

# MODELADO DEL NICHOS ECOLOGICO

Dr. Oswaldo Téllez Valdés  
Biol. Maribel Arenas Navarro

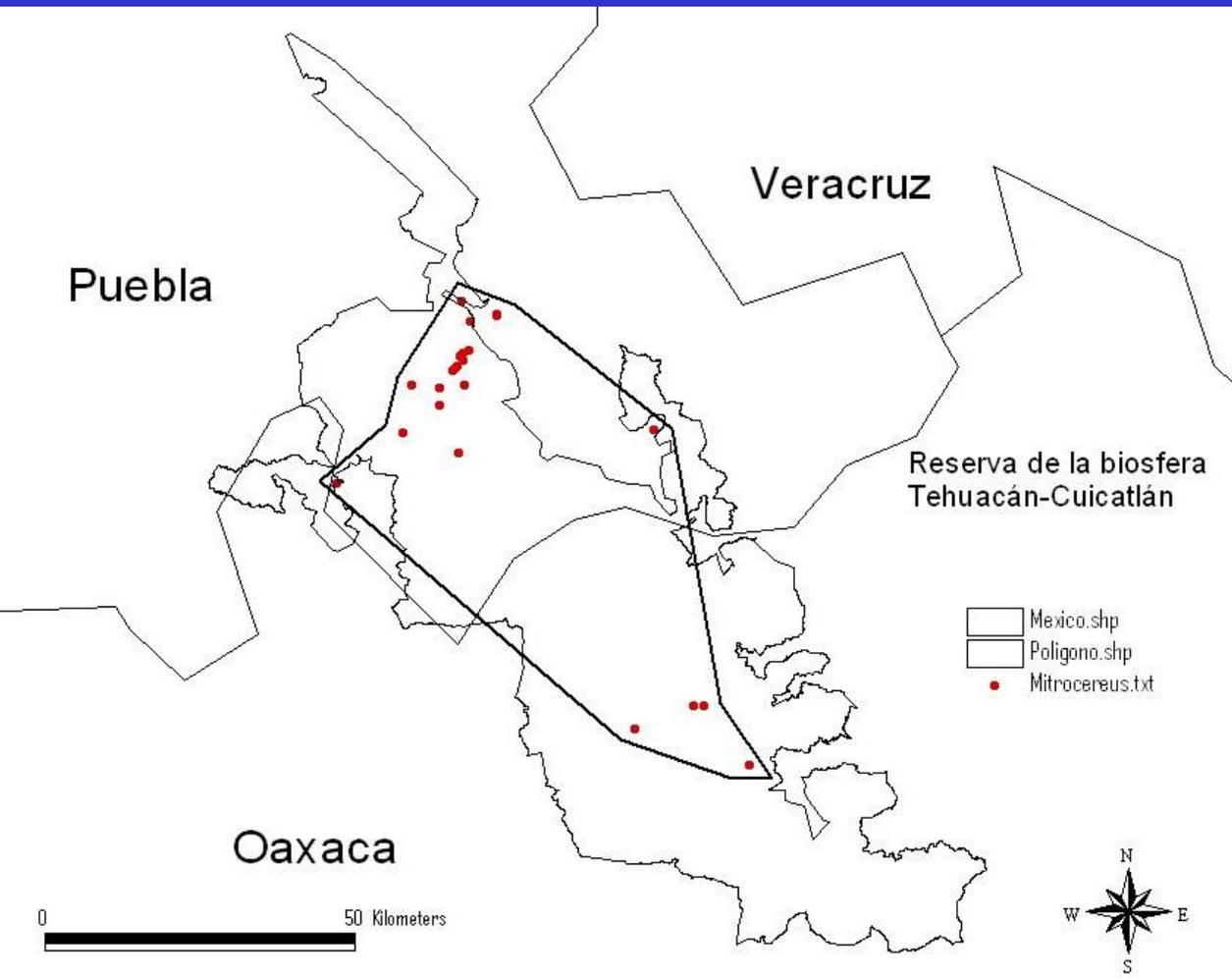


# Origen de la necesidad

- No obstante que el inventariado biológico en México se remonta al siglo XVIII. Los esfuerzos realmente encaminados al conocimiento florístico sólo han sido realizados en partes de los siglos XIX, primordialmente en el XX y con otros enfoques en el XXI.
- Concepto de inventariado del siglo XVII.
  - 2 Expediciones científico-comercial:
    - 1570-1577: Francisco Hernández:  
Colección de plantas, animales y manuscritos
    - 1787: José Mariano Mociño: Real Expedición Científica a Nueva España.
- El conocimiento de la biodiversidad es incompleto; y los patrones de distribución geográfica de muchas especies no se conocen.
- En la actualidad, desafortunadamente, los esfuerzos prácticamente no existen. Las principales causas son: los apoyos son pobres y el tiempo para realizarlos es considerable.



# Forma tradicional de determinar la distribución de una especie de acuerdo con registros conocidos



- Localidades donde la especie ha sido registrada.
- Límite delineado, circunscribiendo el área que representa la distribución geográfica
- Sin seguir un método formal, sino con base en la experiencia del taxónomo.



Distribución conocida de *Mitrocereus fulviceps* en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán

# Marco de referencia

- Aún existe un tremendo rezago en la empresa de documentar la riqueza de México, y el recuento completo de la biodiversidad de México es una tarea imposible.
- Pero más importante, poco o nada se ha hecho para documentar el área total que una especie pudiera estar ocupando en la superficie del territorio nacional. Tarea aún más difícil.
- Como alternativa, los modelos predictivos ayudan a estimar la distribución potencial. Permiten proponer la posible área no explorada en donde una especie pudiera existir, sin contar con evidencia empírica que lo demuestre, correlacionando los sitios conocidos donde la especie prospera con los factores ambientales (climáticos).



# Diagrama BAM

**G** = representa la región geográfica total considerada.

**A** = región en donde las condiciones escenopoéticas (ambientales), son favorables para la especie. Que es una zona potencial, probablemente ocupada en algunas porciones.

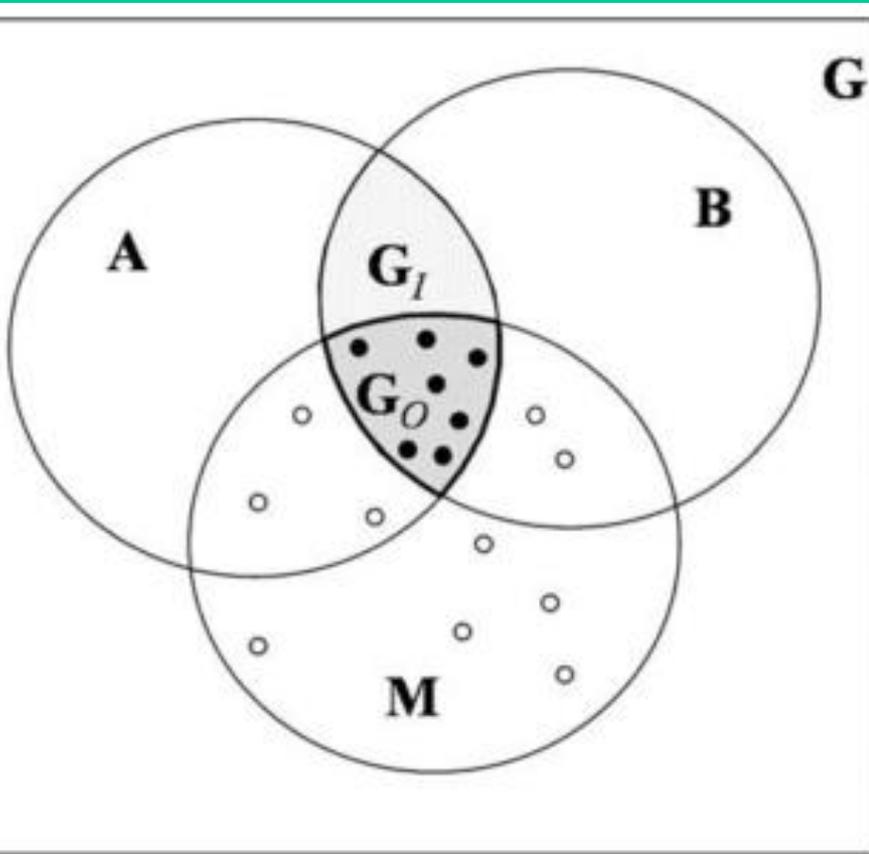
**B** = es el área en donde las condiciones bióticas son adecuadas para la especie.

**M** = es el área que la especie ha sido capaz de alcanzar en un determinado tiempo.

La intersección de  $ABM = G_1$  representa la zona que puede ser potencialmente ocupada porque las condiciones son adecuadas, pero que aún no lo hace.

La intersección de  $ABM = G_0$  representa la zona presente de distribución de la especie.

Los puntos abiertos representan poblaciones . Mientras que los puntos cerrados son poblaciones source.



# Marco de referencia

El nicho fundamental es el juego de límites físicos dentro de los cuales una especie puede vivir y reproducirse.

El nicho concretado es el juego de límites físicos a los cuales una especie está limitada, por su tolerancia ambiental a las variables físicas y por las interacciones bióticas incluyendo depredación y competencia.

## **FACTORES INTERRELACIONADOS QUE INFLUYEN EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES:**

- 1) Históricos (barreras que impiden la dispersión)
- 2) Competencia, depredación, etc.
- 3) Regímenes de disturbio naturales o inducidos por el hombre.
- 4) Dinámica de las poblaciones
- 5) Conducta social
- 6) Tamaño, forma y distribución espacial de los parches restantes.

- **CONCEPTO E IDENTIFICACION DEL HABITAT**
- Concepto clave semejante al de nicho ecológico, que puede ser tratado en un contexto geográfico.
- Identificación de las condiciones donde los organismos habitan, y los factores que afectan sus patrones de distribución y abundancia
- El entendimiento de lo que constituye el hábitat para una especie es crítico dado que la pérdida del hábitat se considera como uno de los factores más importantes que provocan la desaparición de las especies (extintas, amenazadas o en peligro).

Disponibilidad de SIG, herramientas estadísticas y modeladores.

# El clima como una determinante



- Uno de los factores que determina sus límites geográficos de la distribución de los organismos.
- Su análisis ayudará a entender porqué una especie crece en un determinado sitio y no en otro (Lindenmayer et al. 1991).
- Cada especie tiene su perfil bioclimático.
- El análisis de las variables que lo determinan servirá para cuantificar las diferencias en los dominios climáticos (el nicho climático o espacio en el cual una especie sobrevive bajo condiciones naturales) que tienen diferentes especies.

# Influencia del clima en la distribución de 11 especies de *Fagus* (Fagaceae)

- Los límites de distribución de *Fagus* están asociados con factores térmicos, sin embargo, la humedad juega también un papel importante (Fang & Lechowicz, 2006).
- El temperatura de la estación de crecimiento explica la distribución de las especies **chinas** de *Fagus*, pero la distribución hacia el N está limitada por la menor precipitación.
- En **Japón**, los límites de distribución de *Fagus* se correlacionan con la temperatura de verano, pero la dominancia local depende de las nevadas y la baja temperatura de invierno.
- Altas temperaturas de verano limitan la expansión al S de los *Fagus* **americanos**, mientras que el calor en la estación de crecimiento parece crítica para su distribución en el N.
- Aunque la distribución actual de *Fagus* se corresponde bien con el clima actual en la mayor parte de su distribución, el clima no puede explicar algunas de estas, p.e. *F. mexicana* en **México** comparada con su pariente *F. grandifolia*. Así es probable que la historia juegue un papel secundario para determinar la distribución actual de algunas especies de *Fagus*.
- La ausencia de *F. grandifolia* en la isla de Newfoundland, **Canadá**, puede deberse a una inadecuada estación de crecimiento cálida. También, la distribución nortea de *Fagus* en Inglaterra no ha alcanzado su límite potencial, tal vez debido a insuficiente tiempo desde la deglaciación para expandir su distribución.

A wide-angle photograph of a desert landscape densely populated with tall, columnar cacti, likely Saguaro cacti. The cacti are in various stages of growth, with some showing their characteristic arms. The terrain is hilly and covered with a mix of cacti and some green shrubs. The sky is blue with scattered white clouds. The text "Elementos del modelado bioclimático" is overlaid in the center in a bold, yellow font.

