



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas,
Pecuarias y de los Alimentos**

TESIS:

**Distribución, Medio Ambiente y Riesgos por Pérdida de Hábitat y
Contaminación Genética de Chiles Silvestres (*Capsicum Spp*) en
México**

Que para obtener el título de Maestro en Ciencias Agrícolas

PRESENTA

Mario Saúl Pérez Chávez

COMITÉ TUTORAL

Dr. José de Jesús Luna Ruiz

Tutor

Dr. Antonio de Jesús Meraz Jiménez

Asesor

Dr. Joaquín Sosa Ramírez

Asesor

Jesús María, Aguascalientes, junio de 2009

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas,
Pecuarias y de los Alimentos**

TESIS:

**Distribución, Medio Ambiente y Riesgos por Pérdida de Hábitat y
Contaminación Genética de Chiles Silvestres (*Capsicum Spp*) en
México**

Que para obtener el título de Maestro en Ciencias Agrícolas

PRESENTA

Mario Saúl Pérez Chávez

COMITÉ TUTORAL

Dr. José de Jesús Luna Ruiz

Tutor

Dr. Antonio de Jesús Meraz Jiménez

Asesor

Dr. Joaquín Sosa Ramírez

Asesor

Jesús María, Aguascalientes, junio de 2009

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

i. AGRADECIMIENTOS

El doctor José de Jesús Luna Ruiz, me invitó a participar en su proyecto sobre las poblaciones silvestres de *Capsicum* en México, él y los doctores Jesús Meras Jiménez y Joaquín Sosa Ramírez fueron mis guías en la maestría y el proyecto. Jorge Martínez de Anda me ayudó con el diseño y elaboración del sistema de información del género. El acceso a los datos de las colectas se los debo a las doctoras Lilia Alcaraz Meléndez del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C., Marisela Rodríguez Acosta del Herbario y Jardín Botánico de la UAP, Valentina Serrano Cárdenas del Herbario de la UAQ, María Hilda Flores Olvera del Herbario Nacional de la UNAM, María de los Ángeles Guadarrama y el M en C Miguel Alberto Magaña Alejandro de la UJAT, los doctores Horacio Villalón Mendoza de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, Ramón Cuevas Guzmán del Instituto Manantlán de Ecología de la U. de G., la bióloga Irene García González del Herbario de la Dirección General de Geografía del INEGI, Vianney Pérez Saenz de CONABIO, el maestro en ciencias Kraig Kraft de la Universidad de California – Davis y el doctor José de Jesús Luna Ruiz del Centro de Ciencias Agropecuarias de la UAA. El biólogo Arturo Victoria Hernández de la DGG/ INEGI me proporcionó los datos de campo de las zonas agrícolas de la carta de vegetación y uso del suelo y las regiones ecológicas del país. La doctora Janet Long me regaló su libro *Capsicum* y cultura: la historia del chilli y material bibliográfico sobre el tema. Armando Bayona revisó el apartado sobre regiones ecológicas. Hilda Hesselbach Moreno y Gabriel Michel Cuen hicieron importantes observaciones a la estructura y contenido del documento. Rocío Pérez González revisó y corrigió innumerables veces el texto. Los profesores y administradores del Centro de Ciencias Agropecuarias hicieron posible esta aventura y mis compañeros la enriquecieron con su participación. Para todos, mi agradecimiento.

ii. VOTOS APROBATORIOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este medio manifiesto a usted que **MARIO SAÚL PÉREZ CHÁVEZ**, alumno del Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos en nivel maestría, ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de escritura de la tesis titulada “*Distribución, Medio Ambiente y Riesgos por Pérdida de Hábitat y Contaminación Genética de Chiles Silvestres (Capsicum Spp) en México.*”

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi voto *aprobatorio* para la impresión del documento, para que se proceda a completar el proceso de presentación de examen de grado.

Se extiende la presente en la ciudad de Aguascalientes, a los veintinueve del mes de mayo del año dos mil nueve.

ATENTAMENTE

DR. JOSÉ DE JESÚS LUNA RUIZ
TUTOR





M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTE.

Por este medio manifiesto a usted que el C. **MARIO SAUL PÉREZ CHÁVEZ**, alumno del Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos en nivel maestría, ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de escritura de la tesis titulada **"LAS FORMAS SILVESTRES DEL GÉNERO *Capsicum* EN MÉXICO distribución, medio ambiente, riesgos de contaminación genética y pérdida de hábitat en las regiones ecológicas de México y el papel de las áreas naturales protegidas en su conservación**

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi *voto aprobatorio* para la impresión del documento, para que se proceda a completar el proceso de presentación de examen de grado.

Se extiende la presente en la ciudad de Aguascalientes, a los 30 días del mes de mayo del año dos mil nueve.

ATENTAMENTE



JOAQUÍN SOSA RAMÍREZ
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE.

Por este medio manifiesto a usted que **MARIO SAÚL PÉREZ CHÁVEZ**, alumno del Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos en nivel maestría, ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de escritura de la tesis titulada “*Distribución, Medio Ambiente y Riesgos por Pérdida de Hábitat y Contaminación Genética de Chiles Silvestres (Capsicum Spp) en México.*”

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi voto *aprobatorio* para la impresión del documento, para que se proceda a completar el proceso de presentación de examen de grado.

Se extiende la presente en la ciudad de Aguascalientes, a los veintinueve del mes de mayo del año dos mil nueve.

ATENTAMENTE

DR. JESÚS ANTONIO MERAZ JIMÉNEZ
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL





No. Oficio CCA-D- 11-15-191-09

LIC. ERNESTINA LEÓN RODRÍGUEZ
SECRETARIA GENERAL DE LA UAA
P R E S E N T E.

AT'N: C.P. MA. ESTHER RANGEL JIMÉNEZ
JEFA DEL DEPTO. DE CONTROL ESCOLAR

Por la presente para hacer saber a Ud., que el Biólogo Mario Saúl Pérez Chávez, alumno del Programa de Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos (PCTAPA), ha cubierto cabalmente los requisitos académicos del programa y ha recibido la aprobación explícita de su tesis titulada "Distribución, Medio Ambiente y Riesgos por Pérdida de Hábitat y Contaminación Genética de Chiles Silvestres (*Capsicum*) en México".

Lo anterior es a fin de que el Biólogo Mario Saúl Pérez Chávez pueda proseguir en los trámites correspondientes pertinentes a la obtención del grado académico respectivo.

Agradeciendo de antemano su atención al presente, me despido de usted, enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Jesús María, Aguascalientes, 29 de mayo de 2009
"Se Lumen Proferre "

M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

c.c.p. Control Escolar
c.c.p. Secretario de Investigación y Posgrado
c.c.p. Archivo

*MALG/mml

iii. ÍNDICE

i. AGRADECIMIENTOS	i
ii. VOTOS APROBATORIOS	ii
iii. ÍNDICE.....	vi
iv. ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
v. ÍNDICE DE FIGURAS	x
vi. RESUMEN.....	xii
1. PRESENTACIÓN.....	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO <i>CAPSICUM</i> EN MÉXICO	6
3.1. ANTECEDENTES.....	7
3.1.1. El género <i>Capsicum</i>	7
3.1.2. Regiones ecológicas.....	8
3.1.3. Sistemas de información geográfica.....	14
3.2. OBJETIVOS.....	16
3.2.1. General.....	16
3.2.2. Particulares.....	16
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.3.1. Integración de la base de datos de <i>Capsicum</i>	17
3.3.2. Diseño y desarrollo del sistema de información geográfica para las formas silvestres del género.....	19
3.3.3. Descripción de la distribución del las formas silvestres del género <i>Capsicum</i> con base en criterios políticos y factores del medio físico	20
3.3.4. Descripción de la distribución de <i>Capsicum</i> silvestre para México con base en la regionalizaron ecológica de la CCA	20
3.4. RESULTADOS.....	21
3.4.1. Integración de la base de datos de <i>Capsicum</i>	21
3.4.2. Diseño y desarrollo del sistema de información geográfica para las formas silvestres del género.....	26

3.4.3. Descripción de la distribución de las formas silvestres del género <i>Capsicum</i> con base en criterios políticos y factores del medio físico	28
3.4.4. Descripción de la distribución de las formas silvestres del género <i>Capsicum</i> con base en criterios políticos y factores del medio físico	53
3.5. CONCLUSIONES	64
4. PÉRDIDA DE HÁBITAT Y RIESGOS DE CONTAMINACIÓN GENÉTICA DE LAS POBLACIONES SILVESTRES DE CHILE <i>Capsicum spp.</i> EN MÉXICO Y PAPEL DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN SU CONSERVACIÓN	66
4.1. ANTECEDENTES	67
4.1.1. Erosión genética	67
4.1.2. Pérdida de hábitat	73
4.2. OBJETIVOS	77
4.2.1. General	77
4.2.2. Particulares	77
4.3. MATERIALES Y MÉTODOS	78
4.3.1. Complemento del SIG	78
4.3.2. Determinación de riesgos de contaminación genética por cercanía a cultivos	79
4.3.3. Determinación de riesgos por pérdida de hábitats	79
4.3.4. Determinación de poblaciones protegidas	81
4.4. RESULTADOS	82
4.4.1. Base de datos	82
4.4.2. Riesgos de contaminación genética por cercanía	83
4.4.3. Riesgos por pérdida de hábitat	90
4.4.4. Poblaciones protegidas	103
4.5. CONCLUSIONES	110
5. LITERATURA CITADA	113
viii. ANEXOS	xii

