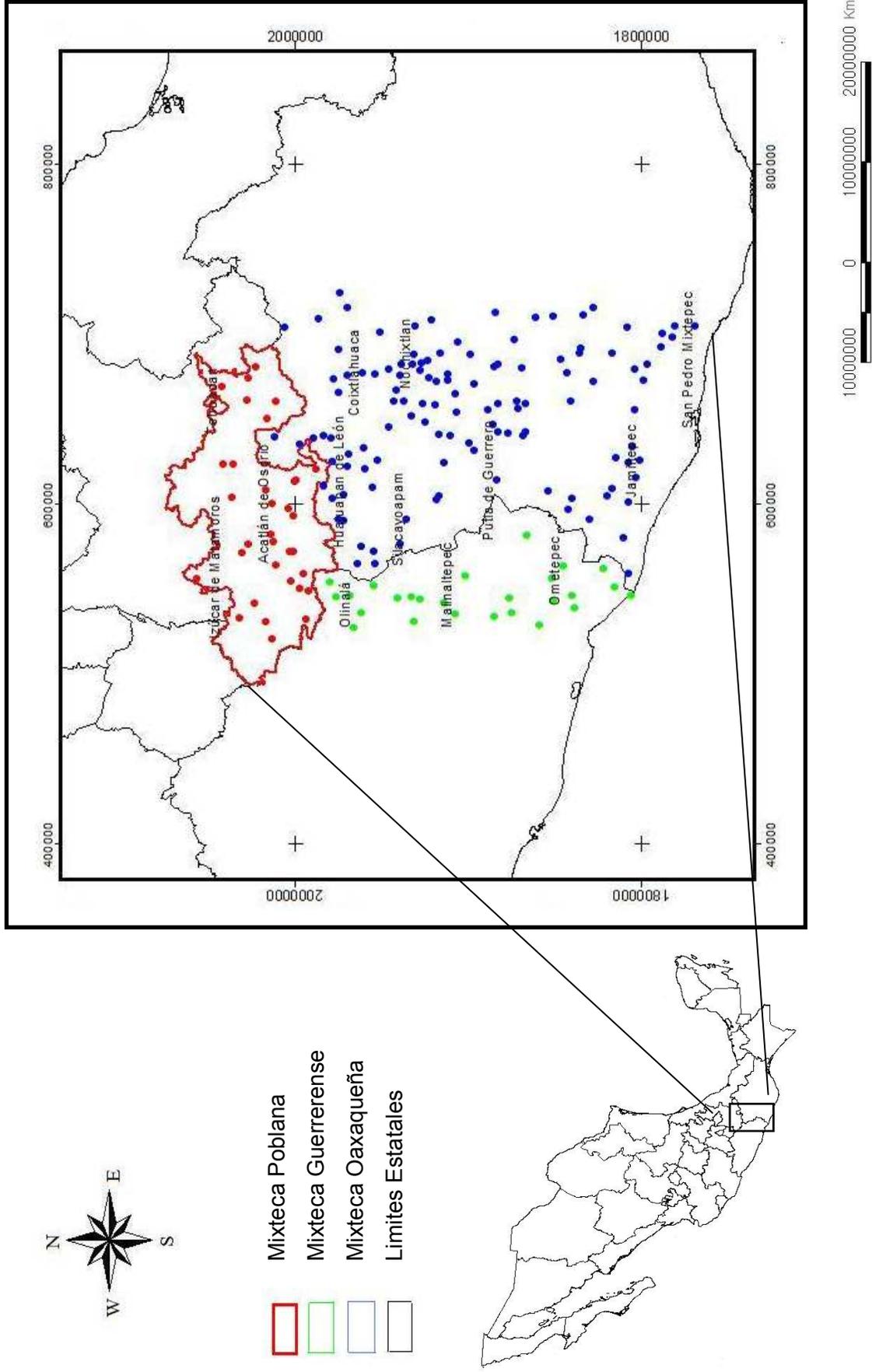
7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

Dahlgren (1990) y López (1990), precisan que el Mixtecapan o país de los mixtecos cubría un vasto territorio desde el sur de Puebla hasta la costa del Pacífico, abarcando parte de los estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero. Su frontera occidental corre paralela a los límites entre Guerrero y Oaxaca, a la altura de Tlapa, Gro., y después sigue la cuenca del Atoyac, hasta llegar a Acatlán, en el estado de Puebla. Al norte arranca desde este punto en línea recta hasta tocar el bajo valle de Tehuacán, Pue.; por el este sigue la configuración de la cañada hasta Telixtlahuaca, Oax., y continúa por los valles centrales rumbo a Cuilapan, donde varía al suroeste para tocar Teojomulco y continuar por los límites del distrito de Juquila hasta llegar a la altura de Puerto Escondido en la costa del Océano Pacífico, cuyo litoral es su frontera sur. Cubre una superficie aproximada de 40 000 km².

Aunque sus límites son imprecisos debido a la falta de datos, la información confusa y las fluctuaciones de las fronteras lingüísticas a través del tiempo; en general se reconocen la Mixteca Alta, la Mixteca Baja y la Mixteca de la Costa (Ravicz, 1980).

Mondragón (2003), menciona que es común que se asuma, sobre todo en la población mestiza y propiamente mixteca, una identidad regional opuesta a las demás regiones poblanas, que remite a lo mixteco. Y esta identidad tiene que ver con una historia propia de la zona, pero sobre todo, de compartir una macroregión cultural que tiene que ver, entre otras muchas cosas, con las tradicionales bandas musicales, los rituales, las festividades, las relaciones rituales y comerciales entre las diferentes poblaciones, la aridez de la tierra, la política y la migración. Los diferentes grupos sociales del lugar: mixtecos, popolacas, nahuas y mestizos, dueños cada uno de su propia cultura, historia y tradición son, además, todos habitantes de la extensa y mítica Mixteca Poblana, y comparten un territorio, una historia y una identidad grupal.

En esta investigación el área en estudio comprende la Mixteca Poblana de acuerdo con la regionalización señalada por López (1990), geográficamente se encuentra entre las coordenadas UTM 1974790 - 2074374 Norte y 493077 - 694118 Este (Zona 14), y cubre la superficie de 46 municipios en un territorio de aproximadamente 10 603 km² (INEGI, 1981, 1984a; Fuentes, 1995; Ibarra, 2003a) (Mapas 1 y 2). Actualmente, dichos municipios pertenecen a las regiones socio-económicas V. Valle de Atlixco y Matamoros, VI. Mixteca y VII. Tehuacán y Sierra Negra (Semarnat, 2006).

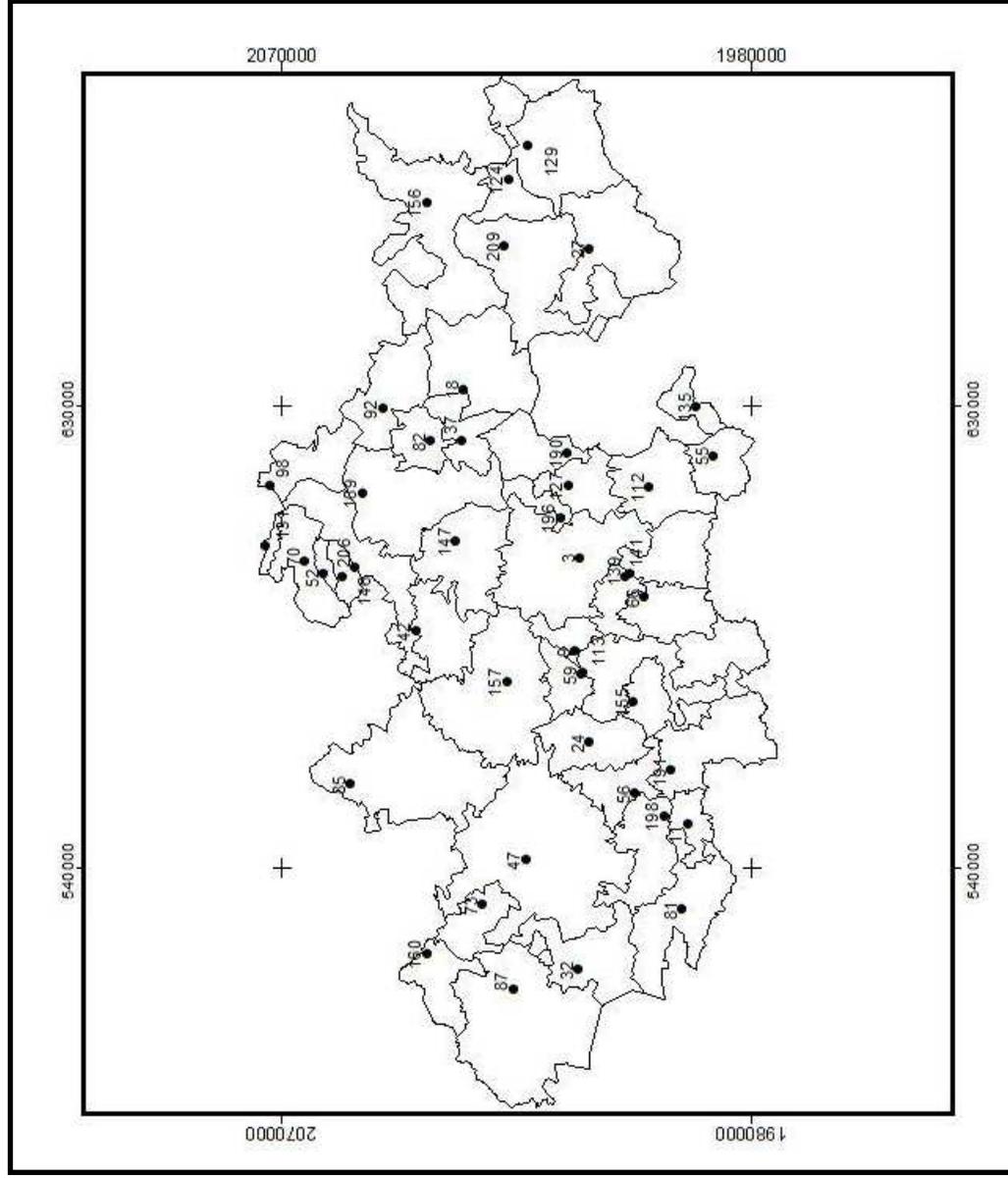


Fuente: López, 1990

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 1. Delimitación del área en estudio a partir de la región Mixteca

CLAVE	MUNICIPIOS
21003	Acatlán de Osorio
21009	Ahuehuetitla
21011	Albino Zertuche
21018	Atexcal
21024	Axutla
21027	Caltepec
21032	Cohetzala
21037	Coyotepec
21042	Cuayuca de Andrade
21047	Chiautla de Tapia
21052	Chigmecatitlán
21055	Chila de las Flores
21056	Chila de la Sal
21059	Chinantla
21066	Guadalupe
21070	Huatiatlauca
21073	Huehuetlán el Chico
21081	Ixcamilpa de Guerrero
21082	Ixcaquixtla
21085	Izúcar de Matamoros
21087	Jolalpan
21092	Juan N. Méndez
21098	Molcaxac
21112	Petlalcingo
21113	Pixtla
21124	San Gabriel Chilac
21127	San Jerónimo Xayacatlán
21129	San José Miahuatlán
21131	San Juan Atzompa
21135	San Miguel Ixitlán
21139	San Pablo Amicano
21141	San Pedro Yeloixtlahuaca
21146	Santa Catarina Tlatemala
21147	Santa Inés Ahuatempan
21155	Tecomatlán
21156	Tehuacán
21157	Tehuiztzingo
21160	Teotlalco
21169	Tepexi de Rodríguez
21190	Totoltepec de Guerrero
21191	Tulcingo del Valle
21196	Xayacatlán de Bravo
21198	Xicotlán
21206	Zacapala
21209	Zapotitlán Salinas
21214	Zinacatepec



Municipios Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2006
 Limite municipal Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 2. Municipios que conforman el área en estudio

7.1. Fisiografía y geología

INEGI (2006), establece que en la Mixteca Poblana se presenta la Provincia Sierra Madre del Sur y está representada por cinco Subprovincia:

Cordillera Costera del Sur formada por una cadena de sierras, abarca el territorio que corresponde a la cuenca del río Atoyac, se encuentra constituida por sierras de laderas escarpadas con altitudes de 1 780 m como máximo, cuya composición es de rocas metamórficas y sedimentarias antiguas; Mixteca Alta muestra un núcleo constituido por una sierra baja compleja de aluviones continentales antiguos y rocas metamórficas (gneis), que alcanza altitudes superiores a los 2 400 m; Sierras y Valles Guerrerenses, en ella se alternan sierras y valles cuya máxima altitud es de 2 060 m, de litología compleja pero con dominancia de rocas calcáreas y calizas, así como de volcánicas y sedimentarias clásticas, aunque en algunos sitios las conforman también rocas metamórficas; Sierras Centrales de Oaxaca, donde dominan calizas y los afloramientos de rocas metamórficas sobre sierra de cumbres tendidas (sierra de Zapotitlán), con pendientes moderadas y altitudes máximas superiores a los 2 500 m; y Llanuras Morelenses se extiende desde el noroeste de Cuautla, Morelos, hasta Huehuetlán el Chico, Puebla, dominando la sierra baja compleja y la llanura aluvial con lomeríos.

7.2. Suelo

Las unidades taxonómicas de suelo que caracterizan la región chernozem pedregoso, rendzina lítica y petrocálcica, feozem sin fase y lítico, litosol sin fase, castañozem, regosol lítico, vertisol gravoso, pedregoso, petrocálcico y sin fase, y xerosol pedregoso (INEGI, 2006).

7. 3. Clima

Vidal (2005), destaca que la zona en estudio pertenece a la región climática Cuenca del Río Balsas y Valles de Oaxaca. La temperatura se distribuye en pisos térmicos de acuerdo con la altitud. Se presentan muy altas temperaturas; la media anual es mayor de 26°C en la porción central más baja de la cuenca del Balsas (de altitud menor de 800 m), lo que la califica como muy cálida. Rodeando a esta área, hasta una altitud de los 1 000 m, se extiende la zona cálida (con temperatura media anual entre 22 y 25°C, condición que prevalece en el suroeste y en el valle de Tehuacán. Mientras que, al

norte se encuentra la zona semicálida, entre los 1 000 y 2 000 m, con temperatura media anual de 18 a 22°C (Cuadro 1).

A lo largo del año, la temperatura no muestra grandes contrastes estacionales, las zonas cálidas y muy cálidas permanecen casi invariables en cuanto a extensión, exceptuando diciembre y enero, meses en que se reduce un poco; en los meses de abril, mayo y junio, que son los más calientes, la temperatura media en la zona más cálida es superior a los 26°C. En la mayoría de las estaciones de observación enero es el mes más frío, en tanto que el más caliente es mayo; por esta última circunstancia la marcha de la temperatura es del tipo Ganges, exceptuando la sierra de Zapotitlán en donde el mes más caliente es junio. Por su oscilación anual de temperatura las áreas de mayor altitud y las que se encuentran al abrigo de barreras montañosas presentan clima isotermal i, esto es, la diferencia en temperatura entre el mes más frío y más caliente es menor de 5°C; en contraste, los sitios que se localizan en el fondo de la cuenca son extremos (e), con oscilaciones mayores de 7°C, como consecuencia de su mayor aridez (Vidal, 2005).

La estación lluviosa es el verano y puede presentar una sensible disminución en su cuantía, denominada “canícula” o sequía intraestival, la cual se presenta entre dos picos de precipitación, lo que provoca que los máximos sean variables (Reyna *et al.*, 2008). En general, para el área se tienen precipitaciones del orden de los 350 a 900 mm anuales. Existen dos temporadas bien establecidas: la lluviosa, que se inicia en mayo y termina en octubre y la seca que abarca de diciembre a marzo. Los meses de junio a septiembre son húmedos pues reciben 60 mm de lluvia y sólo el valle de Tehuacán recibe 50 mm. Durante la época seca se reciben menos de 16 mm de lluvia al mes, mientras que noviembre y abril son los meses de transición, el primero hacia la temporada seca y el segundo hacia la lluviosa. Por lo tanto, el régimen de lluvias en verano presenta un porcentaje bajo de lluvia invernal (menor de cinco de la totalidad anual) (Vidal, 2005) (Cuadro 1).

Con base en el Sistema de Clasificación Climática de Köppen modificado por García (1988), la Mixteca Poblana presenta climas cálidos con temperatura media anual superior a 22°C, predominan en las partes bajas hasta altitudes que varían de 1300 y 1400 m, pertenecen a dos tipos climáticos Aw y BS(h'), en particular, Aw₀(w) es subhúmedo y se encuentra en la parte oeste del área en estudio, entre los 200 hasta los 1300 m; el semicálido A(C)w₀(w), con temperatura media anual entre 18 y 22°C, se extiende de los límites anteriores hasta los 2 000 m de altitud desde Tepexi hasta

Totaltepec; el clima templado C, con temperatura media anual entre 15 y 18°C, se localiza a una altitud promedio de 2 000 m representando por el clima Cw₁ principalmente en Ixcaquixtla y Atexcal; mientras que los semiáridos BS₀ en los meses de marzo a junio sus temperaturas medias se ubican entre los 25°C, principalmente en Acatlán con el clima BS₀(h´)w(w)(i´)g.

Hernández y García (1997), registran que en Tehuacán se presenta el clima semiárido BS₁ con 8 a 10 meses secos, se sitúa cerca de los subhúmedos con un cociente P/T de 22.9 y recibe una precipitación de 350 y 792 mm anuales. A pesar de que en este clima la lluvia presenta un cierto ritmo anual, no es suficiente para mantener el terreno húmedo, ni para sustentar corrientes de agua permanentes. En general, la mayor parte de la región corresponde a la zona semiseca (de 0 a 20) de acuerdo con el índice pluvial de Thornthwaite y semiárida (de 0.25 a 0.50) según el cociente P/E (precipitación/evapotranspiración) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización climática de la Mixteca Poblana. P/E precipitación/evapotranspiración

T media (°C)	T máxima (°C)	T mínima (°C)	P anual (mm)	% Sequía Relativa	Índice Pluvial Thornthwaite	P/ E	Granizo	Heladas
15 - 25	22 - 34	7 - 18	350 - 900	20 - 30	0 - 20	0.25 - 0.50	0-25	0-38

7.4. Vegetación

Los tipos de vegetación se describen según las clasificaciones de Miranda y Hernández X. (1963) y Rzedowski (1978), complementadas con la de INEGI (1984c, 1987). En la Mixteca Poblana predominan: la selva baja caducifolia, principalmente en el valle de Matamoros y Chiautla, así como en el valle y la sierra de Acatlán; el matorral espinoso en el valle y la sierra de Acatlán y en la sierra de Zapotitlán; y en menor proporción el matorral secundario y las zonas de cultivo (Fuentes, 1971). En la carta de vegetación y uso del suelo se observa la presencia de selva baja caducifolia, matorral crasicaule y desértico, bosque de táscate, encino y pino, chaparral, mezquital, palmar, pastizal inducido, así como agricultura de riego y temporal.

8. MÉTODO

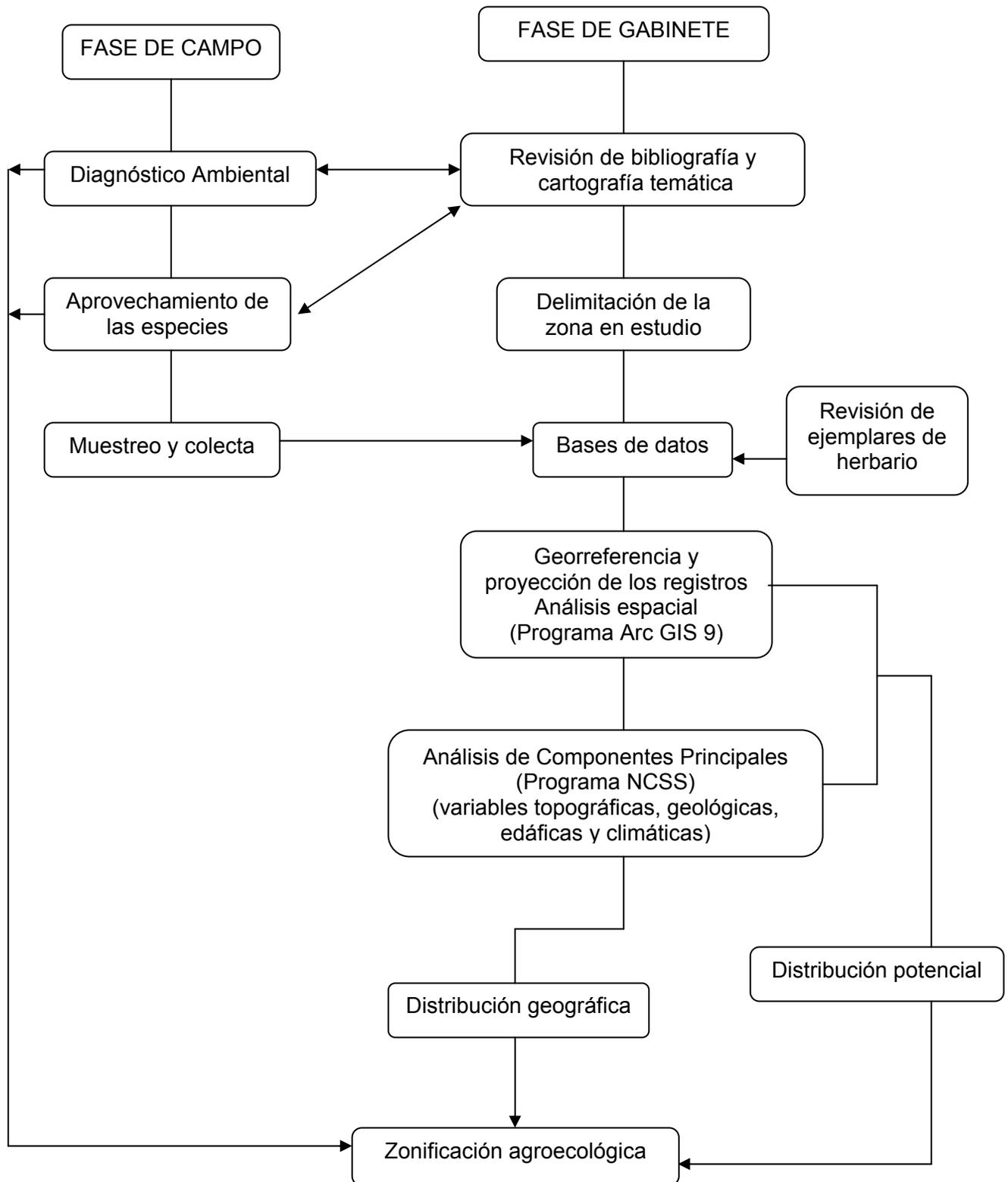


Figura 1. Método

8.1. Fase de gabinete

8.1.1. Diagnóstico Ambiental

8.1.1.1. Revisión e investigación documental

Consistió en recopilar, ordenar y analizar información bibliográfica, hemerográfica y la contenida en bases de datos, referente al estado actual de la zona en estudio para obtener un diagnóstico ambiental.

8.1.1.2. Revisión cartográfica

La cartografía utilizada fue municipal, fisiografía, geología, suelos, clima, vegetación y potencial agroecológico del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (1983, 1984b-c, 1987, 2006) escala 1: 250 000, el Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) (INEGI, 2003) escala 1:50, 000 y el Inventario Nacional Forestal (INF) elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y el Instituto de Geografía (IGg) (2000) escala 1:250, 000.

8.1.1.3. Índice de calidad / fertilidad de los suelos

De las cartas edafológicas de INEGI (1983, 1984b) se obtuvieron para cada localidad los taxones de suelo (combinación de unidades, subunidades y fases físicas del suelo). Se calculó un índice de calidad/fertilidad de los suelos (CFS) con base en la interpretación de las propiedades físicas y químicas de los taxones señaladas en la cartografía (incluyendo clase textural y fases físicas) y en la descripción de las unidades y subunidades de suelos (FAO-UNESCO, 1974). La calificación se basa en los criterios de productividad de suelos sugeridos por Riquier *et al.*, (1970), que se han utilizado en protocolos de evaluación de tierras. Se asignó a cada taxón un valor categórico (1-8, en orden creciente de contribución a la calidad/fertilidad) para cada uno de los siguientes atributos: drenaje (D), profundidad efectiva (P), textura/estructura (T), porcentaje de saturación de bases (V), contenido de materia orgánica (O), reserva de minerales (R) y capacidad de intercambio mineral (A). Estas variables se integraron en la fórmula $D+P+T+V+O+R+A = CFS$ (Alba-López *et al.*, 2003).

8.1.1.4 Elaboración de mapas

a. Calidad visual del paisaje

La calidad del paisaje es el mérito para no ser alterado o destruido. Se aplicó el modelo de Aguilo, 1981 y Aramburu *et al.*, 1994 citado por Montoya *et al.*, 2003.

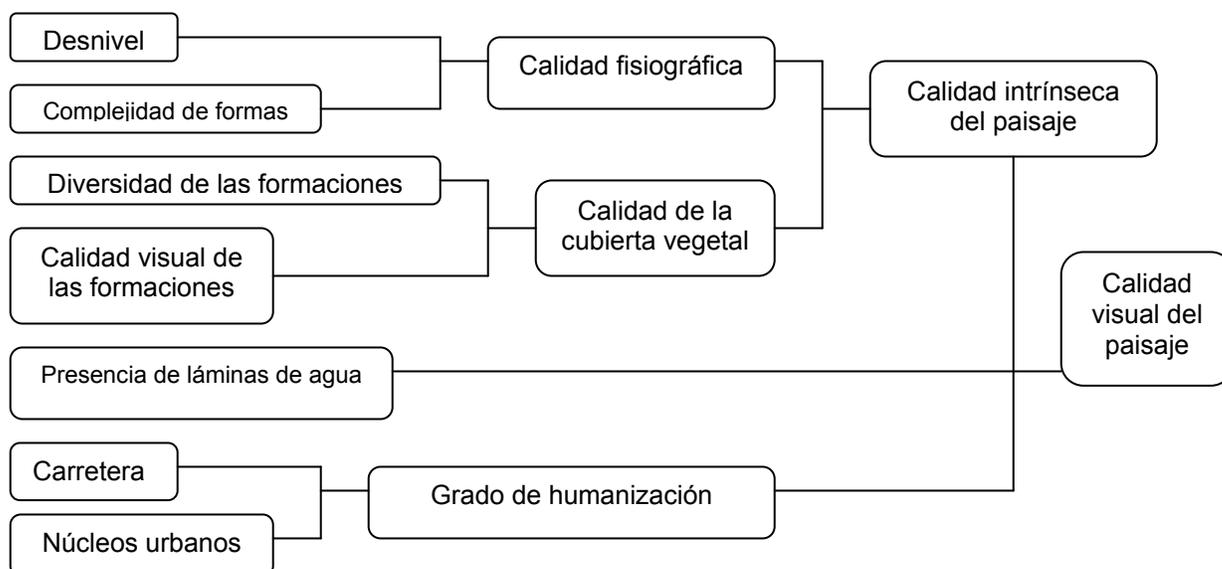


Figura 2. Modelo de calidad visual del paisaje

Desnivel. Se valoró en función de la diferencia entre las cotas máxima y mínima. A mayor desnivel corresponde mayor calidad.

Calidad muy baja	Clase 1	Desnivel < 600 m	Valor asignado 1
Calidad baja	Clase 2	Desnivel entre 600 y 850 m	Valor asignado 2
Calidad media	Clase 3	Desnivel entre 850 y 1100 m	Valor asignado 3
Calidad alta	Clase 4	Desnivel >1100 m	Valor asignado 4

Complejidad de las formas. La calidad fue mayor en las unidades de paisaje con más porcentaje de superficie ocupada por formas que indican complejidad estructural.

Calidad muy baja	Clase 1	Formas simples	Valor asignado 1
Calidad baja	Clase 2	Formas poco simples	Valor asignado 2
Calidad media	Clase 3	Formas intermedias	Valor asignado 3
Calidad alta	Clase 4	Formas complejas	Valor asignado 4

Diversidad de formaciones. Se otorgó mayor calidad a unidades de paisaje con mezcla equilibrada de cultivos, masas arboladas y matorral, que aquellas zonas dominadas por uno de los tres estratos.

Calidad muy baja	Clase 1	Homogéneas	Valor asignado 1
Calidad baja	Clase 2	Poco homogéneas	Valor asignado 2
Calidad media	Clase 3	Intermedias	Valor asignado 3
Calidad alta	Clase 4	Heterogéneas	Valor asignado 4

Calidad visual de las formaciones. Se consideró con mayor calidad la vegetación autóctona y los cultivos tradicionales.

Calidad muy baja	Clase 1	Introducidas	Valor asignado 1
Calidad baja	Clase 2	Cultivos introducidos	Valor asignado 2
Calidad media	Clase 3	Cultivos tradicionales	Valor asignado 3
Calidad alta	Clase 4	Autóctonas	Valor asignado 4

Presencia de agua. En un paisaje constituye un elemento de alto valor, en este caso se consideraron sólo los ríos perennes.

Menor Calidad	Clase 1	Ausencia	Valor asignado 0
Mayor Calidad	Clase 2	Presencia	Valor asignado 1

Grado de humanización. Las estructuras superficiales suponen disminución de la calidad del paisaje. Para medir el grado de humanización se utilizaron los parámetros de densidad de carreteras y de población.

Calidad muy baja	Clase 1	0-50	Valor asignado 1
Calidad baja	Clase 2	50-100	Valor asignado 2
Calidad media	Clase 3	100-200	Valor asignado 3
Calidad alta	Clase 4	200	Valor asignado 4

b. Fragilidad visual del paisaje

La fragilidad visual es la susceptibilidad al cambio cuando se desarrolla un uso. Se aplicó el modelo propuesto por Aguilo, 1981 y Aramburu *et al.*, 1994 citados por Montoya *et al.*, 2003.

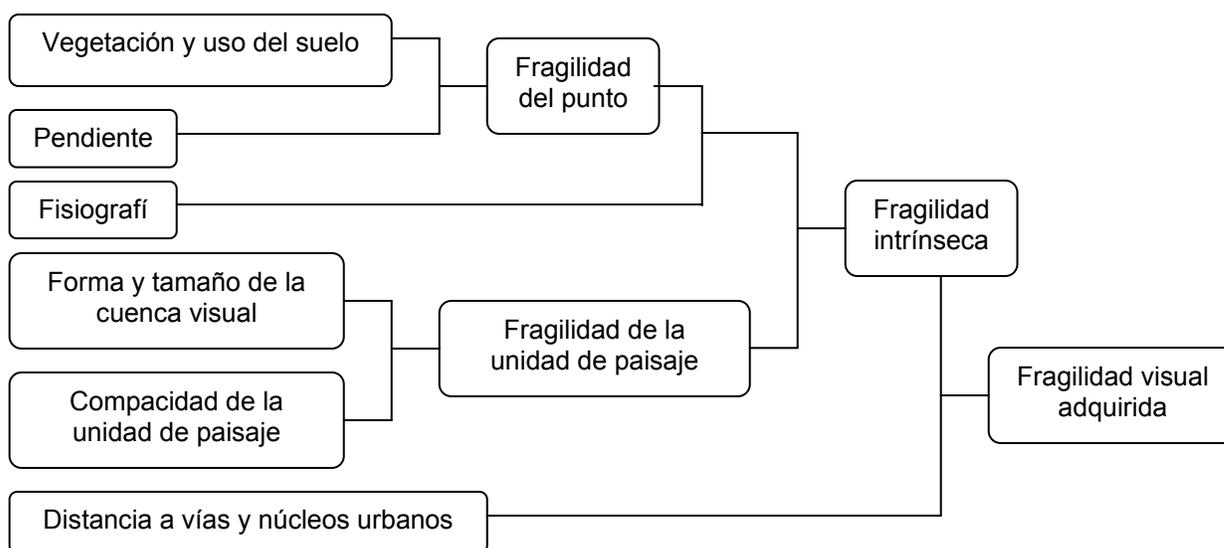


Figura 3. Modelo de fragilidad visual del paisaje

Vegetación y uso del suelo. Se define como el inverso de la capacidad de ésta para ocultar una actividad que se realice en el territorio.

Fragilidad muy baja	Clase 1	Cubierta arbórea densa y alta	Valor asignado 1
Fragilidad baja	Clase 2	Cubierta arbórea dispersa y baja	Valor asignado 2
Fragilidad media	Clase 3	Matorral denso	Valor asignado 3
Fragilidad alta	Clase 4	Matorral disperso, pastizales y cultivos	Valor asignado 4

Pendiente. A mayor pendiente mayor fragilidad, por produce una mayor exposición de las acciones.

Fragilidad baja	Clase 1	Pendiente <5%	Valor asignado 1
Fragilidad media	Clase 2	Entre 5% y 15%	Valor asignado 2
Fragilidad alta	Clase 3	Pendiente >15%	Valor asignado 3

Fisiografía. Los tipos geomorfológicos fueron clasificados de acuerdo con la altitud, pendiente y abruptuosidad de las formas.

Fragilidad muy baja	Clase 1	Aluvial coluvial, navas	Valor asignado 1
Fragilidad baja	Clase 2	Aluvial, terrazas, islas	Valor asignado 2
Fragilidad media	Clase 3	Laderas planas, vertientes, rellenos	Valor asignado 3
Fragilidad alta	Clase 4	Divisorias, crestas, collados	Valor asignado 4

Forma y tamaño de la cuenca visual. Se evaluaron de forma conjunta estos dos parámetros para diferenciar cuatro clases de fragilidad.

Fragilidad muy baja	Clase 1	Unidad pequeña y forma elíptica	Valor asignado 1
Fragilidad baja	Clase 2	Unidad pequeña y forma circular	Valor asignado 2
Fragilidad media	Clase 3	Unidad extensa y forma circular	Valor asignado 3
Fragilidad alta	Clase 4	Unidad extensa y forma elíptica	Valor asignado 4

Compacidad. Considerando que las cuencas visuales con menor complejidad morfológica tiene mayor dificultad para ocultar visualmente una actividad.

Fragilidad baja	Clase 1	menor compacidad	Valor asignado 1
Fragilidad media	Clase 2	media compacidad	Valor asignado 2
Fragilidad alta	Clase 3	mayor compacidad	Valor asignado 3

Distancia a red vial y núcleos habitados. Incluye mayor el impacto visual en las proximidades de zonas habitadas o transitadas que en lugares inaccesibles.

Fragilidad baja	Clase 1	Distancia superior a 1600 m	Valor asignado 1
Fragilidad media	Clase 2	Distancia entre 400 y 1600 m	Valor asignado 2
Fragilidad alta	Clase 3	Distancia inferior a 400 m	Valor asignado 3

c. Riesgo de erosión

Se adaptó a la zona en estudio el modelo propuesto por Ordóñez y Martínez (2003). Las variables analizadas fueron la geomorfología, litología, pendiente, suelo, clima y tipo de vegetación.

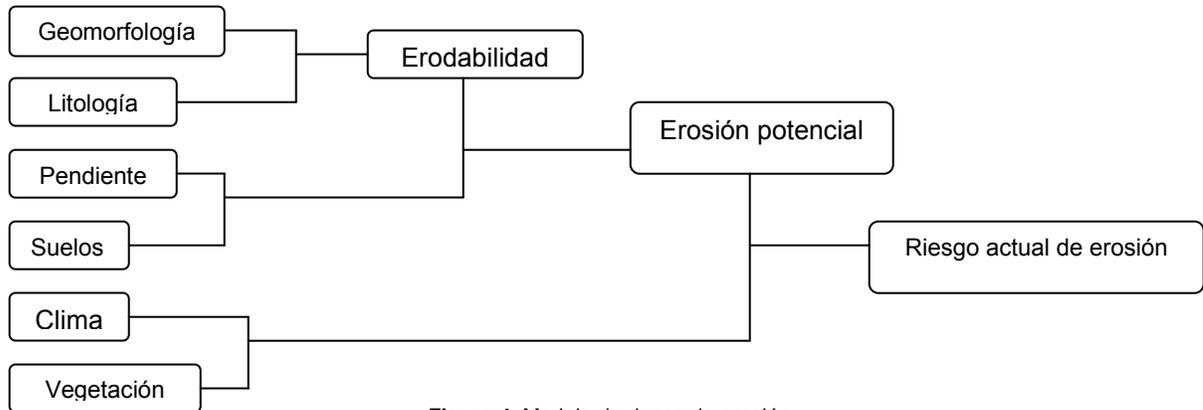


Figura 4. Modelo de riesgo de erosión

Geomorfología. Se agruparon los tipos geomorfológicos según la probabilidad de que alberguen mantos alterados:

Riesgo bajo	Clase 1.	Llanuras
Riesgo medio	Clase 2.	Mesetas
Riesgo alto	Clase 3.	Vertientes irregulares, lomeríos
Riesgo muy alto	Clase 4.	Aluvial, aluvial-coluvial, fuertes pendientes, valles, cañones, sierras.

Litología. Para el material litológico la selección se llevó a cabo en función de los residuos finos de alteración:

Riesgo bajo	Clase 1.	Toba, basalto, piroclastos, andesita
Riesgo medio	Clase 2.	Eluvial-coluvial, coluvial, conglomerados, calizas, esquisto
Riesgo alto	Clase 3.	Depósitos aluviales, aluvial-coluvial, areniscas, yesos y lutitas

Pendiente. Con respecto a ésta se ordenaron de la siguiente manera:

Riesgo muy bajo	Clase 1.	pendiente de 0 a 3%
Riesgo bajo	Clase 2.	pendiente de 3 a 8%
Riesgo medio	Clase 3.	pendiente de 8 a 15%
Riesgo alto	Clase 4.	pendiente de >15%

Suelo. Se organizaron las unidades taxonómicas del suelo de acuerdo a su textura:

Riesgo bajo	Clase 1.	Textura fina	Chernozem, catañozem y vertisol
Riesgo medio	Clase 2.	Textura media	Cambisol, rendzina y feozem
Riesgo alto	Clase 3.	Textura gruesa	Litosol, regosol y xerosol

Clima. En cuanto a este criterio se consideraron los sitios con temperaturas máximas y mínimas extremas, la precipitación anual y la presencia de heladas, respectivamente:

Riesgo muy bajo	Clase 1.	Temperatura máxima de 26 a 29°C y mínima de 14 a 12°C con 350 a 450 mm de lluvia anual y sin presencia de heladas
Riesgo bajo	Clase 2.	Temperatura máxima de 29 a 32°C y mínima de 12 a 10°C con 450 a 600 mm de lluvia anual y sin presencia de heladas
Riesgo medio	Clase 3.	Temperatura máxima de 32 a 35°C y mínima de 10 a 7°C con 600 a 750 mm de lluvia anual y presencia de heladas
Riesgo alto	Clase 4.	Temperatura máxima de 35 a 37°C y mínima de 7 a 4°C con 750 a 900 mm de lluvia anual y presencia de heladas

Vegetación. La clasificación se basó en su grado de protección frente a la erosión a través de la siguiente clasificación:

Riesgo muy bajo	Clase 1.	Bosque de pino y encino
Riesgo bajo	Clase 2.	Selva baja caducifolia, bosque de táscate, chaparral, mezquital, palmar
Riesgo medio	Clase 3.	Matorral desértico y crasicaule
Riesgo alto	Clase 4.	Agricultura y pastizales

d. Riesgo de inundación

La determinación de zonas inundables se realizó a partir del modelo propuesto por Ordóñez y Martínez (1997). Para ello, se utilizaron como criterios de clasificación el caudal, distancia al cauce, la geomorfología y la pendiente.

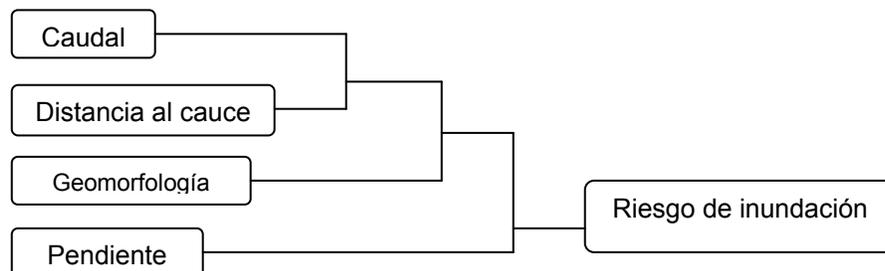


Figura 5. Modelo de riesgo de inundación.