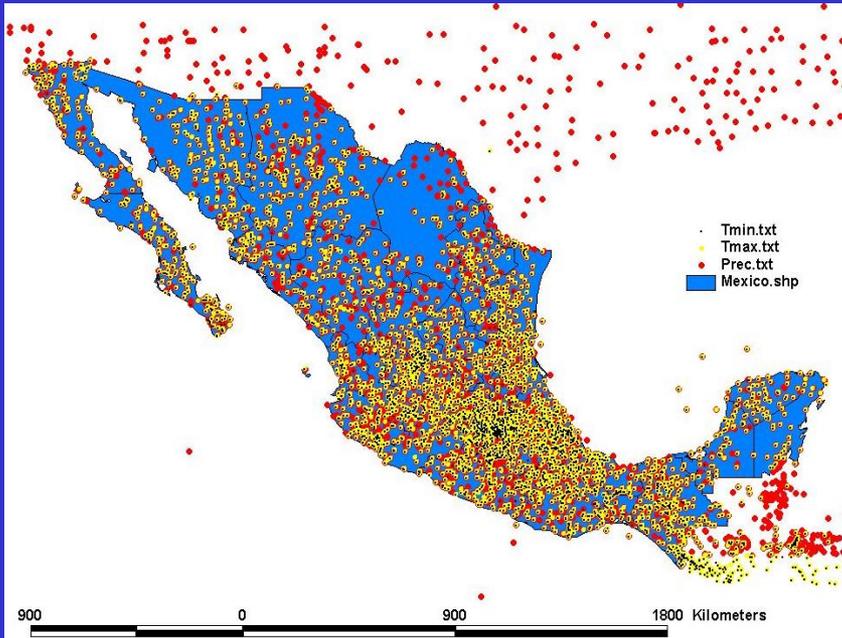
**Elementos del modelado  
bioclimático**

# Marco de referencia

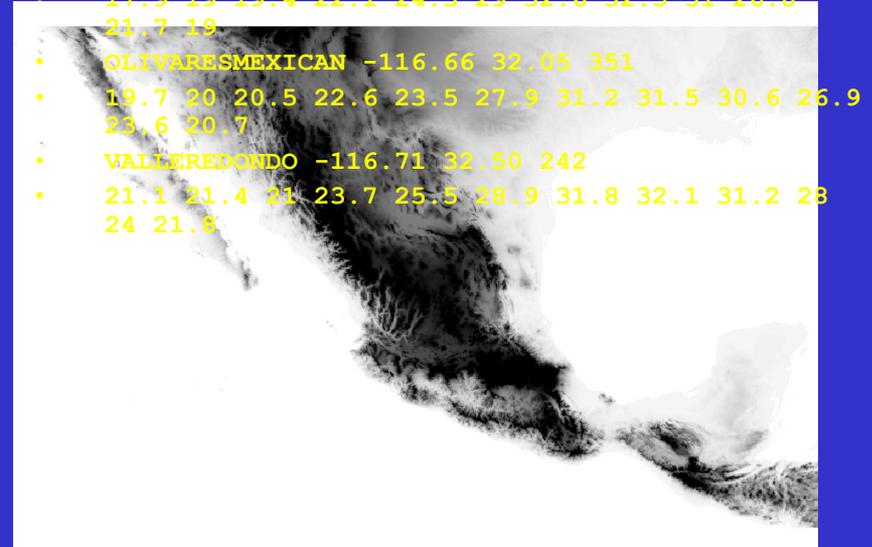
- La posibilidad de generar coberturas de clima, topografía (y otras variables) para modelar la distribución geográfica de las especies.
- Relativa facilidad para obtener juegos parciales de datos biológicos con coordenadas (herbarios, literatura, trabajo en campo y bases de datos actualizadas (CONABIO))
- Numerosos algoritmos estadísticos y modeladores, como BIOCLIM, GARP, MaxEnt, WhyWhere, BIOMAPPER, etc. y los SIG (ArcView)
- Incorporar (hasta donde sea factible) los diversos elementos clave de la teoría ecológica.

# Interpolación de Superficies Climáticas

## Distribución de estaciones meteorológicas en México, EUA y CA (datos de Precipitación, Tmínima y Tmáxima)



- CANCIOTECATE -116.60 32.30 340  
18.6 19.4 19 22.3 25.5 29.1 33.3 34.5 31.3 27  
22 18.8
- ENSENADA -116.63 31.88 13  
18.3 18.7 18.7 19.6 20.6 21.7 23.6 24.3 24.9  
23.1 21.7 19.3
- LAPUERTAATE -116.65 32.55 515  
17.9 19 19.4 22.1 24.3 29 32.6 32.5 31 26.8  
21.7 19



- Interpolación de datos de 6200 estaciones para precipitación y 4200 para temperatura.
- Thin plate smothing spline. →
- 8-13% para precipitación.
- 0.4-0.5° C para temperatura.
- Resolución espacial inicial 1 km<sup>2</sup>

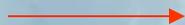
- Datos de precipitación y temperatura de las estaciones meteorológicas estándar.



- Tmínima, Tmáxima y precipitación



- Parámetros bioclimáticos particulares (Koeppen)



- Temperatura media anual (C°)
- Oscilación diurna de la temperatura (C°)
- Isothermalidad (C°)
- Estacionalidad de la temperatura (C de V - %)
- Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (C°)
- Temperatura mínima promedio del periodo más frío (C°)
- Oscilación anual de la temperatura (C°)
- Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (C°)
- Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (C°)
- Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (C°)
- Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (C°)
- Precipitación anual (mm)
- Precipitación del periodo más húmedo (mm)
- Precipitación del periodo más seco (mm)
- Estacionalidad de la Precipitación (C de V - %)
- Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
- Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
- Precipitación del cuatrimestre más caliente (mm)
- Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

Puebla State

Veracruz State

Oaxaca State

# Datos biológicos

- Existencia de herbarios y museos que son la base de datos de la biodiversidad.
- Conservan la información primaria con la cual se genera el conocimiento de la riqueza biológica y su repartición geográfica.
- La representación de la diversidad biológica en estas es muy fragmentaria y generalmente muestra la distribución a través de las vías de comunicación.
- Los registros históricos no disponen de datos precisos de localización (coordenadas-altitud). En la actualidad un mayor número si dispone de esta información.

# Bases de datos

Microsoft Access - [PAPIIT2 : Select Query]

File Edit View Insert Format Records Tools Window Help

	GENERO	ESPECIE	DESCRIP_L	LON_	LON_	LON_	LAT_	LAT_	LAT_	ALTI	SOURCE	DIA	ME	ANIO
▶	Hoffmannseggia	humilis	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Dasyilirion	acrotriche	punto 6	97	26	59.9	18	23	4.6	1734	PAPIIT	27	7	2003
	Lonchocarpus	oaxacensis	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Prosopis	laevigata	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Aeschynomene	compacta	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Adolphia	infesta	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Agave	salmiana	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Gochnatia	hypoleuca	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Croton	ciliato-glandulifer	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Lonchocarpus	oaxacensis	punto 8	97	27	12.3	18	22	54.2	1807	PAPIIT	27	7	2003
	Morkilia	mexicana	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Yucca	periculosa	punto 8	97	27	12.3	18	22	54.2	1807	PAPIIT	27	7	2003
	Mimosa		punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Cnidoscopus	tehuacanusis	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
			punto 6	97	26	59.9	18	23	4.6	1734	PAPIIT	27	7	2003
	Cordia	curassavica	punto 6	97	26	59.9	18	23	4.6	1734	PAPIIT	27	7	2003
	Yucca	periculosa	punto 6	97	26	59.9	18	23	4.6	1734	PAPIIT	27	7	2003
	Mammillaria	haageana	punto 6	97	26	59.9	18	23	4.6	1734	PAPIIT	27	7	2003
	Ferocactus	robustus	punto 6	97	26	59.9	18	23	4.6	1734	PAPIIT	27	7	2003
	Mascagnia	parviflora	punto 6	97	26	59.9	18	23	4.6	1734	PAPIIT	27	7	2003
	Ruellia	rosea	punto 9	97	27	17.8	18	22	48.4	1880	PAPIIT	27	7	2003
	Opuntia	pilifera	punto 7	97	27	10.9	18	23	0.7	1803	PAPIIT	27	7	2003
	Morkilia	mexicana	punto 9	97	27	17.8	18	22	48.4	1880	PAPIIT	27	7	2003
	Agave	salmiana	punto 9	97	27	17.8	18	22	48.4	1880	PAPIIT	27	7	2003

Record: 1 of 474

Datasheet View

# Método de modelado

- **Métodos estadísticos:**
  - regresión múltiple o multivariados (Austin 1998; Guisan et al. 1999).
- **Sistemas de Información Geográfica:**
  - Análisis de discrepancias (“gap análisis”, Scott y Csuti 1997).
- **Modeladores con datos presencia de las especies y la información ambiental para generar perfiles bioclimáticos:**
  - BIOCLIM (Nix 1986; Lindenmayer et al. 1991; Téllez y Dávila 2003) o GARP (Anderson et al. 2003), MAXENT (Phillips, 2004).

# Función modeladores

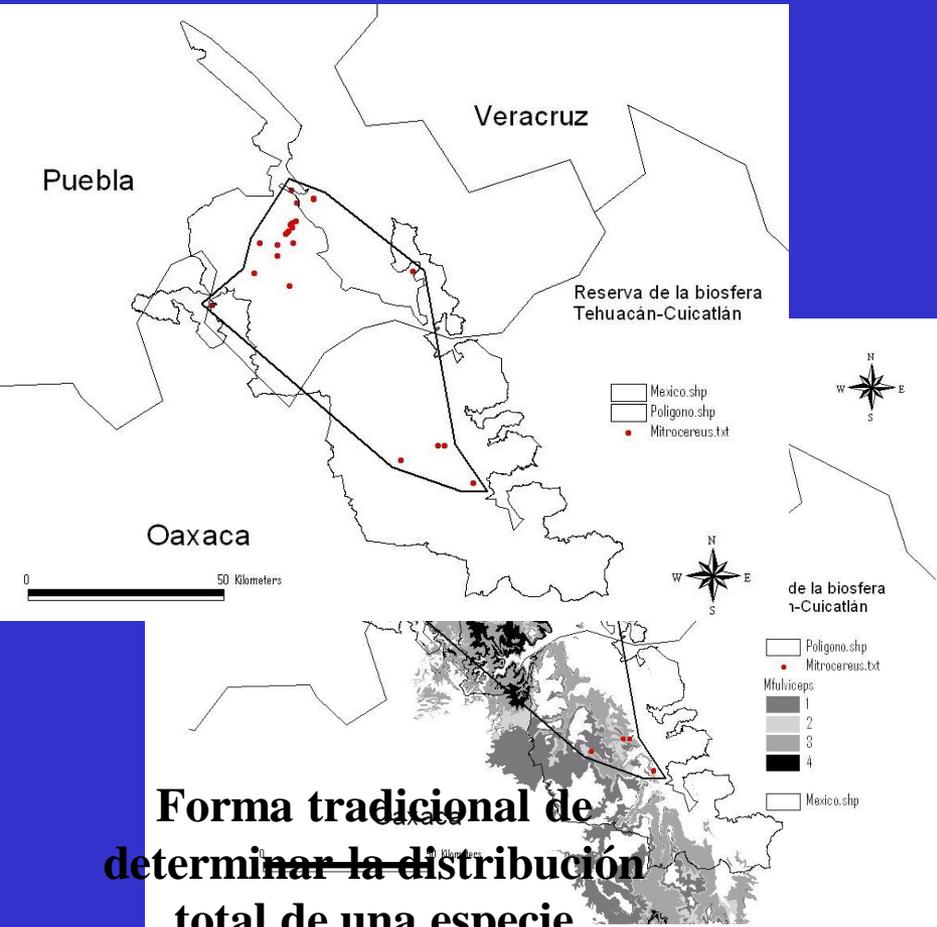
- Generar un perfil ambiental de la especie.
- Identificar aquellas áreas dentro de la región de estudio que cumplan con ese perfil.
- Mostrar en un contexto geográfico (mapa) dicha correspondencia.
- Asumir que son parte de las condiciones en donde la especie estaría habitando (nicho fundamental-concretado)