iv. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Niveles de regionalización de la CCA y regiones ecológicas para México.....	12
Cuadro 3.2. Origen de los datos de chiles silvestres incluidos en el estudio y reportes de colecta por autor o institución	22
Cuadro 3.3. Lista depurada con referencia de origen y número de reportes por institución	23
Cuadro 3.4. Reportes por especie en las bases de datos general y depurada.....	25
Cuadro 3.5. Reportes de <i>Capsicum</i> silvestre por estado	29
Cuadro 3.6. Distribución de los registros de <i>Capsicum</i> por especie por estado	31
Cuadro 3.7. Reportes de <i>Capsicum</i> por tipo de clima.....	33
Cuadro 3.8. Registros por provincias y subprovincias fisiográficas.....	36
Cuadro 3.9. Distribución de los registros de <i>Capsicum</i> silvestre por sistema de topoformas	38
Cuadro 3.10. Distribución por tipo de roca.....	40
Cuadro 3.11. Distribución de colectas por rangos de altura.....	42
Cuadro 3.12. Reportes por especie por rango de altura	42
Cuadro 3.13. Distribución de colectas por tipo de suelo	44
Cuadro 3.14. Distribución de registros por texturas de suelo.....	44
Cuadro 3.15. Distribución de registros por fase de suelos	45
Cuadro 3.16. Reportes por cobertura y uso del suelo general.....	46
Cuadro 3.17. Reportes por uso del suelo.....	46
Cuadro 3.18. Distribución de reportes por tipos de vegetación.....	49
Cuadro 3.19. Registros de <i>Capsicum</i> y regiones ecológicas de nivel I.....	54
Cuadro 3.20. Reportes por región ecológica de nivel II, el % parcial se refiere a las colectas hechas en las regiones de nivel II; el % total a la proporción con relación al total de las cosechas.....	55
Cuadro 3.21. Reportes de <i>Capsicum</i> por regiones ecológicas de nivel III.....	57
Cuadro 3.22. Reportes de <i>Capsicum</i> por región ecológica de nivel IV	59
Cuadro 4.1. Tipos de vegetación y condición secundaria considerados para la estimación de la cobertura natural actual y la tasa de cambio por año en las regiones ecológicas con reportes de <i>Capsicum</i>	80
Cuadro 4.2 Áreas de riesgo por estado	85
Cuadro 4.3. Número de sitios con riesgo de contaminación genética por región ecológica de nivel IV	88
Cuadro 4.4. Regiones ecológicas y porcentaje de cobertura de vegetación natural.....	91
Cuadro 4.5. Regiones ecológicas y tasa de cambio en áreas con cobertura natural.....	93

Cuadro 4.6. Cobertura de los tipos de vegetación con reportes de *Capsicum* por región ecológica de nivel IV 96

Cuadro 4.7. Tasas de cambio de los tipos de vegetación con reportes de chile por región ecológica 98

Cuadro 4.8. Cambios en la cobertura natural (tomado de INEGI, 2006)..... 103

Cuadro 4.9. Registros en áreas naturales protegidas 104

Cuadro 4.10. Registros de *Capsicum* silvestre en áreas naturales protegidas 106



v. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Regiones ecológicas de nivel I para Canadá, EU y México 13

Figura 3.2. Ficha de colecta de *Capsicum baccatum* en Guasaremos, Río Mayo, Chihuahua, de Scott Gentry 1936, del Herbario Nacional. La ficha fue reetiquetada en 1996 como *Capsicum annuum* var. *aviculare* por D’Arcy % Eshbaugh. 18

Figura 3.3. Determinación de centroides para la definición de localidades de colecta..... 19

Figura 3.4. Modelo conceptual del sistema 26

Figura 3.5. Modelo lógico del sistema 27

Figura 3.6. Modelo físico del sistema 27

Figura 3.7. Distribución de colectas por estado y municipio 30

Figura 3.8. Distribución de las formas silvestres de *Capsicum* en México 32

Figura 3.9. Colectas por tipo de clima 34

Figura 3.10. Distribución de colectas de *Capsicum* silvestre por provincias y subprovincias fisiográficas 35

Figura 3.11. Distribución de registros de *Capsicum* silvestre por sistema de topofomas 39

Figura 3.12. Mapa geológico y reportes de *Capsicum* silvestre en el país 41

Figura 3.13. Distribución por altitud (msnm) 43

Figura 3.14. Distribución de registros por tipo de suelo 45

Figura 3.15. Distribución de registros por tipos de vegetación..... 50

Figura 3.16. Rodales de vegetación con colecta..... 51

Figura 3.17. Cobertura nacional de los tipos de vegetación con registro de *Capsicum* silvestre 52

Figura 3.18. Mapa con registros de *Capsicum* silvestre por región ecológica de nivel II..... 56

Figura 3.19. Distribución de los reportes en las regiones ecológicas de nivel III y IV 62

Figura 3.20. De izquierda a derecha y de arriba para abajo las regiones ecológicas de nivel IV con reportes de *C. ciliatum*, *C. lanceolatum*, *C. frutescens* y *C. annuum* respectivamente..... 63

Figura 4.1. Modelo conceptual general del sistema 82

Figura 4.2. Modelo lógico del sistema 83

Figura 4.3 Áreas de riesgo y zonas cultivadas con chile en el país 86

Figura 4.4. Sitios con riesgo de contaminación genética por región ecológica de nivel III y IV..... 89

Figura 4.5. Regiones ecológicas en riesgo por cobertura de vegetación natural menor al 20% 92

Figura 4.6. Regiones ecológicas con tasas de cambio superiores al 2% a la baja en su cobertura natural 94

Figura 4.7. Regiones ecológicas con cobertura natural menor al 20% y tasas de cambio superiores al 2% anual 95

Figura 4.8. Regiones ecológicas con menos del 20% de cobertura natural en los tipos de vegetación en que se ha reportado el género 97

Figura 4.9. Regiones ecológicas con tasas de cambio mayores al 2% en los tipos de vegetación en que se ha reportado la presencia de chiles silvestres..... 99

Figura 4.10. Regiones con riesgo para los tipos de vegetación con reportes del género por cobertura y tasa de cambio..... 100

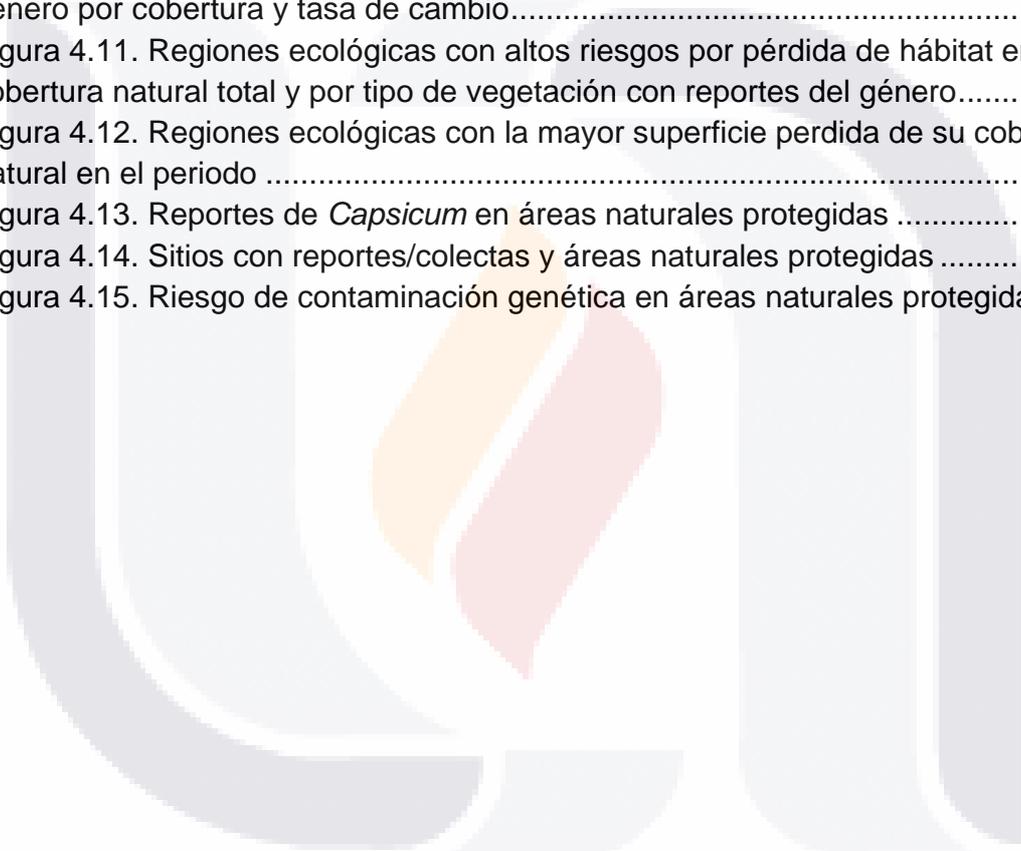
Figura 4.11. Regiones ecológicas con altos riesgos por pérdida de hábitat en cobertura natural total y por tipo de vegetación con reportes del género..... 101

Figura 4.12. Regiones ecológicas con la mayor superficie perdida de su cobertura natural en el periodo 102

Figura 4.13. Reportes de *Capsicum* en áreas naturales protegidas 105

Figura 4.14. Sitios con reportes/colectas y áreas naturales protegidas 108

Figura 4.15. Riesgo de contaminación genética en áreas naturales protegidas 109



vi. RESUMEN

En el presente trabajo se aborda la problemática de la distribución del género *Capsicum* silvestre en el país y su relación con diversos elementos del medio físico como el clima, la fisiografía, los suelos o el tipo de vegetación, así como los temas de contaminación genética, pérdida de hábitat y protección que enfrentan sus poblaciones. El trabajo tiene un enfoque de paisaje. Para desarrollarlo se integró una base de datos de más de 1000 registros y colectas de las especies y variedades silvestres que lo integran, esta se incorporó en un sistema de información geográfico para su procesamiento. Se hizo la cartografía de la distribución de los registros del género para todas las variables estudiadas, con lo que se derivaron lo que en principio se pueden considerar áreas de distribución potencial del género y las especies que lo componen. Se determinaron y cartografiaron 94 sitios con riesgo potencial de contaminación genética por cercanía en 19 estados de la República. Se determinaron las regiones ecológicas con presencia de *Capsicum* silvestre con las condiciones de mayor riesgo tanto por su baja cobertura natural como por las tasas de cambio y las superficies desmontadas en los últimos años. Las áreas menos protegidas se encuentran en la zona costera del Pacífico, desde Puerto Peñasco a Nayarit y de Colima a Oaxaca, el centro norte de la península de Yucatán y la zona norte de Veracruz y sur de Tamaulipas. Las regiones ecológicas de estas zonas tienen superficies protegidas muy pequeñas y tienen el mayor número de colectas de chiles silvestres en el país.