Caudal. Se agruparon tomando en consideración tres clases de caudal y al territorio sin cursos de agua:

Riesgo muy bajo	Clase 0.	Territorio sin cauces
Riesgo bajo	Clase 1.	Caudal 1 (ríos secundarios con menor caudal)
Riesgo medio	Clase 2.	Caudal 2 (ríos primarios)
Riesgo alto	Clase 3.	Caudal 3 (río principal con mayor caudal)

Distancia al cauce. Se establecieron tres clases con respecto a la distancia:

Riesgo bajo	Clase 1.	Cuadrículas situadas a una distancia mayor de 750 m del cauce
Riesgo medio	Clase 2.	Cuadrículas situadas a una distancia entre 250 y 750 m del cauce
Riesgo alto	Clase 3.	Cuadrículas situadas a una distancia entre 0 y 250 m del cauce

Geomorfología. Se seleccionaron de acuerdo a su posibilidad de determinar la posición del territorio con relación a los cauces:

Sin riesgo	Clase 1.	Superficies culminantes, laderas y formas de laderas
Con riesgo	Clase 2.	Aluvial, aluvial-coluvial

Pendiente. Esta última, se ordenó de la siguiente manera:

Zonas inundables	Clase 1.	cota <690 y pendiente <1%
Zonas no inundables	Clase 2.	cota >690 y pendiente >1%

e. Riesgo meteorológicos

De 28 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) presentes en la Mixteca Poblana (Mapa 3), se seleccionaron datos referentes a los siguientes fenómenos para elaborar sus respectivos variogramas por interpolación *Kriging*:

Porcentaje de Sequía Relativa (Reyna <i>et al.</i> , 1989)	$\frac{\text{Área del polígono funicular}}{\square \text{ Precipitación mayo - octubre}} \times 100$
Granizadas	Eventos
Heladas	Temperaturas menores a 0°C
Olas de Frío	Diciembre, Enero, Febrero Tmin < -8°C Marzo, Noviembre Tmin < -5°C Abril, Mayo, Octubre Tmin < -3°C

8.1.2. Distribución geográfica

8.1.2.1. Bases de datos de las especies

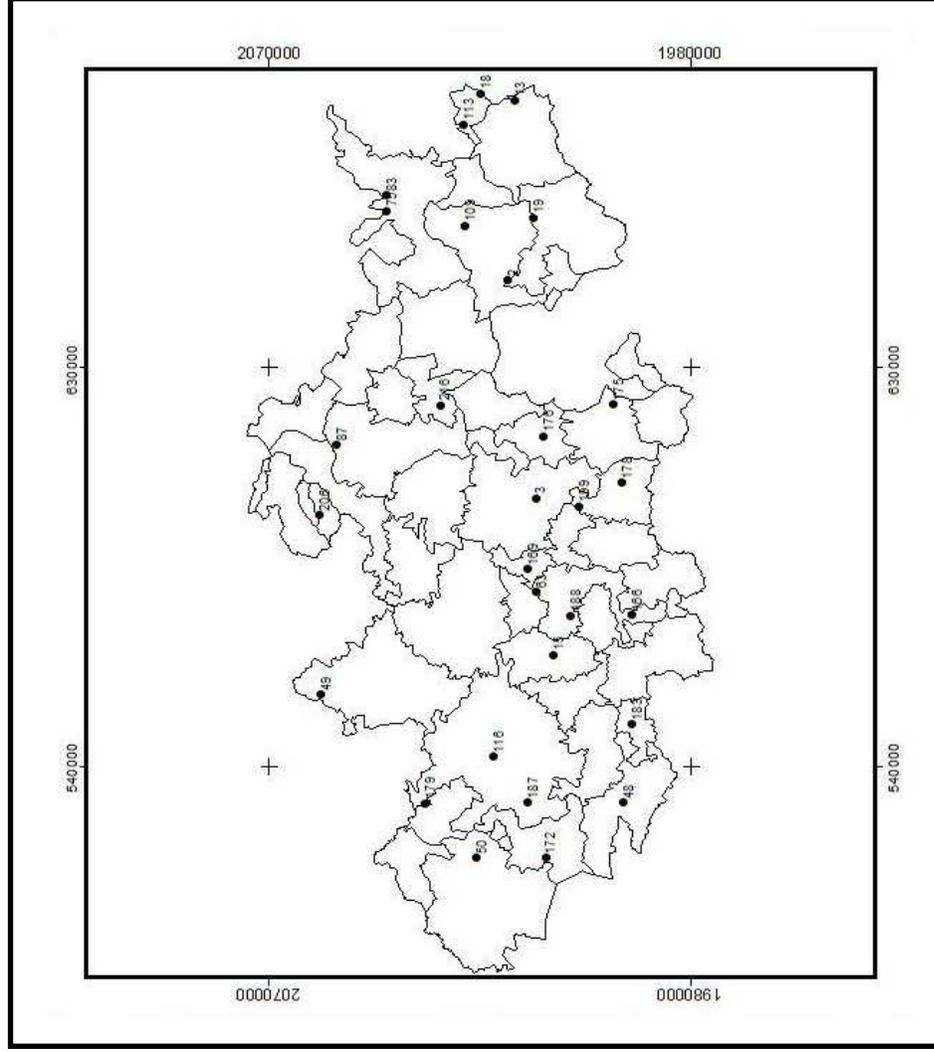
La información de las especies, se recabó de las etiquetas de ejemplares de los siguientes herbarios: MEXU (Universidad Nacional Autónoma de México), HFES-I (Facultad de Estudios Superiores Iztacala), HUAM (Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa), HUACH (Universidad Autónoma Chapingo) y HENCB (Instituto



Estaciones meteorológicas



Limite municipal



NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	CLAVE
Acatepec; Caltepec	21002	Chiautla de Tapia	21116
Acatlán de Osorio	21003	Anonas; Piaxtla	21166
Axuco; S. J. Miahuatlán	21013	Peñas; Ahuhuella	21169
Axutla	21015	Santa María Coetzala	21172
Calpan; Coxcatlán	21018	Tepejillo	21175
Caltepec	21019	Tonahuixtla	21176
Ixcamilpa	21048	Tuilingo del Valle	21178
Izúcar de Matamoros	21049	Tlancuapícan	21179
Jolalpan	21050	Acaxtlahuacan	21183
Piaxtla	21063	San Juan Pilcaya	21187
San Lorenzo Tehuacán	21075	Tecuautitán; Piaxtla	21188
Tehuacán	21083	Guadalupe	21199
Tepexi	21087	Tlaltempan	21206
Zapotitlán Salinas	21109	Tepeotitlán	21216

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 3. Estaciones meteorológicas

Politécnico Nacional). De cada etiqueta se registró la identidad taxonómica, el (los) colector (es), la fecha y la localidad de colecta, y cuando estuvieron disponibles, la descripción del hábitat y las coordenadas geográficas. Para una mayor precisión de las coordenadas geográficas, dichos registros fueron revisados en la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) que contiene datos taxonómicos y geográficos asociados a los especímenes mexicanos que se encuentran depositados en colecciones nacionales y del extranjero, y complementados con los registros de la base de datos del proyecto G003 y los correspondientes al Herbario de la Universidad de Arizona (ARIZ) (Conabio, 2007).

8.1.2.2. Georreferencia y proyección de los registros

Los sitios de colecta se ubicaron en cartas topográficas de INEGI (1981, 1984a) 1:50 000 para asignarles coordenadas geográficas por interpolación, las cuales se proyectaron a Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 14.

8.1.2.3. Base de datos de las variables ambientales

Se realizaron sobreposiciones topológicas de la cartografía temática y de las coordenadas geográficas asignadas a cada especie, para extraer los valores correspondientes a cada sitio. A partir del CEM INEGI (2003) se obtuvo la altitud y se generó el mapa de orientación del terreno; de las cartas geológica y edáficas de INEGI (1983, 1984b, 2006) se identificó la composición de las rocas y las unidades de suelo representativas, así como la profundidad y la textura de este último; los datos climáticos (temperatura máxima del mes más cálido, máxima promedio, media anual, mínima promedio y mínima del mes más frío, así como, precipitación total anual, en época húmeda y seca) se recopilaron de 28 estaciones del SMN (Mapa 3), para elaborar la cartografía correspondiente a cada variable por el método de interpolación geoestadística *Kriging*, el cual, a partir de una muestra de puntos en un área geográfica generó mapas de contornos que describen el comportamiento de la variable en el espacio (Hernández y Bonfil, 2007). Por último, se utilizaron las cartas de vegetación y uso del suelo de INEGI (1984c y 1987), para extraer los tipos de vegetación en los cuales se registraron las especies. El análisis espacial se llevó a cabo en el programa Arc GIS 9.

8.1.2.4. Análisis de componentes principales

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para todas las localidades con un total de 15 variables ambientales (altitud, orientación del terreno, geología, unidades de suelo, profundidad y textura de este último, temperatura máxima

del mes más cálido, máxima promedio, media anual, mínimas promedio y mínima del mes más frío, así como, precipitación total anual, en época húmeda y seca, y vegetación). Se graficó la distribución de cada especie con referencia a los dos primeros componentes (Alba-López *et al.*, 2003).

8.1.3. Distribución potencial

A partir de los registros de distribución y los intervalos de las variables en los cuales se ubican, se definieron las áreas de influencia de cada especie. Para ello, se seleccionaron por interpolación, los valores de los puntos en una base raster asignando valores binarios. Posteriormente, se aplicó algebra cartográfica para obtener los perfiles biofísicos, que sintetizan las condiciones ambientales de los sitios analizados y que representan los requerimientos ambientales de cada especie (Hernández y Bonfil, 2007).

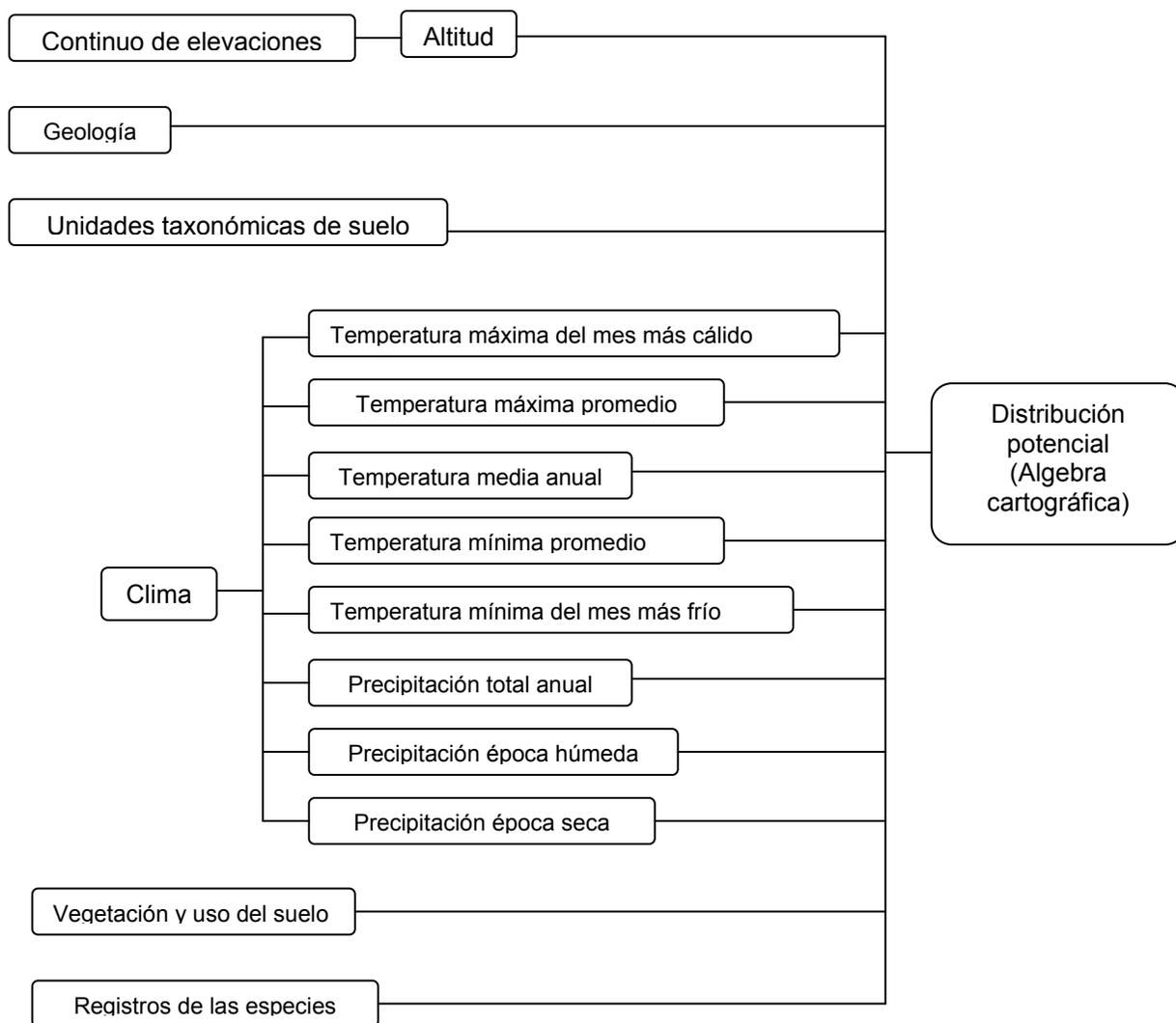


Figura 6. Modelo de distribución potencial

8.1.4. Aspectos culturales asociados a la distribución

La investigación documental consistió en recopilar, ordenar y analizar información bibliográfica y hemerográfica para conocer la influencia de las culturas en las modificaciones a la distribución de las especies en la zona en estudio.

8.1.5. Zonificación agroecológica

Se utilizó como base la metodología propuesta por FAO (1978) adaptada a las condiciones de la región, e implementada en SIG para la sobreposición de las siguientes capas de información espacial: distribución potencial, potencial agroecológico de INEGI (2006), calidad y fragilidad del paisaje, riesgos ambientales y meteorológicos.

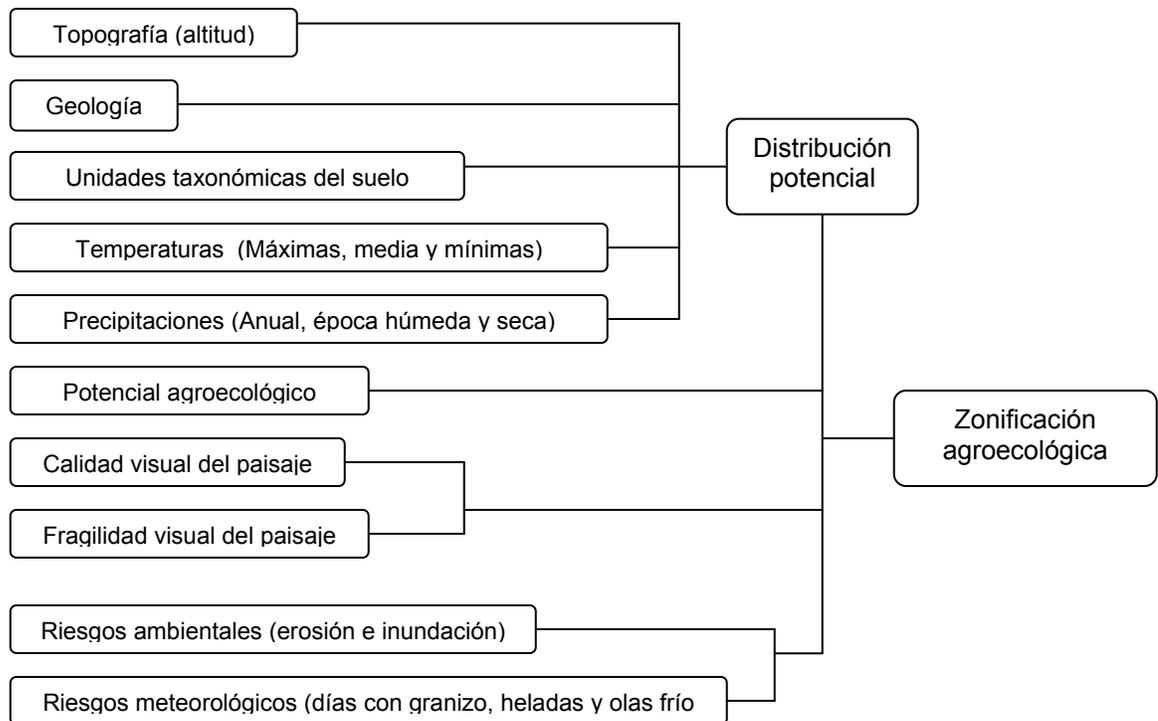


Figura 7. Modelo de zonificación agroecológica

Distribución potencial. A partir de este mapa se determinaron los sitios en los cuales se cumplen los parámetros mínimos y máximos para la distribución de las especies. Se clasificó el mapa en:

- | | | |
|----------------|----------|-------------------------|
| Zonas no aptas | Clase 1. | Ausencia de la especie |
| Zonas aptas | Clase 2. | Presencia de la especie |

Potencial agroecológico. De acuerdo al potencial agrícola de INEGI (2006), los suelos presentes en la Mixteca Poblana se ordenaron de la siguiente manera:

Zonas con aptitud baja	Clase 1.	Presencia de agricultura mecanizada y con tracción
Zonas con aptitud media	Clase 2.	Presencia de agricultura manual
Zonas con aptitud alta	Clase 3.	Sin aptitud para la agricultura

Calidad y fragilidad del paisaje. Se consideraron estos mapas para delimitar áreas con calidad baja y fragilidad alta prioritarias para el cultivo de pitayas:

Zonas con aptitud baja	Clase 1.	Calidad alta y fragilidad baja del paisaje
Zonas con aptitud media	Clase 2.	Calidad media y fragilidad media del paisaje
Zonas con aptitud alta	Clase 3.	Calidad baja y muy baja y fragilidad alta y muy alta

Riesgos ambientales y meteorológicos. A partir de los mapas de erosión, inundación, días con granizo y heladas se obtuvieron zonas potenciales para el cultivo:

Zonas no aptas	Clase 1.	Con riesgo de inundación
Zonas con aptitud baja	Clase 2.	Con riesgo de erosión bajo, heladas de -4 a -6 y de 25 a 54 días con granizo
Zonas con aptitud media	Clase 3.	Con riesgo de erosión medio, heladas de 0 a -2 y de 15 a 25 días con granizo
Zonas con aptitud alta	Clase 4.	Con riesgo de erosión alto y muy alto y de 0 a 15 días con granizo.

8.2. Fase de campo

8.2.1. Recorridos

En el 2007 se llevaron a cabo tres recorridos en campo para conocer la zona en estudio e identificar los principales problemas ambientales, así como, las formas de uso y aprovechamiento de las especies. El primero fue del 14 al 16 de enero en Teotlalco, Jolalpan, Chiautla, Izúcar de Matamoros, Tehuitzingo y Tulcingo del Valle; el segundo, del 31 de marzo al 2 de abril en Piaxtla, Acatlán de Osorio, Petlalcingo, Chila de las Flores, Atexcal, Tepexi de Rodríguez y Zacapala; y el tercero, del 10 al 13 de julio en Tehuacán, Zapotitlán Salinas, Caltepec, San Gabriel Chilac, San José Miahuatlán y Zinacatepec.

8.2.2. Muestreo

A partir de dichos recorridos, se complementaron las bases de datos de las especies, registrando la información correspondiente a identidad taxonómica, fecha, coordenadas geográficas, localidad y descripción del hábitat (relieve, suelo y vegetación) de 66 individuos en campo y 6 colectas realizadas.

9. RESULTADOS

9.1. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MIXTECA POBLANA

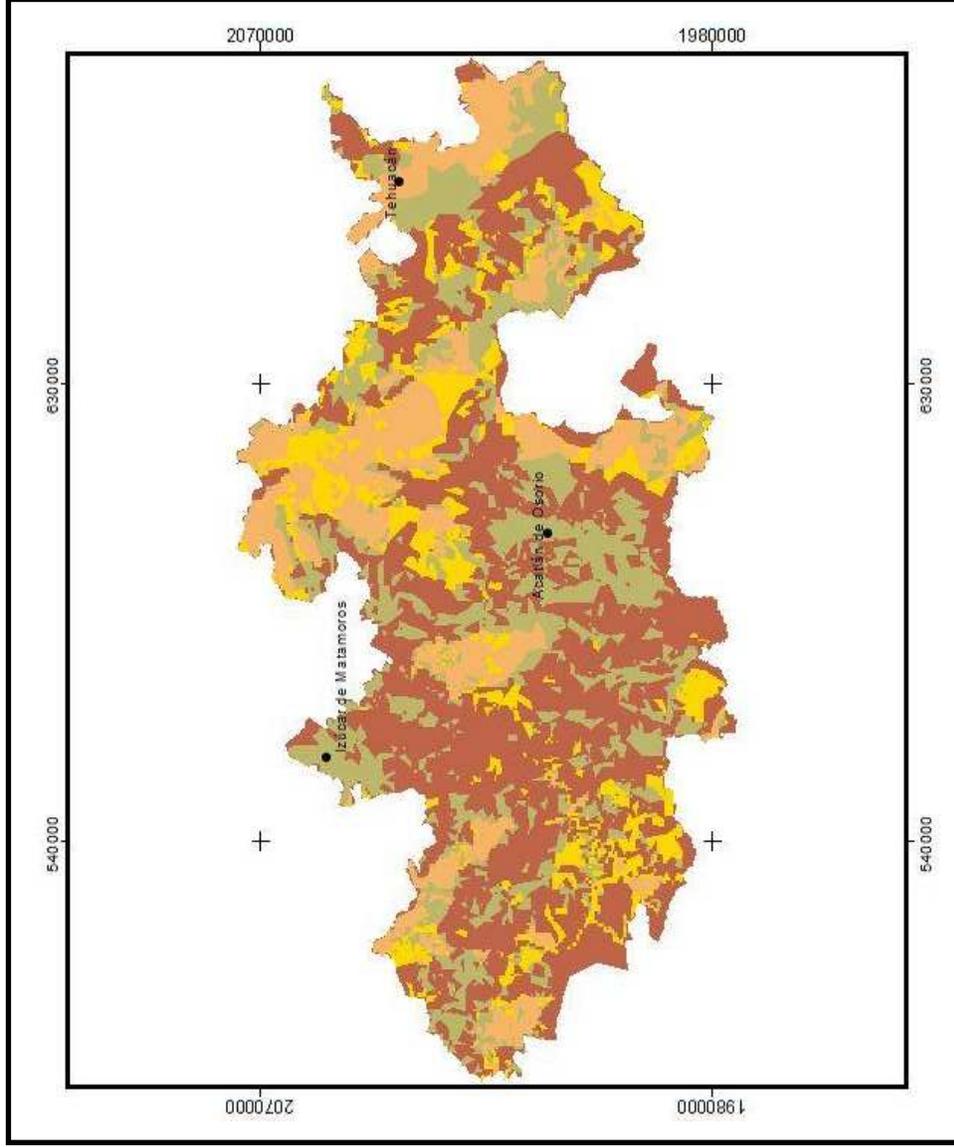
9.1.1. Paisaje

Desde un punto de vista biofísico, los paisajes son unidades integrales adecuadas como objetos de evaluación para el ordenamiento ecológico (Bocco *et al.*, 2005). Para este estudio, el paisaje se analizó, desde un enfoque visual o estético. En la Mixteca Poblana, los ecosistemas naturales están siendo transformados, debido al inadecuado manejo de sus recursos. Los problemas de sustitución de la vegetación, los cambios agropecuarios, así como el incremento de la superficie de suelo urbano, han generando distorsión en el paisaje.

La vegetación y los cultivos introducidos, la ausencia de ríos perennes y el grado de humanización, son las características que han alterado considerablemente la calidad del paisaje en la región; se estima que 178 990 ha presentan calidad visual muy baja y 272 504 ha calidad baja, las cuales se ubican en las ciudades principales como son Izúcar de Matamoros, Tehuacán y Acatlán, así como en las áreas destinadas a la agricultura, si bien 138 571 ha presentan calidad media y 470 235 ha calidad alta (Mapa 3). En la fragilidad visual del paisaje, influyen fundamentalmente las pendientes inclinadas, la fisiografía abrupta y la cercanía a la red vial y a los núcleos urbanos. La mayor parte del territorio presenta fragilidad visual media y muy alta, aproximadamente 454 665 y 302 328 ha, respectivamente. Mientras que 178 955 ha cuentan con fragilidad baja y 124 352 ha con fragilidad alta (Mapa 4).

9.1.2. Suelo, agua y aire

De acuerdo con los criterios de productividad de suelos sugeridos por Riquier *et al.*, (1970) el índice de calidad/fertilidad es de bajo a medio (16.6 a 32.3 de 56 que corresponde al valor máximo). Los suelos son drenados a excesivamente drenados, predominan los muy profundos pero también hay aquéllos muy someros, su textura promedio es media y en menor proporción fina, el porcentaje de bases es de alto a medio, mientras que el contenido de materia orgánica, las reservas y capacidad de intercambio de minerales se mantiene en general muy bajo (1%) (Cuadro 2).

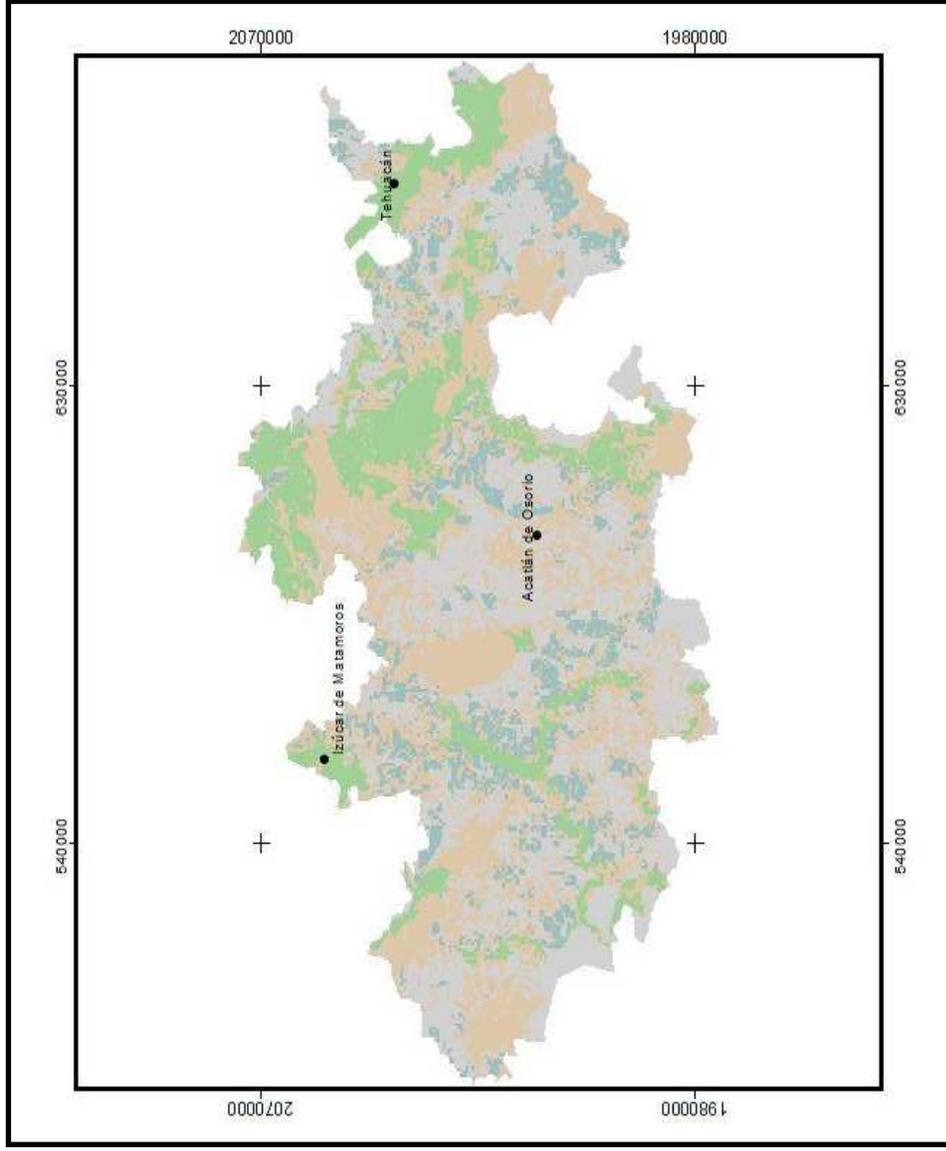


Calidad visual del paisaje	Superficie (Ha.)
Calidad visual muy baja	178 990
Calidad visual baja	272 504
Calidad visual media	138 571
Calidad visual alta	470 235



Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 4. Calidad visual del paisaje



Fragilidad visual del paisaje	Superficie (Ha.)
Fragilidad baja	178 955
Fragilidad media	454 665
Fragilidad alta	124 352
Fragilidad muy alta	302 328



Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 5. Fragilidad visual del paisaje

Cuadro 2. Índice de calidad/fertilidad del suelo. D = drenaje, P = profundidad, T = textura, V = % saturación de bases, O = materia orgánica, R = reserva de minerales y A = capacidad de intercambio mineral.

CARTA EDAFOLÓGICA	PERFIL	UNIDAD TAXÓNOMICA DEL SUELO	INDICE DE CALIDAD / FERILIDAD DEL SUELO D + P + T + V + O + R + A
E14-6	31	Acrisol húmico	$6.4 + 8 + 4 + 1.2 + 1 + 1 = 21.6$
	41	Vertisol pélico	$4.8 + 8 + 8 + 8 + 1 + 1.5 + 1 = 32.3$
	43	Vertisol pélico	$3.2 + 8 + 5.3 + 8 + 1 + 1.5 + 1 = 28$
	59	Cambisol dístrico	$6.4 + 7.8 + 5.3 + 4 + 1.2 + 1 + 1 = 26.7$
	66	Regosol eútrico	$3.2 + 1.3 + 5.3 + 8 + 1 + 1 + 1 = 20.8$
	80	Vertisol pélico	$4.8 + 8 + 8 + 8 + 1 + 1 + 1 = 31.8$
	85	Feozem calcárico	$3.2 + 2.6 + 5.3 + 8 + 1 + 1.5 + 1 = 22.6$
	97	Feozem háplico	$4.8 + 8 + 5.3 + 8 + 1 + 1 + 1 = 29.1$
	98	Regosol eútrico	$4.8 + 8 + 2.6 + 8 + 1 + 1 + 1 = 26.4$
E14-5	40	Feozem calcárico	$6.4 + 4.1 + 5.3 + 8 + 1 + 1 + 1 = 26.8$
	65	Feozem lúvico	$6.4 + 2.8 + 5.3 + 8 + 1 + 1 + 1 = 25.5$
	66	Rendzina	$3.2 + 2 + 5.3 + 4 + 1.2 + 1 + 1 = 17.7$
	74	Feozem háplico	$3.2 + 1.1 + 5.3 + 4 + 1 + 1 + 1 = 16.6$
	78	Feozem háplico	$6.4 + 1.2 + 5.3 + 4 + 1 + 1 + 1 = 19.9$
	94	Regosol calcárico	$8 + 1.2 + 5.3 + 8 + 1 + 1 + 1 = 25.5$
	75	Vertisol crómico	$3.2 + 8 + 8 + 8 + 1 + 1 + 1 = 30.2$
	82	Regosol eútrico	$8 + 1 + 5.3 + 4 + 1 + 1 + 1 = 21.3$
	99	Regosol eútrico	$6.4 + 3.9 + 5.3 + 4 + 1 + 1 + 1 = 22.6$

Además, en la región la mayoría de los climas son secos con diferentes variaciones de temperatura, por lo cual, podría esperarse un proceso de desertificación, causado por la deforestación y el sobrepastoreo, así como de erosión y agotamiento consecuencia de las prácticas agropecuarias, mineras y urbanas (Hernández y García, 1997).

La problemática a nivel de contaminación de suelos, se deriva del deficiente manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos y peligrosos. Semarnat (2006), advierte que en la Mixteca Poblana sólo las zonas de Tehuacán, Ajalpan, Izúcar de Matamoros y Tulcingo del Valle cuentan con rellenos sanitarios intermunicipales. Los municipios que no están contemplados en los rellenos sanitarios son Atexcal, Cohetzala, Cuayuca de Andrade, Chiautla, Chigmecatitlán, Chila de las Flores, Huatlatlauca, Huehuetlán El Chico, Jolalpan, San Juan Atzompa, San Miguel Ixtitlán, Santa Catarina Tlatempa, Teotlalco, Zacapala y Zapotitlán Salinas. El manejo de residuos sólidos necesita descentralizarse y brindar atención inmediata a zonas municipales marginadas, la mala disposición está generando tiraderos a cielo abierto, en barrancas, arroyos, lotes baldíos, en tierras de cultivo, provocando contaminación de suelo, agua y aire, así como del paisaje, incrementando los problemas de salud pública.

En cuanto al recursos hídrico, tiene una inadecuada distribución en tiempo y espacio, a parte de los ríos Nexapa, Atoyac, Mixteco y Tehuacán todas las demás fuentes de agua que sustentan la economía, son de origen subterráneo, ya que las corrientes superficiales son escasas, de volumen reducido, o bien, se encuentran casi totalmente aprovechadas o presentan problemas de contaminación. Las zonas principales de explotación de agua subterránea, son Atlixco-Izúcar de Matamoros y Tehuacán, que ocupan el tercero y quinto lugar a nivel estatal, respectivamente. Sin embargo, se encuentran vedadas desde el año de 1950 debido a la excesiva extracción. Las regiones hidrológico-administrativas registran una disponibilidad natural media de agua muy baja (aproximadamente de 1 001 a 2 000 m³/hab/año) y presentan un grado de presión media-fuerte (20%-40%) que consiste en el agua utilizada de dicha disponibilidad per cápita. En general, el agua superficial se destina para el uso agropecuario e industrial y el agua subterránea para el abastecimiento público (CNA, 2004; Semarnat, 2006).

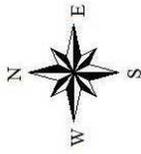
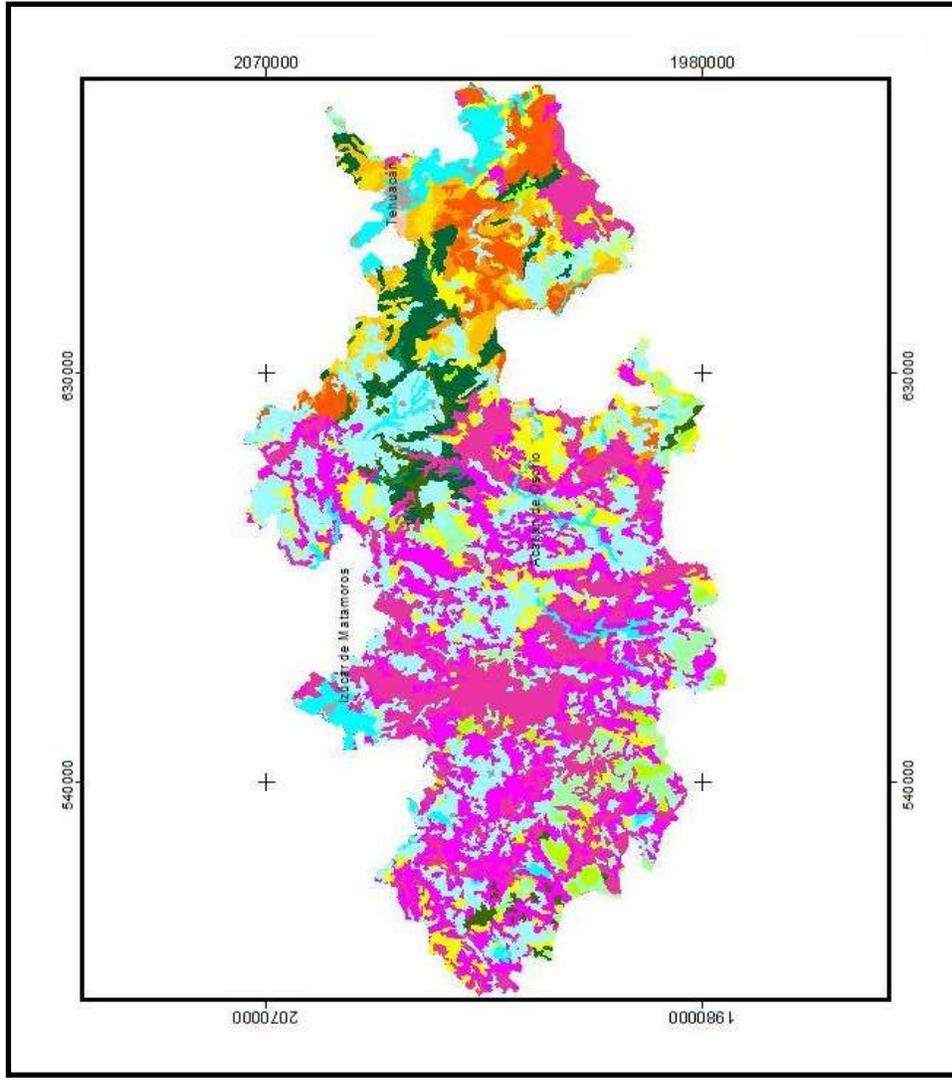
Mientras que el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) y la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA) (2006), reportan la calidad del aire se mantiene moderada en la estación Izúcar de Matamoros. Las principales causa de la contaminación atmosférica son el parque vehicular, industrial, comercios, hogares y servicios. Cabe señalar que la mayor parte del área en estudio carece de monitoreo atmosférico. Las zonas conurbadas correspondientes a Tehuacán, Izúcar de Matamoros y Acatlán pueden tener niveles de contaminación considerables debido a las emisiones generadas por las actividades industriales, principalmente textiles y materiales para la construcción, el parque vehicular, comercios, hogares y servicios. En los municipios predominantemente rurales, también existen industrias dedicadas a la fabricación de ladrillos o refinería de azúcar, las cuales utilizan métodos tradicionales de producción, que consiste en la quema de combustibles altamente contaminantes. Recientemente se implementó el Programa de Gestión de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de Puebla 2006-2011. Si bien, se necesita incorporar a todos los municipios a la REMA y a dicho programa, para identificar los sectores contaminantes, estimar las emisiones de los combustibles industriales; establecer técnicas eficientes de quemado y combustión y planificar el sistema de transporte.

9.1.3. Vegetación y fauna

La región está dominada por grandes extensiones de selva baja caducifolia secundaria, matorral xerófilo y cultivos de temporal, los relictos de vegetación original se encuentran principalmente en las altas montañas, barrancas y cañadas, pero incluso estos parches están siendo perturbados por la actividad del hombre. También se encuentran en condición secundaria otros tipos de vegetación tales como matorral crasicaule, matorral desértico rosetófilo, chaparral o matorral esclerófilo, mezquital, palmar, bosque mesófilo de montaña y pastizal inducido (IGg - Semarnat, 2000) (Mapa 5). Las principales formas de deterioro de la vegetación incluyen la apertura no planificada de tierras a una agricultura de temporal de bajo rendimiento; el sobrepastoreo debido a la ganadería caprina extensiva; la deforestación de bosques de pino y encino en las partes altas de las sierras; y la extracción forestal no maderable en todos los tipos de vegetación (Nava, 2000).

En el caso de la fauna, no existe alguna caracterización y los inventarios se han centrado principalmente en algunos grupos taxonómicos (aves, anfibios y reptiles) y en áreas geográficas conocidas como Zapotitlán de las Salinas y la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Zavala *et al.*, 1999), motivo por el cual el territorio que no forma parte de la reserva, presenta graves problemas de conservación.

Pérez y Torres (2006), destacan que el área en estudio se encuentra dentro de la Provincia Acuática Continental V. Balsana, uno de los principales centros de endemismo de ictiofauna dulceacuícola. El grupo mejor inventariado es la herpetofauna. García-Vázquez *et al.*, (2000), precisan la presencia de 1 orden, 6 familias y 16 especies de anfibios y 3 ordenes, 6 familias y 48 especies de reptiles distribuidos en 17 municipios. Gran parte del territorio se encuentra dentro de la región de alta riqueza (de 81 a más de 105 especies), endemismo (de 50 a más de 90 especies) y amenaza de anfibios (de 36 a 76 especies); así como, dentro de la zona con diversidad media (de 100 a 200 especies) y alto endemismo de reptiles (>100 especies) (Casas y Reyna, 1991; Flores-Villela 1993 a y b; López-Wilchis y Reyna, 2006). Para la avifauna, no existe un inventario preciso en todo el país, no obstante, la región se encuentra dentro del área con riqueza y diversidad media (13 - 20.9 %) (Escalante *et al.*, 1998; Arizmendi *et al.*, 1990 y 2000; Corcuera, 2006). Por último López-Wilchis y Reyna (2006), indican que en general, la entidad presenta 120 especies de mamíferos con un alto endemismo (45.3%) (Ramírez-Pullido y Müdespacher, 1987).



-  Agricultura de riego y eventual
-  Agricultura de temporal anual
-  Áreas sin vegetación aparente
-  Asentamientos humanos
-  Bosque de encino
-  Bosque de encino con vegetación secundaria
-  Bosque de pino
-  Bosque de pino-encino con vegetación secundaria
-  Bosque de táscate
-  Chaparral
-  Chaparral con vegetación secundaria
-  Cuerpo de agua
-  Matorral crasicaule
-  Matorral crasicaule con vegetación secundaria
-  Matorral desértico rosetófilo
-  Matorral desértico rosetófilo con vegetación secundaria
-  Mezquital (incluye Huizachal)
-  Mezquital (incluye Huizachal) con vegetación secundaria
-  Palmar
-  Pastizal inducido
-  Riego suspendido
-  Selva baja caducifolia y subcaducifolia
-  Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria
-  Selva baja espinosa con vegetación arbustiva y herbácea

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto de Geografía, 2000

Mapa 6. Estado actual de la vegetación y uso del suelo

9.1.4. Planificación Territorial y medios de transporte

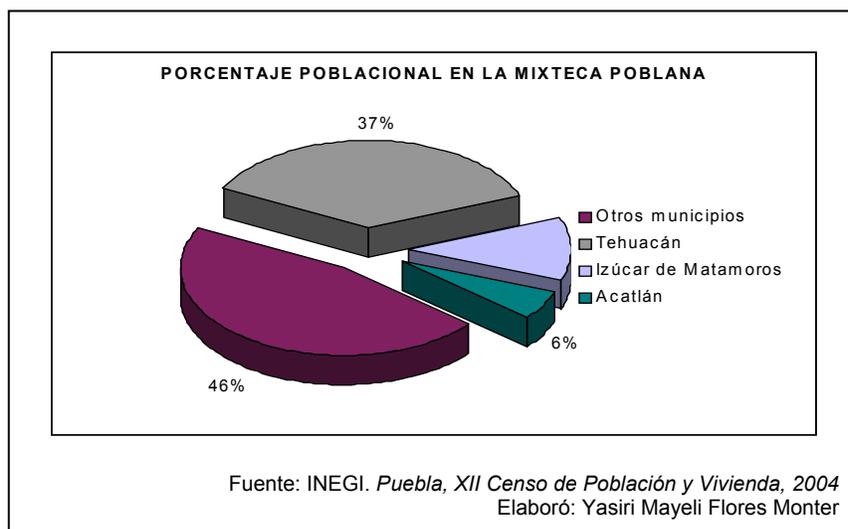
A nivel nacional Puebla no se encuentra al margen de la dinámica socioeconómica, la falta de ordenación del territorio tanto a escala nacional, estatal y municipal, ha generado una compleja región en el centro del país y desigualdades interregionales. La Mixteca Poblana está contemplada en el Programa Estatal para la incorporación de los asentamientos humanos irregulares al Desarrollo Regional Sustentable 2005-2011, en las regiones Valle de Atlixco y Matamoros, Mixteca y Tehuacán y Sierra Negra (GOB P, 2005b), aunque queda excluida de las actividades económicas prioritarias estatales, y presenta un alto rezago socioeconómico. Flores-González (2000), alude que sólo la ciudad de Tehuacán, conforma un polo de desarrollo debido a lo prominente de la industria de la confección. En términos de Áreas Naturales Protegidas (ANP's), únicamente los municipios de Caltepec, Juan N. Méndez, San Gabriel Chilac, San José Miahuatlán, Tehuacán, Totoltepec de Guerrero, Zapotitlán Salinas y Zinacatepec forman parte de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán y están contemplados en el Programa de Conservación y Manejo (Zavala *et al.*, 1999; Semarnat, 2006).

La posición geográfica que ocupa la región es el puente natural entre las vastas zonas del nudo mixteco y la vertiente occidental del altiplano central. Esto la ubica como la vía más idónea para el flujo de pasajeros y mercancías; en donde, los principales ejes carreteros son Puebla-Atlixco-Izúcar de Matamoros-Cuautla, Cuacnopalan-Oaxaca, Puebla-Tehuacán-Huajuapán de León. Aunque, a pesar de la existencia de estas vías de comunicación y de su colindancia con los estados de Morelos, Guerrero, Oaxaca y Veracruz, su infraestructura se integra por carreteras pavimentadas y revestidas, insuficientes para comunicar a todas las localidades, y muchas de ellas, están incorporadas deficientemente a la red carretera regional (GOB P, 2005a).