# Perfil bioclimático de *Mitrocereus fulviceps*

PARAMETRO	D.S.	5%	95%	25%	50%	75%	10%	90%	MIN	PRO M	MA X
Temperatura promedio anual	1.07	22.2	25.3	23.5	24.3	25.1	22.4	25.3	22.1	24.2	25.3
Oscilación diurna de la Temperatura	0.92	13.9	16.9	14.2	14.6	16	14	16.5	13.8	15	16.9
Isotermalidad	0.02	0.6	0.66	0.61	0.62	0.65	0.6	0.65	0.6	0.63	0.66
Estacionalidad de la Temperatura	0.04	0.7	0.84	0.75	0.8	0.82	0.71	0.83	0.7	0.79	0.84
Temperatura máxima del periodo más cálido	1.15	33.9	37.2	35.8	36.6	37	34.1	37.2	33.5	36.2	37.2
Temperatura mínima del periodo más frío	1.17	10.3	13.7	11.4	12.1	13.4	10.6	13.7	10.1	12.2	13.7
Oscilación anual de la Temperatura	0.89	22.9	25.7	23.3	23.8	24.9	23	25.6	22.8	24	25.7
Temperatura promedio del cuarto más lluvioso	1.19	23.1	26.5	24.3	25.7	26.3	23.4	26.5	22.9	25.3	26.5
Temperatura promedio del cuarto más seco	0.9	19.8	22.7	21.4	22	22.5	19.9	22.7	19.7	21.7	22.7
Temperatura promedio del cuarto más cálido	1.24	24.8	28.4	26.4	27.2	28.2	24.9	28.3	24.6	27.1	28.4
Temperatura promedio del cuarto más frío	0.88	19.4	22	20.6	21.1	21.8	19.5	21.9	19.3	21	22
Precipitación Anual	132.6	356	773	454	528	645	369	773	307	540	773
Precipitación del periodo más lluvioso	5.6	21	40	25	29	33	22	40	19	29	40
Precipitación del periodo más seco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estacionalidad de la Precipitación	3.66	94	105	95	99	101	94	105	93	99	105
Precipitación del cuarto más lluvioso	76.24	203	436	260	303	366	211	421	176	308	438
Precipitación del cuarto más seco	10.02	0	29	1	2	3	0	29	0	4	29
Precipitación del cuarto más cálido	34.31	115	225	140	155	188	118	219	113	162	226
Precipitación del cuarto más frío	9.31	9	38	13	18	29	10	34	5	20	38

# Comparación de dos métodos para determinar la distribución de *Mitrocereus fulviceps* en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán

**Modelo de distribución potencial contrastado con la distribución conocida**



**Forma tradicional de determinar la distribución total de una especie**

# Fortaleza y confiabilidad de los modelos de nicho ecológico

- Domain, Habitat, BIOCLIM, GARP, BIOMAPPER, MaxEntr, WhyWhere, etc. Incorporan un elemento estadístico que valora y “justifica”, y en consecuencia “valida” su resultado. Usan  $\chi^2$ , Kappa, curva ROC, etc.
- Lo que no hacen, es detectar cual es el problema y corregirlo, y ajustar para producir un modelo robusto y confiable.
- En consecuencia, todos ellos, continúan sobreestimando y subestimado la distribución “potencial” de las especies. Por lo tanto, estas aún no son ampliamente empleadas para análisis

Medio biofísico

“áreas de distribución continuas”

Espacio-tiempo

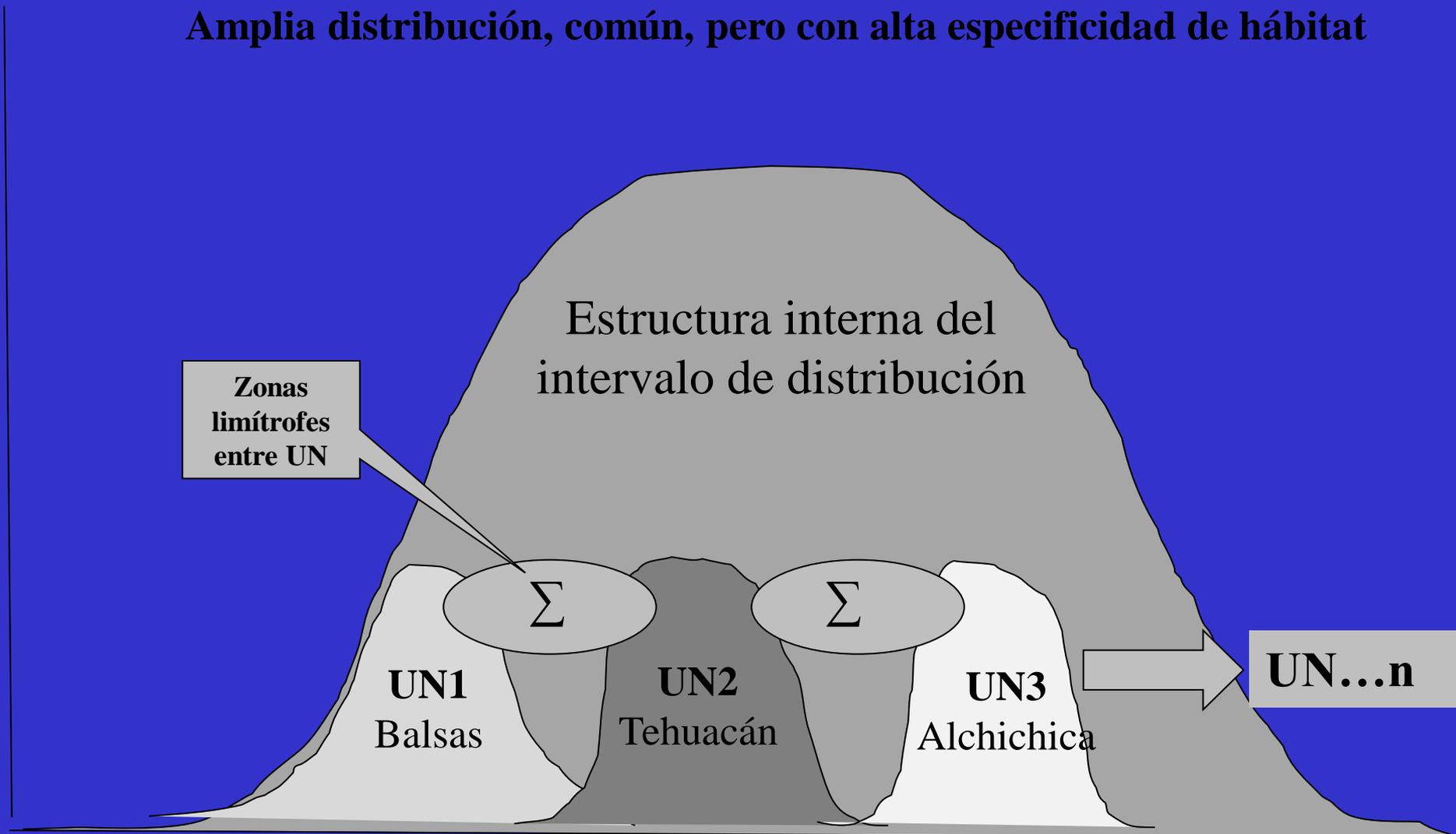
Noción ideal  
... pero no real

**Distribución hipotética de  
cualquier especie**

Propuesta sólo en el contexto del modelado del nicho ecológico

## Distribución hipotética de

Amplia distribución, común, pero con alta especificidad de hábitat



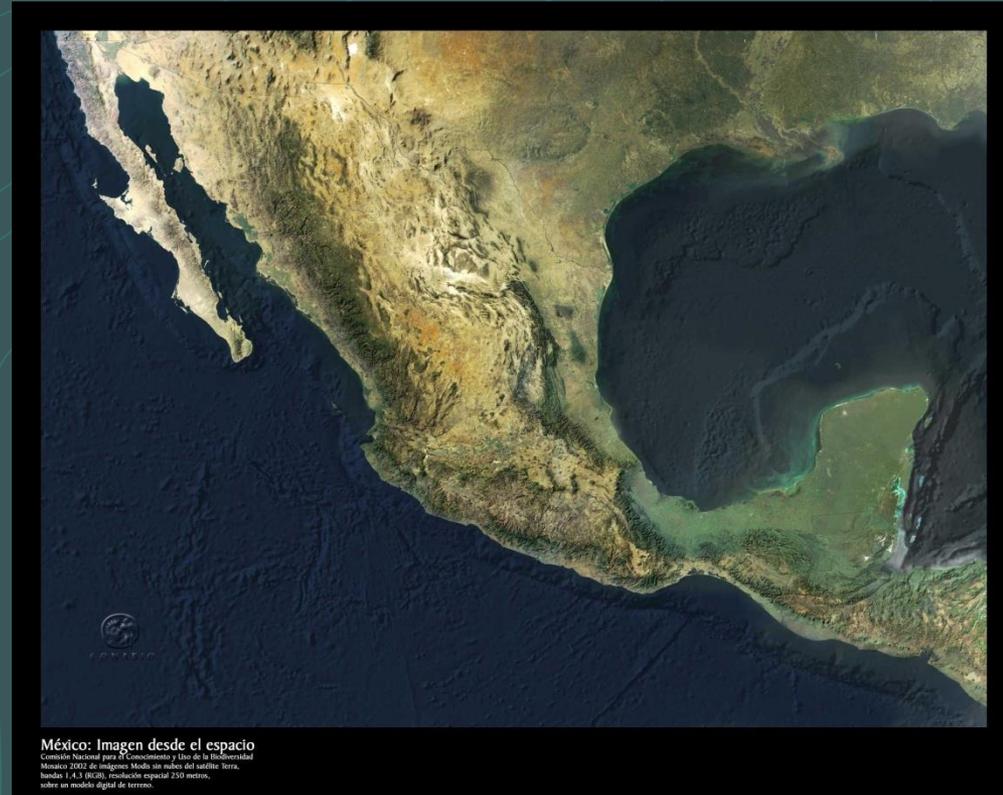
# • Consideraciones teóricas sobre el modelado estadístico

- Objetivo la predicción de la distribución de las especies.
- La detección de relaciones funcionales entre especies, el ambiente y las sustentadas por la teoría ecológica se consideran secundarias (Austin, 2002).
- Poca atención del conocimiento ecológico como factor limitante en el modelado estadístico (Guisan & Zimmerman, 2002).
- Austin (2002) considera tres componentes para el modelado estadístico:
  - 1. Un modelo ecológico (hipótesis: vegetación y composición determinadas por el ambiente).
  - 2. Un modelo de datos (hipótesis: la variación ambiental promueve la variación biológica).
  - 3. Un modelo estadístico.

- Esto sin considerar a los componentes ambientales que tienen influencia directa y/o indirecta sobre las especies como predictores importantes:
- Variables con influencia fisiológica directa sobre el crecimiento que determinan las respuestas de las plantas (p.e. [ ] de fosfatos solubles en el suelo cercanos a las raíces)(Austin, 2002).
- No son consumidas (temperatura y pH)
- Consumidas por las plantas (luz, agua, nutrientes).
- No obstante, que los modelos basados en este tipo de datos serían más robustos y aplicables. Es difícil generar coberturas digitales de tales variables, por lo que se consideran de difícil aplicación!!
- Así se concluye que ante la carencia de los datos de muchas variables que explican la distribución de las especies, ..... tenemos que incorporar principalmente los datos de aquellas variables disponibles.

# El intervalo geográfico

- El intervalo geográfico es la manifestación de complejas interacciones:
- entre las características intrínsecas de los organismos — especialmente sus tolerancias ambientales, sus requerimientos de recursos, su historia de vida, su demografía, y sus atributos para su dispersión ..... y
- las características de su ambiente extrínseco — en particular aquellas características cuya variación espacio-temporal limitan la distribución y la abundancia.