1. PRESENTACIÓN

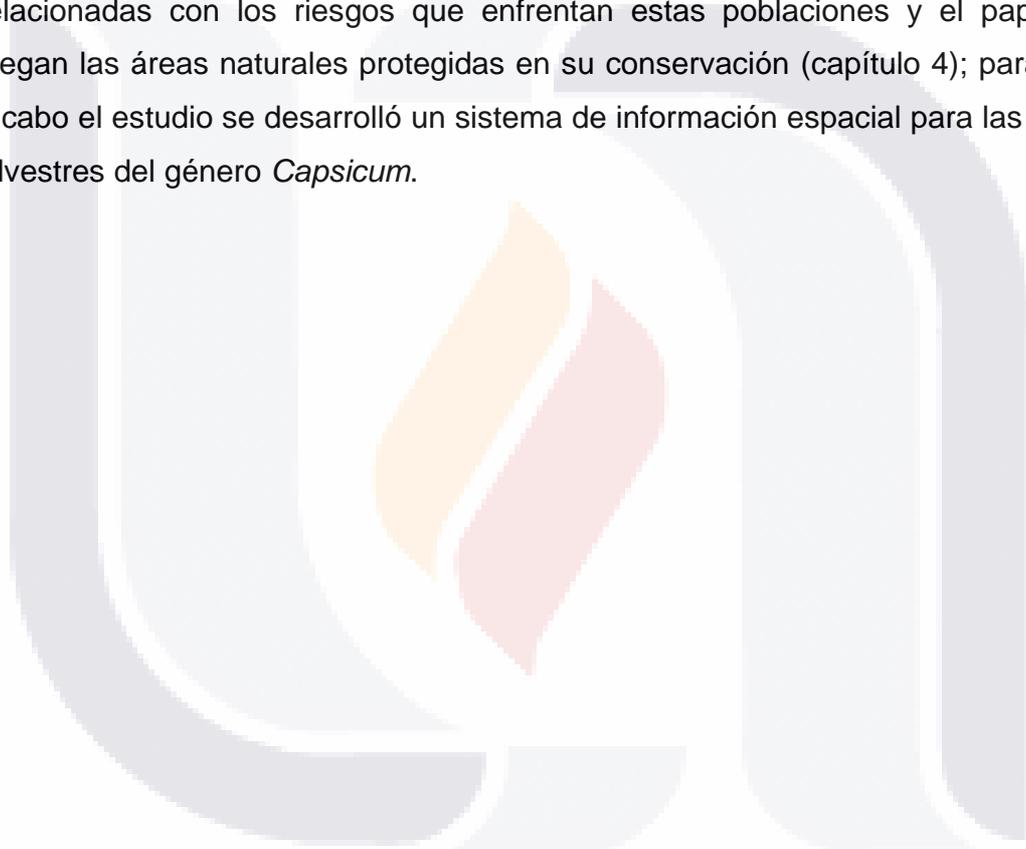
**This is an age of great knowledge and
little wisdom, but we have no choice,
we must blunder on...**

**Este es un tiempo de mucho
conocimiento y poca sabiduría, pero no
tenemos opción, debemos**

(Harlan, 2008)

La Universidad Autónoma de Aguascalientes en coordinación con la Universidad de California en Davis, desarrollan un proyecto de investigación titulado Biogeografía de las poblaciones silvestres de *Capsicum spp* de México y análisis de las relaciones genéticas entre algunas formas silvestres y domesticadas de Chile (clave PIAg/RN05-6N), que tiene como objetivos: (a) la identificación de las regiones y ambientes que favorecen la presencia de las poblaciones silvestres de Chile en México y su condición actual, (b) la estimación de la viabilidad y fertilidad de progenies derivadas de cruces entre chiles domesticados y silvestres, y (c) la evaluación de las relaciones genéticas entre las poblaciones silvestres y domesticadas. El presente proyecto se enmarca en el primer objetivo de dicho proyecto, del que se derivan dos objetivos generales: (1) determinar y caracterizar las principales regiones ecológicas que albergan a las poblaciones silvestres de Chile en el país, y (2) evaluar los riesgos y amenazas potenciales por contaminación genética y pérdida de hábitat que enfrentan dichas poblaciones, a partir del análisis de algunas variables del medio ambiente en que se les ha encontrado. Algunas de las preguntas que han orientado el trabajo son: ¿Dónde se ha colectado o reportado el género *Capsicum* en el país?, ¿En qué regiones ecológicas?, ¿Qué características tienen estos ambientes en cuanto al clima, suelos y el tipo de vegetación?, ¿Existen riesgos de contaminación genética de

estas poblaciones silvestres por cercanía y coexistencia con poblaciones domesticadas de *Capsicum*?, ¿Están amenazados los hábitats en que se encuentran?, ¿Es necesario ampliar los esfuerzos de protección en algunas regiones ecológicas para conservar al género *Capsicum* en México? En la primera parte de este documento se abordan las primeras tres preguntas relativas a la distribución de las formas silvestres del género *Capsicum* en el país y su medio ambiente (capítulo 3), en la segunda parte se tratan las últimas tres preguntas relacionadas con los riesgos que enfrentan estas poblaciones y el papel que juegan las áreas naturales protegidas en su conservación (capítulo 4); para llevar a cabo el estudio se desarrolló un sistema de información espacial para las formas silvestres del género *Capsicum*.



2. INTRODUCCIÓN

Las sociedades y los cultivos que las alimentan han coevolucionado, los cultivos han dado forma a la evolución de las sociedades humanas, como estas a los cultivos. De echo, el hombre se ha hecho tan dependiente de las plantas que cultiva que de cierta manera estos cultivos lo han domesticado, en ese sentido la agricultura y con ella la domesticación, no fueron el resultado de un acontecimiento, o una idea o descubrimiento, revelación o invento, sino el producto de un largo proceso adaptativo que tomo miles de años (Harlan, 2008) y se sigue moldeando hoy en día con el trabajo de los campesinos del mundo; sin embargo, todos los organismos que ha domesticado el hombre tienen sus primeros ancestros en especies silvestres.

La conservación de la vida silvestre y de sus hábitats adquiere categoría de necesidad para los humanos, cuando percibimos que de ella y sus recursos genéticos depende la alimentación de la población mundial, por mencionar sólo uno de los bienes que las especies silvestres proveen al hombre. Diversas especies de plantas, de elevado consumo mundial y regional, como las que componen el género *Capsicum*, son mejor conocidas en sus formas y variedades domésticas, mientras que los orígenes silvestres van desapareciendo, junto con los ecosistemas de los que forman parte. En este proceso se combina la pérdida de la diversidad genética, específica y ecosistémica. La permanencia y aprovechamiento de estas especies y variedades, depende en cierta medida de la conservación de sus formas silvestres que tienen una base genética mucho más amplia, en la que se puede encontrar el contenido necesario para el mejoramiento de las variedades cultivadas.

El proceso de conservación de la variabilidad genética está asociado, necesariamente, al mantenimiento de los ecosistemas de distribución original de las especies. Para conservar el género, es necesario entonces, conocer su

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

distribución en órdenes jerárquicos: regiones ecológicas, ecosistemas, hábitats y poblaciones, así como las condiciones y riesgos en que se encuentra.

Las formas silvestres de *Capsicum* han dado origen a todos los tipos y variedades de chiles domesticados y cultivados alrededor del mundo. Los centros de origen de las especies cultivadas de *Capsicum* son la cuenca del Amazonas para *C. chinense* y *C. frutescens*, las regiones altas de Perú y Bolivia para *C. baccatum* y *C. pubescens*, y Mesoamérica para *C. annum*, en estos últimos fue domesticada hace aproximadamente 8000 años (MacNeish, 1964; 1967; Lynch, 1980). México es centro de origen, diversidad y domesticación de *Capsicum annum*, la especie que alberga los tipos y variedades de chile con mayor superficie cultivada, mayor producción y de mayor consumo y comercialización en el mundo (Hernández *et al.*, 1999).

De hecho, en la actualidad el chile es la principal especie hortícola consumida a nivel mundial, con una superficie cultivada de más de 1,250 000 hectáreas, una producción estimada en 20 millones de toneladas al año, un crecimiento anual en el consumo mundial superior al 10% y un promedio en las exportaciones de 1 209 579 toneladas en el periodo 93 – 2002; en este proceso están involucrados países como China, principal productor, México, Nigeria, Turquía, España, Estados Unidos e Indonesia entre otros (SAGARPA, 2007), sin embargo su cultivo en pequeña escala es común en muchos más países.