9.1.5. Demografía

El Censo de Población y Vivienda 2004 (INEGI, 2005) (Gráfica 1), informa que la población total de la zona de estudio era de 617 351 habitantes. En general, Tehuacán, Izúcar de Matamoros y Acatlán son los municipios más poblados de la región, concentrando el 53% de la población total. Respecto a la población indígena, Conabio (2004), reconoce para el 2002 la existencia de nahuas, mixtecos, popolocas y totonacas. Con un total de 153 024 habitantes, se encuentran distribuidos principalmente en

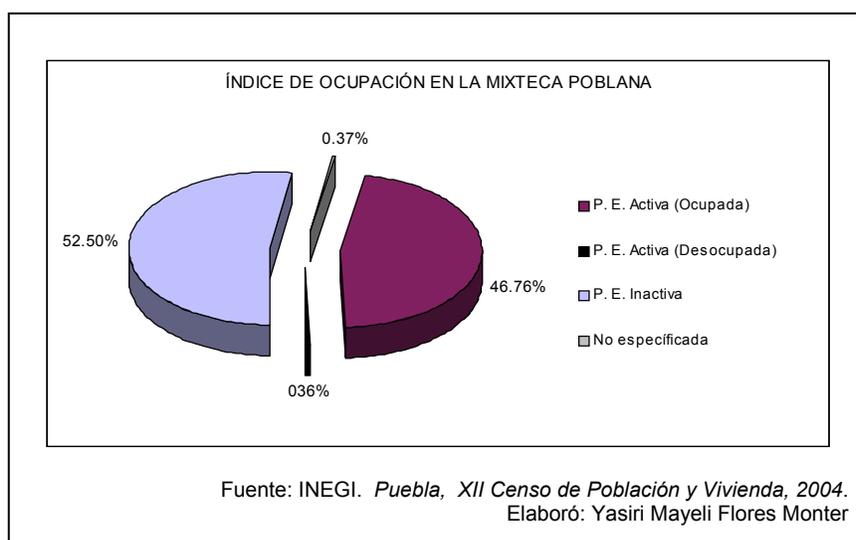
Tehuacán, San Gabriel Chilac, Zinacatepec, San José Miahuatlán, Huatlatlauca, San Jerónimo Xayacatlán, Chigmecatitlan, Xayacatlán de Bravo y Santa Catarina Tlatempa.



Gráfica 1. Demografía de la Mixteca Poblana

9.1.6. Índice de ocupación y actividades económicas

En el 2004 el INEGI (2005), señala un valor de ocupación para personas mayores de 12 años del 46.76% y un porcentaje de desocupación de 0.36% correspondiente a la población que en algún momento estuvo empleada. De los cuales, 69 314 habitantes indígenas son mayores de 12 años y 42 037 corresponden a la población activa. Los municipios que presentaron los más altos niveles de inactividad fueron Xicotlán, Ixcamilpa de Guerrero y Cuayuca de Andrade, y el menor fue Tehuacán.



Gráfica 2. Índice de ocupación en la Mixteca Poblana

El anuario agropecuario del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el 2006, menciona que los principales cultivos en la Mixteca Poblana fueron de maíz (*Zea mays*) con 7 708 ha sembradas y cosechadas, cacahuate (*Arachis hypogaea*) con 7 639 ha y 3 205 ha de sorgo (*Sorghum vulgare*); en menor proporción, alfalfa (*Medicago sativa*), ajo (*Allium sativum*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), ejote (*Phaseolus vulgaris*), jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), cebolla (*Allium cepa*) y jicama (*Pachyrrizus erosus*). La producción agrícola, en su mayor parte, está destinada al autoconsumo, un relativo bajo porcentaje a la venta local y nacional y escasamente a la exportación (GOB P, 2005a).

La ganadería es principalmente de traspatio, la mayor parte de los municipios cuenta con ganado asnal, porcino, caprino, bovino, mular y equino. Un número menor de municipios cuenta con ganado vacuno, así como cría de conejos y aves de corral. Sin embargo, la cría de ganado caprino es la actividad pecuaria más extendida debido a su adaptabilidad a las condiciones ambientales, pero carece de calidad genética y en muchos casos, se trata de una ganadería trashumante que presenta rasgos de sobrepastoreo (CNDM, 1999).

La producción forestal maderable es prácticamente nula como reflejo de la vegetación dominante. Sólo en Acatlán de Osorio, San Juan Atzompa, Cuayuca de Andrade, Guadalupe y Santa María Ixítlán los bosques de pino y encino se destinan a la industria de la construcción (CNDM, 1999). Desde la perspectiva de la economía ecológica, estos ecosistemas se consideran de baja productividad, ya que las plantas se distribuyen de manera discontinua. Cabe señalar, la importancia de recursos maderables propios del área, como mezquite (*Prosopis spp.*), huizaches (*Acacia spp.*), izotes (*Yucca spp.*) y copal (*Bursera spp.*), entre otros (Cervantes, 2002).

Dentro de la actividad minera resaltan los municipios de Cuayuca de Andrade, Acatlán, Guadalupe, Huehuetlán el Chico, San Pedro Yeloixtlahuaca, Tecomatlán, Tepexi de Rodríguez y San Pablo Anicano con yacimientos de talco, magnesita, cuarzo, barita, mica, magnesio, plata, cobre, plomo, cromo, fósforo, carbón, serpentina, yeso fosforita, asbesto, bentonita, barro, piedra blanca, hierro, así como, canteras de mármol traventino laja y ónix, minas de carbón y de plomo (CNDM, 1999).

Las actividades industriales están concentradas en las ciudades de mayor importancia, que se especializa en embotelladoras de refrescos y aguas minerales,

además de fábricas de alimentos para aves y ganado, textiles, artículos de plástico, rastro de aves, elaboración de productos derivados de minerales metálicos y no metálicos, fábricas de cartones y talleres de tabique de concreto y barro. Tehuacán ocupa el segundo lugar de concentración de industrias de la entidad y emplea más del 17% de la población ocupada en la industria manufacturera. El resto de los municipios cuenta principalmente con molienda de nixtamal, fabricación de alimentos, refinería de caña de azúcar, granjas avícolas, cerámica, alfarería, maquiladoras y talleres textiles, elaboración de artículos de palma e ixtle y de rafia sintética, sastrería, fabricación de huaraches, alpargatas, curtido y acabado de cuero, pulido, corte y laminado de mármol, manufactura de partes prefabricadas de concreto para la construcción como ladrillos, mosaico, y materiales como cal hidratada, cemento y yeso (CNDM, 1999; GOB P, 2005a).

En materia económica, las actividades comerciales y de servicios son las que sobresalen, en donde, el turismo es una actividad importante. Tehuacán cuenta con una gran variedad de recursos turísticos, tanto naturales como históricos (Zavala *et al.*, 1999). En menor proporción, Izúcar de Matamoros, Zapotitlán Salinas, Chiautla, Ixcamilpa de Guerrero y Tepexi de Rodríguez entre otras (CNDM, 1999).

Fuentes (1995) y la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) (2000), establecen que la Mixteca Poblana es una de las regiones más pobres de Puebla, en ella se identifican tres procesos de migración: la intermunicipal-intrarregional, la interestatal y la internacional. Predominan los desplazamientos temporales, que se combinan con la época de siembra y cosecha en las comunidades de origen, así como la instalación de la industria maquiladora.

Entre los rasgos que generan un ambiente restrictivo para la sobrevivencia de las familias y que se consideran como factores detonantes de la migración se encuentran: el clima semiárido con prolongados períodos de sequía y escasa disponibilidad de agua para consumo humano y actividades agropecuarias; la acelerada erosión de suelos y pérdida de fertilidad debido a la tala inmoderada de vegetación nativa, el sobrepastoreo y la ausencia de prácticas de conservación; la predominancia de actividades de baja productividad, la falta de una tecnología adecuada para la integración de los campesinos a la producción comercial; precarias condiciones de vivienda, carencia de servicios públicos, déficit y baja calidad de servicios de salud y educación; y bajos salarios, niveles de desarrollo y bienestar social (Moreno *et al.*, 1999; Barrios 2000; Nava, 2000).

En consecuencia, la experiencia migratoria representa una forma de vida, y a pesar de tener flujos intensos el envío de remesas no es tan significativo (Zavala *et al.*, 1999; Ibarra, 2003b). De acuerdo con el Consejo Nacional de la Población (CONAPO) (2000), 84% de la población migrante se encuentra entre los 16 y los 45 años de edad, y los municipios que mayor grado de migración internacional se encuentran ubicados con los flujos migratorios más antiguos (Albino Zertuche, Axutla, Chila de la Sal, Petlalcingo, Piaxtla, San Pedro Yeloixtlahuaca y Tulcingo). Zacapala presenta un grado de migración muy alto y cerca de Tehuacán el municipio de migración con mayor intensidad es Jolalpan. En la parte este de la zona en estudio se presentan los flujos migratorios más recientes, debido a la contracción de la industria maquiladora en los últimos años.

9.1.7. Estructura funcional del Medio Ambiente

La política de Puebla es regional, cuenta con siete regiones socioeconómicas y refleja una dinámica desigual. En la actualidad pocas regiones producen la mayor parte de la riqueza total, y el resto se integra de forma inequitativa a la evolución económica y social. Este proceso se ha reflejado en la urbanización del estado, configurándose cuatro regiones urbanas y tres rurales. En donde, estas últimas requieren acciones continuas en los aspectos social y económico, para superar los niveles educativos, de salud, nutrición e ingresos; y un impulso a las actividades agropecuarias y comerciales, mediante la modernización y capitalización de prácticas productivas y capacitación continua de productores (GOB P, 2005a).

9.1.8. Riesgos ambientales y meteorológicos

El Atlas Nacional de Riesgos (ANR) (CENAPRED, 1994) y el Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México (CENAPRED, 2001), advierten que la sismicidad es un riesgo de importancia para la Mixteca Poblana, encontrándose en la categoría C con algunos epicentros de sismos mayores de 7° Richter en el periodo de 1900 a 1989, ubicados en los municipios Chila, Guadalupe, Petlalcingo, Tecamatlán y Tulcingo del Valle; no obstante, los de origen hidrometeorológico son los que más daños han acumulado a través del tiempo por su incidencia periódica; las perturbaciones ciclónicas han afectado la mayor parte del territorio, a excepción de algunos municipios como Acatlán, Ahuehuetitla, Tehuitzingo, Cuayuca de Andrade, Chinantla, Guadalupe y Piaxtla. La entidad cuenta un programa de evaluación del impacto

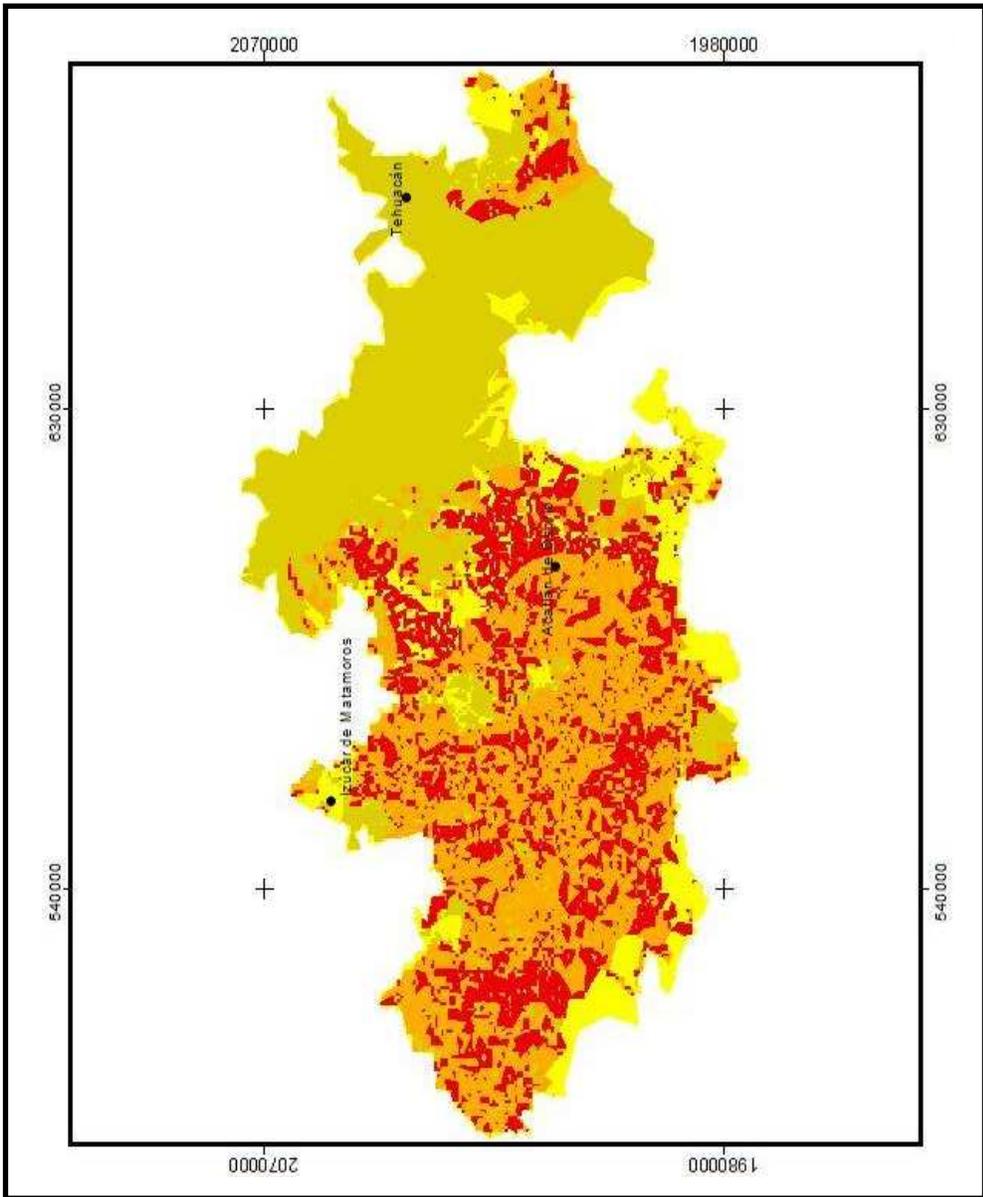
y riesgo ambiental operado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMRN).

Ortiz-Pérez *et al.*, (1992), precisan que la Mixteca Poblana no es un área afectadas por inundaciones, debido a la temporalidad de las precipitaciones (<1.1 inundaciones por año), en complemento la cartografía obtenida a partir del modelo de Ordóñez y Martínez (2003), sugiere que los sitios susceptibles se encuentran en las zonas cercanas a ríos de importancia como son el Atoyac, Mixteco, Nexapa y Salado, debido a la presencia de ríos principales, la cercanía a los cauces, la geomorfología aluvial y aluvial-coluvial, y las pendientes que favorece encharcamientos (Mapa 7).

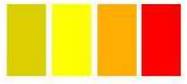
Los resultados del modelo de Ordóñez y Martínez (2003), revelan que los sitios más susceptibles se encuentran principalmente, al oeste y centro, así como pequeños manchones al este (Mapa 8). De 1 060 300 ha que conforman la Mixteca Poblana, 350 958 y 146 627 ha presentan riesgo de erosión bajo y medio, respectivamente. En la región, las condiciones que incrementan la erosión son principalmente, la geomorfología aluvial, aluvial-coluvial y las sierras con fuertes pendientes, el material geológico, así como, los cambios bruscos de temperatura, en complemento con precipitaciones altas y presencia de agricultura y pastizales. Por lo cual, 329 635 ha presentan riesgo alto y 233 080 ha riesgo muy alto.

Reyna *et al.*, (1989), mencionan que para la Mixteca Poblana la intensidad promedio de la sequía relativa es de 20 a 30%.

En el periodo de 1960 al 2003 el SMN reconoce 195 días con granizo principalmente en Piaxtla, Jolalpan, Tehuacán, Acatlán, Chiautla, Miahuatlán y Caltepec (Mapa 9). La zonas afectadas por heladas son Jolalpan, Izúcar de Matamoros, Acatlán, Tepexi de Rodríguez y Tehuacán con temperaturas de -0.2 a -6°C (Mapa 10). Sin embargo, no se presentan olas frío; las temperaturas de diciembre a enero no son inferiores a -8°C oscilan de -6 a 7.5°C, encontrándose las temperaturas más bajas en Acatlán de Osorio y Caltepec (Mapa 11); de marzo y noviembre de -4 a 10°C sin sobrepasar los -5°C y registrando la mínima en Tehuacán (Mapa 12); durante abril, mayo y octubre se mantienen entre 0 y 12°C, sin acercarse a los -3°C la temperatura minima se ubica en Axutla y Tepexi de Rodríguez (Mapa 13).

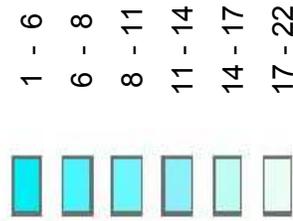
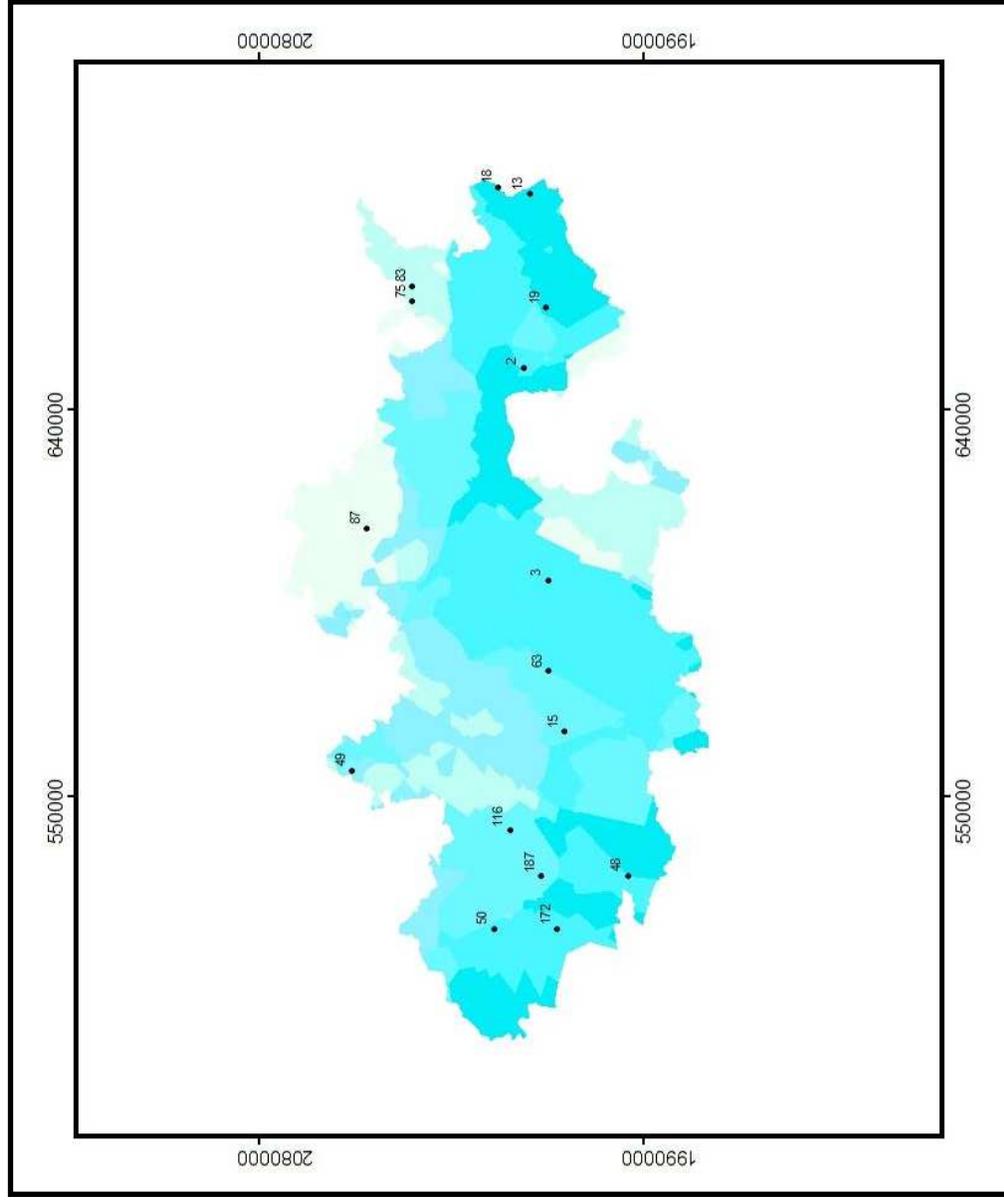


Riesgo de erosión	Superficie (Ha.)
Riesgo bajo	350 958
Riesgo medio	146 627
Riesgo alto	329 635
Riesgo muy alto	233 080



Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 7. Riesgo de erosión

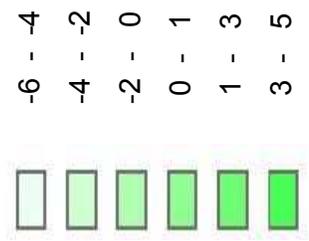
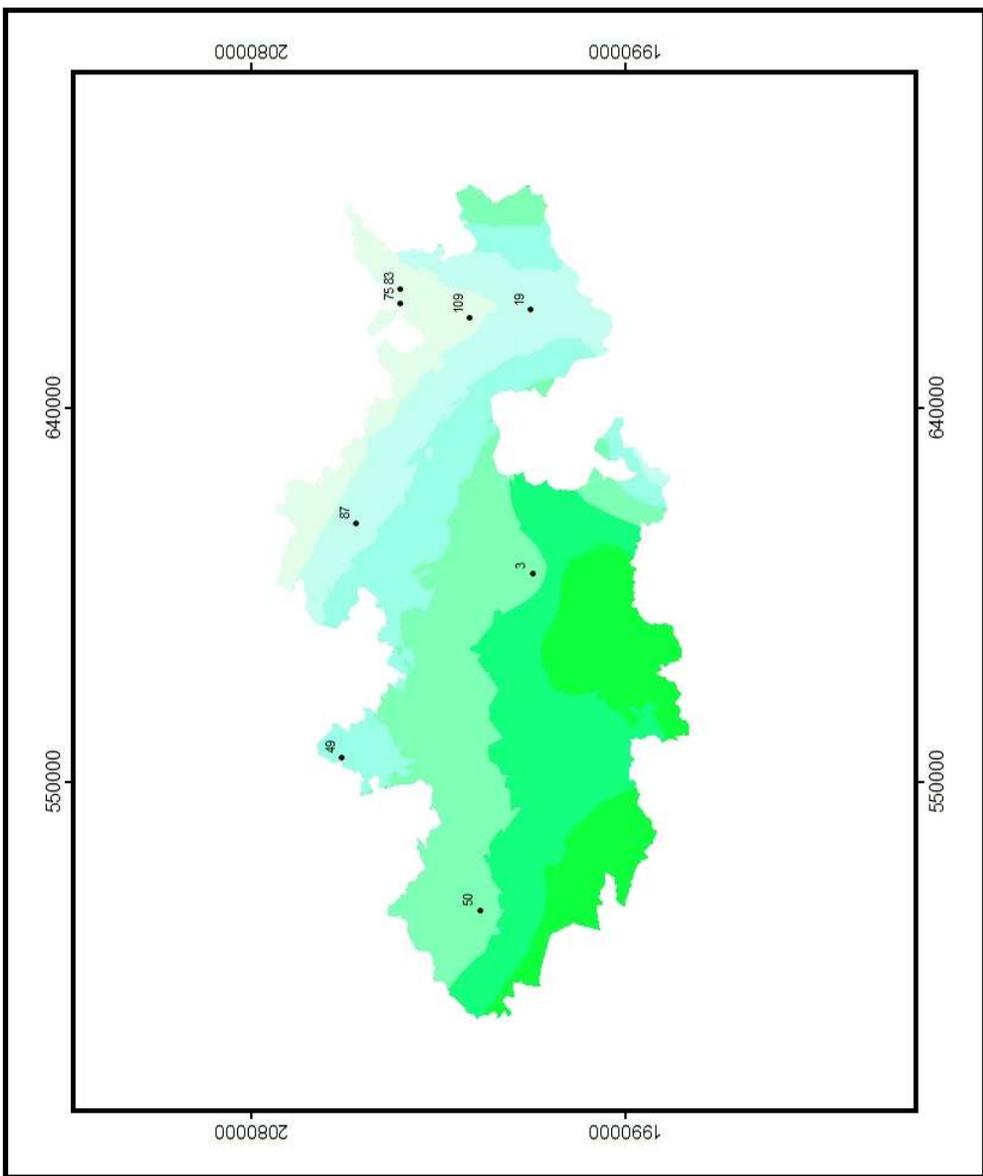


Clave	Eventos	Clave	Eventos
21002	4	21050	22
21003	20	21063	54
21013	10	21075	12
21015	13	21083	25
21018	1	21087	3
21019	9	21116	11
21048	2	21172	2
21049	3	21187	4

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

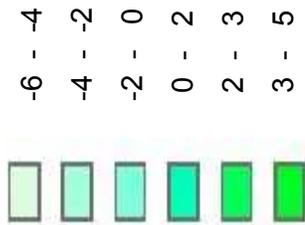
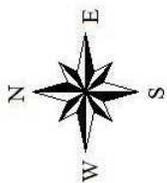
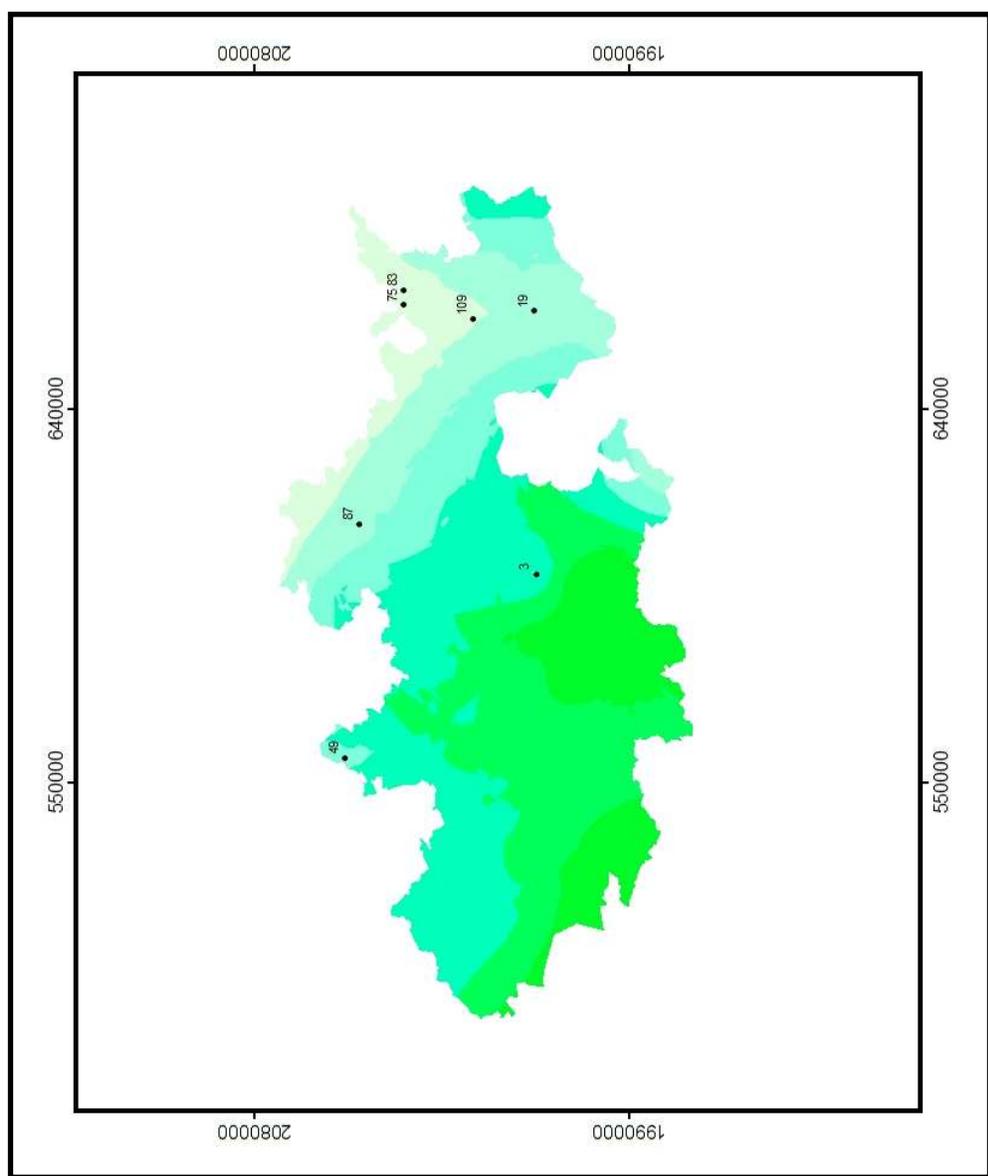
Mapa 8. Variograma de días con granizo



Clave	N. Heladas	Temperatura (°C)
21003	2	-1.3 a -6
21019	19	-0.2 a -4.5
21049	2	-2 a -3
21050	1	-1
21075	13	-1 a -5
21083	38	-0.5 a -5
21087	4	-0.5 a -2
21109	4	-2 a -4.5

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003
 Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 9. Variograma de presencia de heladas

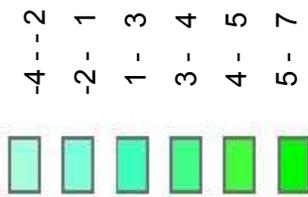
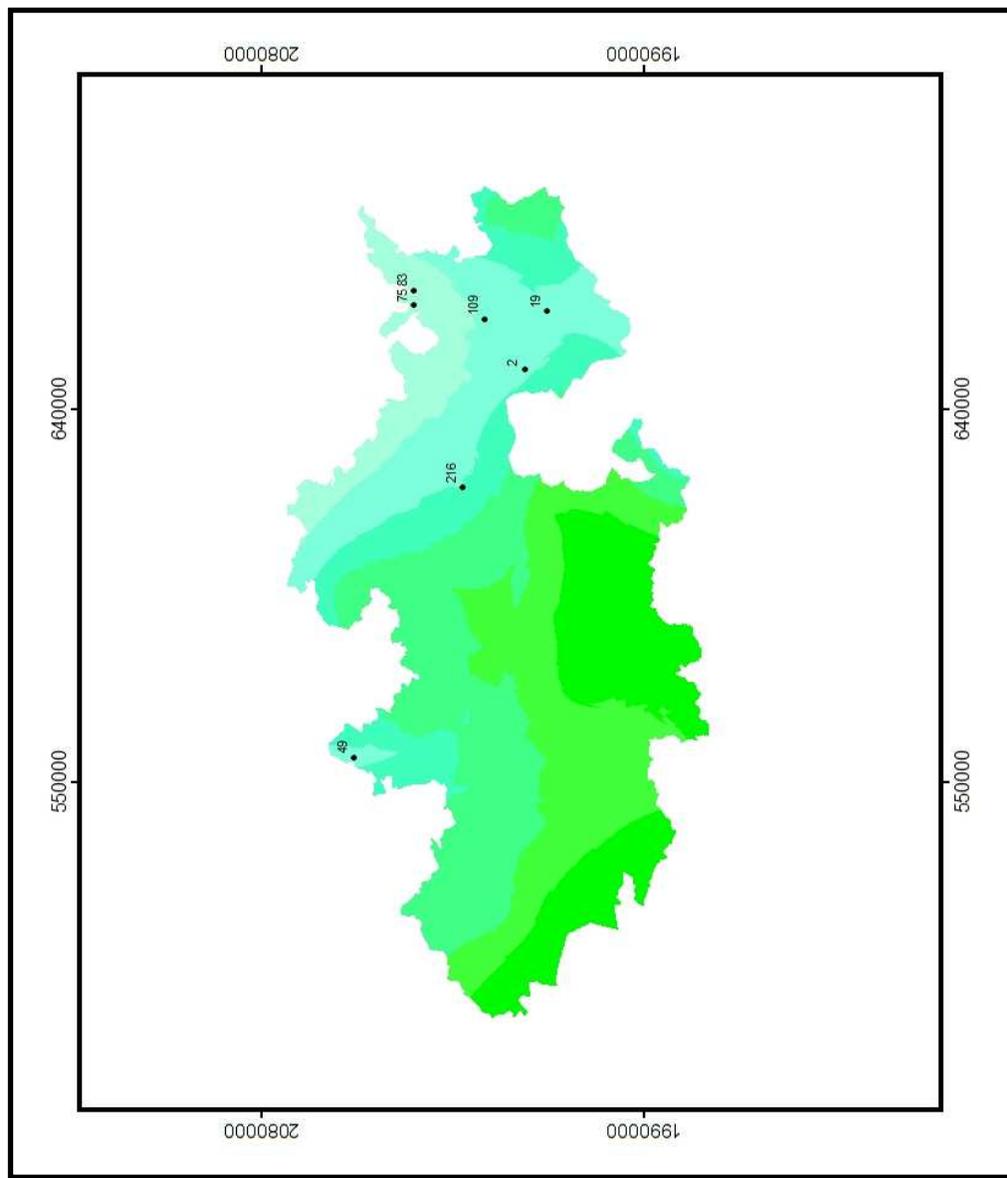


Clave	Temperatura mínima (°C)
21003	-6
21019	-4
21049	-1
21075	-5
21083	-5
21087	-2
21109	-3

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

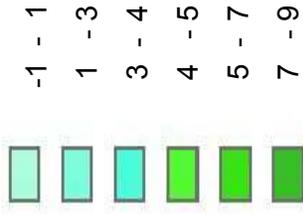
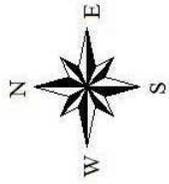
Mapa 10. Variograma de olas frío menores a -8° C (diciembre, enero y febrero)



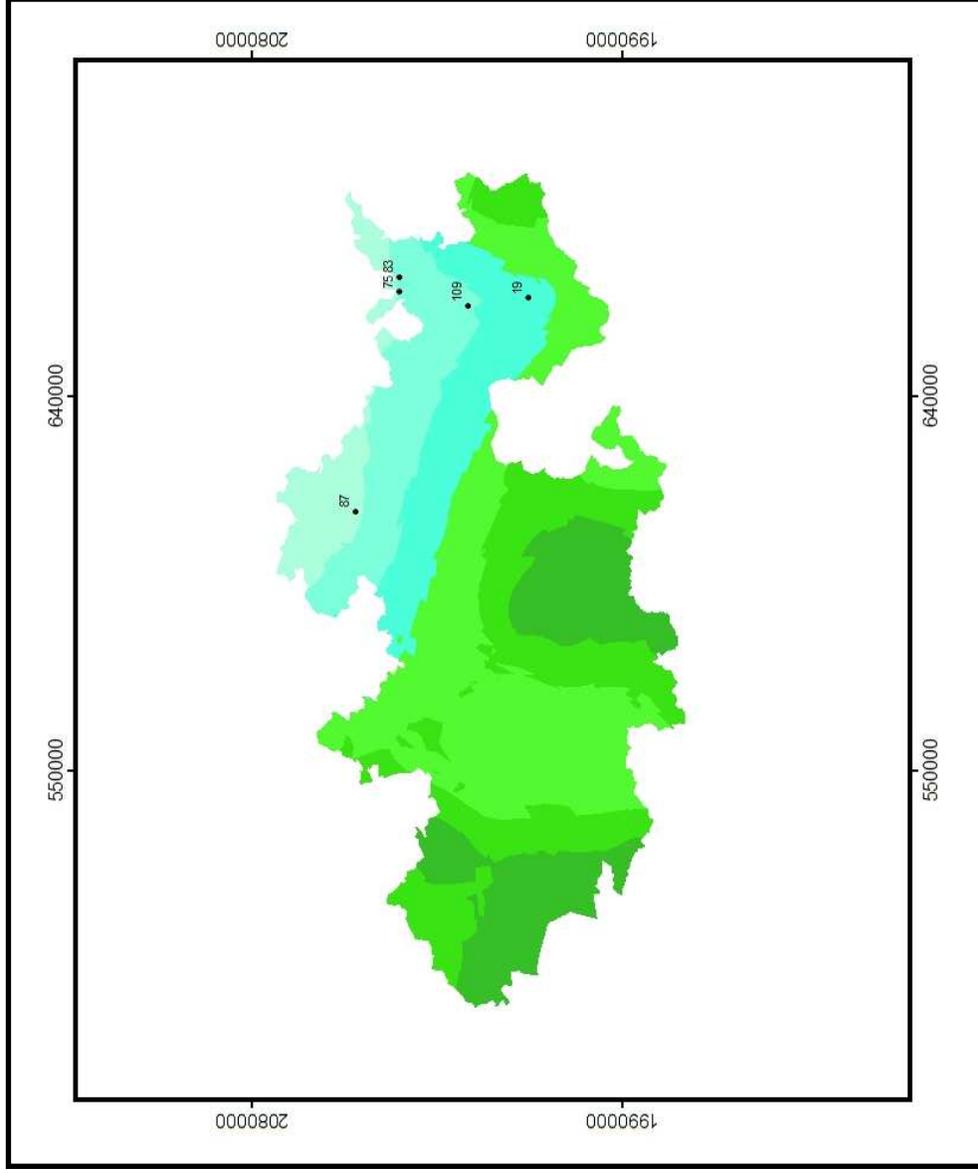
Clave	Temperatura mínima (°C)
21002	0
21019	0
21049	0
21075	-3
21083	-4
21109	0
21216	0

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003
 Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 11. Variograma de olas frío menores a -5° C (marzo y noviembre)



Clave	Temperatura mínima (°C)
21019	1
21075	1
21083	1
21087	0
21109	0.9



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003
 Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 12. Variograma de olas frío menores a -3° C (abril, mayo y octubre)

9.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y POTENCIAL DE *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* EN LA MIXTECA POBLANA

9.2.1. Registro de las especies

Para la región, se encontraron 12 localidades en las cuales se colectaron ocho ejemplares de herbario y se registraron en campo seis individuos de *Stenocereus pruinosus*, también se encontraron 37 localidades, en las cuales se colectaron 25 ejemplares de herbario y se registraron en campo sesenta individuos de *S. stellatus* (Apéndice 1). Ambas especies, se encuentran en un intervalo altitudinal de 880 - 2 080 m, con temperatura media anual de 16 - 23°C y un promedio de precipitación anual de 370 - 790 mm (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores extremos y promedio de las variables ambientales de los sitios de colecta y georreferencia de ambas especies en la Mixteca Poblana. Ps(cz) calizas sedimentarias con lutitas y areniscas, Q(tr) material calcáreo, Q(al) depósitos aluviales del cuaternario, Ti(ar-cg) areniscas calcáreas y esquistos, Ki(lu-ar) lutitas y calizas, Ts(lgei) andesitas y tobas.

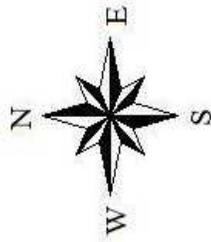
Variables ambientales cuantitativas	Mínimo	Máximo	Promedio
Altitud (m)	880	2 080	1 400
Orientación del terreno (°)	-1 (Plano)	0-22.5 337.5-360 (Norte)	247.5-292.5 (Oeste)
Profundidad del suelo (cm)	8	100	39
Temperatura máxima del mes más calido (°C)	28	36	31
Temperatura máxima promedio (°C)	25	33	29
Temperatura media anual (°C)	17	24	20
Temperatura mínima (°C)	9	16	13
Temperatura mínima del mes más frío (°C)	5	13	9
Precipitación total anual (mm)	370	790	550
Precipitación en época húmeda (mm)	380	750	550
Precipitación en época seca (mm)	35	70	50
Variables ambientales cualitativas	Poco frecuente	Muy frecuente	Promedio
Geología	Ps(cz) Q(tr)	Q(al) Ti(ar-cg)	Ki(lu-ar) Ts(lgei)
Unidades taxonómicas de suelo	Vertisol	Regosol	Litosol
Textura	Fina (1)	Gruesa (3)	Media (2)
Vegetación y uso del suelo	Bosque de Galería	Matorral xerófilo	Selva baja caducifolia

La sobreposición de las capas temáticas con los registros de colecta y georreferencias de individuos en campo, muestran las diferencias en los parámetros ambientales necesarios en la distribución geográfica de las especies, principalmente, en cuanto a geología, altitud y precipitación, en menor proporción a orientación del terreno, unidades y textura del suelo (Cuadro 4) (Mapas 16 a 28). La distribución de ambas especies, con base en las localidades registradas de los ejemplares de herbario y en el trabajo de campo realizado, se presenta en los mapas 14 y 15, respectivamente.

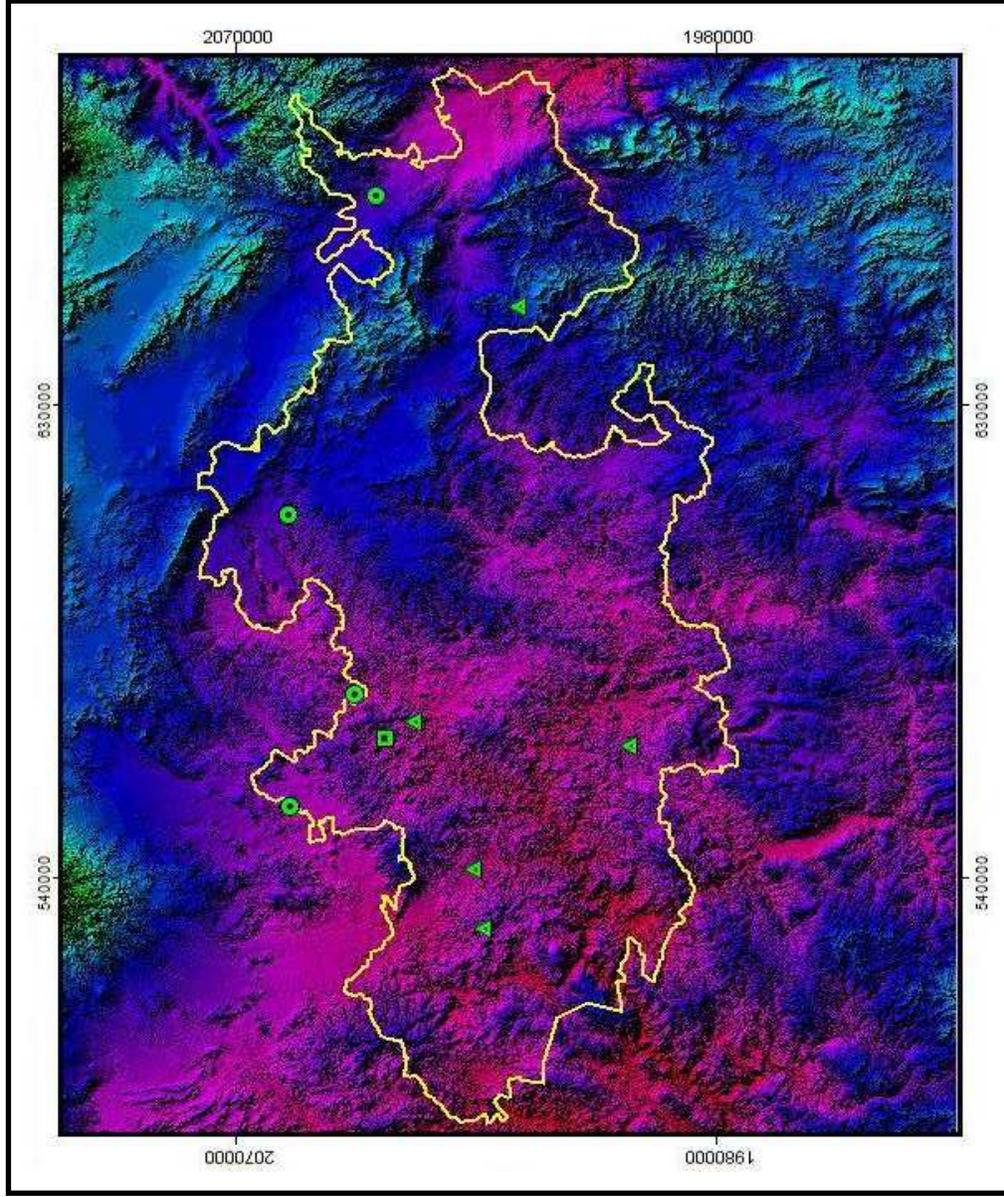
Cuadro 4. Intervalo de valores ambientales de las colectas o georreferencias para las especie en la Mixteca Poblana.