# El intervalo geográfico

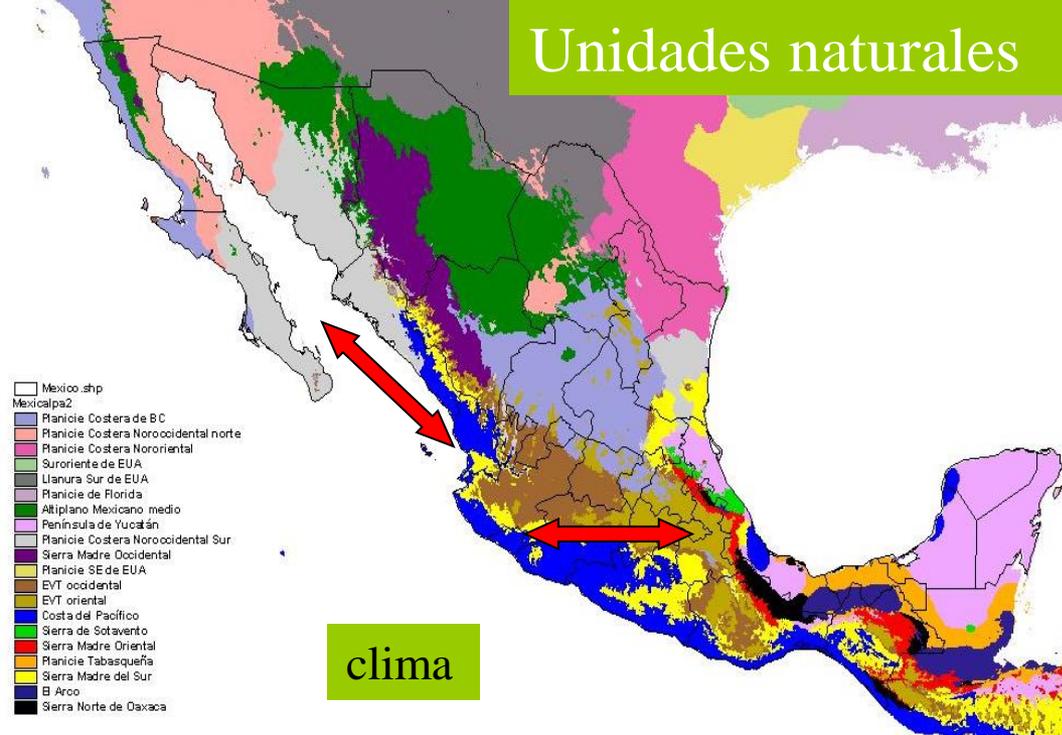
- Las consecuencias de tales interacciones influyen todas las características de los intervalos geográficos: su tamaño, su forma, sus límites, y su estructura interna.

# Estructura interna del intervalo

- ❑ Características importantes de la forma del intervalo son el número, tamaño y ubicación de los huecos y fragmentos.
- ❑ Los intervalos tienden a volverse menos continuos hacia la periferia.
- ❑ El centro del intervalo puede estar relativamente habitado (ocupado) de forma continua, pero hacia la periferia, e incrementándose en tamaño, huecos poco espaciados aparecen hasta que estos confluyen para formar islas en el límite más exterior del intervalo.



# Unidades naturales



clima

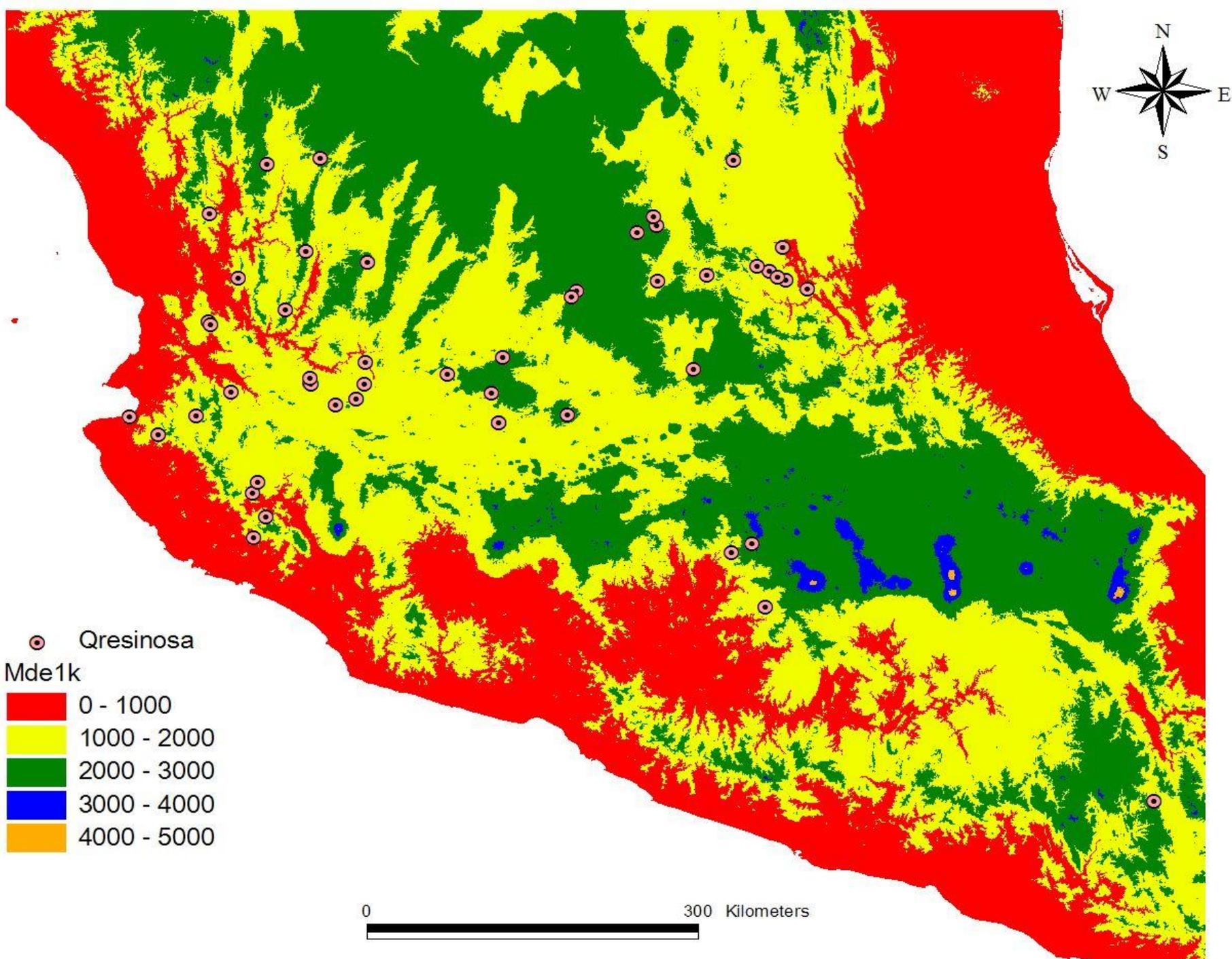
Límites “no” tan discretos entre las unidades naturales

Intervalo de distribución de las especies

geomorfología



Unidades naturales



## Distribución hipotética cualquier especie

Altitud (msnm)



Especie de amplia distribución geográfica y ecológica.

Ocupa distintos tipos de vegetación y regiones geográficas.

Especificidad de hábitat baja.

# Distribución hipotética de

## *Dioscorea omiltemensis* O. Téllez (Dioscoreaceae)

### Microendémica y rara

Altitud (msnm)

150

Especie con distribución geográfica y ecológica muy restringida.

Ocupa posiblemente un sólo tipo de vegetación o algunas asociaciones de este.

Especificidad de hábitat altísima.

Baja variación edáfica, en la topografía, y clima, aún en la mesoescala, etc.

Aspectos históricos (en expansión vs en extinción)

Aspectos ecológicos (exclusión competitiva)

50

27

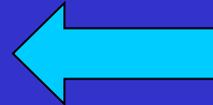
27.2

27.3

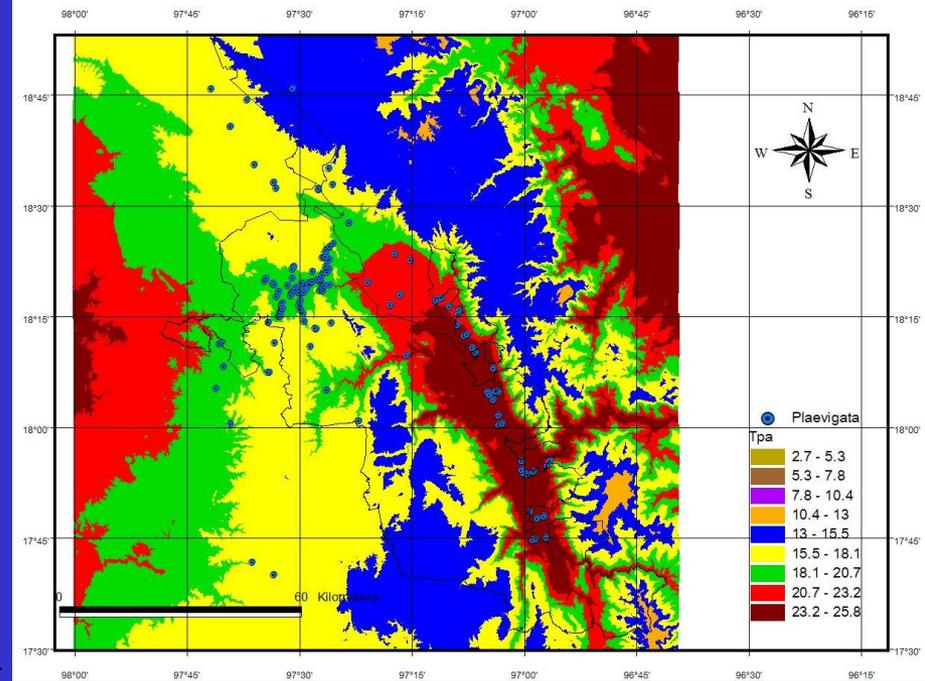
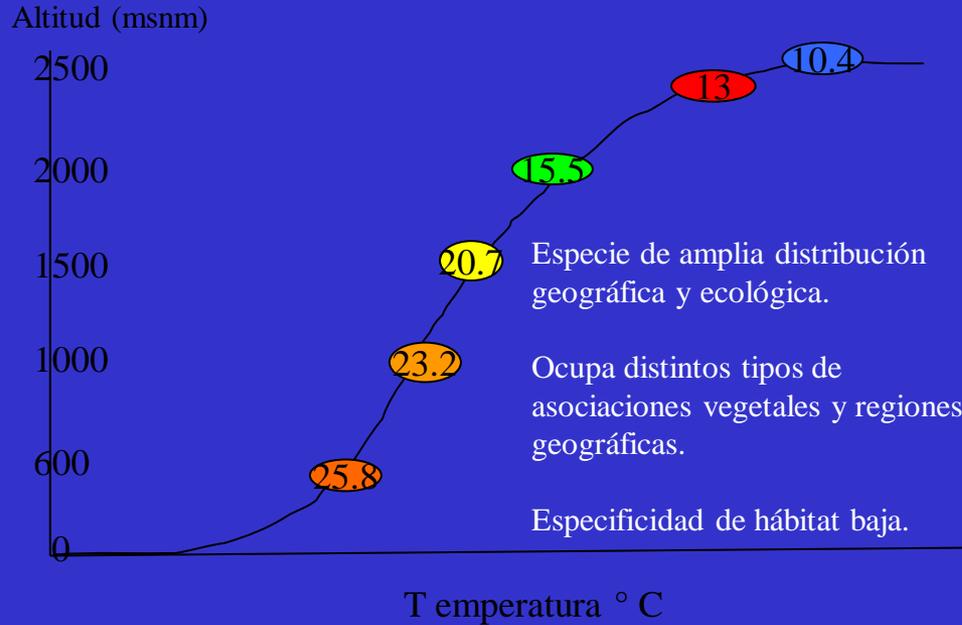
27.4

27.5

27.6



## Distribución de *Prosopis laevigata* (Mimosaceae)



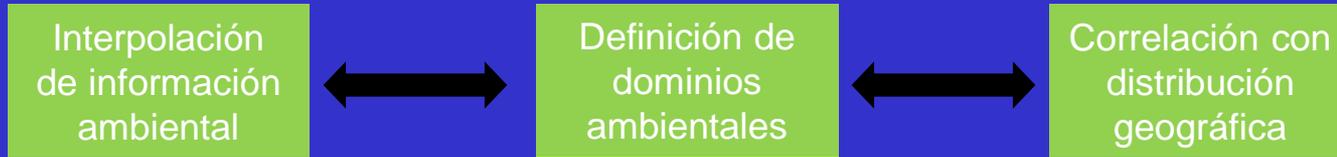
- En realidad son las localidades/poblaciones las que enfrentan condiciones ambientales y ecológicas particulares, y no las especies.
- La especificidad de hábitat esta dada al nivel de localidad/población y no de especie.
- Modelar a este nivel.