En México, el chile es uno de los cultivos más importantes por su elevada participación en el valor de la producción agrícola regional, por la generación de ingresos a productores y de empleos en las zonas de producción chilera. En la actualidad es el producto hortícola más importante del país, con una superficie cultivada de cerca de 150 mil hectáreas, una producción superior al millón y medio de toneladas al año y un valor de la producción promedio en el periodo 93 – 2002 de 1 387 823 854 pesos (SAGARPA, 2007). Su valor alimenticio, medicinal, cultural, de intercambio como tributo, su producción, industrialización y comercio

en varias épocas, sus tipos y su difusión en el mundo han sido documentados para México (Laborde y Pozo, 1982; Long, 1998).

Sin embargo existen riesgos potenciales para este y otros importantes cultivos. Las actividades del hombre en los últimos 100 años han destruido o modificado drásticamente los ecosistemas naturales. Se estima que la agricultura ha cambiado la cobertura nativa en el mundo en más de un 25%. En México el área transformada es poco más del 27% del territorio, según datos de la DGG/INEGI (INEGI, 2006). Por otro lado se está dando una pérdida creciente de germoplasma en la agricultura al sembrarse y depender cada vez más de un menor número de variedades de las especies más aprovechadas en el mundo, lo que conlleva una alta vulnerabilidad (Altieri, 1992; Nabham, 2009; Harlan, 2008). El problema se complica cuando estas variedades, modificadas o no genéticamente - pueden cambiar la estructura genética de sus parientes silvestres, uniformizando aún más el acervo genético de la especie.

Lo anterior explica la gran importancia de conservar las poblaciones silvestres tanto en sus centros de origen y diversidad (conservación *in situ*), como en bancos de germoplasma y jardines botánicos (conservación *ex situ*). Los parientes silvestres de las plantas que se cultivan tienen un gran valor estratégico ya que con su acervo genético se pueden resolver problemas de producción ligados a su resistencia a condiciones específicas del medio, a plagas o enfermedades o aspectos de cantidad y calidad del producto (Harlan, *Op cit*; Hernández *et al.*, 1999; Nabham, 2009).

La situación del Chile con relación a estos problemas no se conoce con precisión para nuestro país, el conocimiento que se tiene de la distribución del género es limitado, por lo que hace falta profundizar los estudios de distribución del género desde una perspectiva ecológica que permita entender el conjunto de condiciones y elementos del medio que favorecen o limitan la presencia del género y cada una de las especies que lo conforman.

3. DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO *Capsicum* EN MÉXICO
Regiones Ecológicas y Caracterización del Medio Ambiente



3.1. ANTECEDENTES

3.1.1. El género *Capsicum*

El género *Capsicum* es de origen americano, miembro de la familia tropical *Solanaceae* que incluye a los tomates, tabaco y papas. Su centro de origen parece estar en la región que comprende el norte de Argentina, Bolivia y el centro sur del Brasil (Hernández *et al.*, 1999). Se estima que cuenta con alrededor de 30 especies identificadas y clasificadas, sin embargo, es probable que existan otras especies del mismo género aún sin identificar (Bosland and Votava, 2000). De las 30 especies actualmente reconocidas de *Capsicum*, cinco fueron domesticadas de manera independiente en diferentes regiones al sur del trópico de Cáncer (*C. annum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* y *C. baccatum*), en todos los casos se considera que los materiales silvestres son ancestros de estas (Heiser y Smith, 1953; Eshbaugh, 1975, 1980; Pickersgill, 1971, 1979, 1984). El resto son silvestres y se encuentran distribuidas a lo largo del continente americano entre el suroeste de los Estados Unidos y el norte de Argentina (Pickersgill, 1971 y 1984; Eshbaugh, 1980; Bosland and Votava, 2000).

En México crecen en forma silvestre cuatro especies: *Capsicum annum*, *C. frutescens*, *C. ciliatum* y *C. lanceolatum*, los últimos dos exclusivamente silvestres.

Las variedades domésticas de *C. annum* se cultivan en casi todo el país; *C. frutescens* se cultiva en el centro y suroeste de México y *C. chinense* en la península de Yucatán. Estas especies se consideran un complejo estrechamente relacionado y poco diferenciado particularmente en sus formas silvestres, lo que dificulta su estudio y clasificación y ha generado desde sus inicios una amplia discusión. Por otro lado Pickersgill *et al.*, (1979) sugieren que entre los chiles silvestres y cultivados de cada especie, hay formas intermedias que forman un continuo sin límites tajantes, este es un fenómeno común reconocido para una gran variedad de especies aprovechadas por el hombre (Harlan, 2008).

A pesar de su importancia socioeconómica y cultural sabemos poco de la distribución de las poblaciones de chiles silvestres en México y los países en que son nativas, las descripciones que se tienen son muy generales. *C. annuum* se describe como una especie que se distribuye desde el sur de los Estados Unidos de América hasta Colombia (Hernández *et al.*, 1999), en la flora de Veracruz (Nee, 1986), se incluyen las Antillas y se habla del norte de Sudamérica; *C. frutescens* es descrita como pantropical y se distribuye desde las partes bajas de Brasil y Bolivia hasta México; *C. ciliatum* se encuentra desde el norte del Perú hasta Venezuela en el noroeste de Sudamérica y por Centro América hasta México; *C. lanceolatum* tiene una distribución más restringida que va desde Honduras hasta México (Hernández *et al.*, 1999).

Para el país se dice que *C. annuum*, se encuentra en todos los estados de la República (Loaiza *et al.*, 1989), en una gran variedad de condiciones, desde lugares no perturbados hasta potreros y en traspatio. Es raro que se encuentre por arriba de los 1000 msnm, aunque hay registros a 1 100 en Querétaro y 1 300 en Coahuila ((Hernández *et al.*, 1999); Laborde y Pozo (1982), lo describen como ampliamente difundido en toda la zona costera del país, distribución que ratifican Montes *et al.*, en 2006. *C. frutescens*, ha sido localizado en el centro y sureste de México, en zonas de vegetación no perturbada o secundaria en áreas no muy altas en selvas bajas caducifolias ((Hernández *et al.*, 1999); Loaiza *et al.*, (1989), lo reporta exclusivamente en Oaxaca, Chiapas y Tabasco. *C. ciliatum* se encuentra en casi todos los estados del país, desde Durango, Nuevo León y Tamaulipas hasta Chiapas, con excepción de la zona noroeste, en bosques secos o templados entre los 500 y los 2 000 msnm., *C. lanceolatum* solamente está reportado en selvas húmedas en Chiapas y Veracruz ((Hernández *et al.*, 1999).

3.1.2. Regiones ecológicas

Las regionalizaciones territoriales con base ecológica son una herramienta de uso cada vez más generalizado, con una historia de gestación que se remonta a la segunda mitad del siglo diecinueve, cuando se fundó en Francia la École des

Annales, que trató de ver a la historia como algo más que la sucesión de imperios y batallas, es decir, como un proceso evolutivo en el que la economía y la geografía juegan papeles vitales. El geógrafo Vidal de la Blache (1908, 1913), uno de los fundadores de esa escuela, contribuyó ampliamente a forjar un enfoque geográfico del paisaje, a través de una forma objetiva y genealógica, como el resultado de las acciones humanas, que se adaptan a su medio natural en el curso de la historia. Este enfoque dominó mucho tiempo el pensamiento geográfico francés e influyó sobre otras escuelas en el (Bertrand, 1978,1992; Bolós 1975, 1981; Solntsev, 1948).

Desde finales del siglo pasado, y en paralelo con el desarrollo de los conceptos integradores que dieron origen a la ecología como ciencia, se comenzó a entender la importancia del paisaje en los procesos naturales y socioeconómicos. Ya en 1916, Fenneman (1938), definió, con este enfoque, las regiones fisiográficas de los Estados Unidos. Bowman (1911) observó la relación entre la topografía y el uso del suelo, describiendo “tipos topográficos”. La unidad paisajística es un área que mantiene una base geológica-geomorfológica y es “el más significativo factor para distinguir las unidades naturales” (CETENAL, 1976); En su libro *Crops and Man*, Harlan (2008) comenta sobre la importancia de un enfoque ecológico para entender los orígenes de la domesticación de las plantas cultivadas.

En la década de los sesenta, investigadores australianos, desarrollaron una metodología para la delimitación y caracterización de unidades como una aproximación integral al conocimiento del terreno, a la vez que una alternativa económica y rápida frente a los estudios temáticos tradicionales (Christian y Stewart, 1968). Estos métodos se han utilizado con algunas variantes en varios países incluyendo México (CETENAL, 1976; Martínez y Morelo, 1977; Howard y Mitchell, 1980; Environment Canada, 1982).

Hacia la década de 1970-1980, Georges Bertrand (1969, 1972a), postuló al paisaje como un objeto híbrido, cuya explicación requiere tanto el concurso de las

ciencias naturales (geomorfología, ecología vegetal, climatología, etc.) como de las ciencias sociales (la división del espacio en territorios, la percepción o la política). Bertrand crea un concepto ternario de estudio (geosistema - territorio - paisaje) para estudiar la dinámica y la evolución del paisaje, que depende al mismo tiempo de procesos naturales y organizaciones humanas, con sus percepciones e ideologías. Bertrand, refiriéndose al paisaje, nos dice: "Es, sobre una cierta porción del espacio, el resultado de la combinación dinámica y, por tanto, inestable, de los elementos físicos, biológicos y antropológicos que, al reaccionar dialécticamente unos sobre otros, hacen del paisaje un conjunto único e indisoluble en perpetua evolución."

Un trabajo muy importante en México fue el desarrollado en los ochentas por la Dirección General de Geografía del INEGI, cuando se elaboró la carta fisiográfica del país en escala 1: 1000 000. Esta carta define unidades de paisaje con base en elementos topográficos y topoformas, tomando en cuenta elementos genéticos, litológicos y climáticos (Quiñones, 1981).