Ki(lu-ar) lutita calcárea, Ks(cz) sedimentarias calcáreo-arcillosas de origen marino, P(E) rocas metamórficas de litología variada, PE(Gneis) rocas metamórficas, P(Igia) metamórficas e intrusivas, Ps(cz) secuencia sedimentaria, Ps(lu-ar) secuencia sedimentaria, Q(al) depósitos aluviales cuaternarios, Q(cg) conglomerado de origen continental, Q(tr) depósitos calcáreos, T(lm-ar) depósitos lacustres, Ti(ar-cg) estratos de arenisca calcáreo-arcillosa, Ti(cz) calizas continentales, Ti(Igea) afloramientos de roca volcánica, Tpl(ar-cg) depósitos de areniscas y conglomerados, Ts(Igeb) afloramientos de basalto, Ts(Igei) andesita y toba vitocrystalina, Ts(vc) depósitos de material volcanoclástico, A(C)w₀(w) climas semicálido subhúmedo con lluvias en verano, BS₀(h)w(w) seco semicálido con lluvias en verano, BS₀(h')w(w) seco muy cálido con lluvias en verano, BS₁(h')w(w) semiseco muy cálido con lluvias en verano, BS₁kw(w) semiseco templado con lluvias en verano y Cw₀(w) templado subhúmedo.

Variabes ambientales	<i>Stenocereus pruinosus</i>	<i>S. stellatus</i>
Altitud (m)	880 - 2 076	990 - 2 080
Orientación del terreno (°)	22.5-67.5, 112.5-157.5, 247.5-337.59	-1 a 360
Geología	Q(al), Ti(ar-cg), Ti(Igea), Ts(Igeb), Ts(Igei) y Ts(vc).	Ki(lu-ar), Ks(cz), P(E), PE(Gneis), P(Igia), Ps(cz), Ps(lu-ar), Q(al), Q(cg), Q(tr), T(lm-ar), Ti(ar-cg), Ti(cz), Ti(Igea), Tpl(ar-cg), Ts(Igeb), Ts(Igei) y Ts(vc).
Unidades taxonómicas de suelo	Vertisol sin fase y petrocálcico, regosol lítico, rendzina petrocálcica, litosol sin fase, feozem lítico y xerosol pedregoso.	Vertisol sin fase, petrocálcico y pedregoso, regosol lítico, rendzina petrocálcica, litosol sin fase, feozem lítico y xerosol pedregoso.
Profundidad (cm)	8 a 100	8 a 100
Textura	Media y gruesa	Fina, media y gruesa
Clima	A(C)w ₀ (w) BS ₀ (h)w(w), BS ₀ (h')w(w), BS ₁ (h')w(w), BS ₁ kw(w) y Cw ₀ (w).	A(C)w ₀ (w), BS ₀ (h)w(w), BS ₀ (h')w(w), BS ₁ (h')w(w) y BS ₁ kw(w).
Temperatura máxima del mes más calido (°C)	28 - 36	28 - 36
Temperatura máxima promedio (°C)	25 - 31	25 - 33
Temperatura media anual (°C)	17 - 24	18 - 24
Temperatura mínima (°C)	9 - 16	10 - 16
Temperatura mínima del mes más frío (°C)	5 - 12	5 - 13
Precipitación total anual (mm)	420 - 790	370 - 790
Precipitación en época húmeda (mm)	440 - 740	380 - 750
Precipitación en época seca (mm)	35 - 70	36 - 67
Vegetación y uso del suelo	Matorral xerófilo, selva baja caducifolia, bosque de galerías y cultivada.	Matorral xerófilo, selva baja caducifolia, pastizal inducido, palmar y cultivada.



- Registros de herbarios
- ▲ Registros en campo
- Colectas para herbario
- Mixteca Poblana

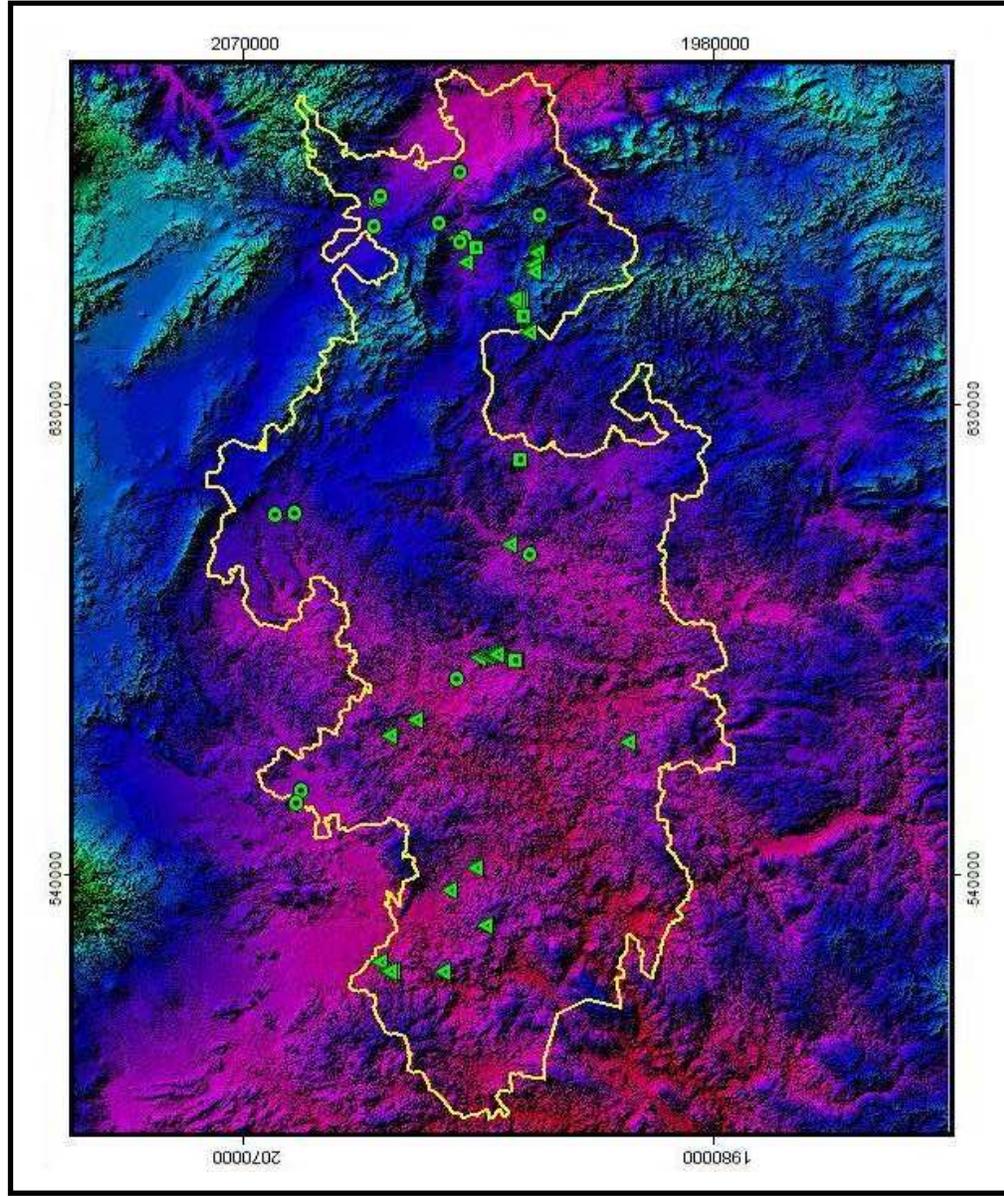


Fuente: MEXU, INCB, UAM-I, ARIZ y Proyecto G003 del SNIB (1953-1998)

Colectas para el Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM y registros en campo por Yasiri Mayeli Flores Monter (2007)

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 13. Distribución geográfica de *Stenocereus pruinosus*

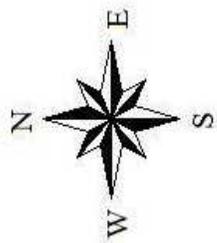
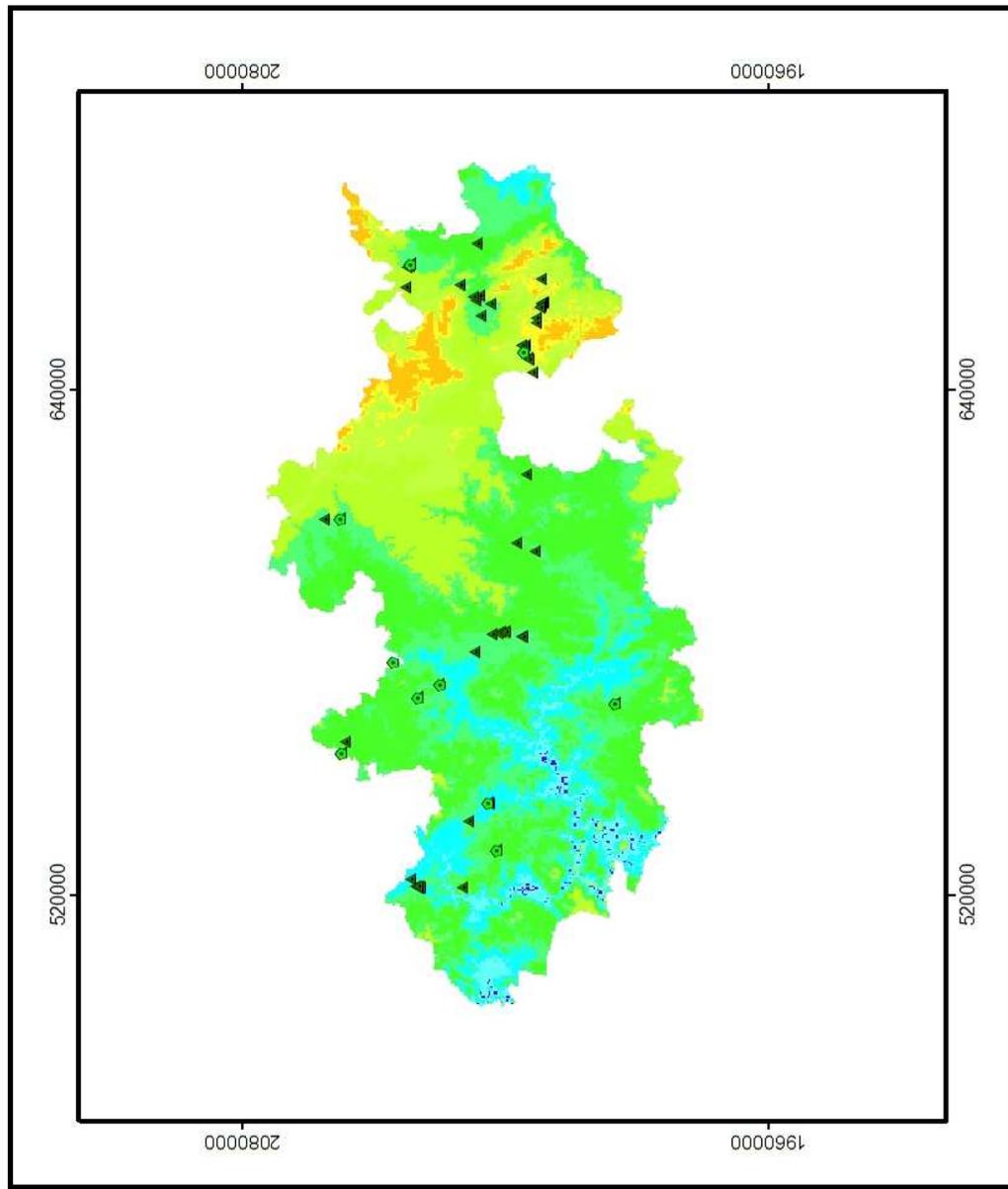


Fuente: MEXU, INCB, UAM-I, ARIZ y Proyecto G003 del SNIB (1906-1998)

Colectas para el Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM y registros en campo Yasiri Mayeli Flores Monter (2007)

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 14. Distribución geográfica de *S. stel/latus*



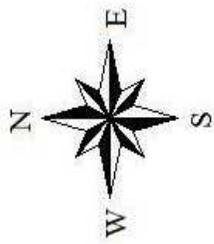
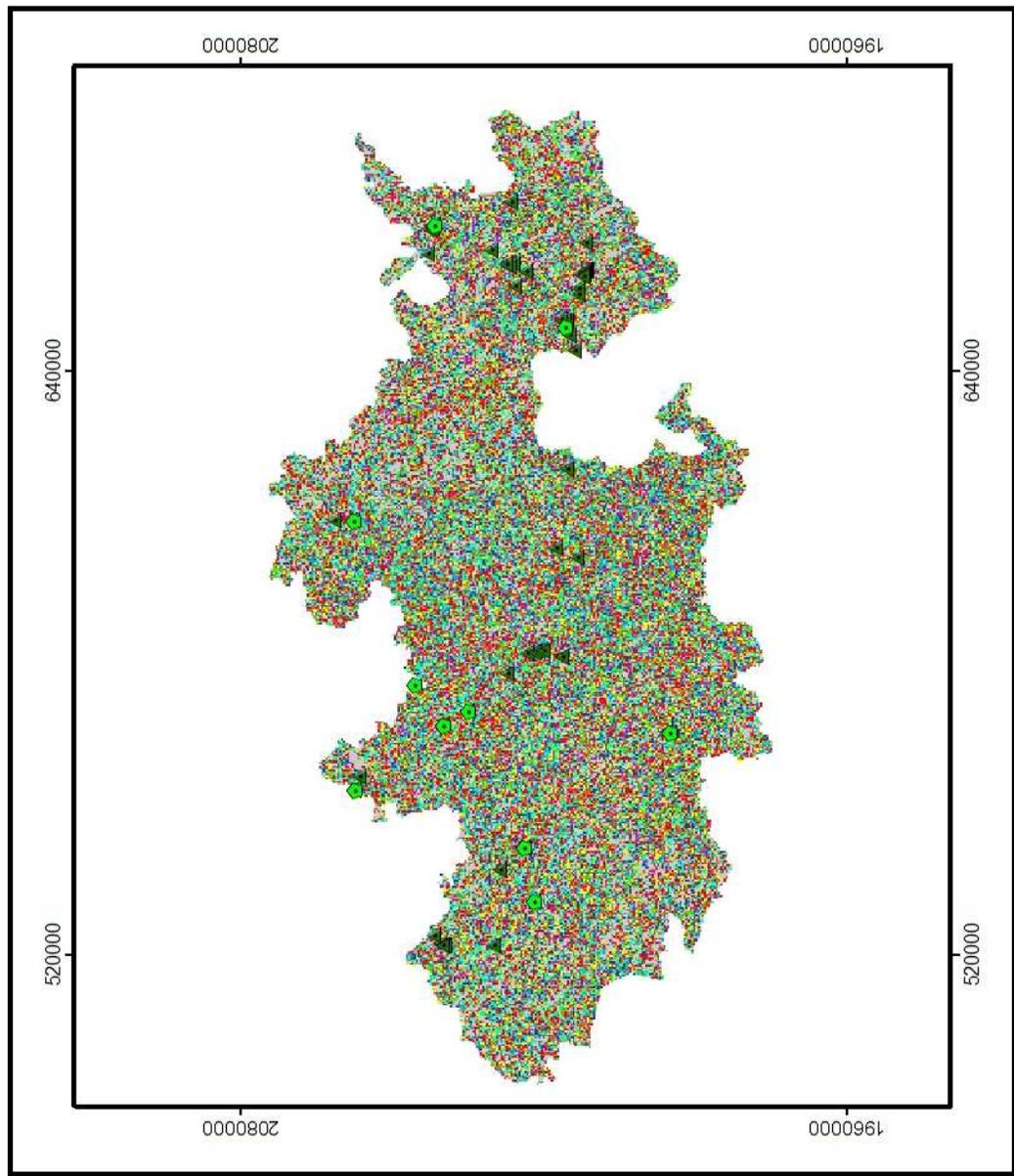
 *Stenocereus pruinosus*
 *S. stellatus*

 650 - 1 000
 1 000 - 1 500
 1 500 - 2 100
 2 100 - 2 600

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 15. Continuo de elevaciones



Stenocereus pruinosus

S. stellatus



- Plano (-1)
- Norte (0-22.5 337.5-360)
- Noreste (22.5-67.5)
- Este (67.5-112.5)
- Sureste (112.5-157.5)
- Sur (157.5-202.5)
- Suroeste (202.5-247.5)
- Oeste (247.5-292.5)
- Noroeste (292.5-337.59)

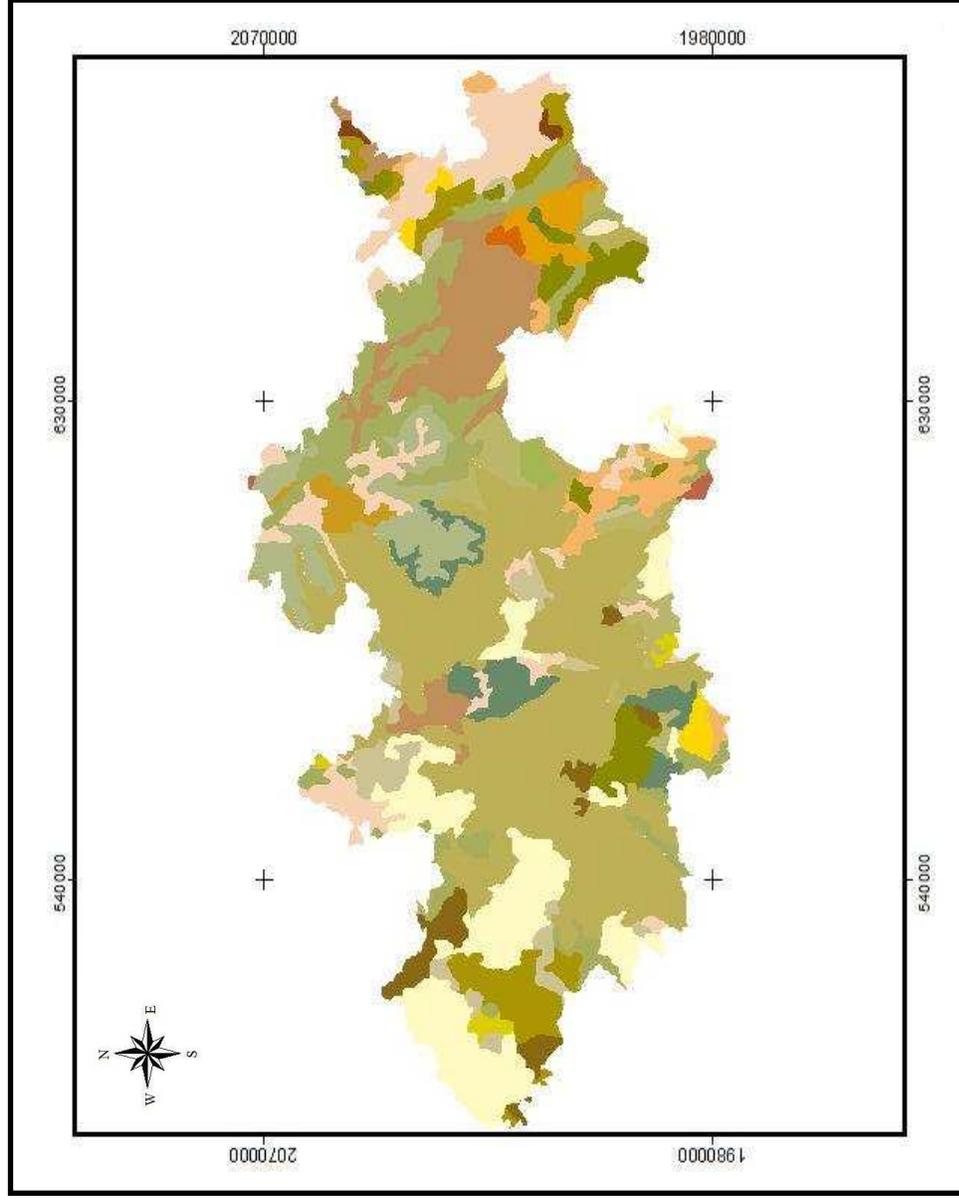
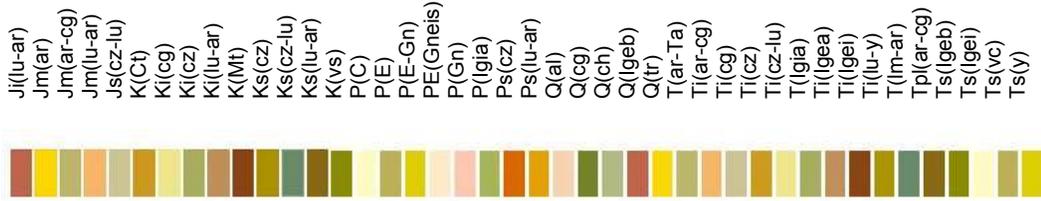
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 16. Orientación del terreno

Stenocereus pruinosus

S. stellatus



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2006
Elaboró: Yasiri Mayelli Flores Monter

Mapa 17. Geología.

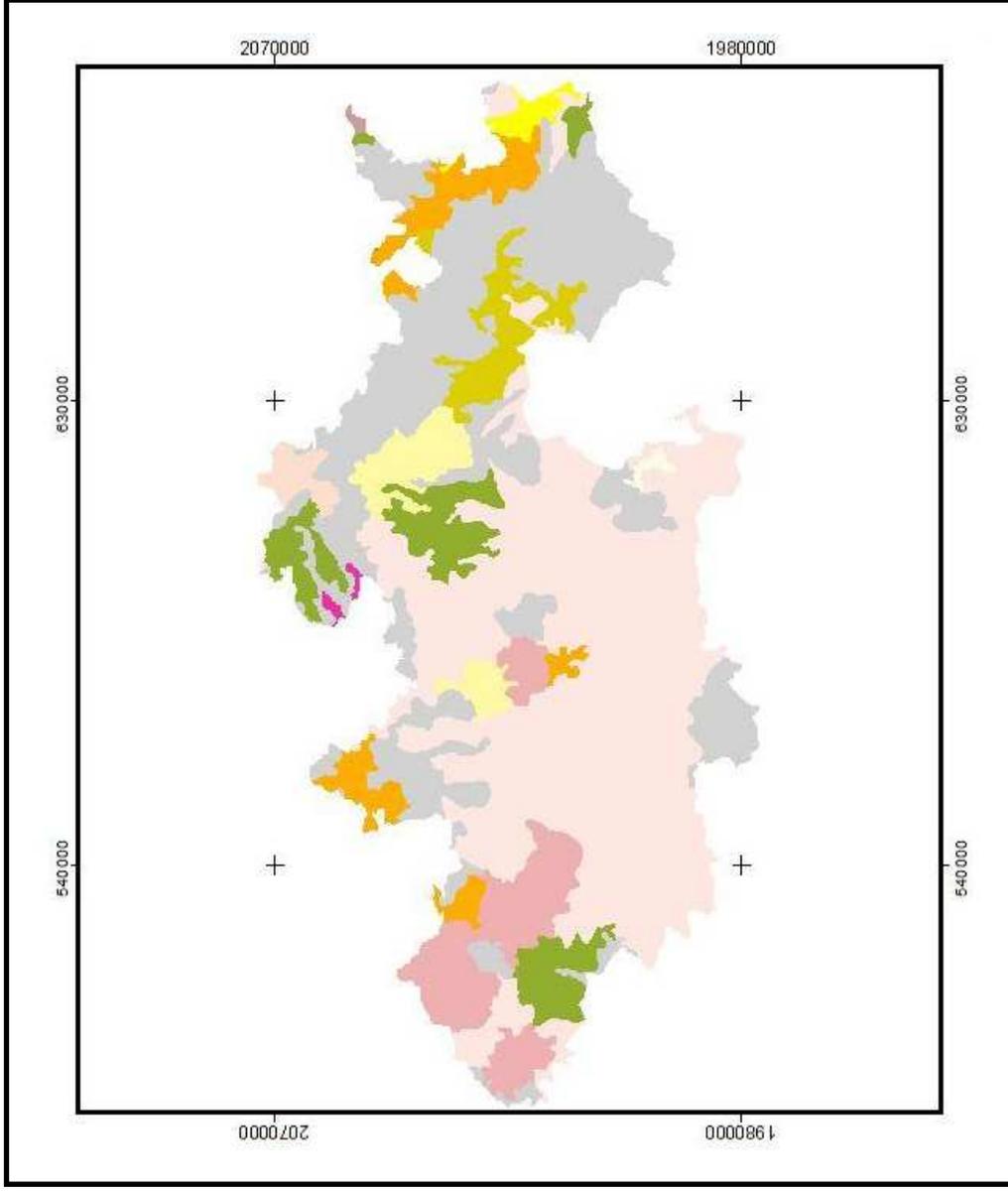
Jl (lu-ar) lutita con arenisca y caliza, Jm(ar-cg) y Jm(lu-ar) unidades sedimentarias de origen continental, Js(cz-lu) calizas, K(Ct) y K(Mt) rocas sedimentarias con texturas gnéissica, K(cg) limolita, arenisca y andesita, K(cz) caliza gris, K(lu-ar) caliza y conglomerados, Ks(cz) calizas microcristalinas, Ks(cz-lu) caliza arcillosa y lutita, Ks(lu-ar) limolita y lutita calcárea, K(vs) andesita con caliza, arenisca y lutita, P(C) y P(E) esquistos, P(E-Gn) y P(Gn) gneis de moscovita y clorita, PE(Gneis) metamórficas constituidas por gneis, P(lgia) esquistos intrusivos, Ps(lu-ar) arenisca carbonatada, Q(al) depósitos aluviales de cuaternario, Q(cg) conglomerado de origen continental Q(ch) caliche, Q(lgeb) basalto del cuaternario, Q(tr) depósitos calcáreos, T(ar-Ta) híbridas, T(ar-cg) areniscas calcáreo-arcillosas, T(cz) calizas continentales, T(lgea) piroclásticas ácidas e intermedias T(lgei), T(lgia) intrusivas, T(lu-y) lutita vercosa, T(lm-ar) limolitas y areniscas, T(cg) conglomerados rojos y calcáreos, Ts(lgeb) basaltos, brechas y depósitos piroclásticos, Tpl(ar-cg) brechas sedimentarias, Ts(lgei) volcánicas andesíticas, Ts(vc) depósitos de material volcánico y Ts(y) yeso con estratos arcillosos



Stenocereus pruinosus

S. stellatus

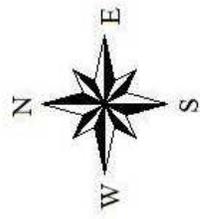
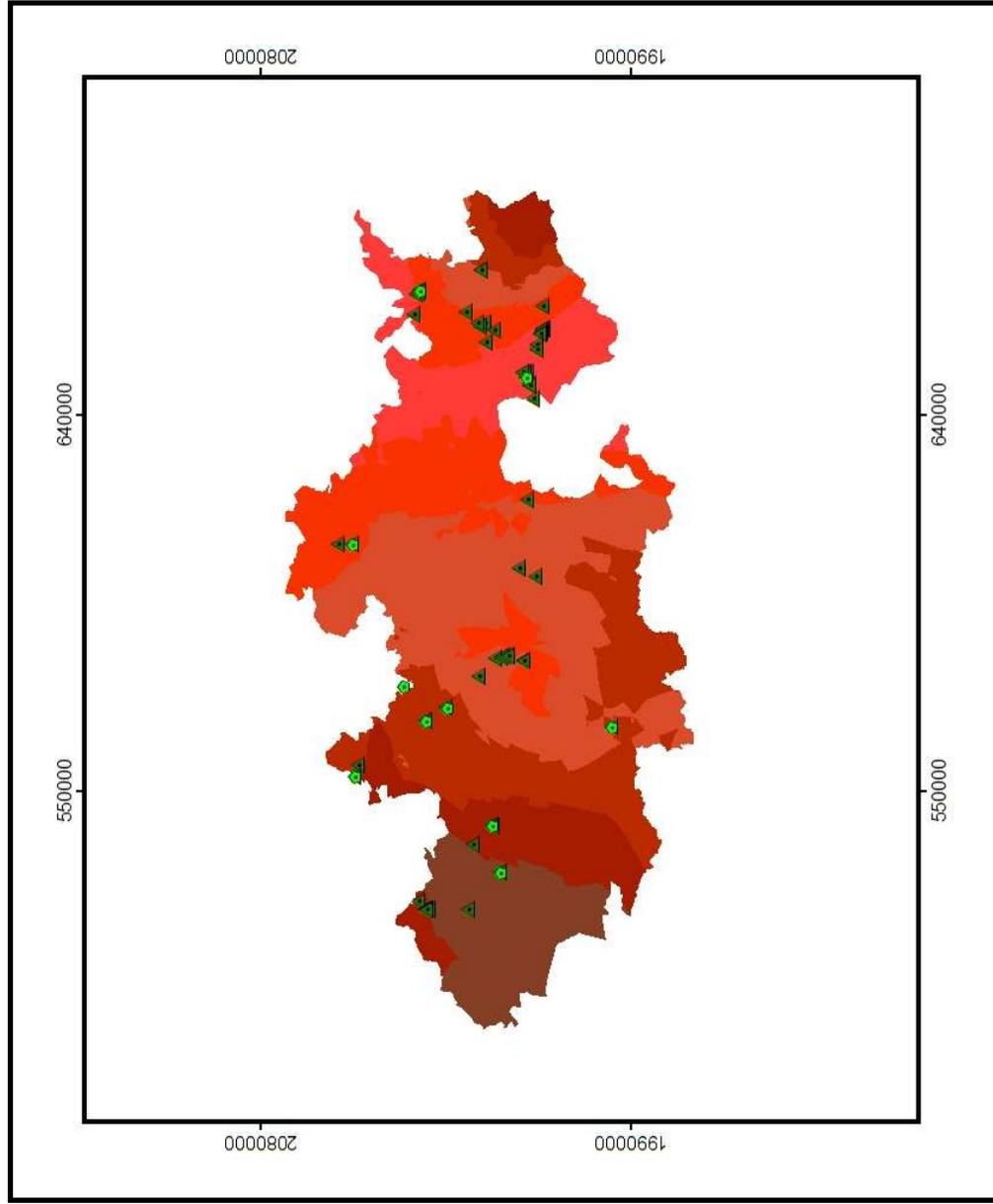
- Rendzina lítico
- Rendzina petrocálcica
- Feozem lítico
- Feozem sin fase
- Litosol sin fase
- Castañozem gravosa
- Regosol lítico
- Vertisol gravoso
- Vertisol pedregoso
- Vertisol petrocálcico
- Vertisol sin fase
- Xerosol pedregoso



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2006

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 18. Unidades taxonómicas de suelo



Stenocereus pruinosus

S. stellatus

26 - 30

30 - 31

31 - 32

32 - 33

34 - 35

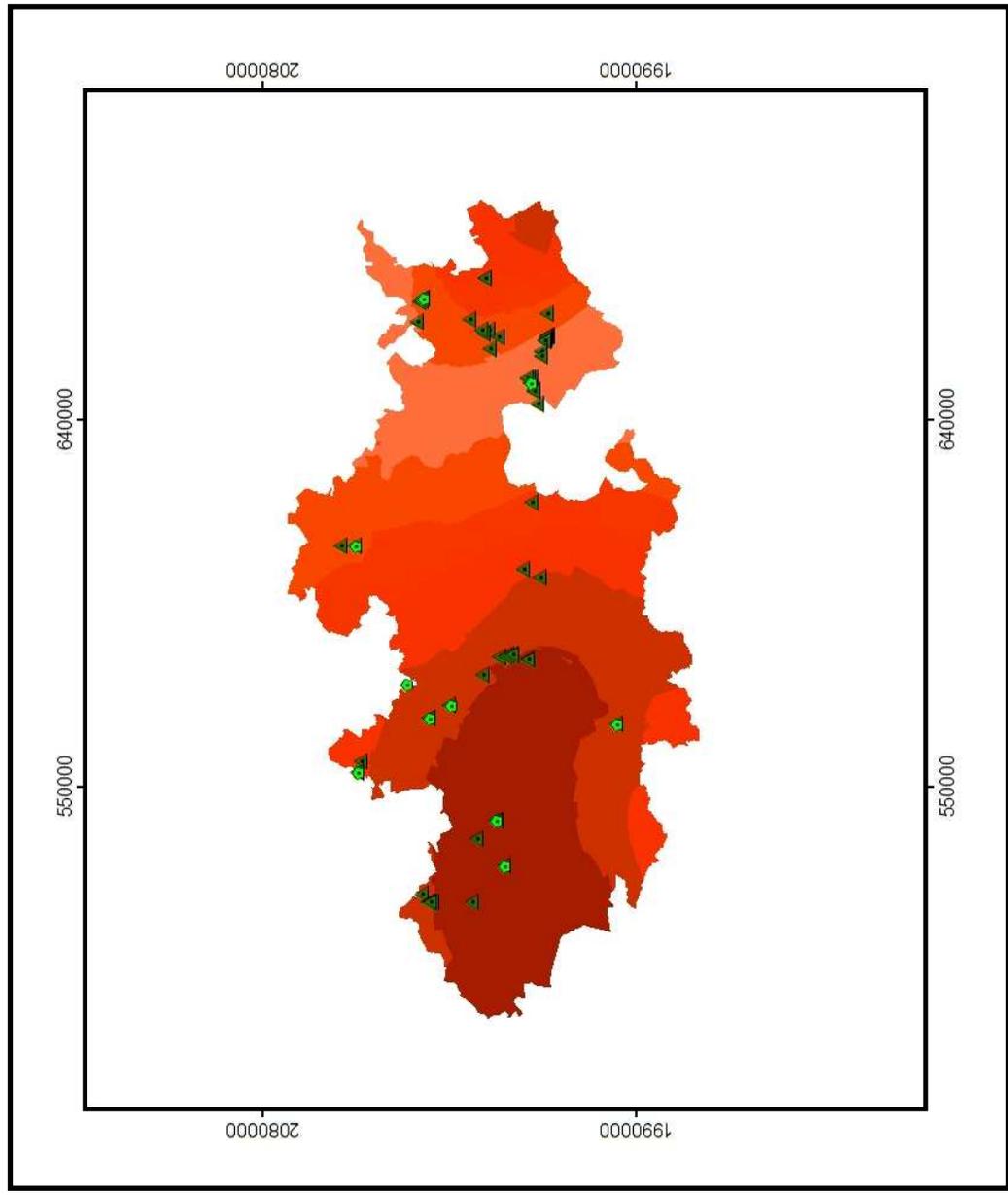
35 - 37



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeili Flores Monter

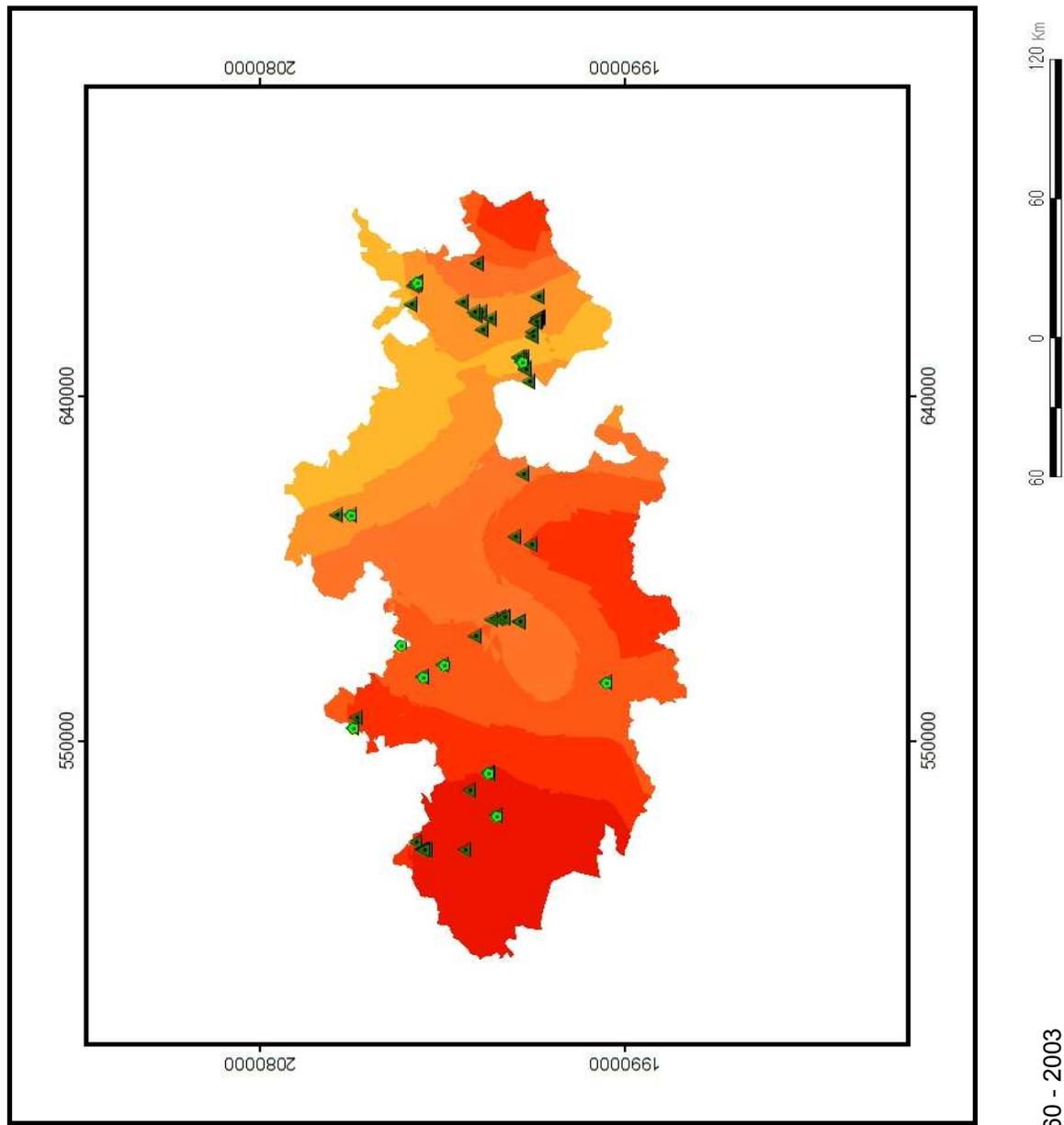
Mapa 19. Variograma de la temperatura máxima del mes más cálido



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

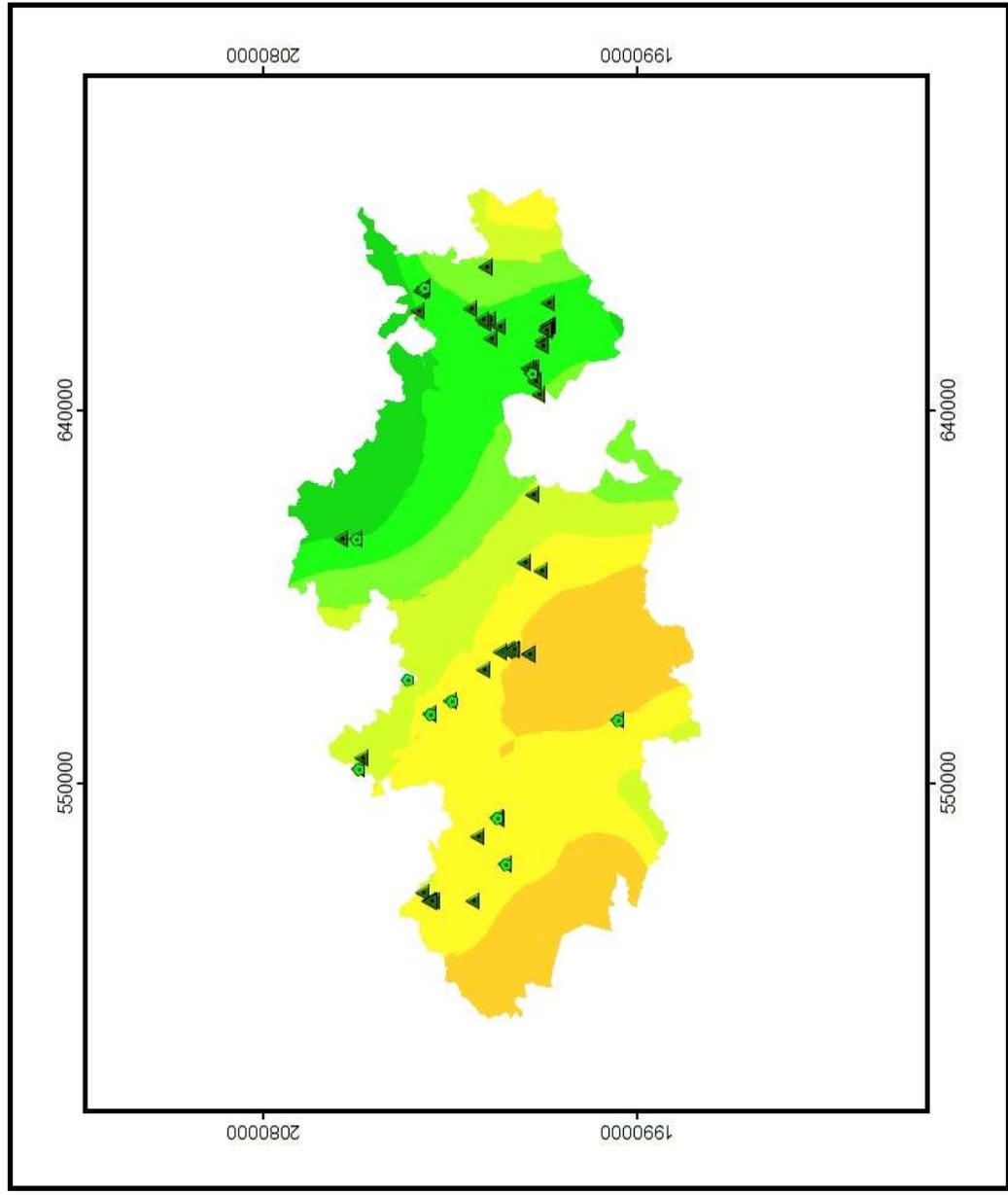
Mapa 20. Variograma de la temperatura máxima promedio



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 21. Variograma de la temperatura media anual