# Ejemplo específico

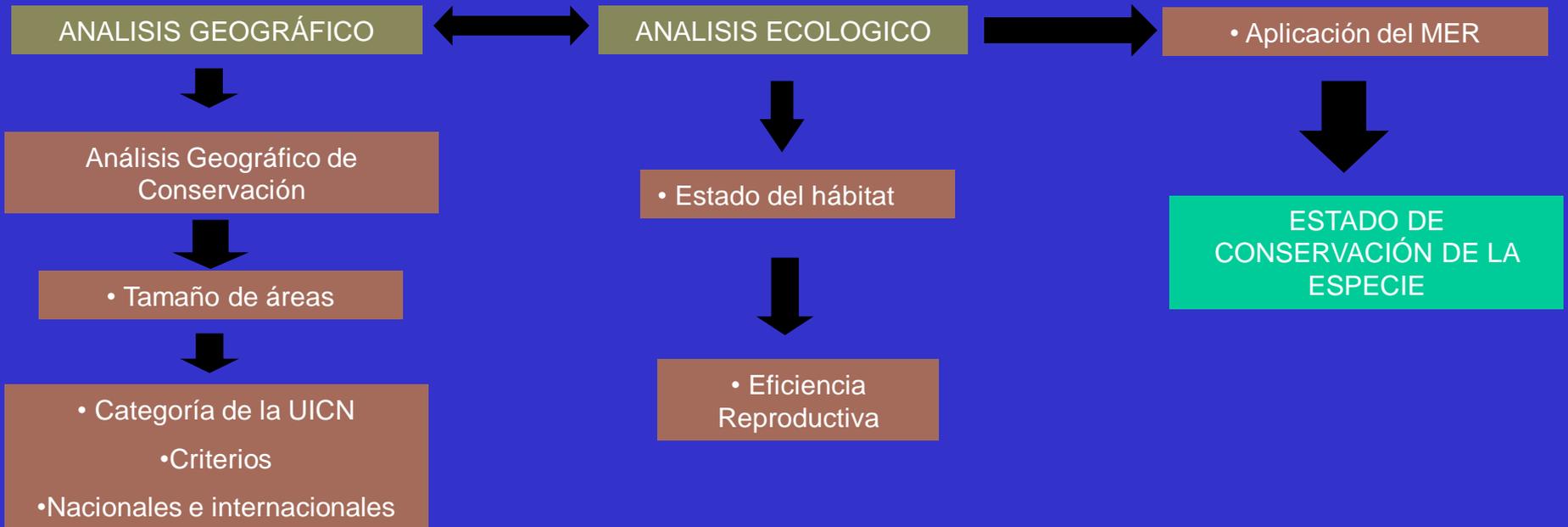


- ***Ferocactus haematacanthus*** Cactaceae
  - Endémica restringida a la zona semiárida poblana
  - Rara-amenazada
  - Sólo 13 localidades/poblaciones registradas
- 
- ❖ Especificidad de hábitat alta en sitios altos, fríos y húmedos.
  - ❖ distribución geográfica relativamente restringida.
  - ❖ .El modelo “predice o refleja” de forma general la extensión de las poblaciones.

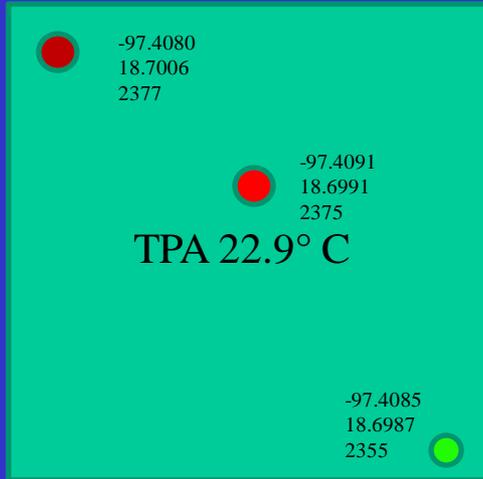
# Proyectos de conservación



Modelos de nicho ecológico-distribución potencial-ecogeográficos

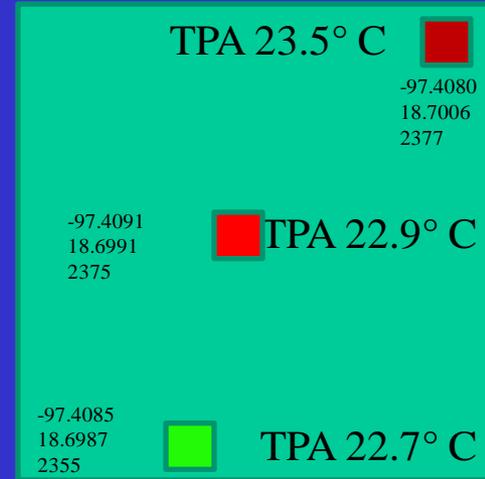


# Implicaciones de la resolución espacial en el modelado de la distribución potencial

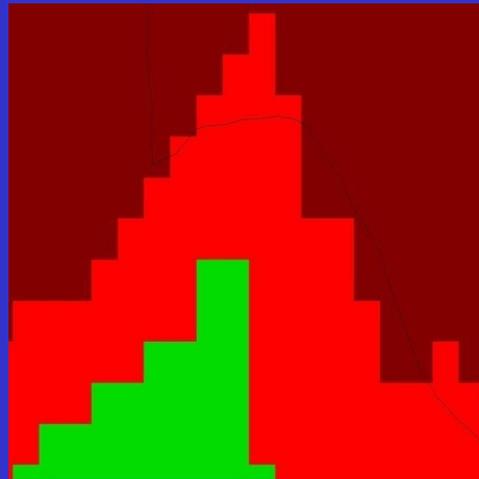
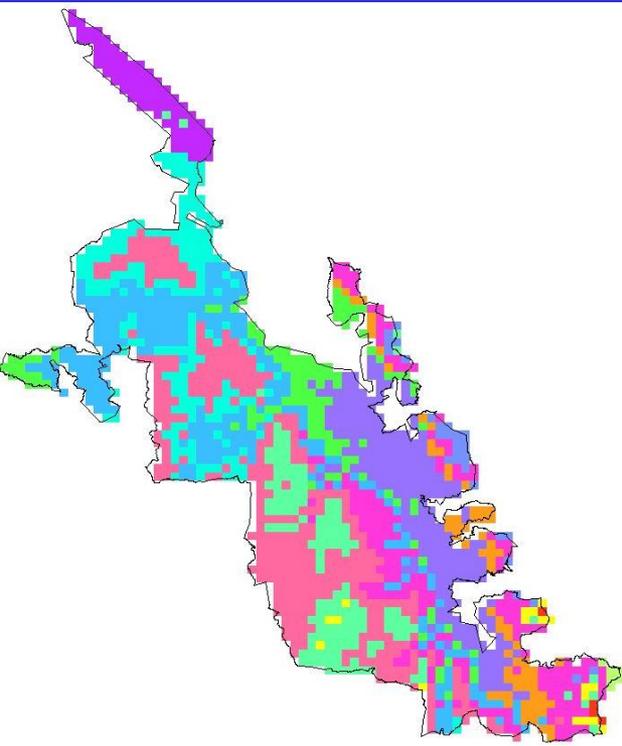


celdas de 1 km<sup>2</sup> = 1,000,000 m<sup>2</sup>

Localidades de cualquier especie

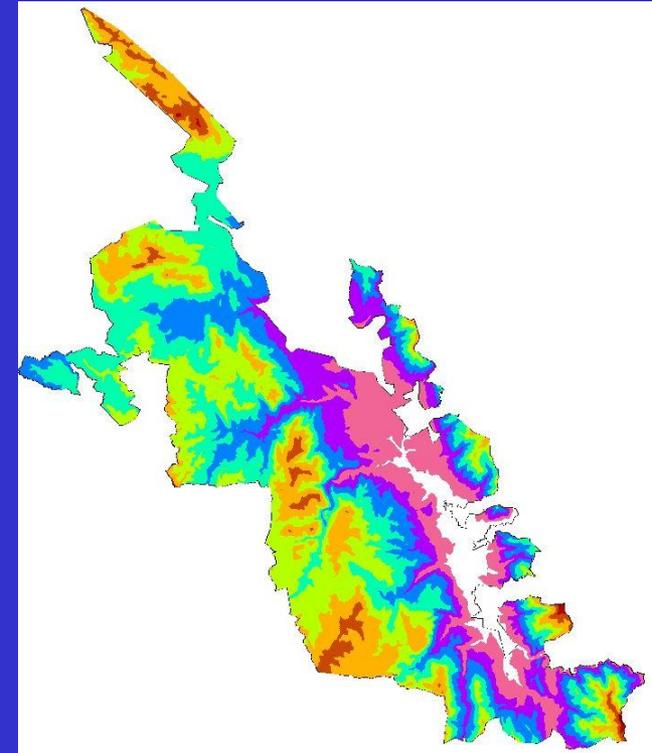


celdas de 1 ha = 10000 m<sup>2</sup>



Extracto de archivo de TPA  
1 ha RBTC

Minimiza sobrestimación  
de forma “natural”



Datos promedio de estaciones meteorológicas estándar:

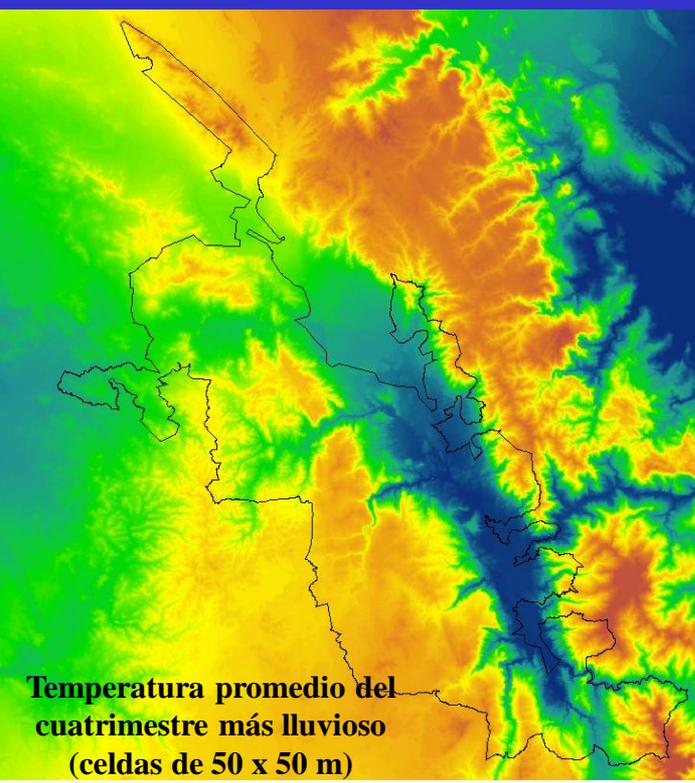
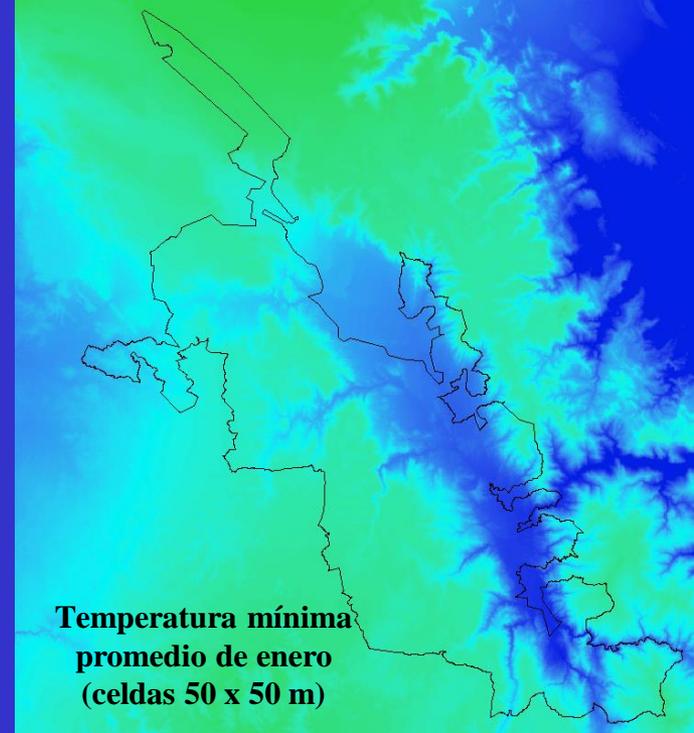
- 6200 para precipitación
- 4200 para temperatura
- Thin plate smoothing spline
- 8-13% para precipitación.
- 0.4-0.5° C para temperatura
- Resolución espacial inicial 1 km<sup>2</sup>