Mientras tanto, otras tendencias en el estudio de los paisajes han surgido en el mundo. Beckett y Webster (1965a, 1965b, 1969, 1971); y autores holandeses como Isaak Zonneveld (1979), han postulado los llamados Sistemas Terrestres o Unidades Terrestres, respectivamente, como porciones de la superficie terrestre que muestran un aspecto físico o fisiográfico más o menos homogéneo en todo su interior, al tiempo que contrastante con las áreas vecinas. Estas clasificaciones del paisaje están, sin embargo, muy dirigidas a lo natural y físico, aunque no omiten mencionar al hombre como modificador de los paisajes naturales.

Es hasta finales de los setentas y principios de los ochentas que se hacen los primeros trabajos con enfoque ecológico a nivel nación. Wiken (1986), describe la regionalización ecológica como "el proceso de delinear y clasificar áreas ecológicamente distintivas de la superficie de la Tierra donde cada área puede ser vista como un sistema separado, resultado del entrecruzamiento y la interacción

de factores geológicos, formas terrestres, suelos, vegetación, clima, fauna silvestre, agua y factores humanos”. El predominio de uno u otro de estos factores varía de un sistema a otro, cambia con el tiempo y la escala de observación, por lo que requiere de una clasificación jerárquica y una interpretación cuidadosa, ya que las áreas definidas deben considerarse una abstracción limitada de los ecosistemas reales, al no poder ilustrar con facilidad los aspectos más dinámicos de éstos.

En ese sentido, el terreno debe de considerarse como un perfil vertical completo de un sitio en la superficie terrestre, desde la atmósfera hasta los horizontes geológicos subyacentes, incluyendo las comunidades vegetales y animales y las actividades humanas pasadas y presentes asociadas con ellas. Es este complejo global el que gobierna las potencialidades y limitaciones en la producción; éste es el verdadero recurso, más que los factores que lo componen, y es su variación de un lugar a otro, más que la variación en los factores individuales, la que da como resultado diversos potenciales para el desarrollo (CETENAL, 1976; Wiken, 1996).

En los noventas se creó la Comisión para la Cooperación Ambiental para tratar las preocupaciones ambientales comunes de los países de América del Norte que forman parte del Tratado de Libre Comercio y contribuir a la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente (CCA, 1997). Con esta misión, la Comisión ha desarrollado el marco conceptual y la cartografía de las regiones ecológicas de América del Norte. La clasificación se hizo con base en una matriz de factores relevantes y la opinión de expertos. La delimitación de las unidades se basó en la interpretación de elementos relativamente estables en el tiempo como la litología, la forma del relieve, los suelos, el clima y los tipos de vegetación y distingue el uso del suelo a pesar de su carácter más dinámico. El trabajo realizado hasta ahora, establece las regiones en 4 niveles (cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Niveles de regionalización de la CCA y regiones ecológicas para México

Nivel	No. regiones	Escala de representación	Perspectiva
I	7	Cercana a 1:50 millones	Subcontinental
II	22	1:30 millones	Nacional o grandes regiones
III	39	5 a 10 millones	Regional
IV	99	1:1 millón	Áreas específicas

Algunas de las características más importantes de esta regionalización ecológica son:

- Incorpora la actividad humana como componente importante de los ecosistemas
- Es holística
- La cantidad e importancia relativa de los factores usados en la delimitación de las regiones es variable en todos los niveles
- Tiene una estructura jerarquizada con regiones anidadas, integra y no sobrepone el conocimiento, reconoce la interacción entre las partes, y
- Los límites de los mapas normalmente son zonas de transición

En este tipo de mapas se establecen áreas homogéneas y relativamente estables, clasificadas jerárquicamente, que permiten entre otras cosas:

- El modelaje de escenarios e impactos diversos
- La selección de sitios de muestreo o estaciones de seguimiento, en forma eficaz y consistente
- La coherencia y comparabilidad de los resultados de diferentes épocas, o a diversos niveles de detalle y su extrapolación a sitios similares
- Establece desde el inicio las áreas de mayor riesgo de impacto real y potencial
- El manejo integral del sistema comunidad-hábitat-paisaje, y

- La posibilidad de integración a los sistemas de información geográfica en forma natural
- Rompe con las limitaciones de los estudios temáticos y locales demasiado fragmentados para el análisis y la toma de decisiones a niveles regionales y superiores

El mapa de la CCA para Norteamérica con las regiones ecológicas de nivel I se puede ver en la figura 3.1.

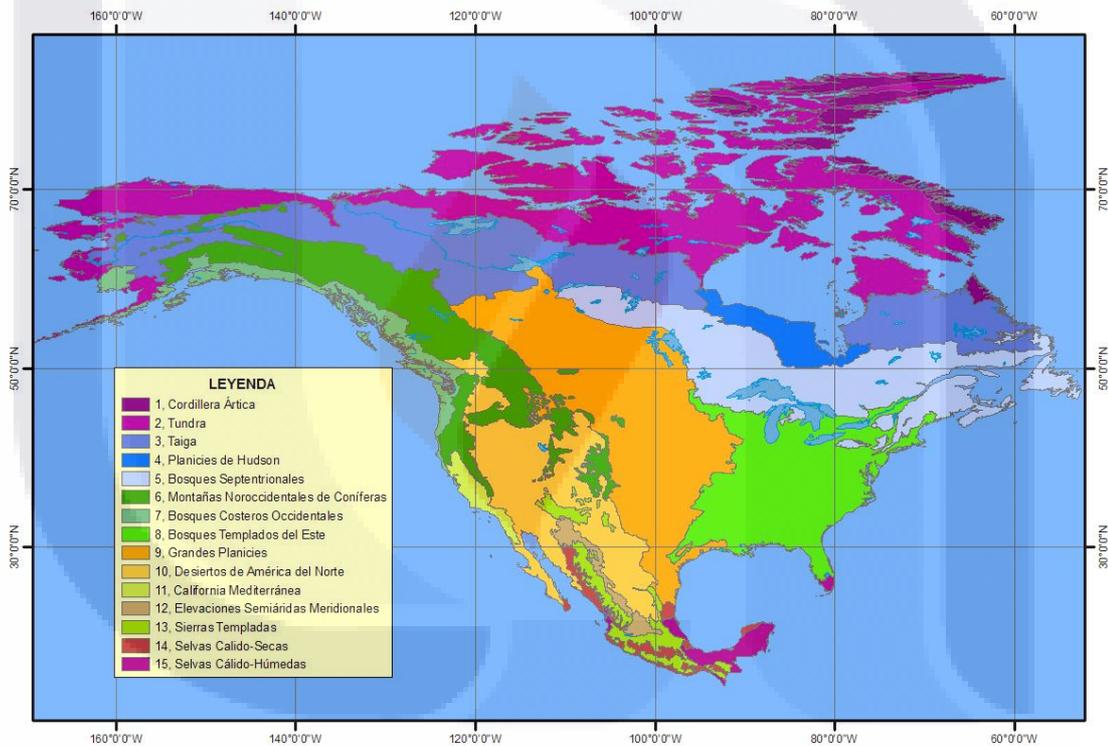


Figura 3.1. Regiones ecológicas de nivel I para Canadá, EU y México

Este enfoque llamado ecológico, reconoce que los problemas ambientales son complejos y no tienen fronteras políticas; que los ecosistemas son fuente de valiosos recursos naturales, son dinámicos y que la actividad humana se ha convertido en el principal agente de cambio poniendo en riesgo su sustentabilidad,

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

desde el nivel local hasta el global, por lo que hay que pensar, planear y actuar en términos de ecosistemas (CCA, 1997). En este marco, las regiones ecológicas son clave para la evaluación de recursos, riesgos ambientales, sustentabilidad y cuestiones relacionadas con la salud pública.

Hoy en día, el paisaje es considerado en diversos países como un importantísimo patrimonio cultural, ambiental y estético de los pueblos (*Convenio Europeo del Paisaje, 2000*). En dicho documento, se declara que el paisaje contribuye a la formación de las culturas locales, es componente fundamental de los patrimonios natural y cultural y contribuye al bienestar, la calidad de vida y a la consolidación de la identidad de las naciones.

Para el estudio particular del género *Capsicum* en México, hemos planteado el uso de regiones ecológicas y análisis del paisaje integrados con otros elementos en un sistema de información geográfica para estudiar de manera integral los problemas de hábitat, riesgos de contaminación genética y oportunidades para la conservación *in situ* de los chiles silvestres de México.

3.1.3. Sistemas de información geográfica

En la década de 1960 Roger Tomlison fue el primer investigador en usar el término de sistema de información geográfica (SIG) al trabajar en el desarrollo de un sistema cartográfico del Canadá. En los años setentas, este término fue difundido por los profesores de la Universidad de Harvard (Peters, 2008). Hoy existe en la literatura gran diversidad de definiciones de lo que es un SIG; la empresa ESRI (1995), define el SIG como una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. Campbell (1996) los define como un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, el modelado y el despliegue de datos espacialmente

referenciados para la solución de los complejos problemas del manejo y planeación territorial. Más recientemente el mismo ESRI (2008), amplió la definición considerando que un sistema de información geográfica es un sistema para la gestión, análisis y visualización del conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información que incluyen mapas interactivos, datos geográficos, modelos de procesamiento, modelos de datos y metadatos; estos han evolucionado de un enfoque de base de datos a un enfoque de conocimiento, en el que es de suma importancia que el usuario final conozca perfectamente lo que necesita del sistema, ya que el diseño de la arquitectura del sistema define su desempeño para fines específicos con una infraestructura de equipo dado (Peters, 2008). Un aspecto muy relevante en las nuevas definiciones es que el punto central de un buen sistema son las personas que lo entienden y manejan (Tomlison, 2008).