Stenocereus pruinosus

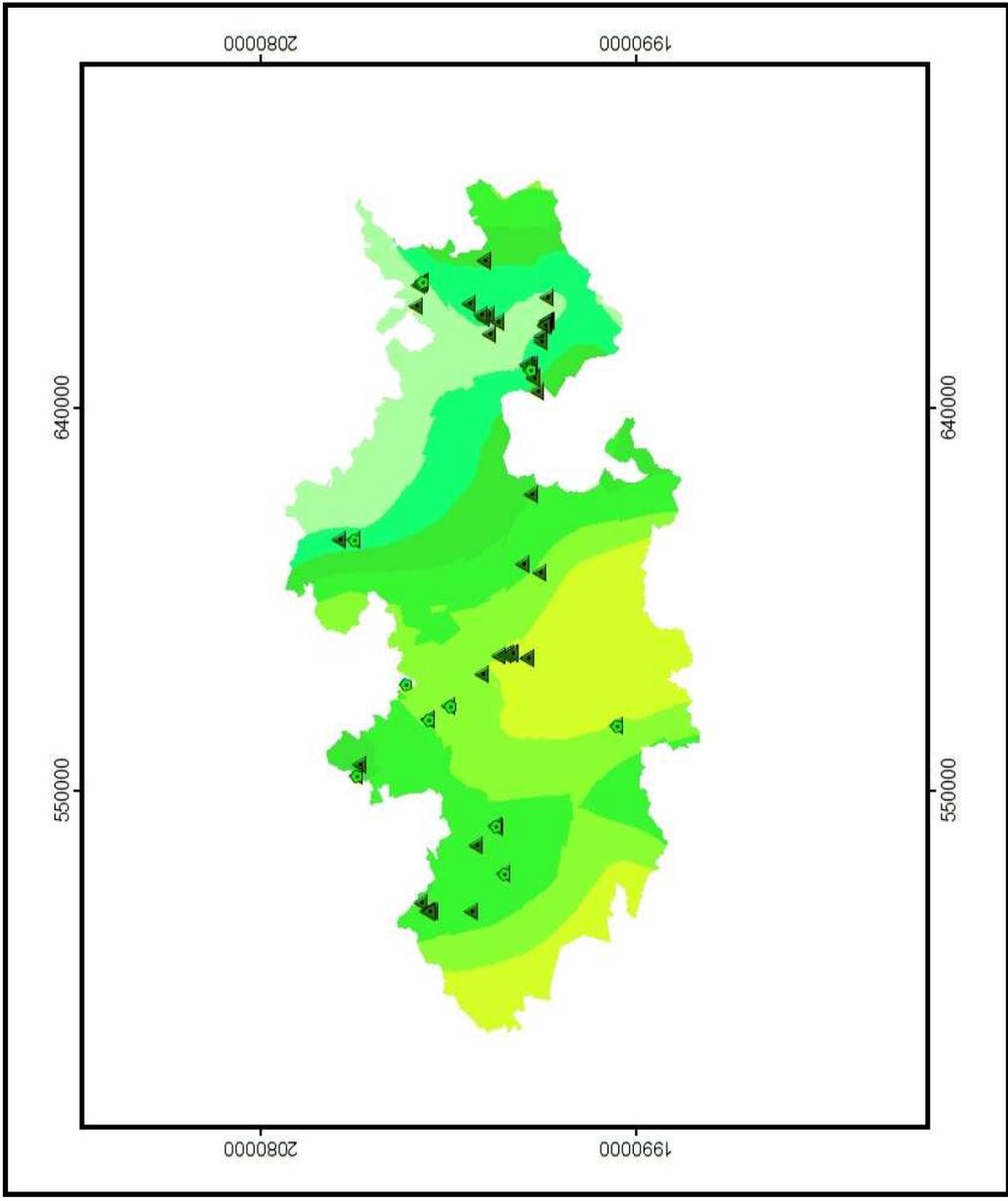
S. stellatus

- 7 - 10
- 10 - 12
- 12 - 13
- 13 - 15
- 15 - 16
- 16 - 18

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 22. Variograma de la temperatura mínima promedio



Stenocereus pruinosus

S. stellatus

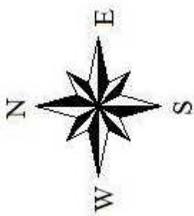
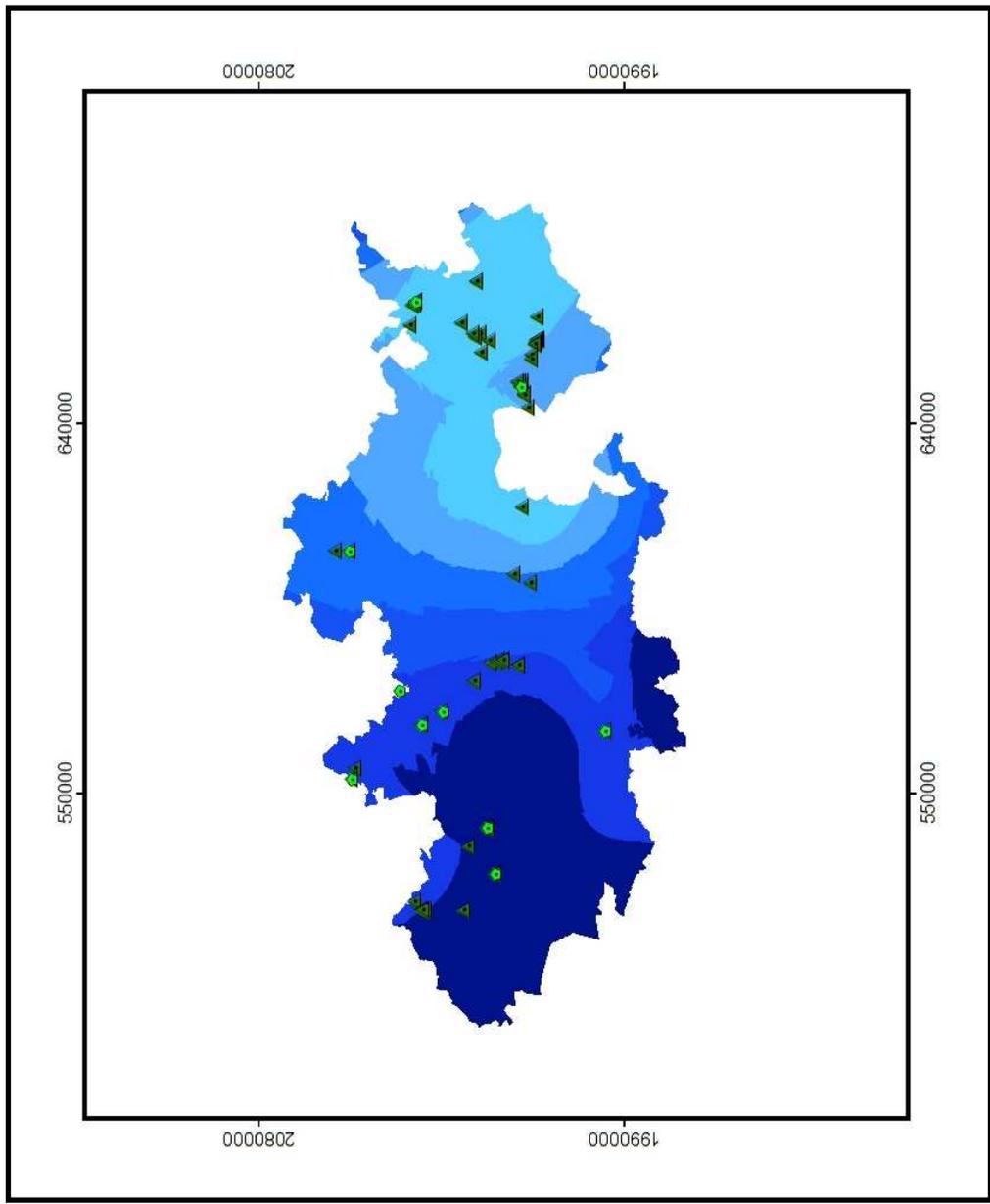


- 4 - 6
- 6 - 8
- 8 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12
- 12 - 14

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 23. Variograma de la temperatura mínima del mes más frío



Stenocereus pruinosus
S. stellatus



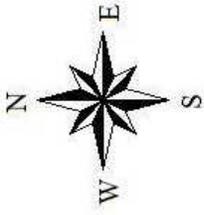
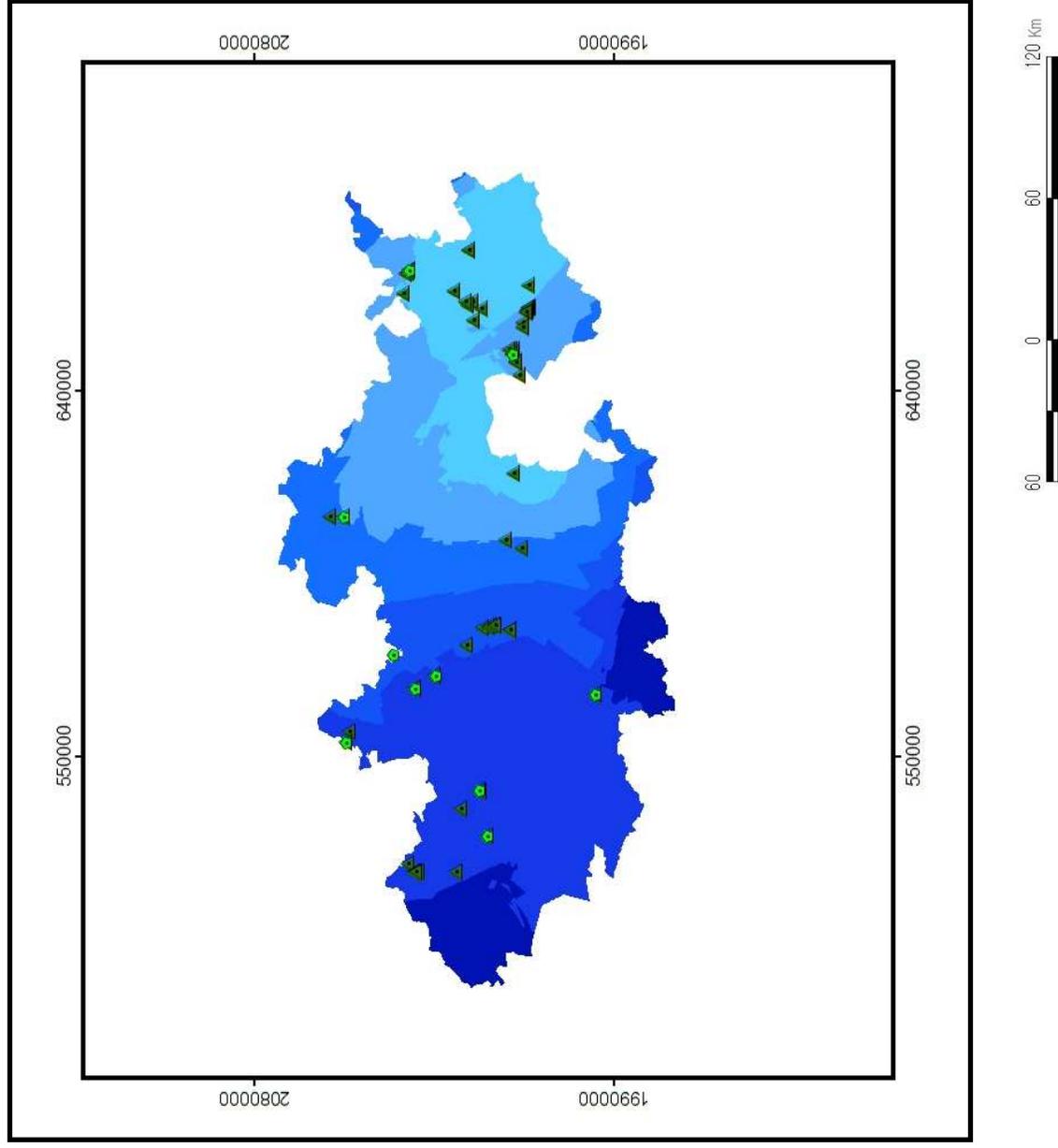
- 351 - 438
- 438 - 511
- 511 - 595
- 595 - 684
- 685 - 764
- 764 - 903



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeili Flores Monter

Mapa 24. Variograma de la precipitación total anual



Stenocereus pruinosus

S. stellatus

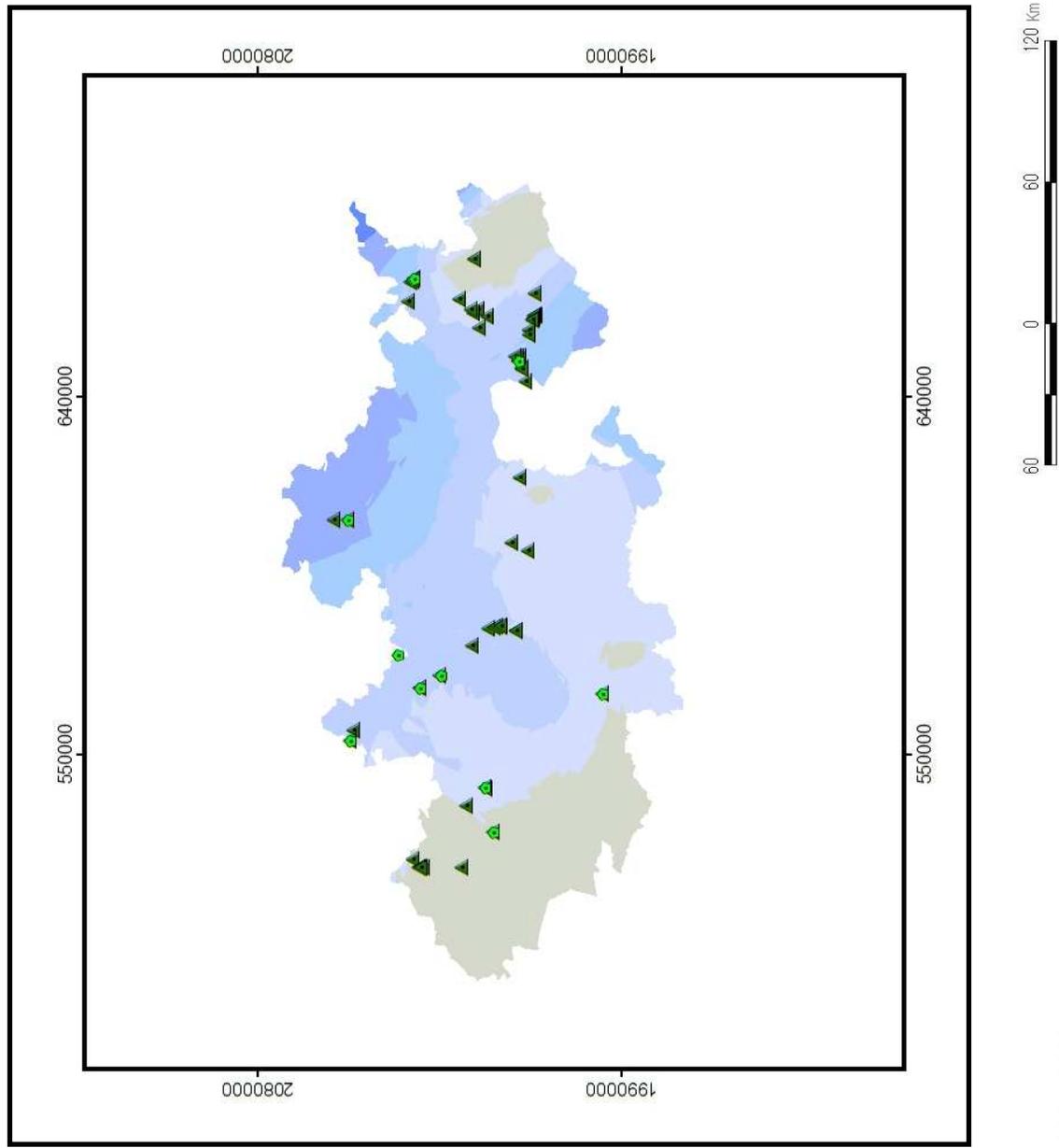


- 357 - 445
- 445 - 509
- 509 - 597
- 597 - 693
- 693 - 763
- 763 - 844

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

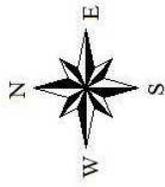
Mapa 25. Variograma de la precipitación en la época húmeda



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 1960 - 2003

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 26. Variograma de la precipitación en la época seca

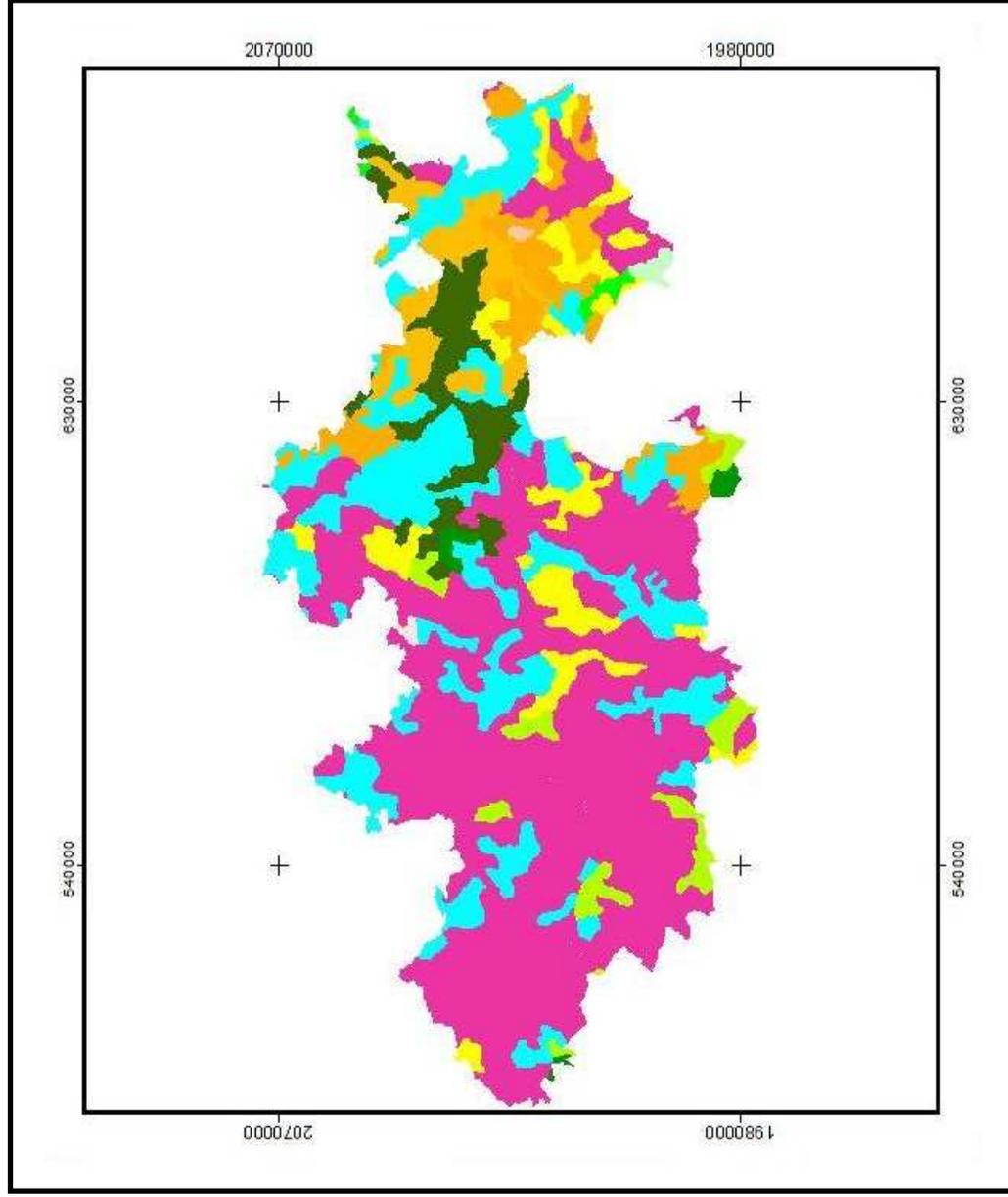


Stenocereus pruinosus

S. stellatus



- Agricultura
- Bosque de táscate
- Chaparral
- Encinares
- Matorral crasicaule
- Matorral desértico
- Mezquital
- Palmar
- Pastizal inducido
- Pinares
- Selva baja caducifolia



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1984c y 1987

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 27. Vegetación y uso del suelo

9.2.2. Análisis de componentes principales

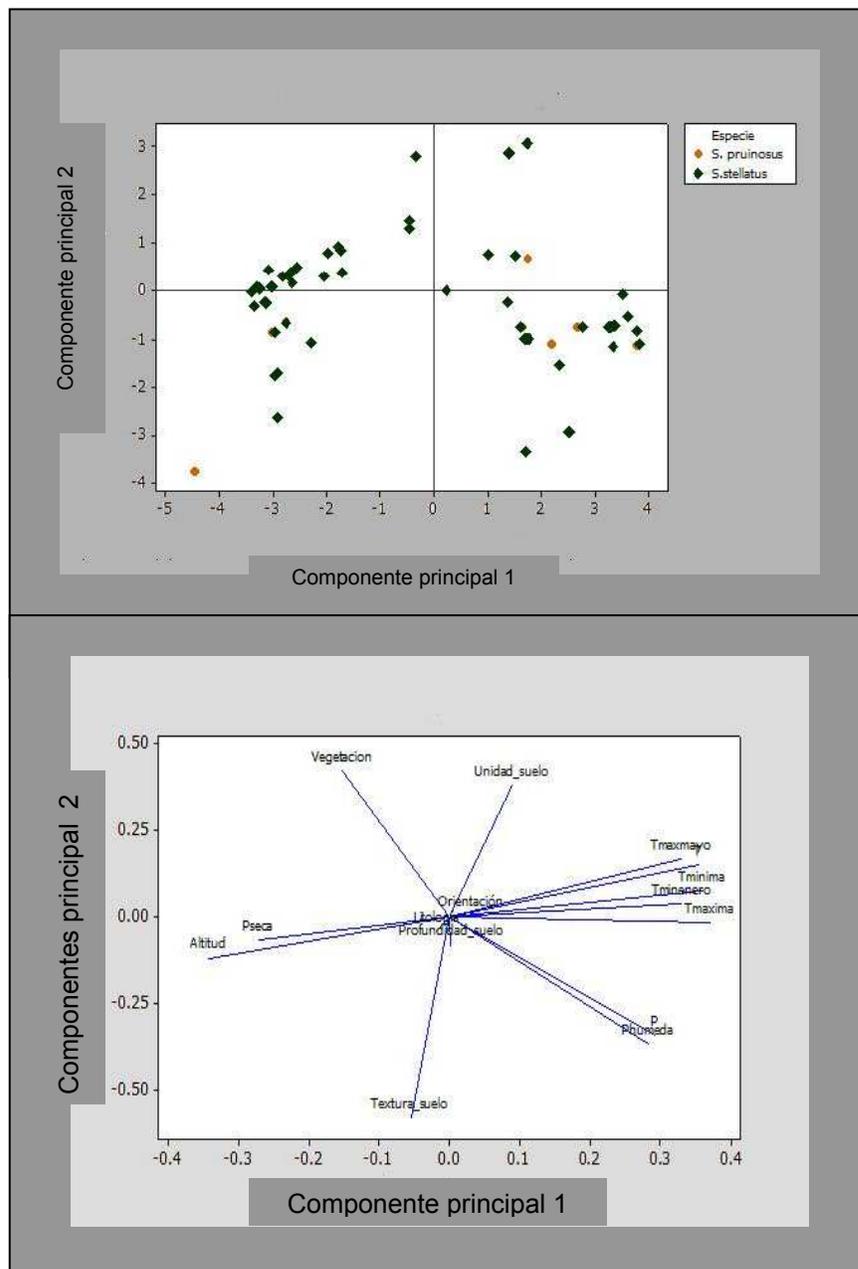
El análisis de componentes principales a partir de 15 variables ambientales incluidas señaló que la distribución de ambas especies está relacionada con cinco variables contenidas en los tres primeros componentes (74.86 % de la varianza total). El primer componente explicó el 46.72% de la varianza total y estuvo asociado de manera directa con la altitud, temperatura máxima, media y mínima promedio. El segundo componente (que explicó el 16.49% adicional de la varianza total) incluyó de manera positiva a la textura del suelo. El tercer componente explicó 11.64% adicional de la varianza y se asoció de manera directa con la profundidad del suelo. Los dos primeros componentes representaron apropiadamente algunas de las variables originales, al contribuir a la comunalidad entre 81.3% (temperatura mínima de enero) y 97.2% (temperatura máxima promedio); y el tercer componente representó sólo una variables original, la profundidad del suelo con 83.6% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Matriz de valores propios y comunalidad de componentes principales entre las 15 variables ambientales analizadas y los registros de las especies. De un total de 99 registros, 33 corresponden a ejemplares de herbario y 66 a georreferencias de individuos en campo. En negritas se muestra para cada componente las variables con mayores valores.

Variables	Componente				Comunalidad Extracción
	1	2	3	4	
Altitud	-.907	.190	-.197	.110	.909
Orientación_terreno	.083	-.002	-.424	.795	.819
Geología	-.050	.062	.736	.324	.654
Unidades_suelo	.236	-.602	.193	.392	.608
Profundidad_suelo	-.013	.117	.907	.015	.836
Textura_suelo	-.147	.916	.137	.026	.881
T_máxima_mes_cálido	.874	-.262	-.021	-.207	.875
T_máxima_promedio	.981	.028	.070	-.064	.972
T_media anual	.937	-.233	-.030	-.125	.949
T_minima_promedio	.951	-.121	.105	.102	.940
T_minima_mes_frío	.873	-.059	.112	.188	.813
P_total_anual	.770	.543	-.092	-.035	.897
P_época_húmeda	.748	.579	-.119	-.043	.911
P_época_seca	-.720	.105	.229	-.031	.583
Vegetación	-.400	-.661	.038	-.241	.656

Componente	Total	% de la varianza	% acumulado
1	7.009	46.729	46.729
2	2.475	16.498	63.227
3	1.746	11.640	74.867
4	1.074	7.159	82.025

Al relacionar los dos primeros componentes principales con la distribución de las especies, se encontró que éstas difieren en su distribución sobre los componentes. Al promediar los valores de ambos ejes para cada especie y proyectarlos junto con los valores de las 15 variables ambientales (Grafica 3), se tiene que para el primer componente, *Stenocereus pruinosus* se asoció con la temperatura máxima y mínima promedio, y *S. stellatus* positivamente con la temperatura máxima y mínima promedio, y negativamente con la precipitación en la época seca y la altitud. Al considerar el segundo componente, *Stenocereus pruinosus* no se asoció con ningún componente y *S. stellatus* con el tipo de vegetación y las unidades de suelo.



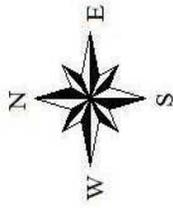
Gráfica 3. Distribución de las especies en la Mixteca Poblana a lo largo de los dos primeros componentes principales. Se muestra la totalidad de los registros y las variables ambientales.

9.2.3. Modelado de la distribución potencial

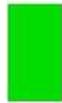
Los modelos de distribución potencial de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* para la Mixteca Poblana, involucran la altitud, geología, unidades de suelo, clima y tipos de vegetación asociados a los sitios de colecta y georreferencia, resaltan la importancia decisiva de la altitud, geología, temperatura, precipitación y tipos de vegetación en la distribución de estas especies (Cuadro 6). En dichos mapas se presentan los parámetros biofísicos predominantes en la distribución geográfica (Mapas 29 y 30). En todos los casos los sitios de colecta se ubicaron dentro del área potencial predicha.

Cuadro 6. Valores máximos y mínimos en la predicción de la distribución potencial de las especies. Ki(lu-ar) lutita calcárea, Ks(cz) sedimentarias calcáreo-arcillosas de origen marino, P(E) rocas metamórficas de litología variada, PE(Gneis) rocas metamórficas, P(Igia) metamórficas e intrusivas, Ps(cz) secuencia sedimentaria, Ps(lu-ar) secuencia sedimentaria, Q(al) depósitos aluviales cuaternarios, Q(cg) conglomerado de origen continental, Q(tr) depósitos calcáreos, T(lm-ar) depósitos lacustres, Ti(ar-cg) estratos de arenisca calcáreo-arcillosa, Ti(cz) calizas continentales, Ti(Igea) afloramientos de roca volcánica, Ts(Igeb) afloramientos de basalto, Ts(Igei) andesita y toba vitocrystalina, Tpl(ar-cg) depósitos de areniscas y conglomerados, Ts(vc) depósitos de material volcanoclástico, A(C)w₀(w) climas semicálido subhúmedo con lluvias en verano, BS₀(h)w(w) seco semicálido con lluvias en verano, BS₀(h')w(w) seco muy cálido con lluvias en verano, BS₁(h')w(w) semiseco muy cálido con lluvias en verano, BS₁kw(w) semiseco templado con lluvias en verano y Cw₀(w) templado subhúmedo.

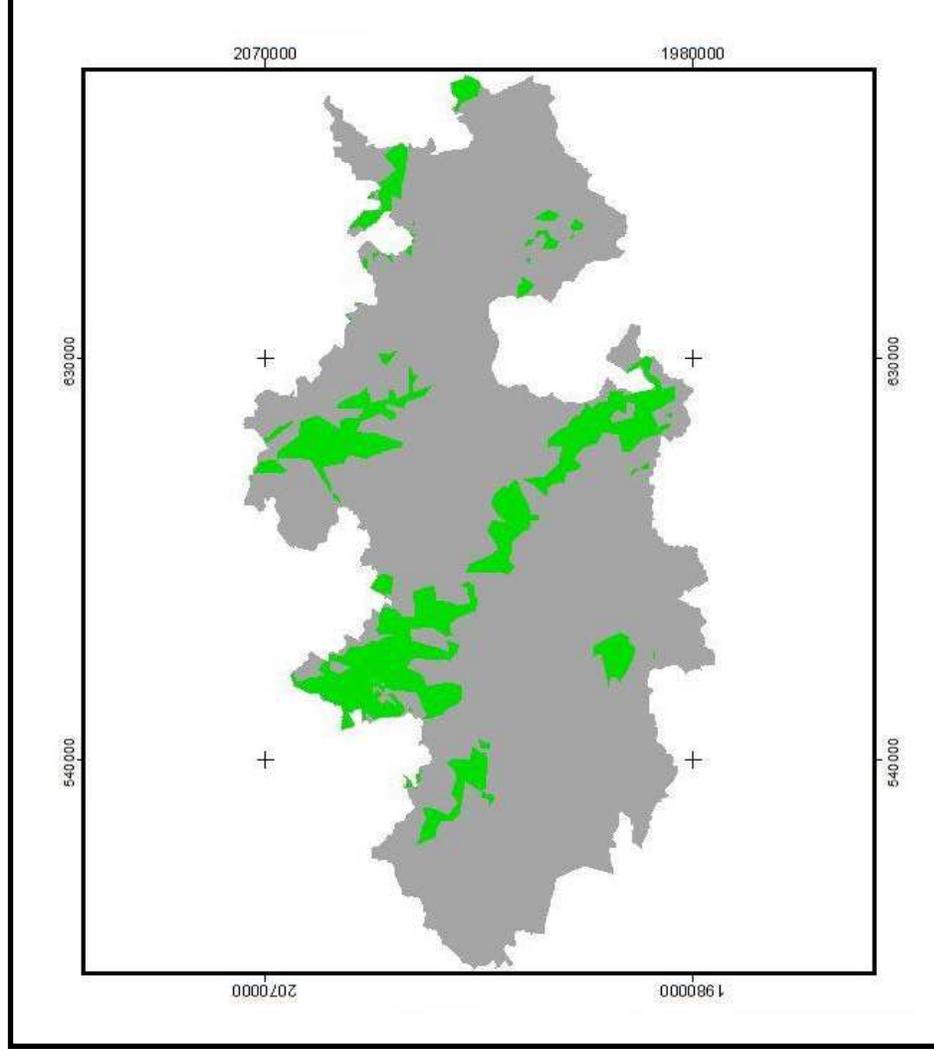
Variables ambientales	<i>Stenocereus pruinosus</i>	<i>S. stellatus</i>
Altitud (m)	800 - 2 100	750 - 2 100
Geología	Q(al), Ti(ar-cg), Ti(Igea), Ts(Igei), Ts(Igeb) y Ts(vc).	Ki(lu-ar), Ks(cz), P(E), PE(Gneis), P(Igia), Ps(cz), Ps(lu-ar), Q(al), Q(cg), Q(tr), T(lm-ar), Ti(ar-cg), Ti(cz), Ti(Igea), Tpl(ar-cg), Ts(Igeb), Ts(Igei) y Ts(vc).
	Con posibilidades de adaptación a otros sustratos ígneos, metamórficos y sedimentarios.	
Unidades de suelo	Las condiciones edáficas que caracterizan el área permiten su distribución potencial en gran parte de la región, en vertisol, regosol, rendzina, litosol feozem y xerosol, e incluso con probabilidades de desarrollo en castañozem.	
Clima	A(C)w ₀ (w), BS ₀ (h)w(w), BS ₀ (h')w(w), BS ₁ (h')w(w), BS ₁ kw(w) y Cw ₀ (w).	A(C)w ₀ (w), BS ₀ (h)w(w), BS ₀ (h')w(w), BS ₁ (h')w(w) y BS ₁ kw(w).
Temperaturas máximas (°C)	26 - 36	25 - 36
Temperatura media anual (°C)	16 - 24	18 - 24
Temperaturas mínimas (°C)	5 - 16	10 - 16
Precipitación total anual (mm)	420 - 790	370 - 790
Precipitación en época húmeda (mm)	440 - 740	380 - 750
Precipitación en época seca (mm)	35 - 70	36 - 67
Vegetación y uso del suelo	Selva baja caducifolia, matorral xerófilo, chaparral, palmar, pastizal inducido y áreas dedicadas a la agricultura.	



Distribución potencial

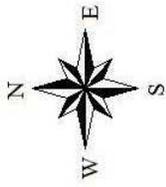


Parámetros ambientales predominantes	Valores
Altitud	880 - 2 100
Geología	Q(al)
Unidades de suelo	Vertisol
Clima	A(C)w ₀ (w)
Temperatura máxima del mes más cálido	28 - 36
Temperatura máxima promedio	25 - 33
Temperatura media anual	16 - 24
Temperatura mínima promedio	9 - 16
Temperatura mínima del mes más frío	5 - 13
Precipitación total anual	420 - 790
Precipitación en la época húmeda	440 - 740
Precipitación en la época seca	35 - 70
Tipos de vegetación	Cultivada

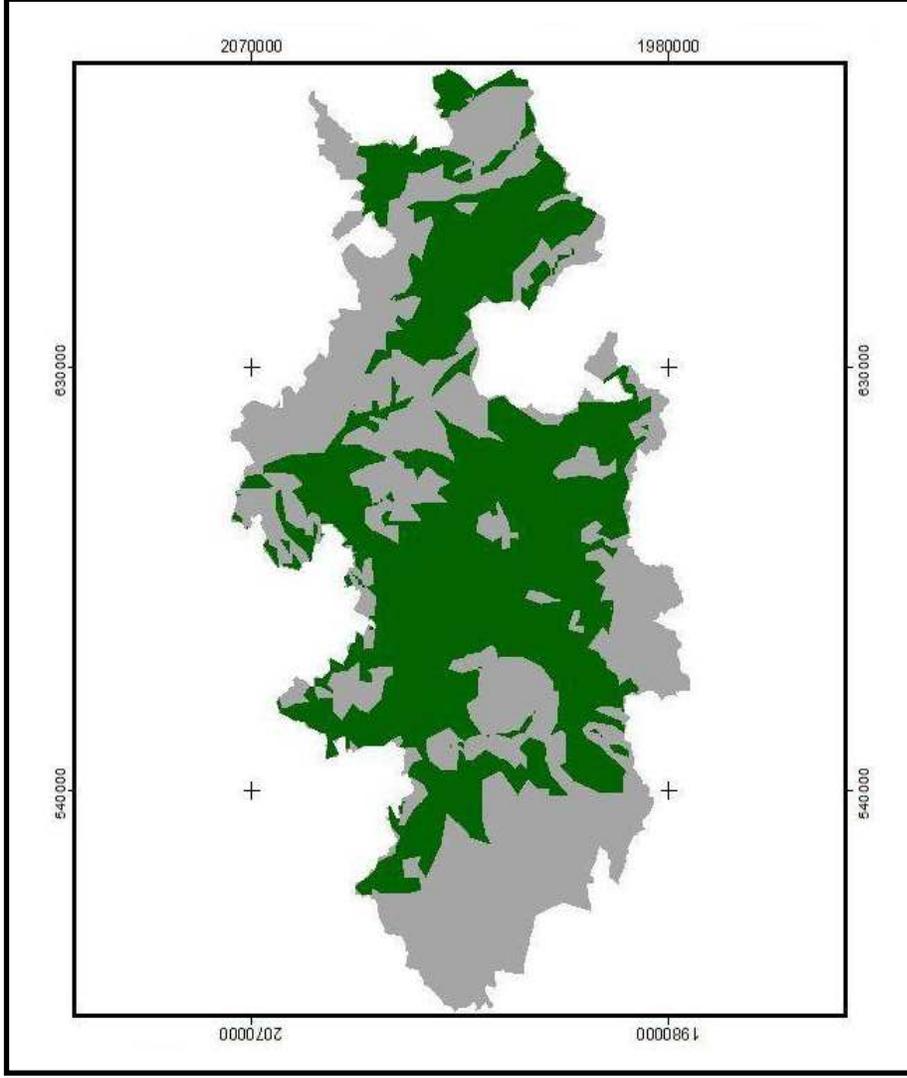


Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 28. Distribución potencial de *Stenocereus pruinosus* en la Mixteca Poblana



Distribución potencial



Parámetros ambientales predominantes	Valores
Altitud	990 - 2 100
Geología	Tl(ar-cg)
Unidades de suelo	Regosol
Clima	A(C)w ₀ (w)
Temperatura máxima del mes más cálido	28 - 36
Temperatura máxima	25 - 33
Temperatura media anual	18 - 24
Temperatura mínima	10 - 16
Temperatura mínima del mes más frío	5 - 13
Precipitación total anual	370 - 790
Precipitación en la época húmeda	380 - 750
Precipitación en la época seca	35 - 70
Tipos de vegetación	M. xerófilo

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 29. Distribución potencial de *S. stellatus* en la Mixteca Poblana

9.3. ASPECTOS CULTURALES ASOCIADOS A LA DISTRIBUCIÓN DE *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* EN LA MIXTECA POBLANA

9.3.1 Las culturas en la región y las pitayas

Los primeros datos arqueológicos disponibles sobre el consumo de cactáceas en general, corresponden a excavaciones realizadas en Tehuacán; revelan que se realizaba desde los años 6 500 a. C. (Callen, 1965 y González Quintero, 1972 citados por Mercado y Granados, 1999). En tanto que, las evidencias sobre el cultivo demuestran una mayor antigüedad de uso (8 500 años) (Sánchez-Mejorada, 1982).

En el caso de los mixtecos Paddock (1966, 1983), Winter *et al.*, (1984) y Winter (1996), indican la presencia de grupos cazadores recolectores con evidencias desde por lo menos 7 000 años a. C (tomado de Luna *et al.*, 2001). La recolección de yerbas, verduras, guajes y frutas silvestres fue representativa en su economía, quienes las consumían cotidianamente. De la Relación de Acatlán se tiene que de entre algunas de las plantas alimenticias se encontraba el "teonochtli que lleva una fruta llamada pitahayas" (Dahlgren, 1990). La vida sedentaria se relaciona con el momento en el cual se domestican las plantas, aparece un excedente en la producción de alimentos y es posible almacenarlos (López, 1990). Si bien en este territorio semidesértico, surgió la necesidad de complementar los cultivos con otras fuentes de alimento debido a la naturaleza tan precaria de la agricultura; la recolección de plantas silvestres tuvo un uso sumamente amplio, persistió hasta bien entrado el siglo XX (Challenger, 1998). Cada una de las diferentes subregiones tenía recursos particulares de los distintos nichos ecológicos. La diversidad ecológica de las distintas áreas proveía de varias especies de flora y fauna, tanto frutos como plantas silvestres y domesticadas (López, 1990).

Es así que la pitaya mixteca, *tnu* o *too dichí*, es un nombre genérico para al menos 12 especies de cactáceas columnares y un posible híbrido interespecífico. Su importancia previa a la conquista española, en el momento del contacto y periodos posteriores, se puede inferir de las diferentes denominaciones nahuas (xoconochtli, teonochtli, zapotnochtli, quapetla, etc.), que aparecen en los documentos Cruz y Badianus (1552), Diguet (1928), Hernández (1959) y en la nomenclatura y clasificación tradicional utilizada por los mixtecos contemporáneos (Luna, 2002). La denominación mixteca para la pitaya mixteca varía ligeramente entre las localidades; consta de un término genérico *tnu dichí* o *too dichí*, que corresponde al cacto o palo capaz de producir leña (*tutnu*) y que produce *dichis* o pitayas, y un término específico, relacionado con algunas características del tamaño, color o forma de la baya correspondiente (tomado de Luna y Aguirre, 2001).

Cerca de la Conquista, la agricultura de riego en la Mixteca fue muy limitada y la de temporal tuvo rendimientos muy bajos para crear excedentes y mantener los centros urbanos, por lo cuál además de la caza y la pesca, su subsistencia se basaba principalmente en la agricultura y la recolecta, entre ellas de teonochtli, dichi o pitaya (*Stenocereus spp.*). Al igual que en otras culturas, en la Mixteca su recolecta y posiblemente el cultivo jugó un papel importante, persistiendo su producción agrícola tradicional (Luna, 2002).

Por otra parte, los popolacas en la época prehispánica, ocuparon gran parte del centro-sur del estado de Puebla y norte de Oaxaca compartiendo el territorio con nahuas y mixtecos. Actualmente, se encuentran en el área comprendida entre las ciudades de Tecamachalco, San Juan Ixcaquixtla y Tehuacán, y a la fecha continúan con la recolección de la pitaya; la cual representa un complemento de su dieta, que en ocasiones intercambian para obtener otros productos indispensables para su subsistencia (Gámez, 2003). Para la población nahua, la pitaya también ha simboliza un alimento complementario, debido a la influencia e interacción cultural, económica y sociohistórica con Tehuacán (Zárate y Violeta, 2003).

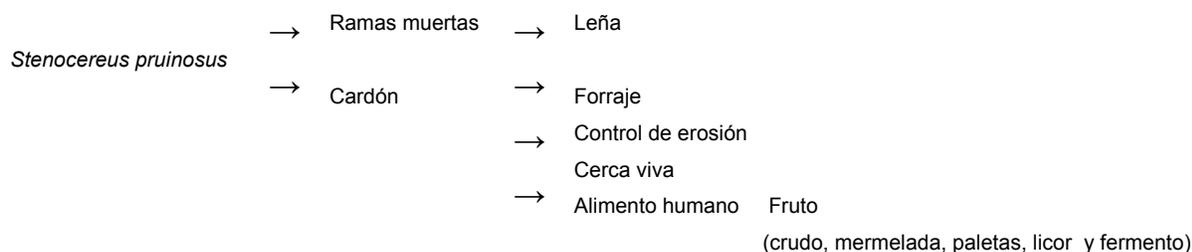
Hoy en día, las pitayas se recolectan y/o producen en los distritos electorales Izúcar de Matamoros, Tepexi de Rodríguez, Chiautla, Acatlán, Tehuacán y Ajalpan (Mercado y Granados, 1999). Mixtecos, popolacas, nahuas, chochos, cuicatecos y mestizos complementan su subsistencia e ingreso monetario (Luna, 2002). Los niveles en la explotación o sistemas de producción del recurso corresponden a recolecta, cultivo para el consumo familiar o trueque, cultivo para la venta en los mercados locales y cultivo con fines comerciales. Aun cuando los recolectores en ocasiones rentan terrenos con pitayos, esta actividad se sigue realizando año con año (Iñiguez, 1983 citado por Mercado, 1993).