## Interpolación de superficies Climáticas

- Coberturas digitales mensuales promedio para
- Tmínima, Tmáxima y precipitación

- Parámetros bioclimáticos particulares (Koeppen)

- Temperatura promedio anual (°C)
- Oscilación diurna de la temperatura (°C)
- Isotermalidad (°C)
- Estacionalidad de la temperatura (C de V - %)
- Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
- Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
- Oscilación anual de la temperatura (°C)
- Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)
- Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)
- Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
- Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
- Precipitación anual (mm)
- Estacionalidad de la precipitación (C de V - %)
- Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
- Precipitación del periodo más seco (mm)
- Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
- Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
- Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
- Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)



# Especificidad del hábitat

# Perfiles bioclimáticos de las subpoblaciones de *Ferocactus haematacanthus*

	Puente Colorado	Cañada Morelos	Sacabasco	Tecamachalco	Cerro Chacateca	Santiago Nopala	San Francisco X.	Valle de Tehuacán
1.	14.4-14.7(14.5±0.07)	14.3-14.4(14.4±0.03)	14.6-15.1(14.8±0.25)	16-16.1(16±0.04)	14.9-16(15.5±0.78)	16.9-16.9(16.9±0)	15.9-16.3(16.1±0.34)	16.7-19.3(19±0.41)
2.	14.5-14.8(14.6±0.06)	14.4-14.6(14.5±0.03)	14.9-15.6(15.2±0.29)	14-14(14±0.01)	16.3-17.3(16.8±0.71)	15.2-15.3(15.3±0.05)	13.6-13.7(13.6±0.06)	14.2-14.3(14.2±0.03)
3.	0.68-0.68(0.68±0)	0.68-0.68(0.68±0)	0.69-0.69(0.69±0)	0.67-0.68(0.68±0)	0.7-0.71(0.71±0)	0.68-0.68(0.68±0)	0.66-0.68(0.67±0)	0.66-0.68(0.68±0)
4.	0.56-0.57(0.56±0)	0.55-0.56(0.56±0)	0.56-0.58(0.57±0.01)	0.54-0.55(0.54±0.01)	0.56-0.63(0.59±0.05)	0.59-0.61(0.6±0.01)	0.51-0.56(0.54±0.03)	0.64-0.64(0.64±0)
5.	25.2-25.5(25.3±0.07)	25-25.2(25.1±0.04)	25.5-26.3(25.8±0.36)	26.5-26.6(26.5±0.07)	26-27.8(26.9±1.27)	28.1-28.1(28.1±0.06)	26.1-26.8(26.5±0.49)	29.2-29.9(29.6±0.48)
6.	3.8-4.1(3.9±0.07)	3.8-3.9(3.9±0.01)	3.7-3.9(3.8±0.06)	5.8-5.8(5.8±0)	3.1-3.2(3.1±0.07)	5.7-5.7(5.7±0)	6.1-6.2(6.1±0.10)	7.8-8.2(8±0.33)
7.	21.2-21.6(21.4±0.08)	21.2-21.3(21.3±0.02)	21.8-22.5(22±0.34)	20.6-20.8(20.7±0.07)	23-24.6(23.8±1.19)	22.4-22.5(22.4±0.06)	20-20.6(20.3±0.39)	21.5-21.7(21.6±0.17)
8.	15-16(15.5±0.34)	14.8-15.1(15±0.04)	15.9-16.6(16.1±0.32)	17-17.3(17.1±0.12)	16-17.6(16.8±1.13)	18.5-18.6(18.5±0.04)	16.7-17.6(17.1±0.65)	19.5-20.1(19.8±0.55)
9.	12.2-12.5(12.3±0.05)	12.2-12.3(12.2±0.02)	12.4-12.8(12.6±0.23)	13.9-13.9(13.9±0.02)	12.6-13.4(13±0.54)	14.5-14.6(14.6±0.05)	14.1-14.1(14.1±0)	16.3-16.9(16.6±0.48)
10.	16.4-16.7(16.5±0.06)	16.3-16.4(16.4±0.02)	16.6-17.1(16.8±0.25)	17.9-18.1(18±0.06)	16.8-18(17.4±0.85)	19-19.1(19.1±0.04)	17.8-18.4(18.1±0.43)	20.8-21.5(21.2±0.44)
11.	12.2-12.4(12.3±0.04)	12.2-12.3(12.2±0.02)	12.3-12.8(12.6±0.25)	13.9-13.9(13.9±0.02)	12.6-13.4(13±0.54)	14.5-14.6(14.5±0.05)	13.9-14.1(14±0.18)	16-16.6(16.3±0.40)
12.	484-512(500±8.09)	509-533(518±4.49)	476-508(486±14.79)	504-519(514±7.37)	565-622(594±40.34)	447-461(454±9.43)	534-577(556±30.41)	507-590(610±18.93)
13.	25-26(25±0.28)	25-26(25±0.27)	24-26(25±0.64)	29-30(29±0.24)	31-31(31±0.12)	27-28(27±0.31)	31-32(32±1.05)	30-31(31±0.53)
14.	0	0	0	0	0	0	0	0
15.	84-85(84±0.42)	84-85(85±0.11)	84-87(86±1.82)	91-91(91±0.14)	87-87(87±0.04)	94-94(94±0.18)	91-92(91±0.96)	96-99(97±1.47)
16.	237-252(244±4.44)	250-265(256±3.07)	233-250(239±7.94)	255-264(261±4.43)	283-310(296±19.02)	229-236(232±5.19)	268-298(283±21.45)	268-296(281±17.77)
17.	0-	0	0	0	0	0	0	0
18.	165-168(167±0.87)	167-171(169±0.71)	166-178(171±5.94)	179-199(186±10.32)	239-247(243±5.31)	190-192(191±1.14)	191-193(192±0.83)	174-181(178±4.63)
19.	21-24(22±0.88)	22-23(23±0.16)	17-21(19±2.18)	18-20(19±0.56)	19-20(20±0.51)	14-14(14±0.27)	18-23(20±3.41)	16-19(14±1.68)

# Matriz de los perfiles climáticos y clasificación de localidades/poblaciones en donde se registró *Ferocactus haematacanthus*

PATN - [8AGO06 : Data Table]

File View Data Tools Window Help

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	18	19
km3.4-1	14.40	14.60	0.68	0.56	25.20	3.80	21.40	15.00	12.30	16.40	12.30	511.00	25.00	85.00	252.00	168.00	22.00
Km3.4-2	14.40	14.60	0.68	0.56	25.20	3.80	21.40	15.00	12.20	16.40	12.20	512.00	25.00	85.00	252.00	168.00	22.00
Km3.4-3	14.50	14.60	0.68	0.56	25.30	3.90	21.40	15.10	12.30	16.50	12.30	506.00	25.00	85.00	248.00	167.00	22.00
Km3.6-2	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	519.00	25.00	85.00	256.00	169.00	22.00
Km3.6-4	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	518.00	25.00	85.00	256.00	169.00	22.00
Km3.6-6	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	519.00	25.00	85.00	256.00	169.00	23.00
Km3.6-7	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	517.00	25.00	85.00	255.00	169.00	23.00
Km3.6-8	14.40	14.50	0.68	0.55	25.10	3.90	21.30	14.90	12.20	16.40	12.20	520.00	26.00	85.00	257.00	169.00	23.00
Km3.6-9	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	519.00	25.00	85.00	257.00	169.00	23.00
Km3.6-12	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.80	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	518.00	25.00	85.00	256.00	169.00	22.00
Km3.6-14	14.40	14.50	0.68	0.55	25.10	3.80	21.30	14.90	12.20	16.40	12.20	523.00	26.00	85.00	259.00	169.00	23.00
Km3.6-15	14.40	14.50	0.68	0.55	25.10	3.80	21.30	14.90	12.20	16.40	12.20	525.00	26.00	85.00	260.00	170.00	23.00
Km3.6-16	14.40	14.50	0.68	0.56	25.10	3.90	21.30	14.90	12.20	16.40	12.20	519.00	25.00	85.00	256.00	169.00	23.00
Km3.6-17	14.40	14.50	0.68	0.56	25.10	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	518.00	25.00	85.00	256.00	169.00	23.00
Km3.6-18	14.40	14.50	0.68	0.56	25.10	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	519.00	25.00	85.00	256.00	169.00	23.00
Km3.6-19	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	513.00	25.00	85.00	252.00	168.00	23.00
Km3.6-20	14.40	14.60	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.30	16.40	12.30	512.00	25.00	85.00	252.00	168.00	23.00
Km3.6-22	14.40	14.60	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.10	12.30	16.40	12.30	509.00	25.00	84.00	250.00	167.00	23.00
Km3.6-23	14.40	14.50	0.68	0.55	25.10	3.80	21.30	14.90	12.20	16.40	12.20	521.00	26.00	85.00	258.00	169.00	23.00
Km3.6-25	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	514.00	25.00	85.00	253.00	168.00	23.00
Km3.6-26	14.40	14.60	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	512.00	25.00	84.00	251.00	168.00	23.00
Km3.6-27	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	512.00	25.00	84.00	251.00	168.00	23.00
Km3.6-32	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	514.00	25.00	84.00	253.00	168.00	23.00
Km3.6-35	14.40	14.50	0.68	0.56	25.10	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	517.00	25.00	85.00	255.00	168.00	23.00
Km3.6-36	14.40	14.50	0.68	0.56	25.20	3.90	21.30	15.00	12.20	16.40	12.20	516.00	25.00	84.00	254.00	168.00	23.00
Km3.6-38	14.40	14.50	0.68	0.56	25.10	3.80	21.30	14.90	12.20	16.40	12.20	520.00	25.00	85.00	257.00	169.00	23.00
Km3.6-39	14.40	14.50	0.68	0.56	25.10	3.80	21.30	14.90	12.20	16.40	12.20	520.00	26.00	85.00	257.00	169.00	23.00
Km3.6-42	14.40	14.50	0.68	0.55	25.10	3.80	21.30	14.90	12.20	16.40	12.20	522.00	26.00	85.00	258.00	169.00	23.00
Km3.6-43	14.30	14.50	0.68	0.55	25.10	3.80	21.20	14.90	12.20	16.30	12.20	525.00	26.00	85.00	260.00	170.00	23.00
Km3.6-44	14.30	14.40	0.68	0.55	25.00	3.80	21.20	14.80	12.20	16.30	12.20	533.00	26.00	85.00	265.00	171.00	23.00
500m-km5.6	14.60	14.70	0.68	0.57	25.40	4.00	21.50	15.90	12.40	16.60	12.40	484.00	25.00	84.00	237.00	165.00	22.00
Cañada10	14.50	14.60	0.68	0.56	25.30	3.90	21.40	15.20	12.30	16.50	12.30	503.00	25.00	85.00	246.00	167.00	22.00
Cañada11	14.60	14.70	0.68	0.56	25.40	3.90	21.50	15.60	12.40	16.60	12.30	496.00	25.00	85.00	242.00	166.00	22.00
Minimum	14.30	13.60	0.66	0.51	25.00	3.10	20.00	14.80	12.20	16.30	12.20	447.00	24.00	83.00	229.00	165.00	14.00
Maximum	19.30	17.30	0.71	0.64	29.90	8.20	24.60	20.10	16.90	21.50	16.60	622.00	32.00	98.00	310.00	247.00	25.00
No. > 0	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71