Arthur (2004) define los pasos para el diseño de un sistema de información en tres temas principales: diseño conceptual, diseño lógico y diseño físico. En el diseño conceptual se llevan a cabo las tareas de identificación de los productos de información que van a ser considerados para la integración de la base de datos; identificación de las capas temáticas y rasgos clave que se tomarán en cuenta; además se detallan las características de las clases de rasgos y se realiza una agrupación de rasgos semejantes en la base de datos.

El diseño lógico es la definición de la estructura de la base de datos, el comportamiento de los rasgos y la definición de las propiedades espaciales de estos. En el diseño físico se hacen las especificaciones de los campos de los datos, la implementación y la carga o llenado de la base de datos.

El SIG es una herramienta que en los últimos años se ha venido utilizando en varias ramas de la ciencia entre las que se encuentran la cartografía, la arqueología, el urbanismo, la agricultura y la ecología, en este tema uno de los problemas abordados ha sido el del modelado de la distribución de especies en

general, (Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2006; Graham y Hijmans, 2006), o en particular, como en el caso del teosinte en México (Sánchez y Ruiz, 1997), o el de *Quercus emory* en el país (Torres, 2007), otros trabajos relacionados incluyen la búsqueda de sitios para la adquisición de germoplasma para colecciones *ex situ* (0, o la optimización de misiones de colecta como en el caso de *Capsicum flexuosum*, un chile silvestre raro de distribución limitada en Sudamérica (Jarvis *et al.*, 2005).

Gepts (2006), comenta que las nuevas tecnologías como los sistemas de posicionamiento global (GPS) han influido en el aumento de la cantidad de datos georreferenciados de información biológica y no biológica disponibles y esto se refleja en el uso de los SIG, ya que es una herramienta con la cual se pueden visualizar y analizar los patrones espaciales con mucha eficiencia.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. General

Describir la distribución de las especies silvestres del género *Capsicum* reportadas para México, utilizando criterios ecológicos, ambientales y políticos.

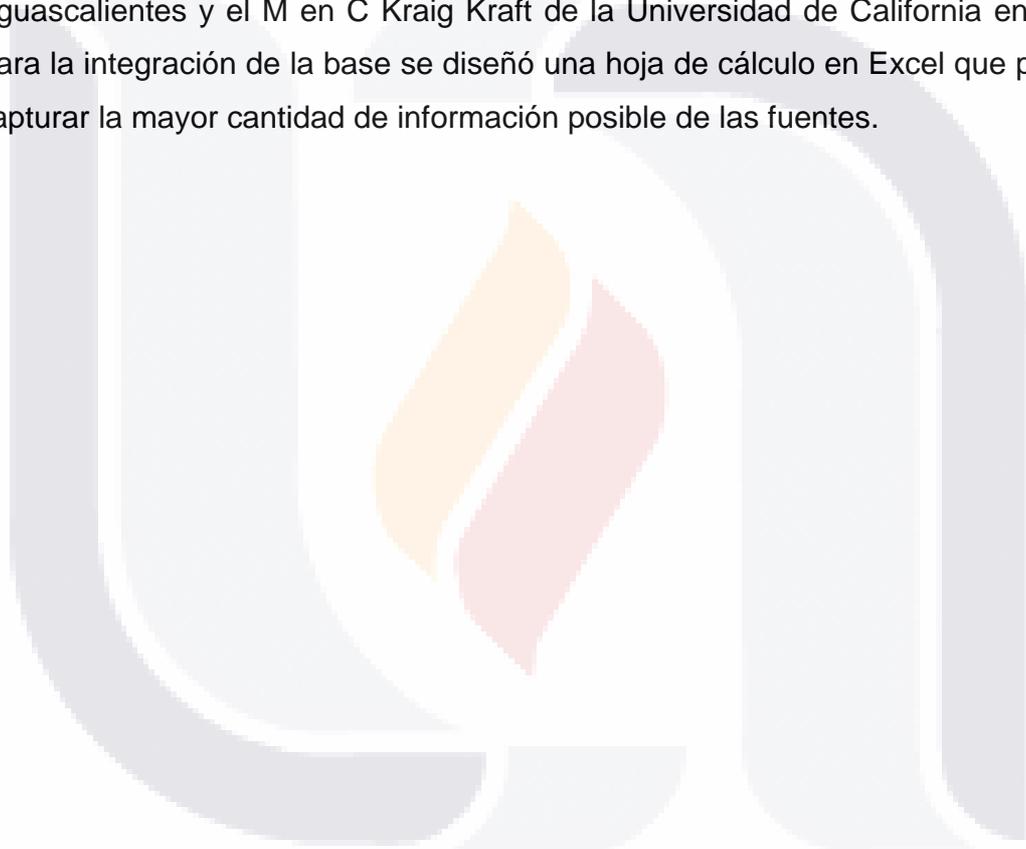
3.2.2. Particulares

- Integrar una base de datos de colectas de chiles silvestres (*Capsicum spp*) del país.
- Desarrollar un sistema de información geográfica para las formas silvestres de *Capsicum* en el país.
- Describir la distribución del las formas silvestres del género *Capsicum* con base en criterios políticos y factores del medio físico.
- Describir la distribución de *Capsicum* silvestre para México con base en la regionalización ecológica de la CCA.

3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1. Integración de la base de datos de *Capsicum*

Para la conformación de la base de datos del *Capsicum* silvestre del país se consultaron bancos de germoplasma, herbarios, jardines botánicos y literatura especializada. La figura 3.2 muestra un ejemplar del Herbario Nacional. La base fue complementada con datos de las colectas de campo realizadas en 2006 y 2007 por el Dr. José de Jesús Luna de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y el M en C Kraig Kraft de la Universidad de California en Davis. Para la integración de la base se diseñó una hoja de cálculo en Excel que permitió capturar la mayor cantidad de información posible de las fuentes.



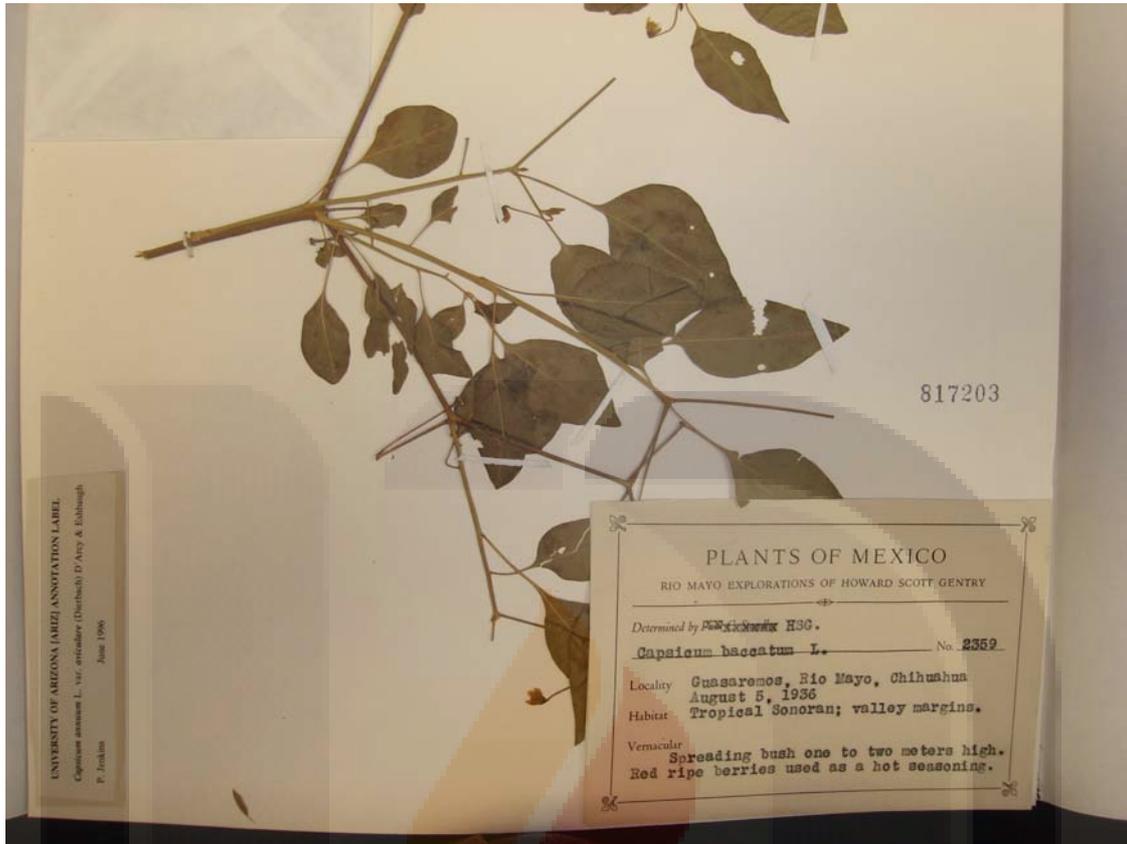


Figura 3.2. Ficha de colecta de *Caspicum baccatum* en Guasaremos, Río Mayo, Chihuahua, de Scott Gentry 1936, del Herbario Nacional. La ficha fue reetiquetada en 1996 como *Capsicum annum* var. *aviculare* por D'Arcy & Eshbaugh.