Las pitayeras silvestres son terrenos generalmente de agostadero o de cultivo, en los que el productor al limpiar el terreno no eliminó los pitayos. En este sistema, el productor sólo realiza la recolección de los frutos. Los huertos familiares están sustentados en los terrenos adyacentes a la casa-habitación, donde las familias generalmente cultivan una amplia diversidad de plantas, aunque existen comunidades en las que todos los huertos presentan como especies dominantes los pitayos. En los huertos familiares los pitayos son plantados, podados y abonados. Por último, el sistema más reciente es el comercial; en éste se utilizan las mejores variedades de los huertos familiares para plantarlas en las parcelas agrícolas (Flores *et al.*, 2003). En cuanto al manejo, la propagación generalmente se hace por medios vegetativos debido a la relativa facilidad de estas plantas para enraizar y a que se reduce considerablemente el tiempo juvenil (Mercado y Granados, 1999).

9.3.2. Influencia del aprovechamiento de *Stenocereus pruinosus* en su distribución

Los restos más antiguos encontrados de *Stenocereus pruinosus*, corresponden a los hallazgos hechos en Tehuacán; se les atribuye una antigüedad de 3,500 a 2,300 y 6,500 a 4,500 años a.C. Se piensa que su cultivo en huertos familiares, existió en diversas localidades del mismo valle desde los años 6,500 a los 4,900 a.C. (González, 1972 citado por Mercado y Granados, 1999). Callen (1967) y Smith (1967) destacan las evidencias arqueológicas del uso del fruto, tallo y semilla desde hace más 8,000 años. Probablemente se cultivó desde el florecimiento prehispánico de la Mixteca y Tehuacán, ya que en ambos territorios se encuentran evidencias de huertos abandonados prehispánicos, coloniales o de principios del siglo XX (tomado de Luna, 2001). Las poblaciones espontáneas sólo existen en cañadas aisladas donde los recolectores no tienen acceso, la presencia de la especie está asociada a la influencia humana, se encuentra bajo condiciones de uso continuo en huertos familiares o comerciales, en tierras de cultivo de maíz o agostaderos, y en ocasiones, en tierras de uso esporádico (Mapa 32).

Desde la época prehispánica hasta nuestros días, esta especie ha sido registrada por diversos autores como utilizada para controlar la erosión, delimitar o cercar propiedades, leña a partir los tallos secos, forraje y alimento humano, principalmente, el fruto crudo o en mermelada y paletas, licor y fermento con la pulpa (Luna y Aguirre, 2001; Casas *et al.*, 2002). Entre sus usos potenciales se encuentran la elaboración de colorantes, vinos y la producción de pectinas (Armella *et al.*, 2000).



No obstante, su importancia comercial actual radica en el consumo de la pitaya, motivo por el cual, diversos autores han asignado a la especie nombres regionales o locales dependiendo de las culturas presentes en dichos territorios (Cuadro 7). Sánchez-Mejorada (1982), hace un recuento de los grupos étnicos que utilizaron los frutos de esta especie, entre ellos destacan mixtecos, zapotecos, mixes, popolacas, chochos y mestizos.

Cuadro 7. Nombres asignados a *Stenocereus pruinosus*

Cultura	Denominación	Significado	Fuente
Nahuas	Cuapetla	Cuatli= árbol, petla = grande	Sánchez-Mejorada (1982)
Mixtecos	dichi kua	Pitayo	Luna (2001)
Mestizos	Pitaya de mayo	Pitaya de mayo	Luna (2006)

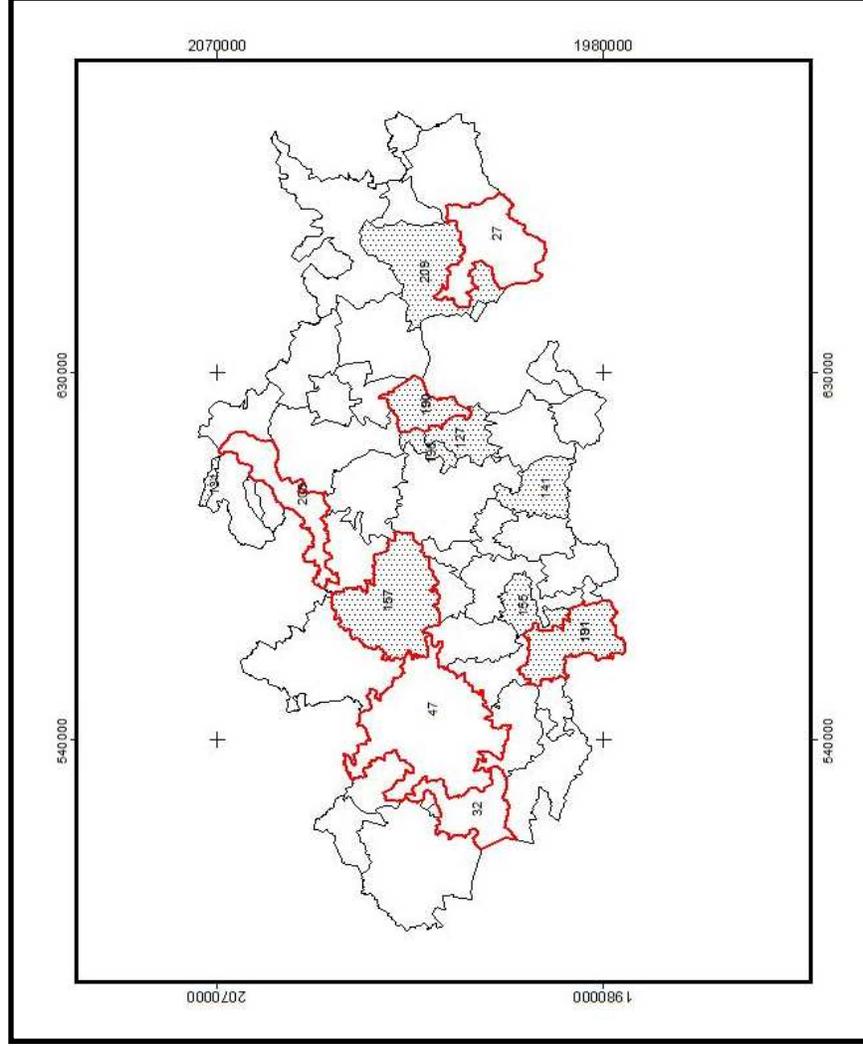
Para el aprovechamiento del fruto, se sabe que *Stenocereus pruinosus* fructifica de abril a julio, presentando un estado cultural de cultivo en huerto familiar mayor a 20 variantes, cultivo en huerto comercial mayor a 10 variantes y cultivo en huerto antiguo; además, se recolecta en milpa y poco en estado silvestre (Luna *et al.*, 2001). El grueso de su producción ocurre durante el mes de mayo, principalmente en los huertos familiares (patios de las casas); la altura de las plantas no sobrepasa los 3 m, se poda sistemáticamente para facilitar la cosecha. La pulpa del fruto puede ser de color guinda o rojo casi negro, amarillo, blanco o solferino, melón y sandía, su sabor es dulce. El fruto es poco resistente al manejo (Luna, 2006; Flores *et al.*, 2003).

La clasificación tradicional de *Stenocereus pruinosus* refleja los intereses de los productores, los principales móviles de selección se relacionan con el color, el tamaño y la forma del fruto, que atraen la atención del consumidor; el tamaño, la densidad y el color de las espinas, pues las espinas disminuyen el golpeo entre los frutos y aumentan su duración poscosecha al facilitar la aireación entre ellos, duración que también depende del grosor de la cáscara; la época de maduración, que posibilita su consumo en distintas temporadas y por más tiempo, así como su venta a mejores precios; y su sabor, dulzura y cantidad de semillas, caracteres más relacionados con la calidad del fruto (Luna *et al.*, 2001). Su clasificación tradicional comprende al menos 31 variantes cultivadas y clasificadas por diferentes caracteres morfológicos y agronómicos (Luna, 2006); sin embargo, para la Mixteca Poblana se reconocen de tres a cuatro. Las variaciones pueden deberse a factores ecológicos de cultivo (como tamaño y peso) o variaciones genéticas (como color, sabor, espinación, etc.) (Mercado y Granados, 1999; Luna, 2006), ya que, como lo refiere Sánchez-Mejorada (1982), al igual que otras pitayas ha sido objeto de cultivo desde épocas remotas, por lo cual, es posible se hubiesen originado diversos cultivares que no han sido reconocidos ni clasificados.

Aunque la mayoría de los criterios de clasificación y denominación están relacionados con distintas características del fruto, es sorprendente la capacidad de algunos informantes para reconocer las variantes; aun cuando las plantas están sin frutos, utilizan algunas características del tallo, como su brillo, el tono verde y la longitud y densidad de las espinas. Es de esperarse que los grupos humanos que han mantenido una relación más intensa con estas cactáceas desarrollen una mayor capacidad de percepción de sus diferencias y un conocimiento más preciso y detallado. Al parecer, la relación de los mixtecos con *Stenocereus pruinosus* ha sido intensa; las evidencias señalan mayor variación morfológica bajo cultivo en concordancia con el mayor interés que han tenido en esta especie. Dada su mayor demanda en el mercado, se ha visto sujeta a una mayor presión selectiva y muchas de sus variantes responden a esta situación (Luna *et al.*, 2001).



-  Observación en campo de municipios productores
-  Referencia de municipios productores
-  Área en estudio



Fuente: Luna, 2002
Observación en campo por Yasiri Mayeli Flores Monter (2007)

Mpios. productores (Literatura)	Clave	Mpios. productores (Obs. en campo)	Clave
S. J. Xayacatlán	21127	Caltepec	21027
S. J. Atzompa	21131	Cohetzala	21032
S. P. Yeloixtlahuaca	21141	Chiaulia de Tapia	21047
Tecomatlán	21155	Tehuiztingo	21157
Tehuiztingo	21157	Totoltepec de Gro.	21190
Totoltepec de Gro.	21190	Tuicingo del Valle	21191
Tuicingo del Valle	21191	Zacapala	21206
Xayacatlán Bravo	21196		
Zapotitlán	21209		

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 30. Municipios productores de pitaya *Stenocereus pruinosus* en la Mixteca Poblana

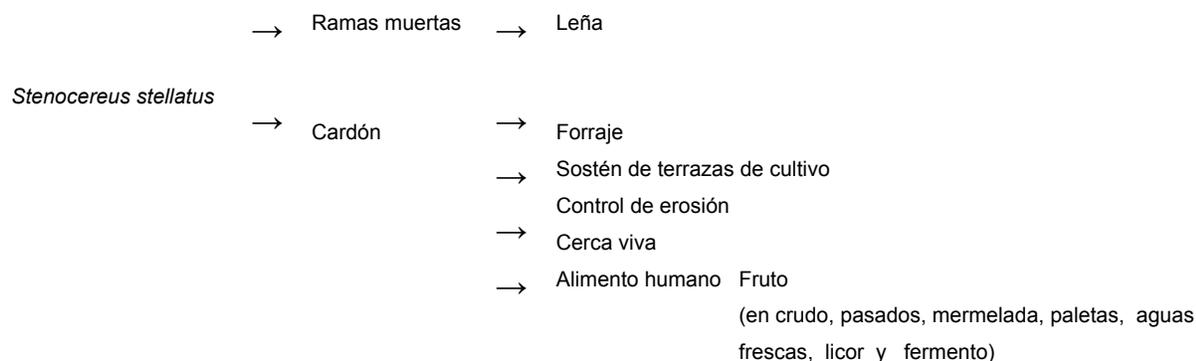
9.3.3. Influencia del aprovechamiento de *S. stellatus* en su distribución

Junto con varias especies de *Opuntia*, biznagas y otras cactáceas columnares, *S. stellatus* fue uno de los principales recursos utilizados por los humanos durante la prehistoria de Mesoamérica. MacNeish (1967) y Smith (1967), encontraron que los restos de las fases Abejas (5,400- 4,300 años AP) y Palo Blanco (2,150-1,300 años AP), sugieren que el consumo de tejido de tallo, frutos y semillas de ésta especie junto con el de otras cactáceas columnares, fueron más importantes que los de *Opuntia* (tomado de Casas, 2002). Diversos autores señalan que la especie ha recibido distintos nombres regionales o locales, según la cultura presente en el territorio (Cuadro 8). Sánchez-Mejorada (1982), hace un recuento de los grupos étnicos que utilizaron los frutos de esta especie; entre ellos, destacan mixtecos, zapotecos y mixes.

Cuadro 8. Nombres asignados a *Stenocereus stellatus*

Cultura	Denominación	Significado	Fuente
Náhuatl	Xoconochtili	Pitaya agria	Sánchez-Mejorada (1982)
Mixtecos	Tnu dichí kaya / too dichí key	Cacto que produce pitayas de época de lluvias	Luna (2001)
Mestizos	Xoconostle	Pitaya de agosto / Pitaya olorosa	Casas (2005) /Bravo (1978)

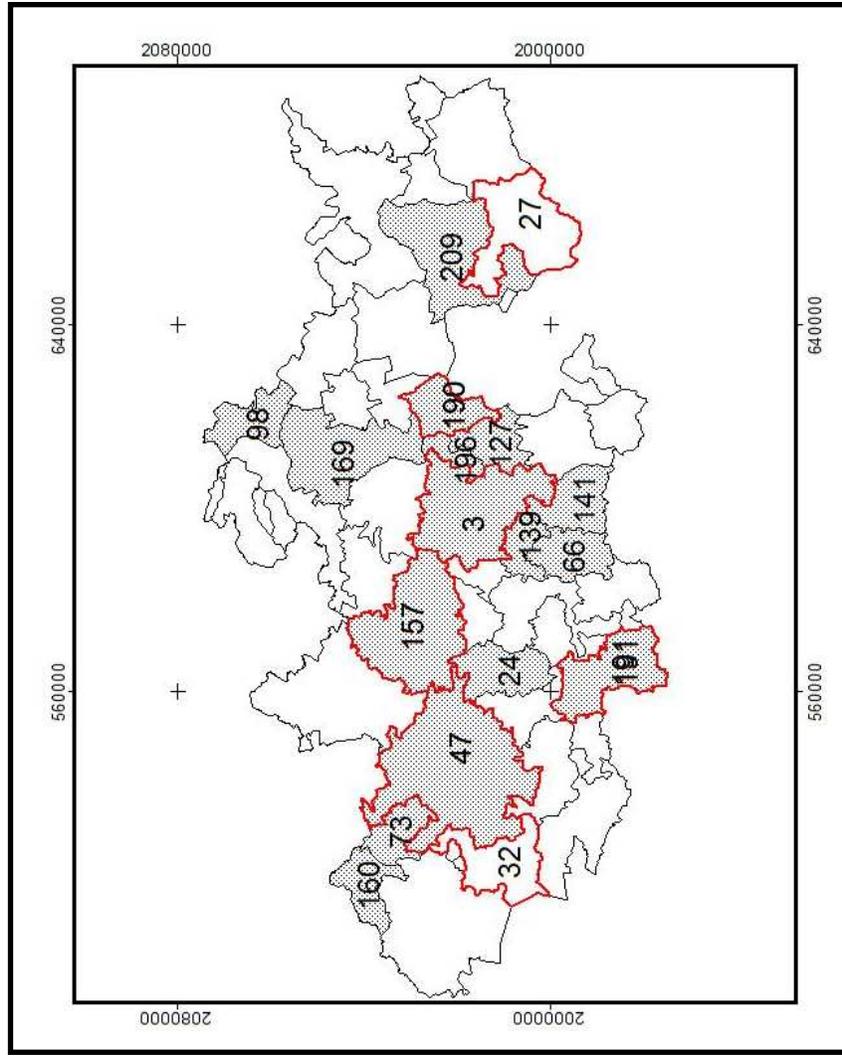
Desde la época prehispánica hasta nuestros días, esta especie ha sido registrada por diversos autores como: utilizada viva para forma barreras de protección de suelos y control de la erosión, para delimitar propiedades y plantada en surcos para sostener el suelo en terrazas de cultivo; como leña a partir de los tallos secos y de manufactura; forraje para bovinos y caprinos, compuesto de tallos en frescos o ramas (a las cuales en ocasiones se les quitan las areolas con el machete) y frutos o cáscaras de éstos, recolectados para dárselas directamente al ganado o para preparar ensilados; y como alimento humano, flores pero principalmente, el fruto crudo o en mermelada y paletas, aguas frescas, licor y fermento con la pulpa, así como para la elaboración de frutos “pasados” dejándolos secar al sol (Casas y Valiente-Banuet, 1995; Casas *et al.*, 1997; Luna y Aguirre, 2001; Casas *et al.*, 2002; Arias *et al.*, 2001; Casas, 2005).



Casas y Valiente-Banuet (1995), establecen que la importancia de la especie radica en el consumo del fruto, ya que es el motivo por el cual se cultiva, lo cual ha diferenciado el estatus cultural con respecto al uso, aprovechamiento y manejo de la especie. Se produce durante los meses de agosto y septiembre, principalmente en las áreas silvestres, y también en los huertos familiares; la altura de la planta varía de 2 a 4 m (Bravo, 1978). La pulpa de los frutos es variable en color, las hay rojas, amarillas, blancas o lilas; su sabor es agrídulce. El fruto es más resistente al manejo (Flores *et al.*, 2003). Luna *et al.*, (2001), reconocen nueve variantes de las cuales aproximadamente tres o cuatro se presentan en la Mixteca Poblana.

En general, la recolección de frutos en poblaciones silvestres ocurre de manera selectiva; la gente prefiere los frutos que tienen pulpa jugosa, mayor tamaño y mejor sabor dependiendo del destino del producto (Casas *et al.*, 1997). Las poblaciones manejadas *in situ* resultan del fomento selectivo de individuos deseables, al mismo tiempo que se eliminan otros fenotipos durante aclareos de terrenos, mientras que el cultivo se realiza en huerto y solares tradicionales, donde se cortan las ramas de entre 1 y 1.5 m y se dejan secar al sol durante dos semanas con el fin de prevenir infecciones en el área de corte; posteriormente se plantan en hoyos en los cuales se ha depositado previamente estiércol de cabra. Los individuos que se encuentran en las huertas también pueden derivarse de plántulas toleradas por los campesinos, las cuales se establecieron en las huertas a partir de semillas dispersadas a través de excretas de aves, murciélagos o humanos o a partir del transporte de individuos jóvenes, los cuales aportan nuevas variaciones genéticas junto con las plántulas que se establecen y se toleran. Debido a que la gente no reconoce a las diferentes variantes de frutos con base en características vegetativas, en ocasiones se debe decidir eliminar o dejar en pie a los individuos establecidos después de que producen frutos por primera vez (Casas *et al.*, 1997, 1999, 2005).

Luna y Aguirre, (2001), mencionan que dadas las condiciones culturales en la región, el estatus cultural para el xoconochtli puede ampliarse y considerarse: recolecta en milpa y en estado silvestre, cultivo en huerto antiguo, en huerto familiar y en huerto comercial (Mapa 33). Es conveniente señalar que actualmente la relación hombre-xoconochtli es fuerte (Luna, 1999; Luna *et al.*, 2001). En general, la diversidad morfológica y genética en poblaciones manipuladas es superior que la de las poblaciones silvestres, con algunas excepciones de poblaciones manejadas *in situ*. La baja diversidad parece deberse a que la gente únicamente deja en pie algunos individuos de las poblaciones silvestres originales en las áreas abiertas, mientras que en otras áreas propagan las ramas de los individuos favorables e introducen ramas de otras áreas o de los solares. Desafortunadamente, el tipo de manejo que registra baja diversidad está ganando popularidad (Casas, 2005).



Fuente: Flores et. al., 2003; Casas, 2005
Observación en campo por Yasiri Mayeli Flores Monter (2007)



- Observación en campo de municipios productores
- Referencia de municipios productores
- Área en estudio

Mpios. productores (Literatura)	Clave	Mpios. productores (Obs. en campo)	Clave
Acatlán	21003	Acatlán	21003
Axutla	21024	Caltepec	21027
Chiautla de Tapia	21047	Cohetzala	21032
Guadalupe	21066	Chiautla de Tapia	21047
Huehuetlán Chico	21073	Tehuizingo	21157
Molcaxac	21098	Tototepec de Gro.	21190
S. J. Xayacatlán	21127	Tulcingo del Valle	21191
S. P. Amicano	21139		
S. P. Yeloixtlahuaca	21141		
Tehuizingo	21157		
Teotlalco	21160		
Tepexi Rodríguez	21169		
Tototepec de Gro.	21190		
Tulcingo del Valle	21191		
Xayacatlán Bravo	21196		
Zapotitlán	21209		

Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 31. Municipios productores de pitaya *S. stellatus* en la Mixteca Poblana

En la Mixteca Poblana, *Stenocereus pruinosus* presenta una distribución actual debida a factores culturales; se le observó cultivada en Cohetzala, Chiautla, Tehuitzingo, Acatlán, Totoltepec de Guerrero (Fotografía 1), Tulcingo del Valle y Caltepec, principalmente, en huerto comercial debido a la demanda que presenta, y en huertos familiares; en menor proporción, se ubica en huertos antiguos (Fotografía 2), en sitios perturbados por agricultura, pastoreo o ramoneo y fomentada en Chiautla y Zacapala. El cultivo suele ser exclusivo de la especie, y cuando es mixto generalmente domina *S. stellatus* (Fotografía 3). Los grupos étnicos beneficiados con su aprovechamiento son nahuas, mixtecos y mestizos (Cuadro 9).

Para *S. stellatus* la distribución geográfica también se ha modificado debido a factores culturales, sin embargo, se reconoce el manejo *in situ* y la tolerancia aun en áreas dedicadas a la agricultura. Predomina el cultivo en huerto familiar con respecto al comercial, en Xayacatlán de Bravo, Acatlán, Cohetzala, Chiautla, Tehuitzingo y Caltepec; en menor proporción, se presenta en huertos antiguos, en áreas perturbadas o milpas, fomentada y tolerada como cerca viva en Chiautla, Caltepec y Juan N. Méndez (Fotografía 4). Esta especie es utilizada por nahuas, mixtecos y mestizos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Factores culturales asociados a la distribución de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* en algunos municipios de la Mixteca Poblana. Nh nahuas, Ms mestizos, Mx mixtecos, Hc huerto comercial, Hf huerto familiar, Ha huerto antiguo, P perturbación, Cv cerca viva, P patio, C cultivada, F fomentada, S silvestre y tolerada.

Sitio	Etnias	Factores culturales	Estatus Cultural	Especies
Acatlán de Osorio	Mx, Ms y Nh	Hf	S y C	<i>S. stellatus</i> , Mixto
Caltepec	Nh y Ms	Hc, Hf y P	C, T	<i>S. pruinosus</i> , <i>S. stellatus</i>
Chiautla de Tapia	Nh y Ms	P, Hf y Ha	C y F	Mixto, <i>S. stellatus</i>
Cohetzala	Nh y Ms	Hf	C	Mixto
Tehuitzingo	Nh y Ms	Hc	C	<i>S. pruinosus</i> , <i>S. stellatus</i> , Mixto
Totoltepec de Guerrero	Nh, Ms y Mx	Hc y Hf	C	<i>S. stellatus</i> , <i>S. pruinosus</i>
Tulcingo del Valle	Nh, Ms y Mx	Hc	C	<i>S. stellatus</i> , <i>S. pruinosus</i>
Zacapala	Nh, Ms y Mx	Patio	C	<i>S. pruinosus</i>



Fotografía 1. Cultivo comercial de *Stenocereus pruinosus*, municipio Totoltepec de Guerrero.



Fotografía 2. Huerto colonial mixto en Los Linderos, municipio Chiautla de Tapia.



Fotografía 3. Cultivo comercial mixto en Atzompa, municipio Tulcingo del Valle.



Fotografía 4. Individuos de *S. stellatus* utilizados como cerca viva, municipio Juan N. Méndez.

9.3.4. La relación entre la comercialización y el aprovechamiento

El aprovechamiento de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* se basa en un conocimiento tradicional y una tecnología mesoamericana; es decir, en el conocimiento prehispánico y cultivo manual, individual y con nulos recursos externos de plantas nativas que produzcan frutos grandes y agradables. Ambas especies son los únicos *dichis* que se cultivan en huertos comerciales (mayores de 0.5 ha), con pocas variantes, y con un objetivo totalmente mercantil. En la región Mixteca no existen datos sobre la superficie cultivada y/o recolectada de estas pitayas, ni de su valor económico. Si bien, representan un gran potencial en producción (Luna, 1993; Luna y Aguirre, 2001). Ventura (2002), reporta que un volumen de producción considerable proviene principalmente del área en estudio, junto con la Mixteca Oaxaqueña. El proceso de comercialización en el mercado nacional se realiza individualmente en los mercados regionales de la ciudad de Tehuacán, Izúcar de Matamoros y Acatlán, también por medio de las uniones de ejidos y en algunos casos por la comercializadora Compañía Cosmos, S.A. de C. V. y por la Unión de Ejidos y Comunidades Dichi Cuahua cuyo significado es “Pitaya roja” (en mixteco) (Flores *et al.*, 2003).

La cantidad de producción de la fruta tiene una estrecha relación entre el consumo y el proceso de comercialización. Para las pitayas, el porcentaje comercializado con respecto al que se produce es mínimo; a pesar de que existe desde abril hasta octubre, la oferta se reduce a dos o tres meses, es una fruta poco conocida nacional e internacionalmente, ya que carece de publicidad o promoción para incrementar la demanda; de alta perecibilidad, cuenta con escasos productos elaborados; se encuentran en proceso de domesticación con poca tecnología; existe limitada o nula organización de los productores para comercializar e industrializar, quienes utilizan métodos tradicionales de cosecha, desespinado y comercialización (Fotografía 5 y 6). Además, se manifiesta escaso interés federal por desarrollar el Sistema-Producto Pitaya (Flores *et al.*, 2003).

La fruticultura mexicana tiene diversos niveles de productividad según la zona geográfica a la que se haga referencia, debido a las condiciones de desarrollo de las mismas. Esto ha generado diversos grados de utilización de tecnología e implica reducciones en los niveles de producción potencial. Tal situación significa que no hay necesidad de aumentar las áreas cultivadas con frutales para elevar las producciones; realmente, hay que mejorar el manejo de plantaciones frutales, circunstancia que incluye el cambio de variedades mejoradas a cultivar, en aquellos casos que se requiera (INEGI, 1991), variedades que en el caso de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* ya han sido desarrolladas *in situ*, lo que asegura su adaptación al lugar.



Fotografía 5. Pitaya de *Stenocereus pruinosus*, municipio Totoltepec de Guerrero.



Fotografía 6. Pitaya de *S. stellatus*, municipio Caltepec.

9.4. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* EN LA MIXTECA POBLANA

Los mapas de aptitud de uso de la tierra obtenidos al adaptar la metodología ZAE FAO (1978), para los cultivos potenciales de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*; constituyen una propuesta cartográfica de aptitud del uso de la tierra en la Mixteca Poblana. Esta información global no se relaciona con algún sistema de manejo de la tierra definido, por el contrario establece niveles de aptitudes biofísicas específicas para los tipos de uso de la tierra propuestos, con una base de datos cuyas características en el futuro permitirían retroalimentar la información obtenida y proponer nuevas alternativas de uso acorde a los requerimientos de las especies y las condiciones locales.

Del mapa de aptitud de uso de la tierra correspondiente al cultivo de la pitaya de *Stenocereus pruinosus*, se tiene que de 1 060 300 ha que abarca en total la Mixteca Poblana, 224 351 ha presentan las condiciones adecuadas para su cultivo. Los niveles de aptitud considerados están en función al grado de incidencia de las máximas limitaciones determinadas por el estudio y las características de la zona; es así que han establecido con potencial muy alto 5 622 ha, potencial alto una superficie de 112 915 ha, potencial medio 8 006 ha y con poco potencial 97 808 ha y finalmente tierras no aptas 835 949 ha (Mapa 32). En el caso de *S. stellatus* 570 161 ha presentan las condiciones óptimas para su cultivo; con potencial muy alto 76 698 ha, potencial alto una superficie de 313 994 ha, potencial medio 121 091 ha, con poco potencial 58 379 ha y finalmente tierras no aptas 490 139 ha (Mapa 33).

A partir de la revisión de la literatura se identificaron las variables agroecológicas que influyen en el crecimiento y desarrollo de las especies que integran el sistema agrícola. Algunas de ellas no fueron tomadas en cuenta en la delimitación de las zonas con potencial de producción, no obstante, pueden considerarse en el diseño de cultivos a escala local (Cuadro 10).

9.4.1. Áreas agroecológicas por unidades fisiográficas para *Stenocereus pruinosus*

Para la especie *Stenocereus pruinosus* se presentan las condiciones agroecológicas por nivel de aptitud, las superficies aptas se delimitaron a partir de las unidades fisiográficas presentes, las cuales son cañones, llanuras, lomeríos, sierras y valles (Cuadro 11).

Cuadro 10. Requerimientos agroecológicos de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*.

Variable	<i>Stenocereus pruinosus</i>	<i>S. stellatus</i>
Altitud	De 400 a 2 100 m, principalmente de 1 500 a 1 750 m (Luna y Aguirre, 2001), a partir de los 1 900 m el fruto es de menor sabor, y es más tardío su desarrollo y maduración (Ramírez, 2007).	Su intervalo altitudinal es de 1 000 a 2 100 m. Aunque, se ubica principalmente por debajo de los 1 500 m (Luna y Aguirre, 2001).
Geoforma	Superficies planas o irregulares, excepto zonas inundables (Mercado y Granados, 1999). Barrancas, represas o terrazas, laderas con fuertes pendientes, piedemonte y planicies (Rosales, 2006).	
Pendiente	< 1° hasta pendientes ligeras a medianamente inclinadas de 10 -15°. Espejel y Granados (1995), la reportan de 20 - 30°. Sin embargo, pendientes >15° se recomienda no realizar rastreo o barbecho para evitar erosión. (Ramírez, 2007).	< 1° hasta pendientes fuertemente inclinadas de 20 - 30° (Espejel y Granados, 1995).
Orientación del terreno	Para climas fríos (S y SO) y para climas calidos (N, NE y NO) (Vicente, 2004).	
Geología	Predominan en sustratos metamórficos e ígneos. Sobre piedrecillas o lajillas (así se intemperizan los esquistos y gneis), también pueden ser buenos los suelos con piedrecillas de origen ígneo e incluso sedimentario (Luna y Aguirre, 2001).	
Pedregosidad	Alta o tepetate de difícil mecanización por lo que se recomienda elaborar cajetes individuales en los que se acondicione un adecuado sustrato de enraizamiento (Ramírez, 2007).	Alta ya que permite un buen drenaje (Rosales, 2006).
Tipo de suelos	Someros, arenosos y pedregosos (Rosales, 2006; Ramírez, 2007).	Someros y pedregosos (Rosales, 2006).
Profundidad del suelo	Se caracterizan por tener < 30 cm (Rosales, 2006).	
Textura	Media y gruesa. Se recomienda francas y francoarenosas, con porcentajes de limo y arcilla menores del 15% y sin partículas mayores a 2 mm (Vicente, 2004).	Principalmente media. Se recomienda francas y francoarenosas, con porcentajes de limo y arcilla menores del 15% y sin partículas mayores a 2 mm (Vicente, 2004).
Drenaje superficial	Buen drenaje interno y superficial (Ramírez, 2007).	Necesita de un buen drenaje para evitar se pudra la raíz (Gibson y Nobel, 1986).
Fertilidad del suelo	Es baja pero se utilizan abonos caseros (Luna y Aguirre, 2001).	De baja a media y se abona con desperdicios domésticos (Flores <i>et al.</i> , 2003).
pH	En el intervalo de 5.5 a 8.2 con un óptimo de 6.5 a 7.5 (Ramírez, 2007).	Entre 5.5 y 6.5, valores más altos favorecen el desarrollo del damping-off y se limita la micorrización (Vicente, 2004).
Temperatura máxima	De 25 a 36°C. Tolera más de 40°C (Ramírez, 2007).	De 26 a 40°C (Mercado y Granados, 1999).
Temperatura mínima	De 5 a 13°C, sensible en época de crecimiento vegetativo o desarrollo floral (Ramírez, 2007).	De 5 a 16°C. Nobel (1980), señala que es el factor limitante para su establecimiento.
Precipitación total anual	Con una marcada estacionalidad, requieren lluvias en verano de 420 a 790 mm.	Necesita de 370 a 790. mm principalmente en la época de lluvias.
Déficit hídrico	63.9 a 342.4 mm.	25.3 a 342.5 mm.

Cuadro 11. Unidades fisiográficas con potencial de producción para *Stenocereus pruinosus*

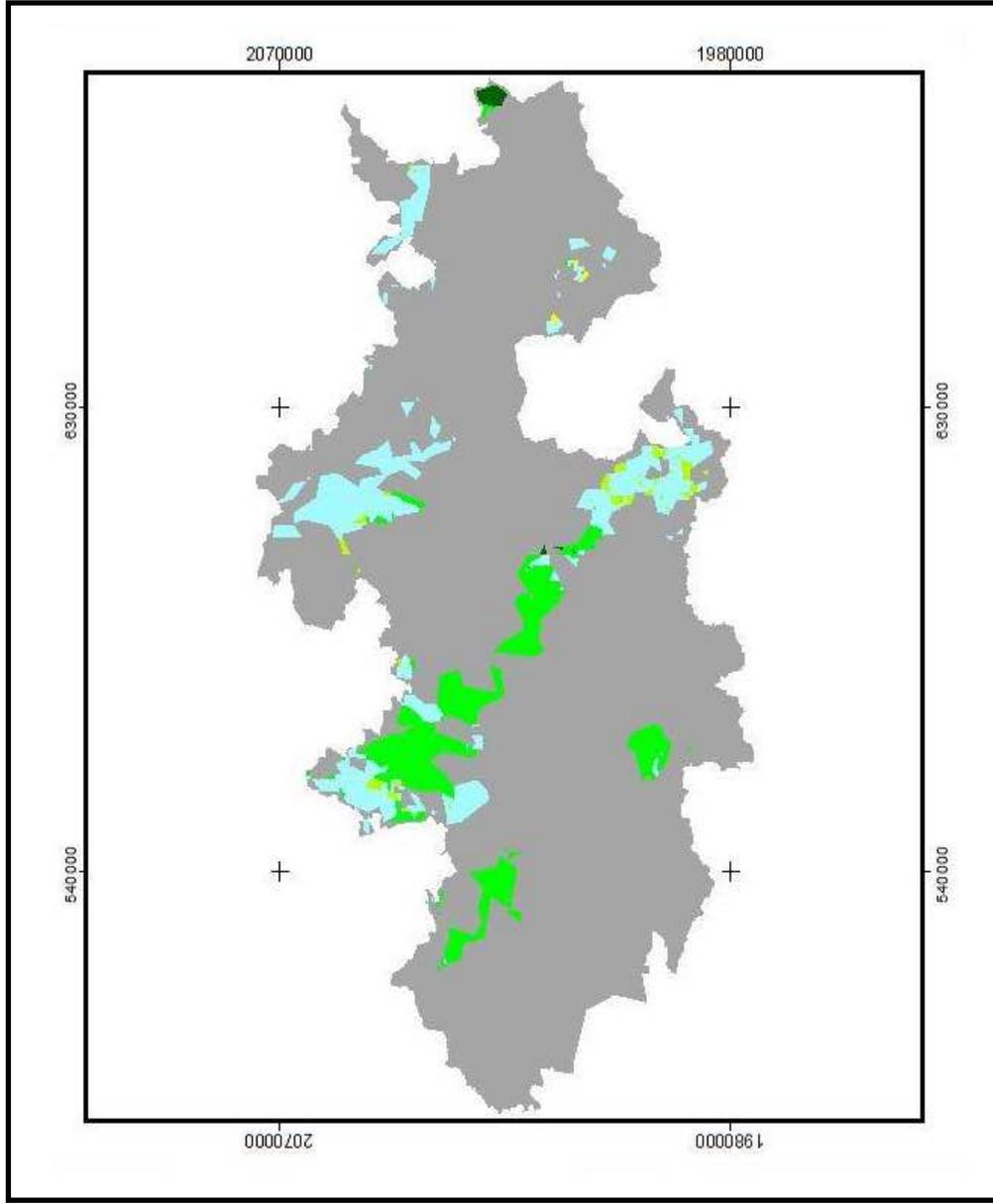
Niveles de aptitud	Características agroecológicas	Unidades fisiográficas Superficie (Ha.)	
Potencial muy alto	<p>Altitud 1 100 - 1 300 m</p> <p>Geología Ki(cz), Ki(lu-ar), Jm(ar-cg), P(E), Ps(lu-ar), Q(al), Q(ch), T(lm-ar), T(lgia), Ti(ar-cg), Ti(cg), Ti(cz), Ti(lgea), Tpl(ar-cg), Ts(lgeb), Ts(lgei), Ts(vc) y Ts(y).</p> <p>Suelos rendzina lítica y petrocálcica, feozem lítica, litosol sin fase, regosol lítica y vertisol pedregosa y sin fase.</p> <p>Riesgo de erosión muy alto y sin potencial para la agricultura.</p> <p>Temperatura de 9 a 36°C y de uno a quince días con granizo.</p> <p>Precipitación 440 - 790 mm.</p> <p>Vegetación SBC, matorral xerófilo, chaparral, palmar, pastizal inducido y agricultura.</p> <p>Fragilidad del paisaje muy alta y muy baja calidad.</p>	Llanuras Lomerios Sierras	325.4 67.2 2 438.1
Potencial alto	<p>Altitud 950 - 1 650 m</p> <p>Geología Ks(cz), Ki(lu-ar), Ji(lu--ar), Jm(ar-cg), Js(cz-lu), P(E), PE(Gneis), Ps(lu-ar), Q(al), Q(ch), T(lgia), T(lm-ar), Ti(ar-cg), Ti(cg), Ti(cz), Ti(lgea), Ts(lgeb) y Ts(lgei).</p> <p>Suelos rendzina lítica y petrocálcica, litosol sin fase, regosol lítica y vertisol gravosa, pedregosa y sin fase.</p> <p>Riesgo de erosión alto y presencia de agricultura manual.</p> <p>Temperatura de -2 a 33°C y de diez a quince días con granizo.</p> <p>Precipitación 440 - 790 mm.</p> <p>Vegetación SBC, matorral xerófilo, chaparral, palmar, pastizal y agricultura.</p> <p>Alta fragilidad del paisaje y baja calidad.</p>	Llanuras Lomerios Mesetas Sierras Valles	7 708.8 27 849.1 7 529.2 56 938.5 10 208.6
Potencial medio	<p>Altitud 1 100 - 1 900 m</p> <p>Geología Ki(cz), Ki(lu-ar), P(E), Ps(lu-ar), Q(al), Q(ch), Ti(cg), Ti(lgea), Ts(lgeb), Ts(lgei) y Ts(y).</p> <p>Suelos rendzina lítica y petrocálcica, regosol lítica, litosol sin fase y vertisol gravosa, pedregosa y sin fase.</p> <p>Riesgo de erosión medio y presencia de agricultura con tracción.</p> <p>Temperatura máxima -4 a 33°C y de 15 a 19 días de granizo.</p> <p>Precipitación 420 - 700 mm.</p> <p>Vegetación SBC, matorral xerófilo, chaparral, pastizal inducido y agricultura.</p> <p>Fragilidad del paisaje media y calidad media.</p>	Llanuras Lomerios Sierras	3 085.3 1 574 2 694.9
Potencial bajo	<p>Altitud 950 - 2 100 m</p> <p>Geología Ki(cz), Ki(lu-ar), Ks(cz), K(vs), P(E), Q(al), Q(ch), Q(tr), Ti(ar-cg), Ti(cg) y Ti(lu-y).</p> <p>Suelos rendzina lítica, litosol sin fase, castañozem gravosa y vertisol petrocálcica y sin fase.</p> <p>Riesgo de erosión bajo y presencia de agricultura mecanizada.</p> <p>Temperatura máxima -6 a 33°C y con 16 a 21 días de granizo.</p> <p>Precipitación 420 - 700 mm</p> <p>Vegetación SBC, matorral xerófilo, pastizal inducido y agricultura.</p> <p>Fragilidad del paisaje baja y calidad alta.</p>	Cañón Llanuras Lomerios Mesetas Sierras Valles	3 326.5 46 506.4 7 535.4 3 276.3 29 236.5 12 236.2

9.4.2. Municipios con potencial agroecológico para *Stenocereus pruinosus*

Dada la importancia de este cultivo para el desarrollo económico de la región, se tiene que de los 46 municipios, dos presentan potencial muy alto, catorce potencial alto, siete potencial medio y 22 potencial bajo (Cuadro 12).

Cuadro 12. Áreas con potencial productivo por municipios para *Stenocereus pruinosus*.

Potencial muy alto		Potencial alto		Potencial medio		Potencial bajo	
Municipios	Superficie (Ha.)	Municipios	Superficie (Ha.)	Municipios	Superficie (Ha.)	Municipios	Superficie (Ha.)
Acatlán de Osorio	270.5	Acatlán de Osorio	21 090.1	Chila de las Flores	1 050.6	Acatlán de Osorio	3 930
Zinacatepec	2 560.1	Ahuehuetitla	3 970.1	Izúcar de Matamoros	2 000.2	Caltepec	6 092.6
		Axutla	2 630.6	Petalcingo	3 250.8	Coyotepec	2 310.9
		Chiautla de Tapia	7 650	San J. Xayacatlán	20.8	Chiautla de Tapia	2 320.6
		Chila de la Sal	3 380.3	Tehuacán	70.4	Chila de las Flores	6 740.6
		Huehuetlán el Chico	20 820.5	Tepexi de Rodríguez	450.5	Huatlatlauca	2 920
		Izúcar de Matamoros	26 200.6	Zacapala	510.9	Huehuetlán el Chico	740.5
		Tecomatlán	3 140.8			Ixcaquixtla	4 570.5
		Tehuizingo	2 620.6			Izúcar de Matamoros	730
		Teotlalco	2 800.2			Juan N. Méndez	960.9
		Tepexi de Rodríguez	3 590.1			Molcaxac	3 050.5
		Tulcingo del Valle	6 550			Petalcingo	20 000.2
		Zacapala	2 830.1			San J. Xayacatlán	3 300.2
		Zinacatepec	2 960.2			San Juan Atzompa	1 020.5
						San P. Yeloixtlahuaca	900.1
						Tehuacán	7 640.4
						Tehuizingo	3 880.4
						Teotlalco	760.7
						Tepexi de Rodríguez	20 830.3
						Tulcingo del Valle	1 080
						Zacapala	8 270.2
						Zapotitlán Salinas	1 881.4



Potencial agroecológico	Superficie (Ha.)
Sin potencial	835 949
Potencial bajo	103 932
Potencial medio	7 354
Potencial alto	110 234
Potencial muy alto	2 831



Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 32. Zonificación agroecológica de *Stenocereus pruinosus* en la Mixteca Poblana

9.4.3. Áreas agroecológicas por unidades fisiográficas para *S. stellatus*

Las condiciones agroecológicas por nivel de aptitud para este cultivo, presentan las superficies aptas por unidades fisiográficas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Unidades fisiográficas con potencial de producción para *S. stellatus*.