Minimum Maxim... No. > 0

0.56 511.00 17

0.56 512.00 17

0.56 506.00 17

0.56 519.00 17

0.56 518.00 17

0.56 519.00 17

0.56 517.00 17

0.55 520.00 17

0.56 519.00 17

0.56 518.00 17

0.55 523.00 17

0.55 525.00 17

0.56 519.00 17

0.56 518.00 17

0.55 523.00 17

0.56 519.00 17

0.56 513.00 17

0.56 512.00 17

0.56 509.00 17

0.55 521.00 17

0.56 514.00 17

0.56 512.00 17

0.56 512.00 17

0.56 514.00 17

0.56 517.00 17

0.56 516.00 17

0.56 520.00 17

0.56 517.00 17

0.56 516.00 17

0.56 522.00 17

0.55 522.00 17

0.55 525.00 17

0.55 522.00 17

0.57 484.00 17

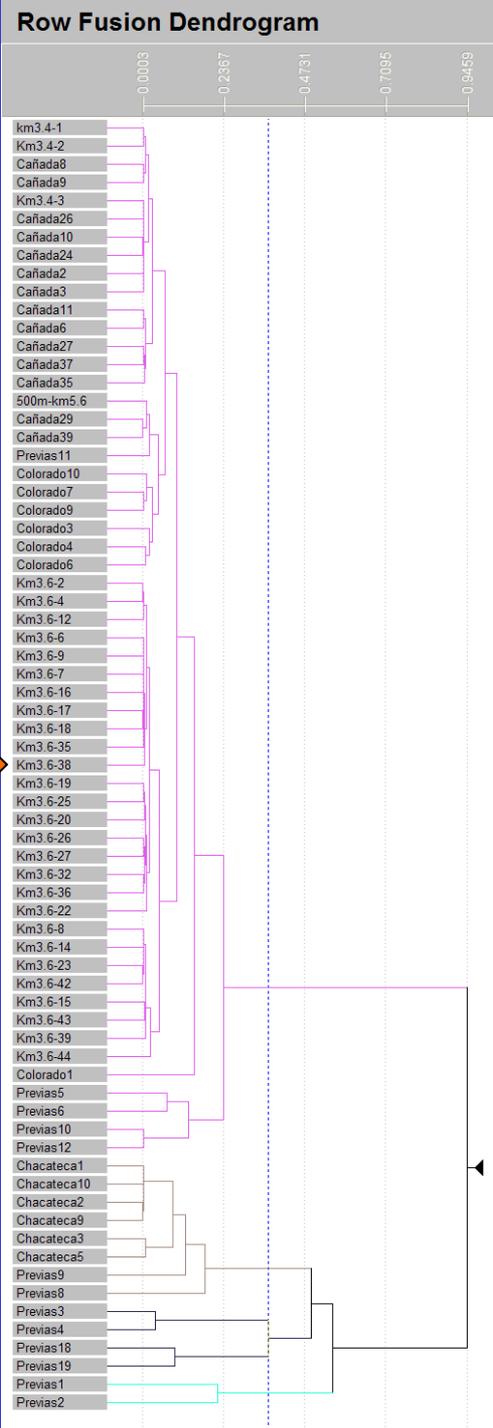
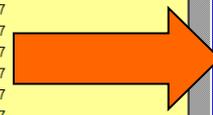
0.56 503.00 17

0.56 496.00 17

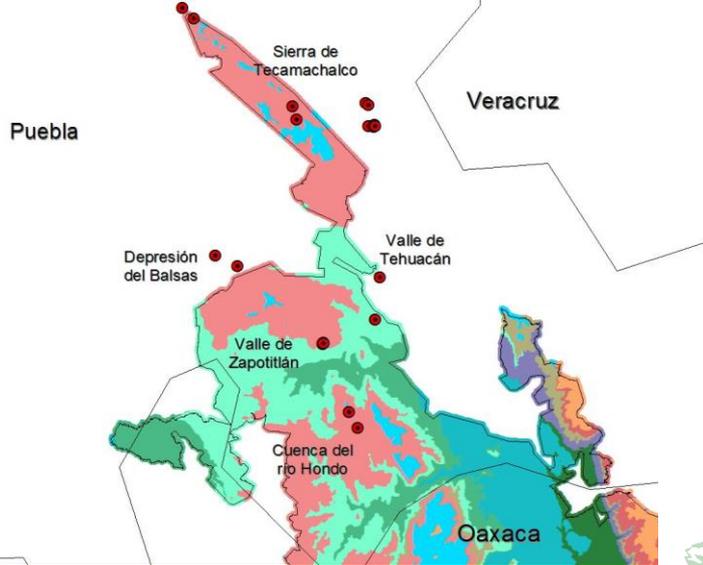
Stats Intrinsic Stats Groups Ordination

number of objects 71, variables 17

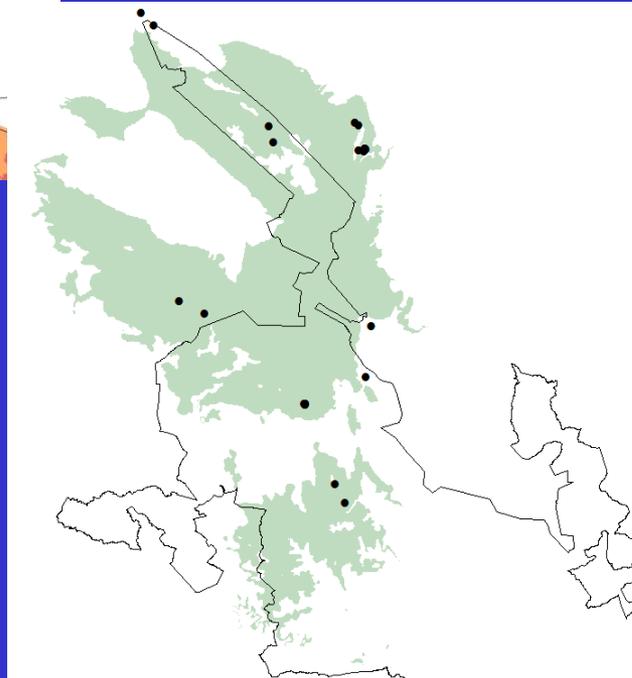
NUM



# Modelo de distribución potencial de *Ferocactus haematacanthus* en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

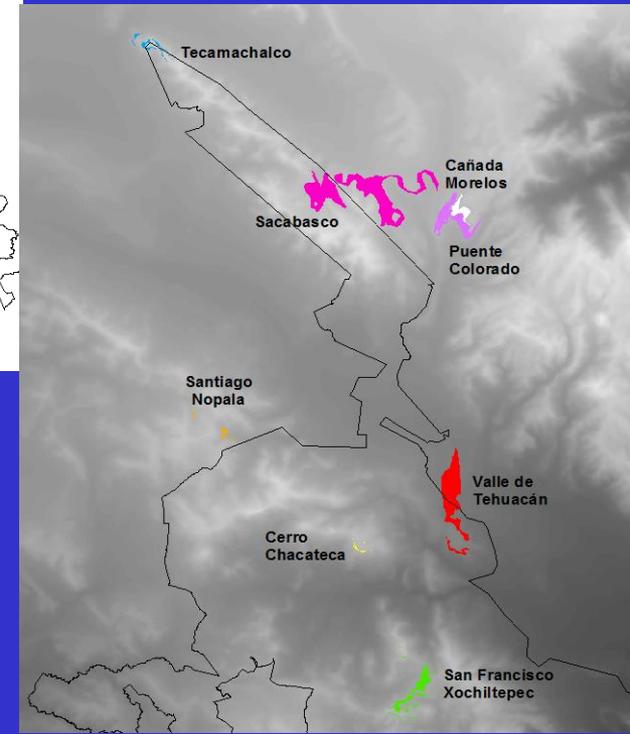


Distribución conocida de *Ferocactus haematacanthus* en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

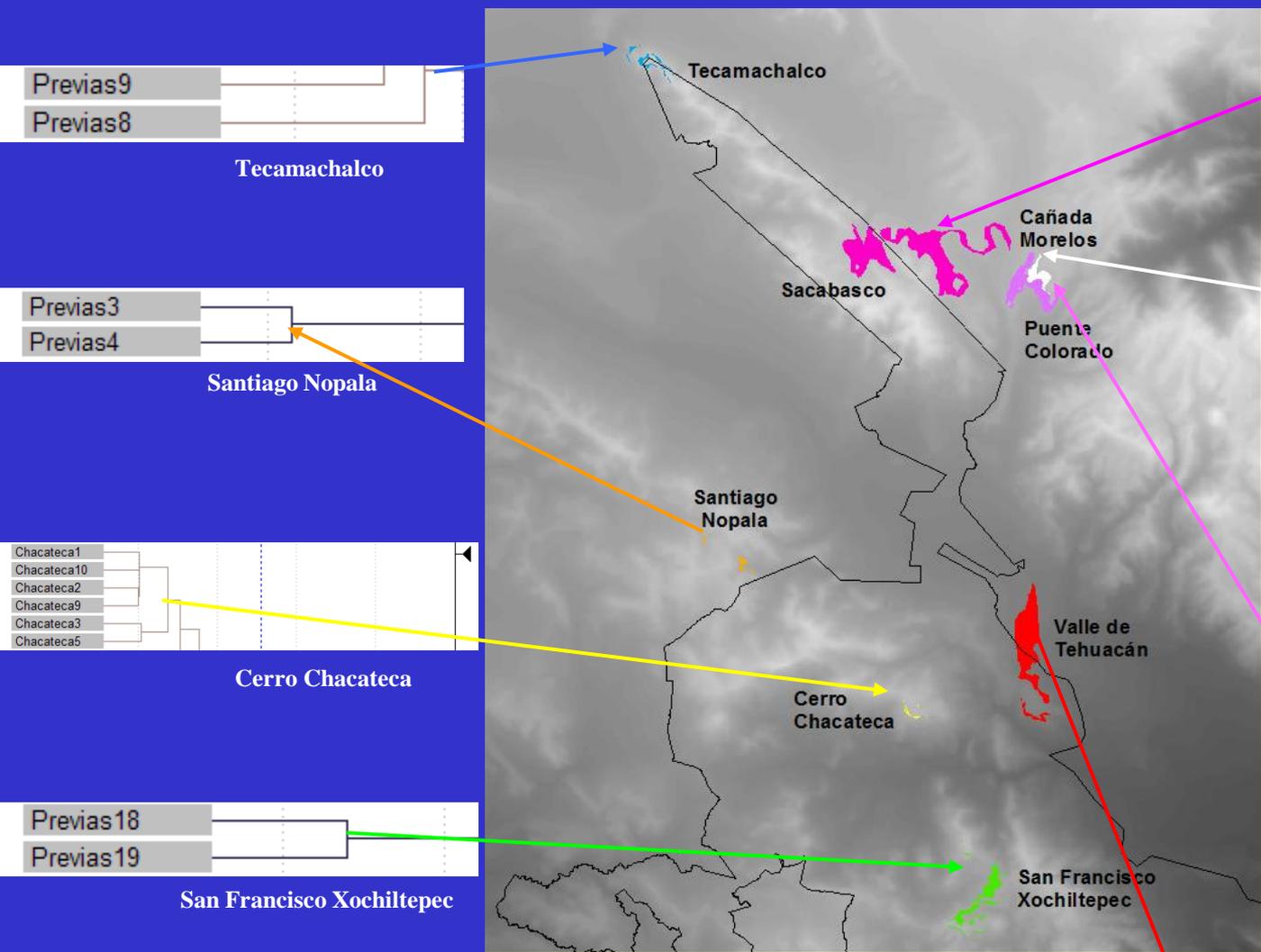


Sobrestimación ocupando valles en donde no se distribuye

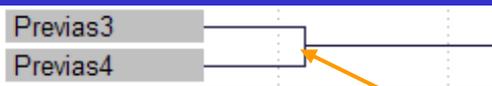
Modelo ajustado al concepto de intervalo geográfico minimizando la sobrestimación ocupando aquellas zonas de acuerdo con su especificidad de hábitat