Las formas silvestres de la base fueron clasificadas de acuerdo a la especie reportada asumiendo su correcta identificación, así como por los diferentes nombres que se han dado en el país. Un problema frecuente encontrado en las fuentes fue la falta de datos de posición de las colectas y la falta de información precisa de localización para su integración inmediata a la base. El posicionamiento de estos puntos se realizó usando la base de datos cartográfica del proyecto (SIG) con información de límites municipales, toponimia de rasgos geográficos, localidades, vías de comunicación, cartografía de vegetación y uso del suelo en escala 1: 250 000 e imágenes Landsat. Cuando la localización de los sitios de colecta no se pudo fijar con un error menor de 5 kilómetros los puntos no fueron posicionados.

Antes de empezar el procesamiento de los datos de la colecta se hizo una simplificación de la base de datos, reduciendo a un solo punto aquellas localidades en las que había más de un registro en un radio igual o menor a 250 metros, ya que este es el límite de resolución que tiene la base cartográfica. Se dejaron al centro de cada agrupación las coordenadas de la colecta más cercana al centroide de cada conjunto (figura 3.3).

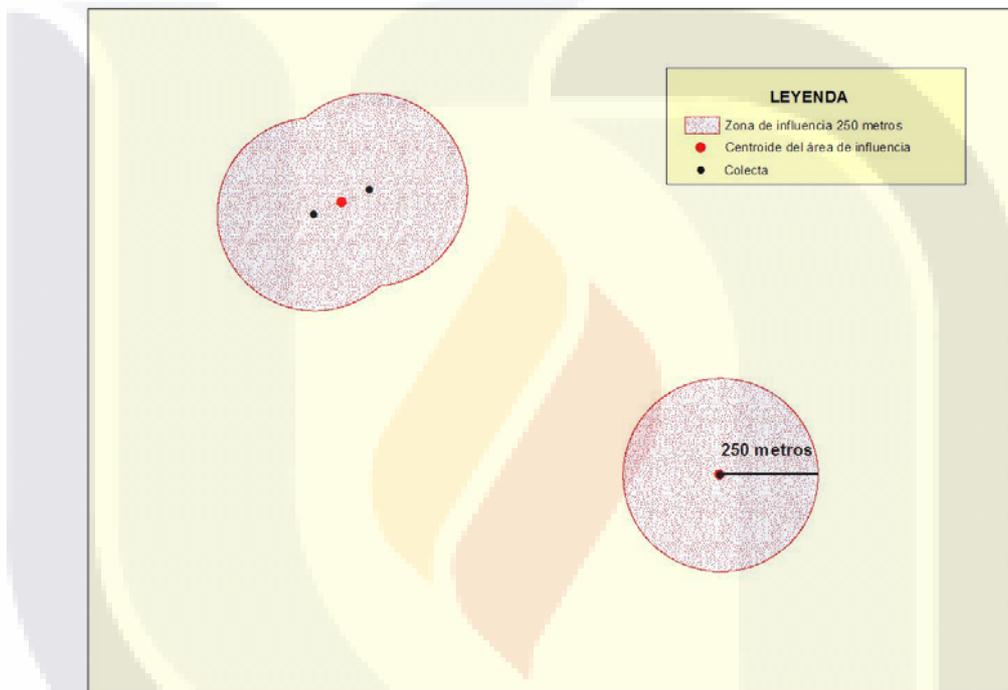


Figura 3.3. Determinación de centroides para la definición de localidades de colecta

3.3.2. Diseño y desarrollo del sistema de información geográfica para las formas silvestres del género

La base de colectas y reportes de *Capsicum* fue complementada con datos de las cartas en escala 1: 1 000, 000 topográfica, de climas, fisiografía, geología, suelos y división política de la República Mexicana del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); el modelo digital de elevación y la carta de uso

del suelo y vegetación en escala 1: 250 000 serie III del INEGI; la cartografía de las regiones ecológicas de América del Norte de niveles I al IV de la Comisión para la Cooperación Ambiental CCA, 1997), así como un cubrimiento nacional con imágenes del satélite Landsat.

Los datos cartográficos del INEGI y la CCA fueron revisados y en su caso corregidos tanto en su geometría y topología. El mapa de regiones ecológicas de la CCA fue reproyectado a coordenadas geográficas. Las bases de datos se integraron en ArcGis9.1. Los diseños conceptual y lógico del SIG se hicieron con el método de entidad – relación, considerando los diccionarios de datos y el modelo de datos vectoriales del INEGI. Para la elaboración de los metadatos del sistema se utilizó Corpsmet95 y MP (INEGI, 2008).

3.3.3. Descripción de la distribución de las formas silvestres del género *Capsicum* con base en criterios políticos y factores del medio físico

Para la descripción de la distribución de las formas silvestres del género, el archivo depurado de registros de *Capsicum* se sobrepuso a las cartas temáticas de clima, fisiografía, litología, suelos, modelo de elevación y uso del suelo y vegetación. La caracterización de ambientes con presencia de *Capsicum* silvestre se amplió con datos de los mapas de división política a nivel municipio y estado. Estos análisis se realizaron con ArcGis9.1.

3.3.4. Descripción de la distribución de *Capsicum* silvestre para México con base en la regionalización ecológica de la CCA

Para realizar esta descripción la base de reportes y colectas depurada se cruzó con los mapas de regiones ecológicas de México en sus 4 niveles. En el proceso se empleó ArcGis 9.1. Se definieron las regiones ecológicas de nivel cuatro con reportes o colectas de *Capsicum* y se calculó el número de colectas por región ecológica para todos los niveles. Los resultados se concentraron en cuadros y mapas.

3.4. RESULTADOS

3.4.1. Integración de la base de datos de *Capsicum*

Se conformó una base de datos con 1,235 registros obtenidos de 19 fuentes con colectas y reportes de *Capsicum* (cuadro 3.2).

De los 1235 reportes, 352 (28.5%) carecían de referencias geográficas, por lo cual se aplicaron procedimientos cartográficos para posicionar los registros no referenciados. Con este procedimiento se logró georreferir el 79% (278) de los 352 registros incompletos. Actualmente se tienen localizados geográficamente a 1161 de los 1235 registros que representan el 94% del total. Los 74 reportes sin posicionamiento (6% del total) se dejaron en la base de datos.

Muchos de los registros provienen de sitios previamente conocidos por la presencia de *Capsicum* silvestre. Otra parte de los registros proviene de orillas de carreteras y caminos, posiblemente por la facilidad y tendencia de colectar en sitios de fácil acceso. Lo anterior sugiere que muchos reportes no son necesariamente representativos de la distribución espacial de *Capsicum* silvestre en todo el país.

Base de datos depurada

Para eliminar el sesgo en la interpretación de los datos de la base general, se elaboró una segunda base de datos, denominada *base depurada*, integrada por 611 datos (cuadro 3.3), en el que cada sitio de colecta representa los registros localizados en un radio igual o menor a 250 metros, que es el límite de resolución de la cartografía empleada. Para ello se fijaron al centro de cada agrupación de registros las coordenadas de la colecta más cercana al centroide de cada conjunto.

Cuadro 3.2. Origen de los datos de chiles silvestres incluidos en el estudio y reportes de colecta por autor o institución

Referencia de origen	Colectas
Baltazar-Montes, 1997	151
Hernández-Verdugo <i>et.al.</i> , 2001a & 2001b	16
Loaiza-Figueroa, <i>et al.</i> , 1989	49
National Plant Germplasm System -GRIN, 2005	11
Perramond, 2005	1
Jardín Botánico de Missouri	46
Colectas Kraft y Luna, 2006	230
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C.	2
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	115
Herbario de la DGG/INEGI	1
Herbario y Jardín Botánico/ Universidad Autónoma de Puebla	6
Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad. Universidad de Guadalajara	13
Herbario Universidad Autónoma de Querétaro	55
Facultad de Ciencias Forestales/ Universidad Autónoma de Nuevo León	51
Colectas Kraft y Luna, 2007	68
Herbario Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	8
Salvador Montes <i>et.al.</i> , 2006	5
Tewksbury <i>et. al.</i> , 1999	1
Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México	406
Total	1235

Cuadro 3.3. Lista depurada con referencia de origen y número de reportes por institución

Fuente	Colecta
Baltazar-Montes, 1997	71
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C.	2
Colectas Kraft y Luna, 2006	27
Colectas Kraft y Luna, 2007	23
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	79
Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México	251
Hernández-Verdugo <i>et al.</i> , 2001a & 2001b	14
Herbario de la DGG/INEGI	1
Jardín Botánico de Missouri	17
Loaiza-Figueroa, <i>et al.</i> , 1989	41
National Plant Germplasm System -GRIN, 2005	3
Salvador Montes <i>et al.</i> , 2006	5
Herbario Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	2
Herbario y Jardín Botánico/ Universidad Autónoma de Puebla	5
Herbario Universidad Autónoma de Querétaro	31
Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad. Universidad de Guadalajara	11
Facultad de Ciencias Forestales/ Universidad Autónoma de Nuevo León	27
Herbario y Jardín Botánico/ Universidad Autónoma de Puebla	1
Total	611

Sesgo de carretera

Al analizar la distribución de los registros de colecta con relación a las carreteras y caminos del país se encontró que el 43.7% de los registros se localizan a menos de 1 km de los caminos y/o carreteras. Koleff y Moreno (2005) reportan un fenómeno parecido para las colectas que integran el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.

Especies de *Capsicum* silvestre reportadas para México

En total se reportaron once especies del género en las fuentes originales (Cuadro 3.4). En la actualidad se sabe que de las once especies reportadas, solo cuatro de ellas (*C. annuum* var *glabriusculum*, *C. frutescens*, *C. ciliatum* y *C. lanceolatum*)

crecen de manera silvestre en México (Hernández *et al.*, 1999). De acuerdo con los expertos, *C. baccatum* y *C. pubescens* no se encuentran de manera espontánea o silvestre en México, en tanto que las cinco especies restantes (*C. diversifolius*, *C. hisianthes*, *C. lycianthes*, *C. pringlei*, *C. rhomboideum*) probablemente fueron clasificadas con claves taxonómicas más antiguas (ya descontinuadas) o fueron erróneamente clasificadas. En este sentido debemos tomar en cuenta que la base de datos proviene de reportes o colectas realizadas entre 1885 y 2008.