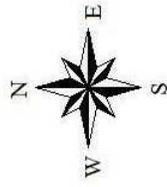
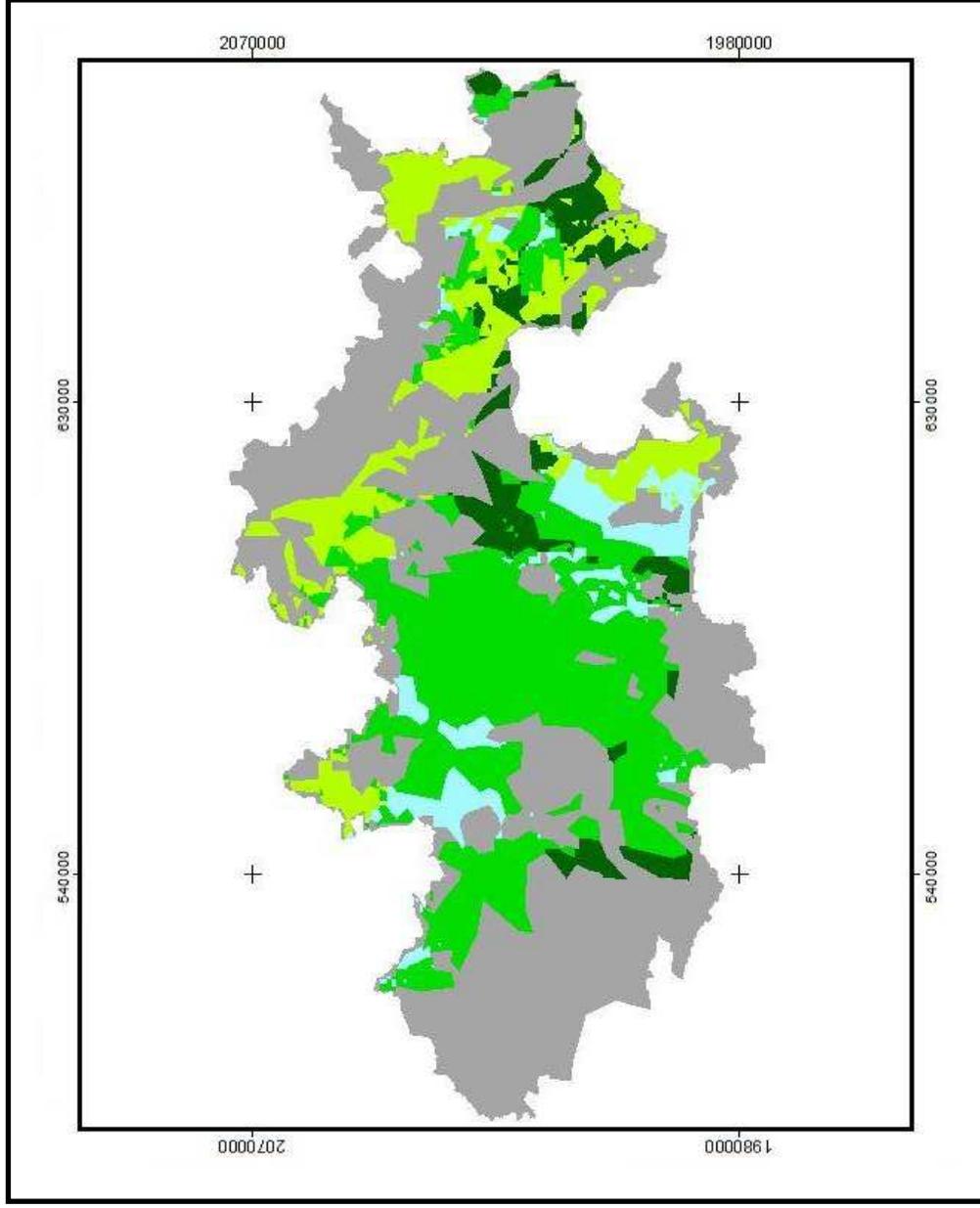
Niveles de aptitud	Características agroecológicas	Unidades fisiográficas Superficie (Ha.)	
Potencial muy alto	<p>Altitud 800 - 2 200 m</p> <p>Geología Ki(cz), Ki(lu-ar), Jm(ar-cg), P(E), PE(Gneis), P(Igia), Ps(lu-ar), Ps(cz), Q(al), Q(cg), T(ar-Ta), Ti(ar-cg), Ti(Igea), Ts(Igei), Ts(Igeb) y T(Im-ar).</p> <p>Suelos rendzina lítica y petrocálcica, litosol sin fase, regosol lítica y xerosol pedregoso.</p> <p>Riesgo de erosión muy alto y sin potencial para la agricultura.</p> <p>Temperatura de 9 - 36° C, seis a quince días de granizo y precipitación de 370 - 790 mm.</p> <p>Vegetación SBC, matorral xerófilo, chaparral, pastizal inducido y agricultura.</p> <p>Fragilidad del paisaje muy alta y muy baja calidad.</p>	Llanuras Lomerios Sierras Valles	5 599.5 5 669.1 56 359.4 9 069.3
Potencial alto	<p>Altitud 1 300 - 1 500 m</p> <p>Geología Ki(lu-ar), Ki(cg), Ki(cz), Jm(ar-cg), P(E), P(Igia), Ps(cz), Ps(lu-ar), Q(al), T(ar-Ta), T(Im-ar), Tpl(ar-cg), Ts(Igei), Ts(Igeb) y Ts(vc).</p> <p>Suelos rendzina lítica y petrocálcica, feozem lítica, litosol sin fase, regosol lítica, vertisol pedregosa y sin fase y xerosol pedregosa.</p> <p>Riesgo de erosión alto y presencia de agricultura manual.</p> <p>Temperatura de -2 - 29°C, uno a quince días con granizo y precipitación de 370 - 500 mm.</p> <p>Vegetación SBC, matorral xerófilo, chaparral, palmar, pastizal inducido y agricultura.</p> <p>Alta fragilidad del paisaje y baja calidad.</p>	Cañón Llanuras Lomerios Mesetas Sierras Valles	9 495.3 18 665.8 33 005.7 12 775.8 210 805.1 29 245.8
Potencial medio	<p>Altitud 1 500 - 2 400 m</p> <p>Geología Ki(cz), Ki(lu-ar), Ks(cz), Ji(lu-ar), Q(al), Q(ch), Q(tr), P(E), PE(Gneis), P(Igia), Ps(lu-ar), Ti(ar-cg), Ti(cg), Ti(cz), T(Im-ar), Ts(Igeb) y Ts(Igei).</p> <p>Suelos rendzina lítica y petrocálcica, litosol sin fase, regosol lítica, vertisol gravosa, petrocálcica y sin fase y xerosol pedregosa.</p> <p>Riesgo de erosión medio y presencia de agricultura con tracción.</p> <p>Temperatura de -4 a 27°C, 15 a 20 días de granizo y precipitación 370 - 440 mm</p> <p>Vegetación SBC, matorral xerófilo, chaparral, palmar, pastizal inducido y agricultura.</p> <p>Fragilidad del paisaje media y calidad media.</p>	Llanuras Lomerios Sierras Valles	58 143 28 632.5 14 412.7 19 902.9
Potencial bajo	<p>Altitud 1 600 - 2 400 m</p> <p>Geología Ki(lu-ar), Ji(lu-ar), Jm(ar-cg), Js(cz-lu), P(E), P(Igia), Ps(cz), Ps(lu-ar), Q(al), T(ar-Ta), T(Im-ar), Ti(ar-cg), Ti(cg), Ti(Igea), Tpl(ar-cg), Ts(Igeb) y Ts(Igei).</p> <p>Suelos rendzina lítica y petrocálcica, feozem lítica, litosol sin fase, regosol lítica, vertisol gravosa, pedregosa y sin fase y xerosol pedregoso.</p> <p>Riesgo de erosión medio y presencia de agricultura mecanizada.</p> <p>Temperatura de -5 a 27°C, 20 a 24 días de granizo y precipitación de 370 - 600 mm.</p> <p>Vegetación SBC, matorral xerófilo, chaparral, palmar, pastizal inducido y agricultura.</p> <p>Fragilidad del paisaje baja y calidad alta.</p>	Cañón Llanuras Lomerios Mesetas Sierras Valles	6 156 25 426.7 5 686.9 5 404.4 9 697.4 6 006.9

9.4.4. Municipios con potencial agroecológico para *S. stellatus*

De 46 municipios que conforman el área en estudio, 22 presentan potencial muy alto, 38 potencial alto, 22 potencial medio y 23 potencial bajo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Áreas con potencial productivo por municipios para *S. stelatus*. El potencial alto muestra los 29 municipios con mayor aptitud agroecológica.

Potencial muy alto		Potencial alto		Potencial medio		Potencial bajo	
Municipio	Superficie (Ha.)	Municipio	Superficie (Ha.)	Municipio	Superficie (Ha.)	Municipio	Superficie (Ha.)
Acatlán de Osorio	9 950.7	Acatlán de Osorio	54 950.4	Atexcal	12 420.3	Acatlán de Osorio	503
Albino Zertuche	2 250.9	Ahuehuetitla	6 410.8	Caltepec	12 360.5	Atexcal	37.6
Atexcal	4 010.1	Albino Zertuche	2 530.8	Chigmecatitlán	2 020.2	Chiautla de Tapia	370.2
Axutla	2 010.8	Atexcal	5 190.4	Chila de las Flores	5 240.9	Chila de las Flores	166.7
Caltepec	11 570.2	Axutla	4 910.7	Coyotepec	1 040.1	Cuayuca de Andrade	70.6
Chiautla de Tapia	5 690.1	Chiautla de Tapia	34 060	Huautlaauca	4 200.3	Guadalupe	3 440.2
Coyotepec	620.9	Chila de la Sal	12 870.6	Ixcaquixtla	3 320.9	Huehuetlán el Chico	600.6
Guadalupe	107	Chinantla	8 540.2	Izúcar de Matamoros	9 000.5	Izúcar de Matamoros	9 940.7
Ixcamilpa de Guerrero	2 290	Cuayuca de Andrade	14 760.4	Juan N. Méndez	670.9	Petlatcingo	6 110.1
Pixtla	370.2	Guadalupe	5 670.3	Petlatcingo	9 470.2	San P. Yeloixtlahuaca	7 100.8
San Jerónimo Xayacatlán	1 050.4	Huehuetlán el Chico	8 780.8	San Gabriel Chilac	4 470.2	San Gabriel Chilac	370.1
San P. Yeloixtlahuaca	4 920.8	Ixcamilpa de Guerrero	700.4	S. J. Xayacatlán	2 400.6	S. Jerónimo Xayacatlán	7 560.5
San Gabriel Chilac	370.5	Izúcar de Matamoros	14 210.3	San José Miahuatlán	660.6	San Pedro Anicano	3 220.7
San José Miahuatlán	4 880.5	Pixtla	25 700	San Juan Atzompa	530.4	San Pedro Anicano	330.1
Santa I. Ahuatempan	2 990.9	San P. Yeloixtlahuaca	4 040.6	San Miguel Ixitián	750.3	Santa I. Ahuatempan	810.7
Tehuacán	250.9	San Jerónimo Xayacatlán	2 570.8	Santa C. Tlatempa	2 360.3	Tehuacán	7 930.7
Tepexi de Rodríguez	2 260.4	San Pedro Anicano	6 650.2	Tehuacán	16 640.5	Tehuacán	2 420.3
Totoltepec de Guerrero	3 390.9	S. I. Ahuatempan	10 590	Tepexi de Rodríguez	11 300.4	Tehuacán	330.3
Xayacatlán de Bravo	3 170.2	Tecomatlán	8 430.4	Totoltepec de Guerrero	1 010.8	Tepexi de Rodríguez	730.7
Xicotlán	4 000.3	Tehuacán	2 040.1	Zacapala	8 040.9	Totoltepec de Guerrero	2 030.8
Zapotitlán Salinas	7 450.6	Tehuiztzingo	35 630.9	Zapotitlán Salinas	13 140.8	Tulcingo del Valle	330.4
Zinacatepec	3 090.3	Teotlalco	4 530.3	Zinacatepec	40.8	Xayacatlán de Bravo	4 720.7
		Tepexi de Rodríguez	3 400.8			Zapotitlán Salinas	400.3
		Tulcingo del Valle	8 690.4			Zinacatepec	
		Xayacatlán de Bravo	3 220.8				
		Xicotlán	5 040.5				
		Zacapala	7 170.5				
		Zapotitlán Salinas	10 310.8				
		Zinacatepec	2 390.5				



Potencial agroecológico	Superficie (Ha.)
Sin potencial	490 139
Potencial bajo	58 379
Potencial medio	121 091
Potencial alto	313 994
Potencial muy alto	76 698



Elaboró: Yasiri Mayeli Flores Monter

Mapa 33. Zonificación agroecológica de *S. stellatus* en la Mixteca Poblana

10. DISCUSIÓN

10.1. Estado actual de la Mixteca Poblana

El diagnóstico ambiental bibliográfico, cartográfico y de campo realizado para la Mixteca Poblana, antepone que el medio biofísico ha sido considerado la principal limitante para el desarrollo económico y social de sus habitantes, principalmente por el clima semiárido y la escasa disponibilidad de agua para el consumo y el establecimiento de las actividades agropecuarias predominantes en el país. Además, la mala planeación de estos cultivos, y la sobreexplotación del recurso hídrico con fines domésticos e industriales, han incrementado los problemas de disponibilidad. En relación a ello, el índice de calidad/fertilidad de suelos calculado, reiteró que en el área es de bajo a medio. De acuerdo con Colpos (1991), las únicas unidades taxonómicas del suelo en la región que presentan capacidad agrícola tradicional de temporal y de riego, son castañozem gravoso, feozem sin fase, vertisol sin fase y gravoso, aunque requiere de técnicas de manejo regulares, y el vertisol petrocálcico que necesitan técnicas para el tratamiento del suelo o del terreno. Por lo cual, una mala elección en el uso del suelo también está ocasionando un incremento en la erosión y la pérdida de fertilidad, que puede llevar a un proceso de desertificación.

A la fecha, la región carece de un POET que brinde las opciones adecuadas para el manejo de los recursos naturales. La ordenación de las actividades económicas, podría mantener a la población en su lugar de origen y distribuirla homogéneamente. Para ello, se necesita inventariar, caracterizar y diagnosticar los recursos naturales nativos. La generación del conocimiento científico y el desarrollo de distintas líneas de acción para la planificación de las actividades humanas pueden detener los problemas relacionados con el medio biofísico, que se han ido agravando con el tiempo, en donde, para la zonificación de alternativas viables de producción, también se requiere tomar en consideración las áreas susceptibles a riesgos ambientales y meteorológicos a una escala de estudio adecuada.

Una opción es impulsar tecnológicamente la producción de nuevos patrones de cultivos, para la venta local, nacional y la exportación. En particular, el mantenimiento y el establecimiento del monocultivo y del manejo tradicional de *Stenocereus pruinosis* y *S. stellatus*, ya que son especies nativas que tienen mayores probabilidades de aprovechar eficientemente los recursos disponibles en el ambiente, en relación a los cultivos

predominantes de maíz, cacahuate, sorgo y alfalfa. En donde para estos últimos, la canícula puede afectar gravemente las cosechas.

Las principales características que han alterado la calidad del paisaje en la región son la vegetación y los cultivos introducidos, la ausencia de ríos perennes y el grado de humanización, mientras que en la fragilidad visual del paisaje, influyen fundamentalmente la fisiografía accidentada, las pendientes altas y la cercanía a la red vial y a los núcleos urbanos. Los espacios con valor para su protección son las áreas visualmente más frágiles porque representan territorios con valor ecológico; las áreas con calidad alta y baja fragilidad son adecuadas para actividades en las cuales el paisaje constituye un factor de atracción; y las zonas de baja calidad y baja fragilidad se pueden utilizar en actividades con impacto visual muy fuerte.

La baja probabilidad de inundación se debe a la temporalidad de las precipitaciones, y el incremento en la erosión ha sido causado por las condiciones ambientales de la región, en particular, la geomorfología y la litología aluvial, las pendientes inclinadas y los cambios bruscos de temperatura, así como a las actividades humanas, específicamente por la apertura de pastizales y áreas para la agricultura. Los registros climáticos disponibles señalaron la probabilidad de heladas y días con granizo, aunque el número de eventos es bajo, y por ello, no es un área que constantemente sea afectada por estos riesgos meteorológicos.

10.2. Distribución geográfica de las especies

Soto *et al.*, (1991), especifican que dentro del conjunto de factores naturales que influyen y condicionan la distribución de la vegetación, destacan, en primer lugar, el relieve y el clima, y en segundo lugar, la litología. No obstante, tradicionalmente se ha considerado al clima como el mayor determinante de la distribución de la vegetación (Cain, 1950 citado por Trejo 1999); y se modifica por otros factores geográficos como la latitud, altitud, relieve, corrientes marinas y distribución de los continentes (Delgado, 1995). De esta forma, la acción del clima no puede considerarse absoluta en todo tipo de condiciones, ya que en realidad es una combinación de múltiples factores ambientales, lo que determina la distribución geográfica de las especies. Existe la posibilidad de que la distribución de la vegetación no siempre presente correlaciones sencillas con el clima, y que sea necesario recurrir a otros elementos para explicar éste fenómeno (Fernández,

1994). Motivo por el cual, en esta investigación se analizó la importancia de 15 variables ambientales topográficas, geológicas, edáficas y climáticas, para definir cuales regulan la distribución de las especies de interés en la región.

Los resultados del análisis de componentes principales, indicaron que los factores limitantes en la distribución de estas especies son las temperaturas mínimas extremas, principalmente la presencia de heladas. En donde la altitud, variable relacionada con la temperatura, también es un factor que regula la distribución hasta 2 100 m. Dichos resultados coinciden con Nobel (1980), quien enfatiza que para el género *Stenocereus* los límites de distribución en latitud y altitud están establecidos por las bajas temperaturas mínimas extremas. Así mismo, los predictores ambientales de la diversidad del género son el número de días con heladas, la heterogeneidad altitudinal, la evapotranspiración real y la proporción de lluvias en los meses cálidos, presentándose cuadros con alta diversidad en el país. Desde el punto de vista de la riqueza de especies, diversidad β y grado de microendemismo (rareza biogeográfica), *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* se encuentran en el triángulo Tehuacán-Balsas-Tehuantepec, para las cuales la evapotranspiración real es el mejor predictor (Ezcurra, 1997). No obstante, la precipitación en los meses cálidos y la evapotranspiración real no fueron variables consideradas en este estudio, y la proporción de lluvias se valoró a partir de la época húmeda y seca para conocer la dependencia de las especies a su disponibilidad.

La distribución de *Stenocereus pruinosus* es amplia en los estados de Guerrero, Puebla y Oaxaca, y también se le ha reportado en Guanajuato, Michoacán y Querétaro (Arreola, 2005). Para la Mixteca Poblana, se observó que su presencia es restringida a lugares de difícil acceso tales como cañadas. Las variables climáticas que regulan su distribución geográfica son las temperaturas máximas y mínimas. De acuerdo con Luna *et al.*, (2001), el centro de diversidad natural de esta especie no está en la Mixteca, y mucho menos en la región poblana; su relación con las poblaciones humanas ha sido intensa, lo cual hace posible hipotetizar que existe una relación directa entre la intensidad del cultivo, la intensidad de selección o domesticación, los niveles de consumo y las modificaciones en su distribución.

Por el contrario, aunque *S. stellatus* es una especie originaria de Puebla, Oaxaca, Morelos y Guerrero, altamente endémica y micro-areal en el triángulo Tehuacán-Balsas-Tehuantepec (Casas y Valiente-Banuet, 1995; Ezcurra, 1997; Arias *et al.*, 2001), presente en la cuarta área endémica delimitada por Arreola (2005); su distribución geográfica en el

área es más amplia, e incluso sale de los límites de la Mixteca Poblana, extendiéndose en algunos sitios de la parte central del estado. El análisis estadístico señaló que los factores ambientales que regulan su distribución son las temperaturas máximas y mínimas en relación con la altitud, y la precipitación en la época seca.

Para las especies al igual que para la vegetación en general, el macroclima es el principal factor que determina la distribución regional, al actuar directamente sobre ésta y de todos los elementos que lo integran, los más importantes son la temperatura y la humedad, ya que dependen de ellos para su desarrollo (Heinrich, 1977 y Delgado, 1995). Los regímenes climáticos influyen en la distribución de las especies a través de sus umbrales fisiológicos de tolerancia a la temperatura y precipitación, relacionados con su fenología y fisiología (Kleidon y Money, 2000). Las plantas adaptadas a un régimen climático particular, con frecuencia tienen morfologías similares a ciertos tipos de formas de crecimiento (tomado de Trejo, 1999). La cantidad y distribución de la lluvia a lo largo del año es un factor decisivo en la selección de las especies que conforman los tipos de vegetación (Soto *et al.*, 1991). Es así que, en el caso de la Familia Cactaceae, existe una correspondencia entre la temperatura y la humedad, con los tipos de vegetación en los cuales se encuentran las especies y sus adaptaciones. Lo cual, puede explicar porque aunque se han diversificado en regiones tropicales, subtropicales, templadas y frías o boreales, la mayoría se distribuye en las regiones áridas y semiáridas.

El análisis de las variables climáticas ayuda a entender por qué una especie crece en un determinado sitio y no en otro (Lindenmayer *et al.*, 1991), así como, las diferencias en el dominio climático (Fischer *et al.*, 2001). Por consiguiente, se distinguen grupos climáticamente similares, así como patrones espaciotemporales (Galleani y Fellipini, 1985; Jones y Bunce, 1985), y se determina cuáles indicadores climáticos influyen en la distribución de las especies (Box 1981; Looman, 1983; Sowell, 1985; Stephenson, 1990). Las especies que integran el género *Stenocereus* son los principales componentes de la selva baja caducifolia y matorral xerófilo. En particular, para *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* la temperatura desempeña un papel importante en su establecimiento, sus dominios bioclimáticos son semejantes en un el intervalo térmico de 5 a 36°C. Sin embargo, la precipitación anual mínima requerida para cada especie, sí es distinta, 420 mm para *Stenocereus pruinosus* y 370 mm para *S. stellatus*, en donde para esta última, la importancia de la precipitación en la época seca reitera su adaptación al medio en relación con la aridez, ya que se reduce el daño por déficit hídrico, lo que le permite tener un área de distribución más amplia.

Las diferencias en el área de distribución indican que *Stenocereus pruinosus* se presenta a una altitud mínima de 880 m, sobre depósitos aluviales y roca volcánica, principalmente cultivada, mientras que *S. stellatus* se distribuye a una altitud mínima de 990 m, sobre sustrato sedimentario, metamórfico y volcánico, principalmente en matorral xerófilo. La extensión del área de distribución geográfica depende de su tipo de reproducción, facilidad de dispersión y agentes polinizadores, condiciones ecológicas y barreras geográficas (Berovides y Sánchez, 1995); muestra deformaciones que obedecen generalmente a factores ambientales. Se alargan siguiendo los hábitats preferenciales y se detienen frente a barreras climáticas, topográficas, edáficas y, raramente, biológicas (Monjeau *et al.*, 1998); en donde, tales elementos no actúan de forma aislada, sino que, a menudo, unos tienen influencia sobre la actividad de otros, no siendo raro que ejerzan entre sí acciones complementarias e incluso antagónicas. Las diferencias en la extensión del área de distribución de estas especies, así como su abundancia o rareza también puede ser consecuencia de eventos naturales de disturbio, cambios azarosos en la tasa de mortalidad y natalidad, cambios en la calidad del hábitat, depredación endogámica, deriva génica y actividades antropogénicas (Esparza, 2004).

Específicamente los factores ambientales determinan factores limitantes para la distribución de las especies (Billings, 1974). A menudo, no existe un factor limitante sino un conjunto de ellos, interrelacionados. La mayor parte de factores ambientales que afectan a un organismo lo hacen a lo largo de un gradiente, y la tolerancia respecto al mismo varía poco de un individuo a otro y más ampliamente de una especie a otra (Simmons, 1982). Para *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* estos factores limitantes son las temperaturas inferiores a 5°C relacionadas con altitudes superiores a 2 100 m, así como precipitaciones superiores a 800 mm asociada a altitudes inferiores a 800 m., principalmente en sitios donde el relieve susceptible a pequeñas inundaciones y puede ocasionar daños en la raíz y tallo por exceso de humedad.

Cabe señalar que, el área de distribución de una especie puede caracterizarse en términos de su tamaño, ubicación geográfica y continuidad (Espinosa y Llorente, 1993). La continuidad o discontinuidad, en general, es un efecto de la escala de estudio. Así, al hacer un acercamiento en la escala de trabajo, el área de distribución consistirá de un conjunto de parches debidos a la heterogeneidad del ambiente (Espinosa *et al.*, 2001). Las especies *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* presentan diferentes escalas en cuanto a diferencia de distribución. La distribución a escala local está dominada por el concepto

de hábitat, es decir, la concentración a pequeña escala de microclimas, disponibilidad de humedad, condiciones del suelo, pendiente y factores semejantes que determinan el lugar exacto de distribución y, es, evidentemente la unidad básica a partir de la cual se construyen todas las demás distribuciones. Para posteriores estudios se sugiere analizar la influencia de la geomorfología, la cual no fue considerada y podría desempeñar un papel decisivo en la distribución geográfica de las especies, así como, un análisis edáfico que incluya contenido de nutrientes, pH, materia orgánica, etc., en general, un análisis edáfico reciente y confiable.

10.3. Predicción de la distribución potencial

Los modelos de distribución potencial presentados, definen el intervalo ambiental en el que pueden estar presentes las especies de acuerdo con la interacción de las características topográficas, geológicas, edáficas y climáticas analizadas. Dada la importancia de la temperatura en su establecimiento, se tiene que en complemento con el dominio biclimático y el modelo de distribución potencial determinados por Téllez *et al.*, (2004) para Zapotitlán Salinas, en toda la región la temperatura máxima del mes más cálido se amplía, de 27 a 36°C para *Stenocereus pruinosus* y de 28 a 36°C para *S. stellatus*.

En esta investigación, se eligió el método de interpolación espacial *Kriging* debido que asocia el término de Mejor Predictor Lineal Insesgado (MPLI) y es el más adecuado, en el sentido de que minimiza la varianza del error en la predicción. Además, el método se apoya en la geoestadística para modelar datos espaciotemporales, con la finalidad de estimar la dependencia geográfica que existe entre los valores a interpolar (valor Z); permitió conocer el valor en un punto dado donde no se tiene información, lo cual se logra por la autocorrección espacial de la variable a interpolar; basado en los variogramas como representación esquemática (Nozica *et al.*, 1997; Bosque, 2000). En la naturaleza, esto suele cumplirse y, además, las variables naturales generalmente se distribuyen de una forma continua (Goovaerts, 1997; Cañada, 2004). Aunque, no es posible determinar cuánto sobreestiman estos modelos; solamente con trabajo de campo más exhaustivo se podrá determinar qué tanto el sistema extiende más allá de sus límites reales la distribución de cada especie. En el caso de *Stenocereus pruinosus* podría presentarse una sobrestimación más alta debido a que en la actualidad raramente se le encuentra en estado silvestre. Las evidencias de cultivo en la región señalan que la especie ha

ampliado su distribución por factores culturales. Mientras que, el modelo de distribución potencial de *S. stellatus* coincide con lo observado en campo.

Con relación a esto, se debe tomar en cuenta que todos los algoritmos usados para modelar la distribución potencial, involucran errores de omisión (no consideran el espacio que la especie debería estar ocupando) y de comisión (consideran un espacio que en realidad la especie no ocupa o no debe ocupar) (Peterson y Vieglais, 2001; Anderson *et al.*, 2003). Para posteriores estudios, se sugiere discriminar entre las verdaderas ausencias y la falta de información; en otras palabras, tener la certeza de que la especie no está presente en las unidades espaciales que se consideran como ausencias. No obstante, como alternativa para obtener resultados más confiables, en este estudio se recurrió a las técnicas estadísticas, en particular al análisis de componentes principales, el cual, estima la distribución a partir únicamente de la información sobre la presencia, en donde se trata de identificar los rangos de determinadas variables ambientales en los que se encuentra la especie, comparando su distribución con una distribución al azar (Lobo y Horta, 2003; Guisan y Zimmermann, 2000).

Además, es conveniente señalar que la mayoría de los modelos predictivos utilizan información principalmente de condiciones ambientales (Peterson & Robins 2003; Parra *et al.*, 2004), ignoran la importancia de procesos biológicos como competencia, depredación y mutualismo. Desafortunadamente, la influencia de tales interacciones en la distribución de la mayoría de las especies es desconocida (Kasuya *et al.*, 2006). La ecología de las cactáceas columnares implica evaluar la competencia intraespecífica e interespecífica, el daño ocasionado por depredadores y plagas, así como, la importancia de polinizadores y plantas nodriza, para conocer de qué manera influyen en la distribución y abundancia de las especies.

10.3. El factor antrópico en la distribución de las especies

La distribución geográfica como los patrones de distribución están determinados por un conjunto de factores abióticos como bióticos, entre los cuales se incluye el factor antrópico (Simmons, 1982). La biogeografía de corte antropocéntrico da un nuevo sentido a la distribución de las especies, y modifica el conocimiento y la percepción de la vegetación (Guerra, 2001). En este trabajo se expone la necesidad de integrar la acción humana en el estudio del paisaje vegetal. En la Mixteca Poblana las poblaciones

humanas han modificado la distribución geográfica de *Stenocereus pruinosus*, en donde es posible observarla cultivada principalmente en huertos comerciales y familiares, debido a la demanda del fruto. Mientras que *S. stellatus* es una especie con amplia distribución natural en el área, a partir de la cual, se recolecta, se maneja *in situ* y se cultiva en huerto familiar sobre el comercial.

Sin la influencia del hombre, *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* estarían distribuidas sin uniformidad, como consecuencia de su tipo de reproducción, facilidad de dispersión, condiciones ecológicas y barreras geográficas necesarias, pero la alteración de los ecosistemas ha sido muy grande, ha ocasionado que el ambiente local experimente cambios considerables su distribución geográfica. De acuerdo con Simmons (1982), la recolección de plantas silvestres constituye una selección diferencial a favor de las plantas menos frágiles (y que por consiguiente se recolectan con mayor facilidad). La movilidad humana sobre un territorio tiene consecuencias ecológicas; permite estar en contacto con una gran variedad de microambientes, y utilizar diversos alimentos estacionales. El cultivo asegura que las plantas no frágiles sean seleccionadas para ser plantadas, dada su facilidad de recolección. La domesticación y el cultivo, implica un cambio en la relación que existía entre el hombre y su ambiente

Para *Stenocereus pruinosus*, posiblemente la movilidad humana sobre el territorio trajo consecuencias ecológicas, si en algún momento la distribución de esta especie fue más amplia en la región, el cambio de uso de suelo y la preferencia por otros cultivos alteró su establecimiento en los ecosistemas locales, experimentando una reducción en su distribución natural. En contraste, también es posible hipotetizar que debido a que su distribución actual es restringida, con el paso del tiempo ha experimentado cambios favorables a partir del aprovechamiento. Luna (1993), indica que las poblaciones de ambas especies asociadas a evidencias de antiguas poblaciones humanas, constituyen remanentes de huertos de gran antigüedad y un posible origen de la agricultura en esas condiciones. Existiendo la probabilidad, de que los huertos prehispánicos inicialmente se formaran por la remoción de algunas plantas indeseables para permitir el mejor crecimiento de las deseadas, es decir, un mejor manejo agroforestal inicial, y con el tiempo se formaron huertos más especializados y con plantas seleccionadas. Aunque estas hipótesis requieren de métodos más precisos (experimentos ecológicos, fechamientos arqueológicos, marcadores moleculares) para confrontarse. Según lo observado en campo, aún es frecuente la presencia de huertos antiguos en la región, principalmente en Xayacatlán de Bravo e Ixcaquixtla, los cuales, siguen siendo

aprovechados por los habitantes y no han sido sustituidos por otras actividades económicas.

La interacción y las fluctuaciones de los grupos étnicos del área han permitido un intercambio cultural en torno al uso de la pitaya. Diversas pudieron haber sido las rutas en el intercambio de conocimientos en torno al aprovechamiento de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*, en donde, mixtecos, nahuas, popolacas, ixcatecos, chochos y cuicatecos, asignaron distintos valores de uso, como consecuencia de la invasión y ocupación del territorio para adaptarse al medio. Hernández-Xolocotzi (1971), indica que dicha adaptación, condiciona el aprovechamiento de los recursos, si bien, no siempre la vegetación de una región es utilizada por el grupo humano que la habita, debido a las causas que determinan la distribución de los recursos naturales y a la dificultad o imposibilidad de acceso a ellos, así como, al establecimiento de las consecuencias a que dan lugar (migraciones individuales o de grupo, métodos de obtención y rituales relacionados con su obtención). A partir de la investigación documental realizada, es posible hipotetizar, que el hecho de que la región Mixteca se consolidó en territorio oaxaqueño, permitió un intercambio entre mixtecos, cuicatecos habitantes del noroeste de Oaxaca y chochos presentes en la Mixteca Alta Oaxaqueña, para posteriormente transmitirlo a los mixtecos, nahuas y popolacas del territorio poblano, aunque, la ruta pudo haber sido inversa tomado en cuenta que los mixtecos llegaron procedentes de Cholula. Tampoco se descarta la idea de que cada grupo étnico las utilizara de manera independiente. La Mixteca Poblana y Oaxaqueña han sido dos regiones pitayeras donde se han acumulado una gran cantidad de conocimientos en torno a estas especies, a través de miles de años.

De la acción humana ejercida sobre las especies y su influencia en la distribución, se tiene que para *Stenocereus pruinosus* es mayor en comparación con *S. stellatus*, pues la primera ha estado sujeta a mayores presiones de selección, dada su mayor demanda en el mercado regional y nacional. Lo observado en la Mixteca Poblana, muestra que *Stenocereus pruinosus* presenta una distribución actual debida a factores culturales, principalmente, cultivada, en sitios perturbados por agricultura, pastoreo o ramoneo y fomentada. En el caso de *S. stellatus*, las modificaciones a la distribución geográfica han sido menores; debido a su amplia distribución natural en la zona en estudio, se reconoce la recolección y el manejo *in situ*, así como el cultivo, también en áreas perturbadas o milpas, fomentada y tolerada como cerca viva.

Luna (1993), menciona que la extensión e intensificación del aprovechamiento de ambas especies, y con ello, las modificaciones en su distribución geográfica, han dependido de su conocimiento biológico, autoecología, tecnología tradicional aplicada, así como de condiciones de mercado favorables y, dentro de éstos, el conocimiento existente como recursos fitogenéticos, de manejo y grado de domesticación. La intensidad con que los pobladores en el área se relacionan y aprovechan estas cactáceas es gradual, de acuerdo con la cultura, el ambiente ecológico y el tiempo, variando desde la recolecta en ambientes silvestres o poco perturbados, hasta el cultivo y la domesticación de hábitats transformados por la tecnología agrícola, pasando por distintos grados de transformación del ambiente, del hombre y de las propias plantas. De aquí se reconoce que *Stenocereus pruinosus* es una especie con una distribución más amplia en Oaxaca, en donde el conocimiento tradicional posiblemente ha permitido se extienda en la parte oeste y sur de la Mixteca Poblana. Mientras que la amplia distribución de *S. stellatus* en esta última, reitera la importancia de las poblaciones silvestres y cultivadas para las comunidades del Valle de Tehuacán, en donde también se tiene antecedentes de una interacción cultural que ha permitido su aprovechamiento. Un estudio biogeográfico cultural más detallado puede incluir los sitios de producción presentes en los municipios señalados por Luna (2002) y Flores *et al.*, (2003), para conocer si los resultados de la interacción hombre-ambiente cambia la distribución de estas especies, es decir, si se amplía o se reduce con el paso del tiempo.

10.4. Zonas con potencial agroecológico

El uso que se le da a un área de terreno dentro de una economía de mercado libre, en gran medida está determinado por su capacidad para crear beneficios económicos. Además, los sistemas de valores y las percepciones ambientales también ejercen influencia en la ubicación de los diferentes tipos de actividad económica (McCarty y Lindberg, 1991). En otras palabras, la elección y el manejo de los cultivos depende de las condiciones del mercado y de las características agroecológicas (Ravelo y Planchuelo, 2003). En la actualidad la demanda de pitayas ha crecido considerablemente, y la Mixteca Poblana es una región que cumple con las características agroecológicas necesarias para su cultivo, además de tener conocimientos milenarios entorno al aprovechamiento, que permitirían conservar e implementar el monocultivo y el manejo tradicional comercial.

En la zonificación agroecológica de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*, se adaptó la metodología propuesta por FAO (1978), a las condiciones de la región. La base biofísica fue la estimación de la distribución potencial, que reitera la importancia de la altitud, la temperatura y la precipitación en la distribución geográfica de las especies. La presencia de heladas fue la principal variable sobre la cual se delimitaron las áreas potencialmente productivas, ya que en la época de crecimiento vegetativo o desarrollo floral puede llegar a reducir y eliminar la producción (Gibson y Nobel, 1986; Mercado y Granados, 1999; Ramírez, 2007). En cuanto a olas frío, en el territorio la temperatura no disminuye de manera que pueda llegar a ocasionar daños en los cultivos. En complemento, el diagnóstico ambiental permitió identificar los principales problemas de la tierra para uso agrícola, por lo cual, la zonificación incluye un análisis multicriterio que implica la selección de áreas potenciales productivas por nivel de aptitud; las zonas prioritarias son aquéllas que carecen de potencial agroecológico tradicional de temporal y de riego, así como riesgo de erosión alto, fragilidad alta y baja calidad visual del paisaje.

Es así que los niveles de aptitud para el cultivo de estos pitayos, en general se consideran muy altos, a excepción de las áreas que presentan heladas, el territorio cuenta con potencial de producción considerable, la selección de los sitios apropiados dependen del uso y la tenencia de la tierra, así como de la importancia por sustentar programas de restauración ecológica, reforestación y establecimiento de plantaciones para la recuperación de suelos. Las unidades de suelo y los climas donde se distribuyen las especies cubren ampliamente la región, lo que permitiría ampliar aún más las zonas potencialmente productivas, ya que las especies han demostrado poder adaptarse a sustratos de origen metamórfico e ígneo, incluso sedimentario.

Para *Stenocereus pruinosus* se tiene que las áreas con potencial muy alto se encuentran en zonas donde la temperatura mínima es de 9°C, mientras que los siguientes niveles incluyen presencia de heladas. Con relación a este descenso de temperatura, la altitud incrementa de 1 750 a 2 400 m por lo cual también es importante en la selección de terrenos de cultivo. La especie *S. stellatus* presentó mayor nivel de aptitud agroecológica, debido a su adaptación a las condiciones biofísicas de la Mixteca Poblana, en donde gran parte del territorio presenta potencial. Al igual que para la primera especie, la temperatura mínima considerada fue de 9°C, aunque la altitud máxima para su cultivo fue de 2 100 m sin registro de heladas.

Por otra parte, al igual que en las áreas de distribución la delimitación de zonas potenciales de producción se puede caracterizar en términos de continuidad o discontinuidad del territorio. Al hacer un acercamiento en la escala de trabajo, las zonas con aptitud consisten en un conjunto de parches debidos a la heterogeneidad del ambiente. En la zonificación a escala local se recomienda tomar en cuenta la topografía, la pendiente, las condiciones del suelo, el microclima, la disponibilidad de humedad y demás características que implican la selección del lugar exacto para el cultivo adecuado. Por ello, se reitera la importancia de algunos requerimientos agroecológicos señalados por diversos autores (Espejel y Granados, 1995; Luna y Aguirre, 2001; Vicente, 2004; Rosales, 2006; Ramírez, 2007).

En la zonificación a escala local el cultivo de *Stenocereus pruinosus* se sugiere llevarlo a cabo de 1 500 a 1 750 m de altitud, ya que a partir de los 1 900 m el fruto es de menor sabor, y es más tardío su desarrollo y maduración; y para *S. stellatus* principalmente por debajo de los 1 500 m, aunque el modelo de zonificación incluye un límite altitudinal de 2 100 m sin presencia de heladas. La orientación del terreno no fue una variable importante en la distribución de las especies, sin embargo, para el cultivo se recomienda sur y suroeste para climas fríos y norte, noreste y noroeste para climas cálidos. La pendiente no se analizó y no está incluida en la zonificación, ya que se tomó en cuenta que pueden cultivarse de $< 1^\circ$ hasta pendientes ligeras a medianamente inclinadas de $10 - 15^\circ$ y se le ha encontrado de $20 - 30^\circ$ en huertos familiares, aunque es conveniente no realizar rastreo o barbecho para evitar erosión en inclinaciones $> 15^\circ$. La topografía es otro factor que puede considerarse en la planeación de estos cultivos, principalmente sobre barrancas, represas o terrazas, laderas, piedemonte y planicies.

En cuanto a las propiedades de los suelos se recomiendan someros, arenosos y pedregosos, de textura franca y francoarenosa, con porcentajes de limo y arcilla menores del 15% y sin partículas mayores a 2 mm, con buen drenaje interno y superficial e inclusive originados de gravilla o de roca tipo laja si se abona, con un pH de 5.5 a 8.2 con un óptimo de 6.5 a 7.5. También, se pueden llevar a cabo riegos de auxilio o practicar metodologías de captación de agua de lluvia al máximo, sobre todo durante el periodo de desarrollo y producción. La necesidad de agua anual complementaria al régimen de lluvias es poco y depende de la cantidad recibida por la planta durante el año anterior, pero ésta no suele ser superior a 100 litros por planta. Es así, que puede establecerse un monocultivo piloto para cuantificar el efecto de estas variables sobre el rendimiento productivo a escala local.

Para ambas especies, el potencial de producción es alto, aunque es más amplio para *S. stellatus*, mientras que, las áreas sin potencial de producción coinciden con aquellas donde no se distribuye potencialmente. Los municipios que podría ser beneficiados al implementar estos monocultivos son 27 para *Stenocereus pruinosus* y 43 para *S. stellatus*.

Finalmente, el ordenamiento regional de las tierras depende de decisiones a nivel político a partir de datos económicos y sociales. Generalmente, escapa a los del medio físico; aunque ofrecer elementos que favorecen tales decisiones, pues integran cada vez en mayor medida las características del medio físico. Al no estar situados en los niveles de decisión, los mapas de zonificación agroecológica antes presentados, son propuestas de áreas de cultivo. Además, existe la posibilidad de que al no disponer de más registros, principalmente, en aquéllos municipios registrados por otros autores, se amplíen los parámetros ambientales y, con ello, la distribución potencial y las zonas agroecológicas, lo que incrementa el potencial de producción del recurso pitaya.