# Identificación del hábitat de *Ferocactus haematacanthus*



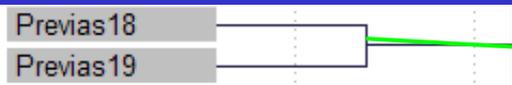
Tecamachalco



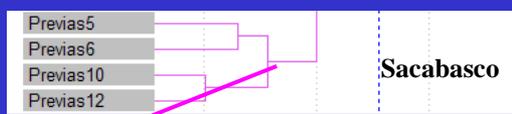
Santiago Nopala



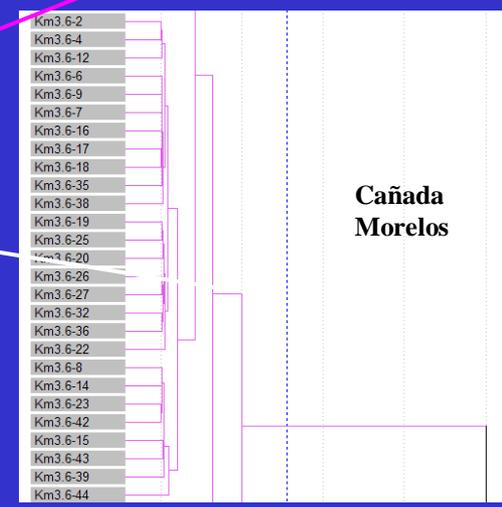
Cerro Chacateca



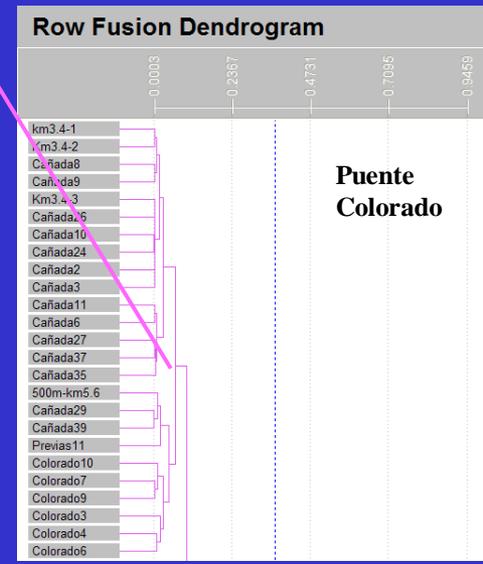
San Francisco Xochiltepec



Sacabasco



Cañada Morelos

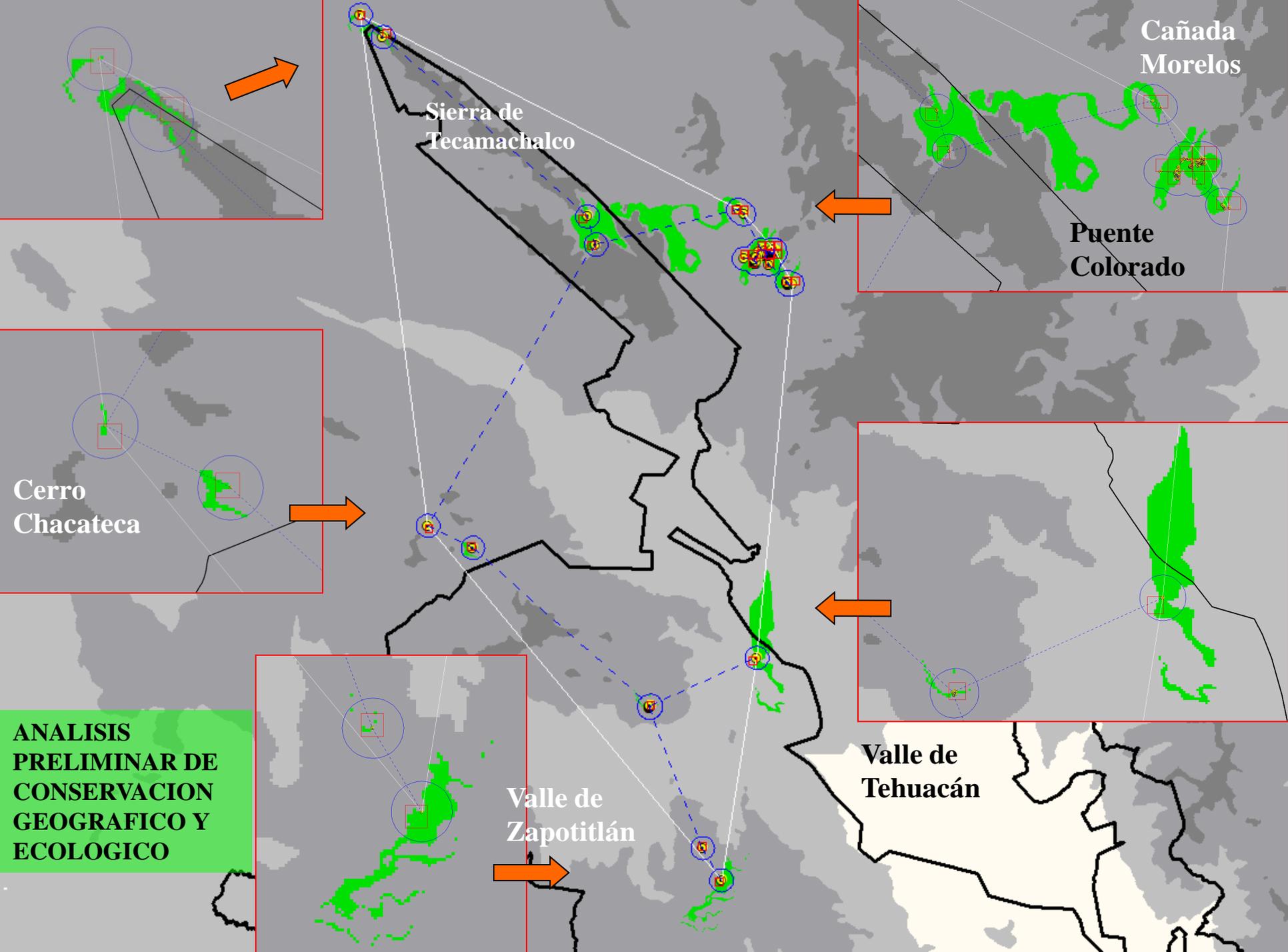


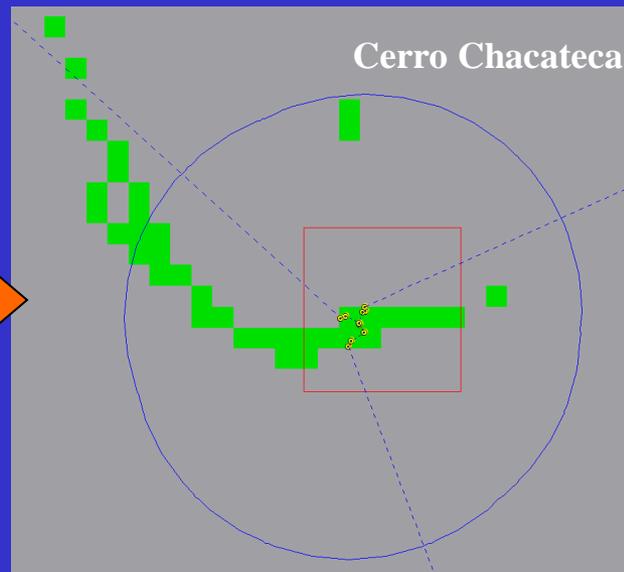
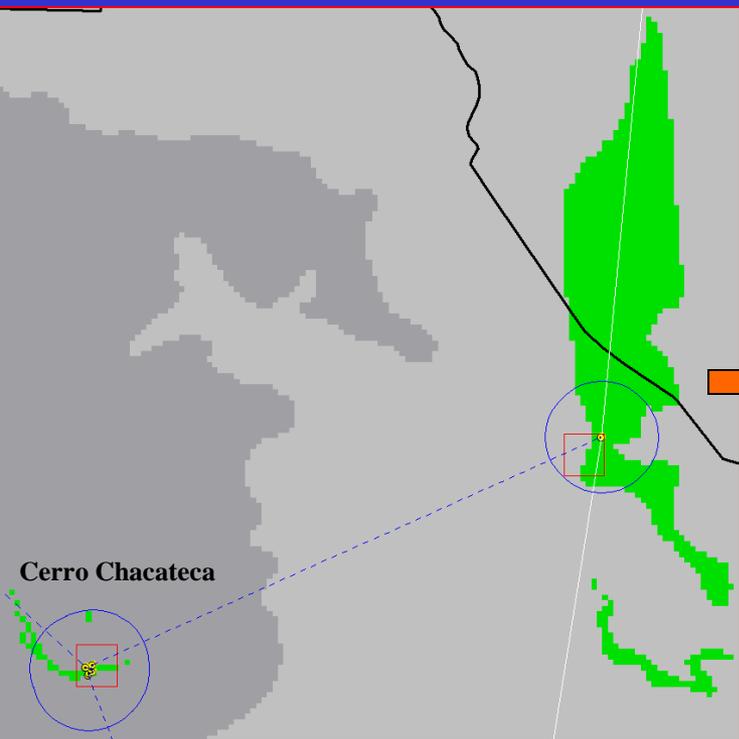
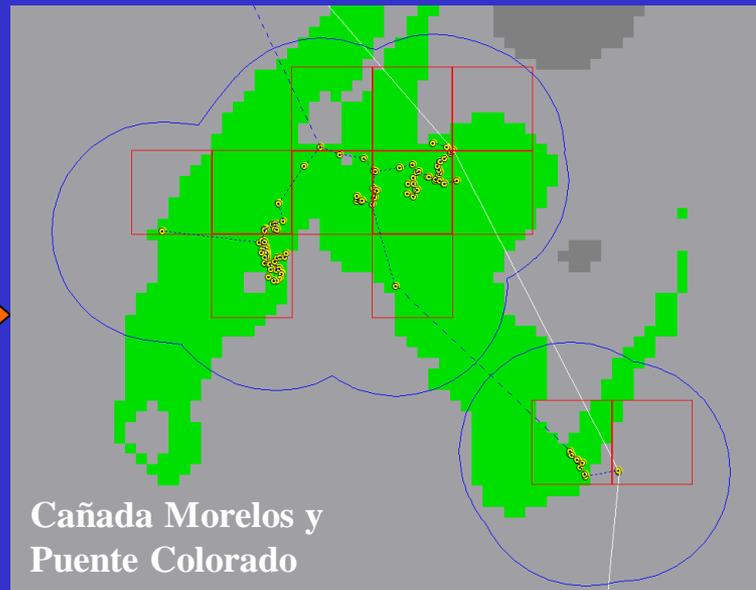
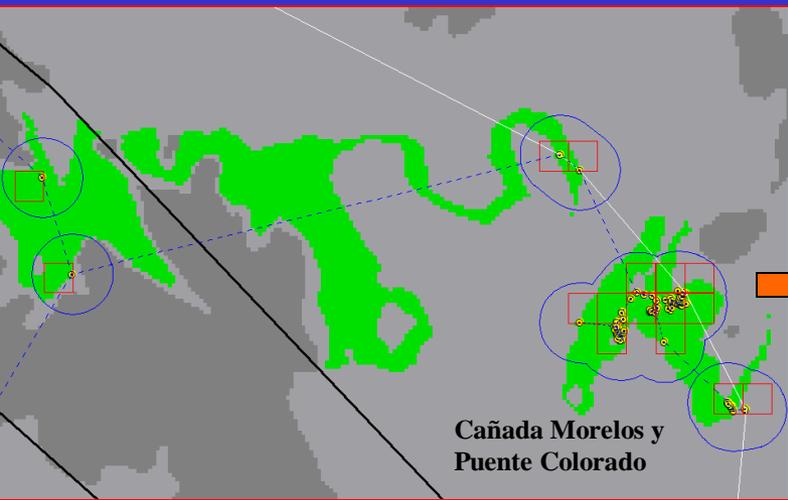
Puente Colorado



Valle de Tehuacán

	Eje 1 TMPPC	Eje 2 TMPPF	Eje 3 PPLL
Valor Eigen	13.036	4.559	0.651
%	68.612	23.995	3.427
% acumulado	68.612	92.606	96.034





Áreas de evaluación detallada de *Ferocactus haematacanthus* en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán

# Conclusiones

- En realidad son las localidades/poblaciones las que enfrentan condiciones ambientales y ecológicas particulares, y no las especies.
- La especificidad de hábitat esta dada al nivel de población y no de especie.
- Modelar a este nivel.

# Conclusiones

- Las coberturas climáticas permiten el diseño de estrategias de muestreo menos subjetivo.
- El incremento en la resolución espacial de las coberturas climáticas ha permitido minimizar la sobrestimación de forma “natural” incorporar conceptualmente en este tipo de modelos el del nicho Eltoniano.
- El modelo basado en el concepto unidades naturales-poblaciones-intervalo geográfico, permite minimizar la sobreestimación sustancialmente al ajustar los modelos.
- Los modelos de distribución potencial reflejan de forma razonable las posibles distribuciones totales (de acuerdo con el juego de datos empleado).