11. CONCLUSIONES

- La Mixteca Poblana es una región que en su mayor parte carece de aptitud para el desarrollo de cultivos tradicionales de temporal y de riego; el índice de calidad/fertilidad de suelos es de bajo a medio, además, la apertura de pastizales y áreas para la agricultura han contribuido a incrementar el agotamiento y la erosión, en complemento, algunas áreas del territorio son afectadas por heladas de -6 a 0°C y días con granizo. En general, los cambios en el uso del suelo han contribuido a que el territorio presente fragilidad visual muy alta, lo que incrementa una disminución en su calidad visual.
- De acuerdo con el análisis de componentes principales, la distribución geográfica de *Stenocereus pruinosus* está regulada por las temperaturas máximas y mínimas, sin embargo, las poblaciones humanas han modificado ampliamente su distribución debido a factores culturales; sólo se le encuentra en estado silvestre en sitios de difícil acceso y se cultiva principalmente en huerto comercial debido a la demanda que presenta, en menor proporción en huertos familiares y antiguos, en sitios perturbados por agricultura, pastoreo o ramoneo y fomentada.
- La distribución geográfica de *S. stellatus* es más amplia en la región, de las quince variables ambientales analizadas está regulada por las temperaturas máximas y mínimas, la altitud y la precipitación en la época seca. Las modificaciones a su distribución han sido menores, presentándose la recolección en estado silvestre y el manejo *in situ*; el cultivo predomina en huerto familiar con respecto al comercial, en menor proporción en huertos antiguos, áreas perturbadas o milpas, fomentada y tolerada como cerca viva.
- Las diferencias en el área de distribución indican que *Stenocereus pruinosus* se presenta a una altitud mínima de 880 m, sobre depósitos aluviales y roca volcánica, en un intervalo térmico de 5 a 36°C, precipitación anual mínima de 420 mm y principalmente cultivada, mientras que *S. stellatus* se distribuye a una altitud mínima de 990 m, sobre sustrato sedimentario, metamórfico y volcánico, en un intervalo térmico de 5 a 36°C, precipitación anual mínima de 370 mm y principalmente en matorral xerófilo.
- Según lo observado en campo, el modelo de distribución potencial de *Stenocereus pruinosus* podría presentar una sobrestimación más alta debido a que en la actualidad

raramente se le encuentra en estado silvestre, mientras que el modelo de distribución potencial de *S. stellatus* coincide con su amplia distribución en la zona. No obstante, existe la posibilidad de que los parámetros ambientales en los cuales se distribuyen naturalmente las especies sean más amplios, con lo cual, la distribución potencial y las áreas con potencial de producción también se amplían.

- Las zonas agroecológicas con aptitud muy alta no presentan heladas y granizadas, debido a la poca tolerancia de estas especies a las temperaturas mínimas, son aquellas que presentan alto riesgo de erosión y fragilidad visual, baja calidad del paisaje y carecen de potencial agroecológico. Para ambas especies, el potencial de producción es muy alto y alto, aunque es más amplio para *S. stellatus*. De un total de 46 municipios, 27 para *Stenocereus pruinosus* y 43 para *S. stellatus* presentan áreas con potencial de producción en los distintos niveles de aptitud.
- El cultivo de estas pitayas es una alternativa económica para la región, pueden sustituir a los cultivos tradicionales de temporal y de riego que no han sido rentables por carecer de las condiciones agroecológicas y de manejo por parte de los productores, así como, aprovechar los terrenos no aptos para este tipo de agricultura, lo cual convierte al cultivo de pitayas como una opción de reforestación y recuperación de suelos. Además, son un recurso alimenticio importante por la gran cantidad de hidratos de carbono en sus frutos.
- De esta manera se tiene que el análisis de los factores biofísicos y culturales que influyen en la distribución de estas cactáceas, permitió estimar su distribución potencial y modelar una zonificación agroecológica apropiada para su cultivo. *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* son especies nativas que tienen mayores probabilidades de aprovechar eficientemente los recursos disponibles en la región, y así incrementar el rendimiento de cultivo.

12. REFERENCIAS

- Alba-López, M. P., M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial y M. A. Castillo. 2003. *Determinantes de la distribución de Pinus spp. en la Altiplanicie Central de Chiapas, México*. Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana. 73:7-15.
- Allende, J. 1996. *El desarrollo sostenible desde la ordenación del territorio*. I Seminario Interdisciplinario sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental. 13 pp.
- Anderson, E. 2001. *The cactus family*. Timber press, Inc.
- Anderson, R. P., D. Lew y A. T. Peterson. 2003. *Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models*. Ecological Modelling 162: 211-232.
- Armella, M. y L. Yáñez. 1997. *Recursos naturales alternativos y la conservación de la Biodiversidad*. En: Toledo-Ocampo. Lecciones de America Latina. pp. 205-212. SEMARNAP-UAM. México.
- Armella, M., L. Yáñez, R. Ramírez, S. Soriano, M. González y L. Sánchez. 2000. *Estudio integral de dos productos alternativos de la Mixteca Oaxaqueña*. Memorias del II simposium Internacional sobre la utilización de la flora silvestre de zonas áridas. 29 y 30 de Noviembre y 1 de Diciembre. Universidad de Sonora, Hermosillo Sonora.
- Arreola, H. 2005. *Sistemática del Género Stenocereus (A. Berger) Riccob.* Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Posgraduados.
- Arias, A., M. Valverde y J. Reyes. 2001. *Las plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla*. INE-SEMARNAT-UNAM. 72 p.
- Arizmendi, M., Berlanga, H., Márquez- Valdemar, L., Navarrijo, L. y Ornelas, F. 1990. *Avifauna de la región de Chamela, Jalisco, México*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Cuaderno del Instituto de Biología 4. México D. F.
- Arizmendi, M. C. y Márquez V. 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. CONABIO, México, D.F.
- Barrios, M. 2000. *ALAI, América Latina en Movimiento. El Calzón de Manta y los Levi's: Los indios detrás de las transnacionales*. Mimeo.
- Berovides, A. V. y M. A. Sánchez, 1995. *Biología evolutiva*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. pp. 298-302.
- Billings, W.D. 1974. *Adaptations and origins of alpine plants*. Arct. Alp. Res. 6: 129-142.
- Bravo, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 743 p.
- Bocco, G., A. Priego y H. Cotler. 2005. *La geografía física y el ordenamiento ecológico del territorio. Experiencias en México*. Gaceta ecológica, INE. México. 76: 23-34
- Bosque, S. J. 2000. *Sistemas de Información Geográfica*. Tercera ed. Ed. Rialp. 452 p.

- Box E. O. 1981. *Predicting physiognomic vegetation types with climate variables*. Vegetatio. 45: 127–139.
- Burges, M. y R. Webster. 1980. *Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I. The semivariogram and punctual kriging*. Journal of Soil Science 31:315-331.
- Cabrera, A. y A. Willink. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Monografía de la OEA, Serie Biología. Núm. 13. Washington, D.C.
- Cañada, M. 2004. *Aplicación de la geoestadística al estudio de la variabilidad espacial del ozono en los veranos de la comunidad de Madrid*. En: García C., D. Liaño, F. Arróyabe, P. Garmendia y D. Rasilla (eds.), El clima entre el mar y la montaña. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, n° 4, Santander.
- Carpenter, G., A. N. Gillison y J. Winter. 1993. *DOMAIN: a flexible modelling procedyre for mapping potencial distributions of plants and animals*. Biodiversity and Conservation 2: 667-680.
- Casas, A. y T. Reyna. 1991. *Serpientes de importancia en salud pública en "Herpetofauna (anfibios y reptiles)"*. IV.8.6. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:8 000 000. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.
- Casas, A. y A. Valiente-Banuet. 1995. *Etnias, recursos genéticos y desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas de México*. IV Curso sobre desertificación y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe, del 21 de agosto al 15 de septiembre de 1995, Montecillo, México. PNUMA, FAO, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Chapingo. pp 37-66.
- Casas, A., B. Pickersgill, J. Caballero y A. Valiente-Banuet. 1997. *Ethnobotany and domestication in xoconochtlí, Stenocereus stellatus (Cactaceae), in the Tehuacan Valley and la Mixteca Baja, México*. Economic Botany 51(3):279-292.
- Casas, A., J. Caballero y A. Valiente-Banuet. 1999. *Use, management and domestication of columnar cacti in south-central México: a historic perspective*. Journal of Ethnobiology 19(1):71-95.
- Casas, A. 2002. *Uso y manejo de cactáceas columnares mesoamericanas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. Enero – marzo, XLVII(47): 11-18.
- Casas, A., A. Valiente-Banuet & J. Caballero. 2002. *Evolutionary trends in Columnar Cacti under domestication in South-Central México*. pp. 137-163. En: T. H. Floming & A. Valiente Banuet (eds.) Columnar Cacti and their mutualists. Evolution, Ecology and Conservation. The University of Arizona Press. Tucson.
- Casas, A. 2005. *El manejo tradicional de una especie puede incrementar la diversidad biológica: el caso del xoconochtlí*. Biodiversitas, CONABIO. 10(60): 2-6.
- Centro Nacional de Prevención del Desastre (CENAPRED). 1994 *Atlas Nacional de Riesgos*.
- Centro Nacional de Prevención del Desastre (CENAPRED). 2001. *Diagnóstico de Peligros e Identificación*.

- Cervantes, J. 1979. *Reseña general sobre la investigación sistemática del medio natural*. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 9:1-3.
- Cervantes, R. M. 2002. *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México*. Temas Selectos de Geografía de México. I. Textos Monográficos: 5. Economía. Instituto de Geografía, UNAM. 155 p.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. CONABIO, Instituto de Biología – UNAM y Agrupación Sierra Madre, A.C., México, D.F. 847 p.
- Chapman, D. y J. Busby, 1994. *Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate modeling and environmental monitoring*. In: R. I. Miller (ed.) Mapping the diversity of nature. Chapman & Hall, London, pp. 179-195.
- Comisión Nacional del Agua. 2004. *Estadísticas del agua en México*. México. 141 p.
- Centro Nacional de Desarrollo Municipal (CNDM). 1999. *La Enciclopedia de los Municipios de México*. Gobierno del estado de Puebla.
- Coll-Hurtado, A. 2000. *México: una visión geográfica*. Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía, UNAM. 137 pp.
- Colegio de Posgraduados (COLPOS). 1991. *Manual de suelos*. Chapingo, México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, (CONABIO) (2004). "*Lenguas indígenas a nivel municipal, 2002*". Datos extraídos de Serrano C., E., Embriz O., A. y Fernández H., P. (coord.). "Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México, 2002". INI, PNUD y CONAPO. Primera edición. México, D.F. Escala 1:250 000.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2007. *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Proyecto G003*.
- Comisión Nacional de la Población (CONAPO). 2000. *Migración, Índice de intensidad migratoria estatal*. México, D.F.
- Corcuera, P. 2006. Aves. En: R. López-Wilchis y T. Reyna Trujillo (Comps.). Vertebrados de México. pp. 45-56. UAM-UNAM. México, D.F.
- Cruz, H. J. 1985. *Caracterización del fruto en cuatro tipos de pitaya (Stenocereus stellatus Riccobono)*. Tesis de Maestría Universidad Autónoma Chapingo, México. 89 p.
- Dahlgren, B. 1990. *La Mixteca: su cultura e historia prehispánicas*. UNAM. México. 350 pp.
- Delgado, O. 1995. *Biogeografía natural y cultural de México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 171 p.
- De Fina, A. y C. Ravelo. 1973. *Climatología y fenología agrícola*. Ed. Universitaria de Buenos Aires, Argentina.
- Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder y G. Fedec, 1995. *Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe*. Banco Mundial y Fondo Mundial para la Naturaleza. Washington, D.C.

- Echeverría, C., B. Molinero, A. Serra y C. Peña. 1996. *Evaluación de recursos naturales con geoestadística y Kriging*. IV Jornadas Cuidemos Nuestro Mundo (CNM) para contribuir a la implementación de un modelo ambiental para San Luis. 31-40.
- Elhai, H. 1968. *Biogeographie*. Editorial Librairie Armand Colin, Paris. 406 p.
- Escalante, P., Navarro, A.G. Peterson, A. T. 1998. *Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México*. En: Ramamoorthy T.P., Bye R. Lot A. Fa J (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. UNAM. D.F. pp. 279-304.
- Esparza, L. 2004. *¿Qué sabemos de la rareza en especies vegetales? Un enfoque genético-demográfico*. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 75:17-32
- Espejel, C. y D. Granados. 1995. *Los huertos familiares como sistemas agroforestales en la comunidad de San Juan Epatlán, Puebla*. Revista Chapingo (México). Serie: Ciencias Forestales. 1(1) 91-95
- Espinosa, D. y J. Llorente. 1993. *Fundamentos de biogeografía filogenética*. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 133 p.
- Espinosa, O. D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. *Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica*. En: Llorente B. J. *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teoría, conceptos, métodos y aplicaciones*. México. UNAM. Ed. Prensas de ciencias. 277 p.
- Ezcurra, E. 1997. *Patrones biogeográficos de las cactáceas columnares de México*. Instituto de Ecología, Campus Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Proyecto G003.
- FAO-UNESCO. 1974. *Soil Map of the World*. 1: 5, 000, 000. Volume 1: Legend. United Nations Education. Scientific and Cultural Organization (UNESCO). París.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1978), "Report on the Agroecological zones project. Methodology and results for Africa", *World soils resources*, Report 48. Roma, Italia.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1996), "Zonificación agroecológica. Guía general", Boletín de suelos, núm. 73, Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Roma, Italia.
- Fernández, R. 1994. *La vegetación*. Revista Geografía de la Rioja. Vol. 1 Geografía Física: 165-190.
- Fisher, J., B. Lindenmayer, A. Nix, L. Stein and A. Stein. 2001. *Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial Trichosurus caninus*. Journal of Biogeography 28 (3): 293-304.
- Flores-Villela, O. 1993a. *Herpetofauna Mexicana: Lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México, cambios taxonómicos recientes y nuevas especies*. Carnegie Museum of Natural History Special Publication N° 17. Pittsburg. EUA.

- Flores-Villela, O. 1993b. *Herpetofauna of México: distribution and endemism*. In: Biological Diversity) of Mexico: Origin and Distribution: 253-280 (T. P. Ramamoorthy R. Bye. A. Lot & J. Fa. Eds.) Oxford Univ. Press, New York.
- Flores-González, S. 2000. *Nuevos paradigmas del desarrollo regional en México*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 266 p.
- Flores, C., J. Corrales, M. Gómez, M. Meráz, A. Rodríguez y R. Schwentesius. 2003. *Pitayas y pitahayas. Producción, poscosecha, industrialización y comercialización*. Universidad Autónoma Chapingo, México. 173 p.
- Fuentes, L. 1971. *Regiones naturales del estado de Puebla*. Tesis Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y letras, UNAM. 209 p.
- Fuentes, L. 1995. *El proceso migratorio como factor de subsistencia en la Mixteca Poblana*. Mimeo-El Colegio de Puebla.
- Galliani, G. y Fellipini, F. 1985. *Climatic clusters in a small area*. J. Climatol. 5: 487-501.
- Games, A. *Los popolacas de Puebla*. 2003. En: Masferrer Kan, Elio. Etnografía del Estado de Puebla. Secretaria de Cultura del Gobierno. Puebla, México. 229 p.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, adaptado a las condiciones de la Republica Mexicana*, Offset Larios, 3ª edición. México. 217 p.
- García-Vázquez, U., L. Canseco-Márquez, J. Aguilar-López, C. Hernández-Jiménez, J. Maceda-Cruz, M. Gutiérrez-Mayén y E. Melgarejo-Vélez. 2000. *Análisis de la distribución de la herpetofauna en la Región Mixteca de Puebla, México*. Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad, Sociedad Herpetológica Mexicana.
- Gibson, A. C., and P. S. Nobel. 1986. *The cactus primer*. Cambridge, Mass: Harvard University. 286 p.
- Guisan, A. and E. Zimmermann. 2000. *Predictive habitat distribution models in ecology*. Ecological Modelling 135: 147-186.
- Gobierno del Estado de Puebla (GOB P) 2005a. *Plan Estatal de Desarrollo Urbano Sustentable (PDE). 2005-2011*.
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/PUEBLA/Planes/PUEPLAN01.pdf>
- Gobierno del Estado de Puebla (GOB P). 2005b. *Programa Estatal para la incorporación de los asentamientos humanos irregulares al Desarrollo Regional Sustentable 2005-2011*.
- Godínez, H. 1998. *Los desiertos mexicanos. Sus características e importancia*. Ciencia y Desarrollo. Noviembre-Diciembre. (143)17-22.
- Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford Univ. Press, New York, USA.
- Granados, D., J. Mercado y G. López. 1999. *Las pitayas de México*. Ciencia y Desarrollo. Marzo-Abril. pp. 59-67.

- Granados, R., T. Reyna, J. Soria y Y. Fernández. 2004. *Aptitud agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato, México*. Investigaciones Geográficas. Boletín. núm. 54. Instituto de Geografía, UNAM, México. pp. 24-35.
- Guerra, J. 2001. *La acción humana, el paisaje vegetal y el estudio biogeográfico*. Boletín de la A. G. E. N. Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid. (31): 47-60
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. *Predictive habitat distribution models in ecology*. Ecological Modelling 135, 147-186.
- Heinrich, A. 1977. *Zonas de vegetación y clima*. Ediciones Omega, S. A., Barcelona, España, pp. 245.
- Hernández-Xolocotzi, E. 1971. *Exploración etnobotánica y su metodología*. Colegio de posgraduados-Escuela Nacional de Agricultura –SAG, Chapingo, México.
- Hernández, E. y C. Bonfil. 2007. *Distribución del género Bursera en el estado de Morelos y su relación con el clima*. Memorias del XVII Congreso Mexicano de Botánica, Zacatecas, México.
- Hernández, M. y E. García. 1997. *Condiciones climáticas de las zonas áridas de México*. Geografía y Desarrollo. (15): 5.16.
- Hirzel, H., J. Hausser, D. Chessel and N. Perrin. 2002. *Ecological-niche factor análisis: how to compute habitat suitability maps without absence data*. Ecology (83): 2027-2036.
- Ibarra, M. 2003a. *Una perspectiva desde las unidades domésticas transnacionales. El caso de Zapotitlán Salinas, Puebla*. Primer Coloquio Internacional. Migración y Desarrollo: transnacionalismo y nuevas perspectivas de integración. Zacatecas, México.
- Ibarra, M. 2003b. *Identidad regional y desarrollo local: el impacto de la migración en la Mixteca Poblana*. Informe final. Mimeo.
- INEGI. 1981. *Carta Topográfica*, 1:250,000. Cuernavaca, E 14-. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- INEGI. 1983. *Carta Edafológica*, 1:250,000. Cuernavaca, E 14-. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- INEGI. 1984a. *Carta Topográfica*, 1:250,000. Orizaba, E 14-. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- INEGI. 1984b. *Carta Edafológica*, 1:250,000. Orizaba, E 14-. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- INEGI. 1984c. *Carta de Vegetación y uso del suelo*, 1:250,000. Cuernavaca, E 14-. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- INEGI. 1987. *Carta de vegetación y uso del suelo*, 1:250,000. Orizaba, E 14-. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- INEGI. 1991. *Fruticultura*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- INEGI 2003. *Continuo de Elevaciones Mexicano*, 1: 50, 000.

- INEGI. 2005. *Puebla, XII Censo de Población y Vivienda, 2004*. México
- INEGI. 2006. *Carta municipal, geológica y potencial agroecológico*, 1:250,000. Síntesis geográfica digital de Estado de Puebla. Anexo cartográfico digital. Dirección General de Cartografía.
- Jiménez, A., V. Vargas, W. Salinas, M. Aguirre y D. Rodríguez. 2004. *Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas*. México. Investigaciones Geográficas, UNAM. México, D.F. (53): 58-74.
- Jones, H. E. y R. G. H. Bunce., 1985. *A preliminary classification of the climate of Europe from temperature and precipitation records*. J. Env. Manag. 20: 17–29.
- Juárez, M., C. Rodríguez y E. Arvisu. 1997. *La desigualdad de la población en las zonas áridas de México*. Geografía y Desarrollo. 15: 81-96.
- Kazuya, N., M. Gómez, R. López, R. Meneses & J. Vargas. 2006. *Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia*. Ecología en Bolivia, julio, 41(1):65-78
- Kleidon, A. y H. A. Money. 2000. *A global distribution of diversity inferred from climatic constrains: results from a process based modeling study*. Global Change Biology, 6: 507-515.
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. Springer. Germany
- Leff, E. 2000. *Espacio, lugar y tiempo: las condiciones culturales del desarrollo sustentable*. En: Leff, E. Saber ambiental. México, PNUMA-Siglo XXI. pp. 74-89.
- Levitt, 1980. *Responses of plants to environmental stresses*. New York: Academic, 2nd. Ed.
- Lindenmayer, B., H. Nix, J. McMahon, M. Hutchinson y M. Tanton. 1991. *The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modeling*. Journal of Biogeography (18): 371-383.
- Llamas, J. 1984. *El cultivo del pitayo en Huajuapán de León, Oax.* Memorias del Simposio sobre Aprovechamiento de las Pitayas. Oaxaca, Oax. México, UAM-Xochimilco.
- Llorente, B. J., Luna, V. I., Soberón, M. J. Y Bojorquez, T. L. 1994. *Biodiversidad, su inventario y conservación: teoría y práctica en la taxonomía alfa contemporánea*. En: Llorente B, J. (Ed.) Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teoría, conceptos, métodos y aplicaciones. México. UNAM. Ed. Prensas de ciencias. 277 pp.
- Lobo, J, y J. Horta. 2003. *Modelos predictivos: un atajo para describir la distribución de la diversidad biológica*. Ecosistemas 2003/1
(URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/investigacion3.htm>)
- Looman J. 1983. *Distribution of plant species and vegetation types in relation to climate*. Vegetatio. 54: 17–25.
- López, J. 1990. *Esplendor de la Antigua Mixteca*. 2ª Edición. Editorial Trillas. México, D.F. 148 p.
- López, R., J. Díaz y J. Flores. 2000. *Propagación vegetativa de tres especies de cactáceas: pitaya (*Stenocereus griseus*), tunillo (*Stenocereus stellatus*) y jiotilla (*Eescontria chiotilla*)*. Agrociencia. 34(3): 363-367.
- López-Wilchis, R. y T. Reyna. (Comps.). 2006. *Vertebrados de México*. UAM-UNAM. México, D.F.

- Luna, C. 1993. *Cambios en el aprovechamiento de recursos naturales de la antigua ciénega de Tlaxcala*. Cuadernos Universitarios, serie Agronomía 24, Universidad Autónoma de Chapingo, México. 190 p.
- Luna, C. 1999. *Etnobotánica de la pitaya mixteca (Pachycereae)*. Tesis doctorado, Centro de Botánica, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México. 158 p.
- Luna, C. y R. Aguirre. 2001. *Aspectos estructurales de comunidades vegetales con pitayos (Stenocereus spp.) en la Mixteca Baja y el valle de Tehuacán, México*. Revista Geográfica. 130: 115-129.
- Luna, C., R. Aguirre y C. Peña. 2001. *Cultivares tradicionales mixtecos de Stenocereus pruinosus y S. stellatus (Cactaceae)*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 72(2):131-155
- Luna, C. 2002. *La Mixteca Baja y las cactáceas columnares (Too/Tnu Dichi)*. Revista de Geografía Agrícola. 32: 25-42.
- Luna, M. 2006. *Clasificación y ordenación morfológica del fruto de variantes cultivadas de pitaya Stenocereus pruinosus (Otto) Buxb. en la Mixteca Baja, México*
- McCarty y Lundberg 1991. *Enfoques espaciales y ambientales de la ubicación económica y del uso de la tierra*. En: Butler, J. Geografía económica. Aspectos espaciales y ecológicos de la actividad económica. Noriega Limusa. México. 443 p.
- Maldonado-Koerdell 1971. *Estudios etnobiológicos. I. Definición, relaciones y métodos de la etnobiología*. En: Hernández-Xolocotzi, E. 1971. Exploración Etnobotánica y su Metodología. Colegio de posgraduados-Escuela Nacional de Agricultura –SAG, Chapingo, México.
- Meigs, 1953. *El clima*. En: Martínez, J. Desarrollo de una metodología basada en variables climáticas aplicadas a las actividades frutícolas utilizando Sistemas de Información Geográfica.
- Mercado, A.1993. *Contribución al conocimiento de pitayas en México. Tribu Pachycereae*. Tesis de Agronomía Especialidad en Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 17-30
- Mercado, A. y D. Granados. 1999. *La pitaya: biología, ecología, fisiología sistemática, etnobotánica*. Universidad Autónoma Chapingo, México. 194 p.
- Miranda, F. y E. Hernández-Xolocotzi. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*, Boletín de la Sociedad Botánica de México, 23, C.P. SARH, México.
- Miranda, E. 1996. *Aplicación de los SIG en la zonificación agro-ecológica y en el manejo de recursos naturales en Brasil*. Taller Regional sobre Aplicaciones de la Metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe
- Mondragón, J. 2003. *Los Mixtecos de Puebla*. En: Masferrer Kan, Elio. Etnografía del Estado de Puebla. Secretaria de Cultura del Gobierno. Puebla, México. 229 pp.

- Monjeau, J. A., E. C. Birney, L. Ghermandi, R. S. Sikes, L. Margutti y C. J. Phillips, 1998. *Plants, small mammals, and the hierarchical landscape of Patagonia*. *Landscape Ecol.*, 13: 285-306.
- Montoya, R., J. Padilla y S. Stanford. 2003. *Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México)*. *Boletín de la A.G.E.* (35):123-136.
- Moral, F. J. 2003. *La representación gráfica de las variables regionalizadas. Geoestadística lineal*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, Badajoz, España.
- Moral, F. 2004. *Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales*. *Ecosistemas* 2004/1 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/041/revision3.htm>)
- Moreno, S., Ibarra, M. y Fontecilla, A. 1999. *Migración y Deterioro ambiental en la Mixteca poblana: apuntes para su estudio*. Documento presentado en el Primer Encuentro de Investigadores sobre Migración en la región Golfo-Centro. Universidad Iberoamericana-Puebla.
- Muñoz, M. 2003. *La dimensión ambiental en los instrumentos de planificación territorial*. *URBANO*, Universidad del Chile. 6(7): 63-72.
- Murguía, M. y F. Rojas. 2001. *Biogeografía cuantitativa*. En: Llorente B. J. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teoría, conceptos, métodos y aplicaciones. México. UNAM. Ed. Prensas de ciencias. 277 p.
- Nava, M. 2000. *Migración rural, acceso a la tierra y cambios productivos en la Mixteca Poblana. Estudio de caso, Petlalcingo, Puebla*. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Nicholls, A.O. 1989. *How to make biological surveys go further with generalized linear models*. *Biological Conservation*. 50:51-75
- Nix, H. A. 1986. *A biogeographic analysis of Australian of elapid snakes*. In: H. A. Nix (ed.), *Atlas of Australian Elapid Snakes*. Bureau of Flora and Fauna, Canberra, Australia, pp. 4-15.
- Nobel, P.S. 1980. *Interception of photosynthetically active radiation by cacti of different morphology*. *Oecologia* 45: 160-166.
- Nozica, G., M. Herique y R. Porcel. 1997. *Sistemas de Información Geográfica*.
- Ordóñez, C. y R. Martínez. 2003. *Aplicaciones prácticas con IDRISI 32. Análisis de Riesgos Naturales y Problemáticas Medioambientales*. *Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Alfaomega. Ra-Ma. México. 256 p.
- Ortiz-Pérez, M., O. Oropeza-Orozco, A. Palacio-Aponte y A. D'Luna-Fuentes. 1992. *"Inundaciones. Zonas susceptibles a desastres por fenómenos naturales"*. Hoja V.2.9. Vol. II. Mapa escala 1: 8 000 000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México
- Osorio, O., A. Valiente-Banuet, P. Dávila y R. Medina. 1996. *Tipos de vegetación y diversidad β en el valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 59: 35-5.
- Palacio, J. 2000. Presentación. En: Coll-Hurtado, A. (ed.). *México: una visión geográfica. Temas Selectos de Geografía de México*. Instituto de Geografía, UNAM. 137 p.

- Parra, L., C. Graham & J. Freile. 2004. *Evaluating alternative data sets for ecological niche models of birds in the Andes*. *Ecography* 27: 350-360.
- Pérez, F. 2003. *Informe académico de prácticas profesionales: SIG y su aplicación en estudios de ordenamiento ecológico del territorio*. Tesis, Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 150 p.
- Pérez, E. y D. Geissert. 2006. *Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso café (Coffea arabica L.) - palma comedor (Chamaedorea elegans Mart.)*. Interciencia. Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. 31(8):556-562.
- Pérez Hernández, M. A. y R. E. Torres-Orozco B., 2006. *Peces*. En: R. López-Wilchis y Reyna Trujillo T. (Comps.). *Vertebrados de México*. pp. 9-23. UAM-UNAM. México, D.F.
- Peterson, A. T., and D. A. Vieglais. 2001. *Predicting species invasion using ecological niche modeling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem*. *BioScience* 51:363-371.
- Peterson, T. y C. Robins. 2003. *Using Ecological-niche modeling to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation*. *Conservation Biology* 17: 1161-1165.
- Piña, L. I. 1977. *Pitayas y otras cactáceas afines del estado de Oaxaca*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. XXII: 3-14.
- Ramírez-Pulido, J. y C. Mudespacher. 1987. *Estado actual y perspectivas del conocimiento de los mamíferos en México*. *Ciencia* 38: 49-67.
- Ramírez, M. J. 2007. *Manual para la producción y paquete tecnológico de pitaya en el estado de Puebla*. Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.
- Rapoport, E. H. 1982. *Areography. Geographical strategies of species*. Pergamon, Oxford.
- Rapoport, E. y J. Monjeau. 2001. *Areografía*. En: Llorente B. J. *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teoría, conceptos, métodos y aplicaciones*. México. UNAM. Ed. Prensas de ciencias. 277 p.
- Ravelo, A. C. and A. M. Planchuelo. 2003. *Agroecological aptitude of the Argentine Pampas for white lupin (Lupinus albus L.)*. *Agriscientia* XX: 35-44.
- Ravicz, R. 1980. *Organización social de los Mixtecos*. Trillas. México. 281 p.
- Reyes, J. y S. Arias. 1995. *Cactáceas de México: conservación y producción*. *Revista Chapingo, Horticultura* 3:85-92
- Reyna, T., A. Rebollo y M. Flores-Esquivel. 1989. *"Intensidad de la sequía intraestival o sequía relativa. Canícula, Sequía Intraestival o Medio Verano"*. Hoja IV.5.1. Vol. II. Mapa escala 1: 8 000 000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Reyna, T., J. Fernández, T. López y A. Hernández. 1997. *Zonificación pluviométrica para el cultivo del Amaranthus spp en la provincia de Pinal del Río e Isla de la Juventud, Cuba*. *Investigaciones Geográficas, Boletín*. núm 35. Instituto de Geografía, UNAM, México, pp.52-60.

- Reyna, T., R. Granados y G. Gómez. 2008. *Sequía intraestival en México: mayor distribución espacial y menor intensidad*. V Seminario Latino-americano. I Seminario Ibero-americano de Geografía Física. Santa María RS - Brasil.
- Riquier, J., L. Bramao y J. Cornet. 1970. *A New System of Soils Appraisal in Terms of Actual and Potencial Productivity*. AGL/TESR/60/6. Food an Agriculture Organization (FAO), Roma.
- Rosales, P. 2006. *El proceso de producción de pitaya en Santo Domingo Tianguistengo, Oax.* Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Agroecología. pp.56-86.
- Ruiz, J. 1998. *Zonificación agroecológica del maíz de temporal en los valles centrales de Oaxaca. I. Determinación del potencial productivo*. Terra Latinoamericana, julio-septiembre, año/vol. 16, número 003. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. pp.269-275
- Rzedowski, J. 1978, *Vegetación de México*, Ed. Limusa, México.
- Samuelson, P. 1991. *Economía*. En: Butler, J. Geografía económica. Aspectos espaciales y ecológicos de la actividad económica. Noriega Limusa. México. 443 pp.
- Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. *El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica*. In: H. M. Hernández, A. N. García A., F. Álvarez y M. Ulloa (comps.) Enfoque contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., pp. 359-379.
- Sánchez-Mejorada, R. 1984. *Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México*. In: Aprovechamiento del pitayo. ITAO-Oaxaca, UAM, México, D.F. pp.6-21.
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). 2000. *Programa para el Desarrollo Local (Microrregiones)* Autor.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto de Geografía (IGg). 2000. *Inventario Nacional Forestal*.
- SEMARNAT. 2006. *Programa Estatal de Educación Ambiental (PEEA). 2005-2011*. México, D.F.
- Segado, F., A. García y M. Rosique. 1996. *Ordenación del Territorio*. Universidad de Murcia. 178 pp.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN) 2006. *Datos meteorológicos*. México.
- Simmons, I. G. 1982. *Biogeografía natural y cultural*. Omega. Barcelona. 428 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2007. *Anuario Agropecuario 1980-2006*.
- Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA). 2006. *Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA)*.
- Soto, C., L. Fuentes y A. Coll-Hurtado. 1991. *Geografía agraria de México*. Instituto de Geografía, UNAM, México. 273 p.
- Sowell J.B. 1985. *A predictive model relating North American plant formations and climate*. Vegetatio. 60: 103–111.

- Stephenson N.L. 1990. *Climatic control of vegetation distribution: The role of the water balance*. American Naturalist 135: 649–670.
- Téllez, O., I. Rosas Ruiz, P. Dávila & R. Lira. 2004. *Modelos bioclimáticos de especies potencialmente importantes para reforestación del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla*. XVI. Congreso Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica de México. Oaxaca, Oax.
- Trangmar, B., S. Post and G. Uehara. 1985. *Application of geostatistics to spatial studies of soil properties*. Advances in Agronomy 38:45-94.
- Trejo, I. 1999. *El clima de la selva baja caducifolia en México*. Investigaciones Geográficas, Instituto de Geografía. Boletín 39: 40-52
- Tricart, J. y J. Killian. 1982. *La eco-geografía y la ordenación del medio natural*. Editorial Anagrama. Barcelona, España.
- Toledo, C. y E. Provencio. 2000. *La estructuración de regiones sustentables en el medio rural: el nuevo sujeto de la gestión regional*. En: Torres, F. (ed.) Medio ambiente y desarrollo regional sustentable. Asociación Mexicana para el Desarrollo Regional A.C. - Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEM - Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM. Tomo IV.
- Ventura, A. 2002. *Producción y comercialización de las pitayas en México*. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 3-112.
- Vicente, M. 2004. *Diseño de un vivero para la producción de pitaya*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa. México 30 p.
- Vidal, R. 2005. *Las regiones climáticas de México*. Temas Selectos de Geografía de México. I. Textos Monográficos: 2. Naturaleza. Instituto de Geografía, UNAM. 210 p.
- Villa, M., I. Inzunza y V. Catalán. 2001. *Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo*. Terra, vol 19, núm 1, pp 1-7
- Watt, K. E. 1973. *Principles in environmental science*. McGraw-Hill, New York, U.S.A.
- Zarate, A. y L. Violeta, 2003. *Nahuas de la Sierra Negra*. En: Masferrer Kan, Elio. Etnografía del Estado de Puebla. Secretaria de Cultura del Gobierno. Puebla, México. 229 p.
- Zavala, J., G. Hernández, G. López, M. Pérez, M. Hernández, L. Macías, F. Catalán, J. García. E. González, B. Miranda y M. Barrios. 1999. *Estudio de caracterización y diagnostico del área propuesta como Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán*. UAMI
- Zunino, M. y A. Zullini. 2003. *Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica, México. 315 p.

13. APENDICE I.

ESPECIES	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	COLECTOR	FECHA	HERBARIO
<i>S. pruinosus</i>	carretera a Tehuacán	2041671	669849	Helia Bravo	1953	MEXU
<i>S. pruinosus</i>	cerca de Tehuacán, Puebla	2041671	669849	Helia Bravo	1953	MEXU
<i>S. pruinosus</i>	cerca de Matamoros	2057588	553635	P. Cheuva	1978	MEXU
<i>S. pruinosus</i>	Municipio San Antonio Cañada	2045678	575195	U. Guzmán, S. Gama et. S. Arias M.	1990	MEXU
<i>S. pruinosus</i>	Barranca de los Mangis 2 km al NNE de Calipan Coxcatlán	2009634	695696	Antonio Salinas	1993	MEXU
<i>S. pruinosus</i>	El Tetele, Santa Ana Teloxtoc Municipio de Tehuacán	2057898	609160	Enrique Guizar y Arturo Castañeda	1998	UACH
<i>S. pruinosus</i>	Izúcar de Matamoros	2057588	553635			SNIB
<i>S. pruinosus</i>	Municipio Chiautla de Tapia	2023962	541766	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. pruinosus</i>	Los Linderos, Municipio Chiautla	2021989	530607	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. pruinosus</i>	Guadalupe Allende (El Pitayo), Municipio Tehuizingo	2040081	566842	Yasiri Flores	2007	HFC
<i>S. pruinosus</i>	Municipio Chiautla de Tapia	2035067	569968	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. pruinosus</i>	Atzompa, Municipio Tulcingo	1995178	565489	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. pruinosus</i>	Cerca de Colonia Miguel Hidalgo, Municipio San Juan Méndez	2056682	641278	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. pruinosus</i>	Los Granados, Municipio Caltepec	2015845	649046	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Tehuacán	2041671	669849	J. N. Rose	1906	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Acatlán	2013520	601346	F. Miranda G.	1943	MEXU
<i>S. stellatus</i>	cerca de Tehuacán	2042589	668953	Helia Bravo	1952	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Municipio de Zapotitlán de las Salinas	2025927	662052	Valiente	1989	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Municipio de Tehuacán, Puebla	2042000	669250	Helia Bravo	1954	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Municipio de Tehuacán, Puebla	2042000	669250	Helia Bravo	1954	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Municipio de Zinacatepec, 3 km al NW de Calipan	2025000	693000	Helia Bravo	1954	SNIB
<i>S. stellatus</i>	San Gabriel Chilac near San Juan Atzingo and San Andrés.	2026615	674507	Smith, Jr.; A. Peterson et N. Tejeda	1961	SNIB
<i>S. stellatus</i>	San Gabriel Chilac near San Juan Atzingo and San Andrés.	2026615	674507	Smith, Jr.; A. Peterson et N. Tejeda	1961	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Tehuacán	2041671	669849	Helia Bravo	1962	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Tehuacán, Puebla	2041671	669849	L. Wolfgang Boege	1974	ARIZ
<i>S. stellatus</i>	14 km al SE of Tehuacán, Puebla, on highway	2030557	664663	A. C. Gibson et L. C. Gibson	1974	INCB, IPN
<i>S. stellatus</i>	Zapotitlán de las Salinas Municipio de Tehuacán	2026842	661164	L. & I. Scheinvar	1977	MEXU
<i>S. stellatus</i>	entre Cuautatla e Izúcar de Matamoros	2056652	556266	M. Sánchez	1972	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Km. 30 Tehuacán-Huajuapán de León a Sta. Ana Teloxtoc	2061524	608964	Fernando Vite	1987	UAMI
<i>S. stellatus</i>	Tejalpa Municipio de Tehuizingo	2027220	577487	Cota et al.	1989	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Municipio Tehuacán Mesa de San Lorenzo	2043000	664000	Salvador Arias	1990	MEXU
<i>S. stellatus</i>	Zapotitlán de las Salinas 14 km desviación de Atolotitlán	2011842	666145	S. Arias, U. Guzmán et S. Gama	1990	MEXU
<i>S. stellatus</i>	El Tetele, Santa Ana Teloxtoc Municipio de Tehuacán	2057898	609160	Enrique Guizar y Arturo Castañeda	1998	UACH
<i>S. stellatus</i>	Izúcar de Matamoros	2057588	553635			SNIB

ESPECIES	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	COLECTOR	FECHA	HERBARIO
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2041859	523566	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2040583	521751	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Entre El Carcamo y La Cueva, Municipio Jolalpan	2029945	521666	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2039926	521686	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2039913	521662	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2039943	521583	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2039471	521566	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2039975	521558	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2040087	521683	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Teotlalco, Municipio Teotlalco	2040057	521690	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Palo Verde, Municipio Chiautla	2028697	537164	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Chiautla de Tapia	2023962	541766	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Los Linderos, Municipio Chiautla	2021989	530607	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Chiautla de Tapia	2023908	541616	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Guadalupe Allende (El Pitayo), Municipio Tehuiztingo	2040089	566856	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Guadalupe Allende (El Pitayo), Municipio Tehuiztingo	2040070	566852	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	San José Cañada Grande (Jaulillas), Municipio Tehuiztingo	2035216	569939	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Boqueroncito (Santa Cruz), Tehuiztingo	2023249	581661	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Boqueroncito (Santa Cruz), Tehuiztingo	2021821	582028	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Tehuixtla (San Francisco), Municipio Chinantla	2021122	582307	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Tehuixtla (San Francisco), Municipio Chinantla	2020472	582341	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Tehuixtla (San Francisco), Municipio Chinantla	2020061	582227	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cuatecontla, Municipio Chinantla	2016424	581057	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cuatecontla, Municipio Chinantla	2016332	581040	Y. Flores / Leia.Sheinvar y G. Olalde	2007	HFC
<i>S. stellatus</i>	Cuatecontla, Municipio Chinantla	2016330	581038	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cuatecontla, Municipio Chinantla	2016330	581032	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Atzompa, Municipio Tulcingo	1995178	565489	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Entre Tetelcingo y Tiangistengo, Municipio Acatlán	2017521	603379	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Barrio de San Juan, Municipio Totoltepec de Guerrero	2015409	619651	Y. Flores / Leia.Sheinvar y G. Olalde	2007	HFC
<i>S. stellatus</i>	Agua Mixteco, Municipio Zapotitlán	2023520	660246	Y. Flores / Leia.Sheinvar y G. Olalde	2007	HFC
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016899	694790	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016898	694793	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016900	694787	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016906	694786	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Entre El Ajuaje, Municipio Coxcatlán y San José Axuxco	2016906	694788	Y. Flores / Leia.Sheinvar y G. Olalde	2007	HFC
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016905	694787	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016911	694782	Yasiri Flores	2007	Observado

ESPECIES	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	COLECTOR	FECHA	HERBARIO
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016908	694776	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016903	694767	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2016901	694760	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2019118	695555	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2019625	695552	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Cerca de San José Axuxco, Municipio San José Miahuatlán	2019614	695556	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Plan de San Miguel, Municipio Caltepec	2014027	643939	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Plan de San Miguel, Municipio Caltepec	2014969	647185	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Plan de San Miguel, Municipio Caltepec	2014962	647130	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Plan de San Miguel, Municipio Caltepec	2014928	647110	Yasiri Flores /Leia.Sheinvar y G. Olalde	2007	HFC
<i>S. stellatus</i>	Acatepec, Municipio Caltepec	2015848	648997	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Acatepec, Municipio Caltepec	2015848	648990	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Acatepec, Municipio Caltepec	2015840	648980	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Acatepec, Municipio Caltepec	2015851	648950	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Acatepec, Municipio Caltepec	2015845	649046	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Entre El Tianguis y La Huerta, Municipio Caltepec	2011472	660550	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Entre El Tianguis y La Huerta, Municipio Caltepec	2011778	660420	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	El Tianguis, Municipio Caltepec	2011984	660142	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	El Tianguis, Municipio Caltepec	2011997	659735	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Loma La Monja, Municipio Caltepec	2012214	659469	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Loma La Monja, Municipio Caltepec	2012287	659360	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Loma El Cuatillo, Municipio Caltepec	2013085	656820	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Copatitlan, Municipio de Caltepec	2013085	655688	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Acatepec, Municipio Caltepec	2015539	650283	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Acatepec, Municipio Caltepec	2015932	650108	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Los Granados, Municipio Caltepec	2016614	650336	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Chichipe, Municipio Zapotitlán Salinas	2025643	657389	Yasiri Flores	2007	Observado
<i>S. stellatus</i>	Zapotitlán de las Salinas	2027468	661854	Yasiri Flores	2007	Observado