Las especies de *Capsicum* han recibido diferentes nombres comunes y científicos a través del tiempo, generando con ello algunos problemas para su clasificación e identificación. Por su parte, las formas silvestres de *C. annuum*, se han manejado al menos con cuatro nombres científicos según su clasificador: *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill, *Capsicum annuum* L. var. *aviculare*; *Capsicum annuum* L. var. *minimum* (Mill.) Heiser y *Capsicum hispidum* Dunal var. *glabriusculum* (Luna *et al.*, 2008; NPGS/GRIN, 2009). También han recibido varios nombres comunes (Montes *et al.*, 2006) haciendo bastante difícil los estudios de distribución, diversidad y biogeografía de las especies silvestres de *Capsicum*; las sutiles diferencias entre las condiciones silvestres, favorecido y cultivado hacen más difícil el trabajo, particularmente en las regiones más tropicales.

Aunque los problemas aquí señalados fueron evidentes en el presente estudio, son muy pocos los autores que señalan problemas de identificación, clasificación y distribución de *Capsicum* silvestre. Las experiencias derivadas del presente trabajo sugieren la necesidad de revisar los registros de *Capsicum* silvestre y verificar los datos ahí reportados.

De los 1235 reportes originales, 682 (55.2%) corresponden a *C. annuum*, 78 (6.3%) a *C. ciliatum*, 15 (1.2%) a *C. lanceolatum*. y solo 8 (0.7%) a *C. frutescens*. Las cuatro especies silvestres actualmente reportadas para México suman en total

783 registros, lo cual corresponde al 92% de los 850 registros que reportaron la especie de *Capsicum*. De ellas, *C. annuum* es la más abundante con 80.2% de las especies silvestres reportadas. Al analizar la base de datos depurada se observa que *C. annuum* aparece en 297 de los 611 sitios, de los cuales 399 aparecen con reporte de la especie. *C. annuum* ocupa el 74.4% de los 399 sitios. Las bases de datos original y depurada muestran resultados muy similares sobre la frecuencia de especies de *Capsicum* reportadas para México. Llama la atención la reducida proporción de registros de *C. frutescens* que aparecen en la base de datos, pues se sabe que esta especie abunda en el sureste de México (Loaiza *et al.*, 1989), solo que es difícil distinguirla de *C. annuum* cuando ambas especies coexisten de manera silvestre (Baral and Bosland, 2004). Dada la dificultad para distinguir entre formas silvestres de *C. annuum* y *C. frutescens*, es posible que algunos registros del sureste de México reportados como *C. annuum* en realidad correspondan a *C. frutescens* (Hernández *et al.*, 1999). Este aspecto se está abordando en otra parte del proyecto relacionado con el análisis genético de las formas silvestres de México usando marcadores moleculares del tipo microsatélites.

Cuadro 3.4. Reportes por especie en las bases de datos general y depurada

Especie	Reportes base depurada	%	Reportes base original	%
<i>Capsicum ssp</i>	212	33.9	385	31.2
<i>C. annuum</i>	297	48.6	682	55.2
<i>C. baccatum</i>	7	1.2	17	1.4
<i>C. ciliatum</i>	46	7.5	78	6.3
<i>C. diversifolius</i>	6	1.0	6	0.5
<i>C. frutescens</i>	5	0.8	8	0.7
<i>C. hisianthes</i>	1	0.2	1	0.1
<i>C. lanceolatum</i>	7	1.2	15	1.2
<i>C. lycianthes</i>	1	0.2	1	0.1
<i>C. pringlei</i>	7	1.2	11	0.8
<i>C. pubescens</i>	3	0.5	4	0.3
<i>C. rhomboideum</i>	19	3.1	27	2.2
Total	611	100.00	1 235	100.00

3.4.2. Diseño y desarrollo del sistema de información geográfica para las formas silvestres del género

Los datos de las colectas y la cartografía considerados para el proyecto fueron integrados en un sistema de información. Los modelos conceptual y lógico del sistema se pueden ver en las figuras 3.4 y 3.5. El modelo conceptual está integrado por cuatro grupos de entidades (anexo 1). El modelo lógico está representado por un diagrama en el que se puede apreciar todas las entidades que componen el sistema, sus relaciones y datos tabulares que lo integran. La estructura del modelo físico se puede ver en la figura 3.6.

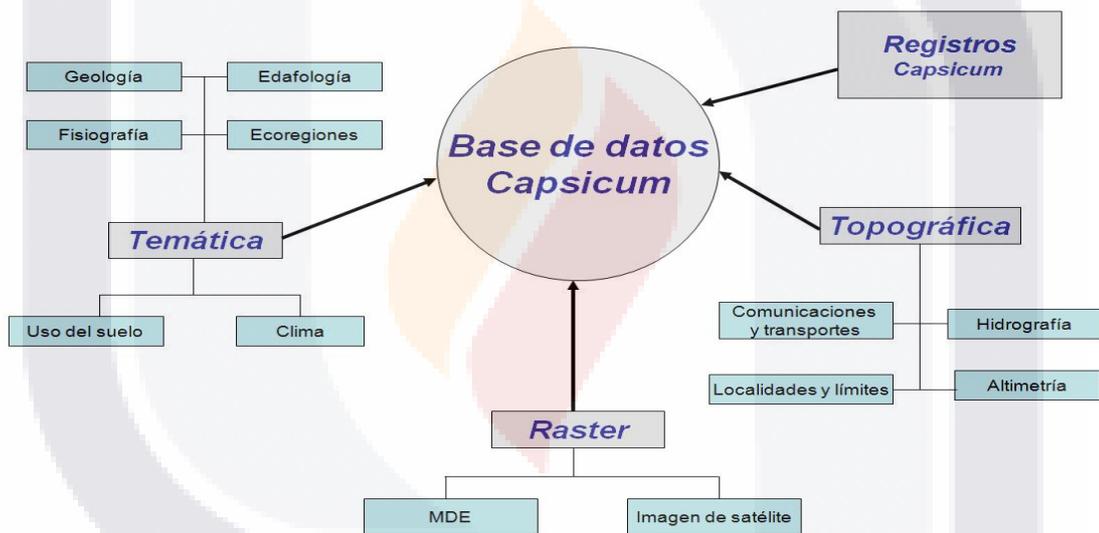


Figura 3.4. Modelo conceptual del sistema

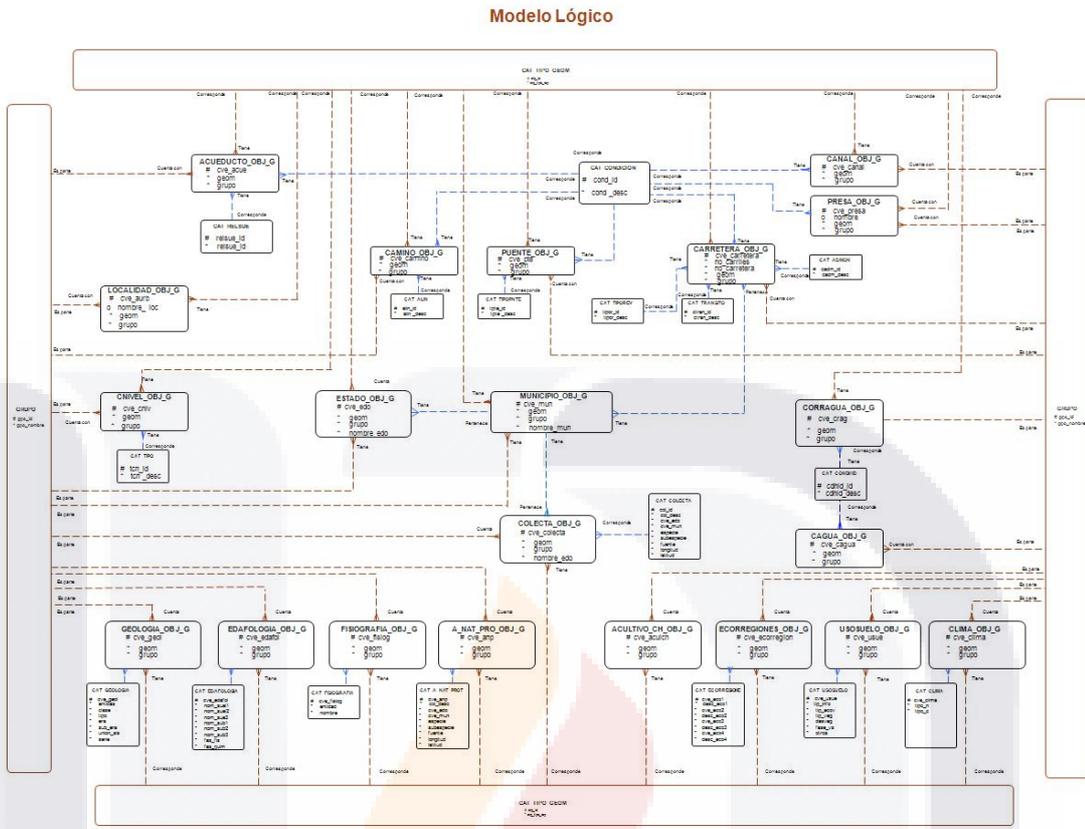


Figura 3.5. Modelo lógico del sistema

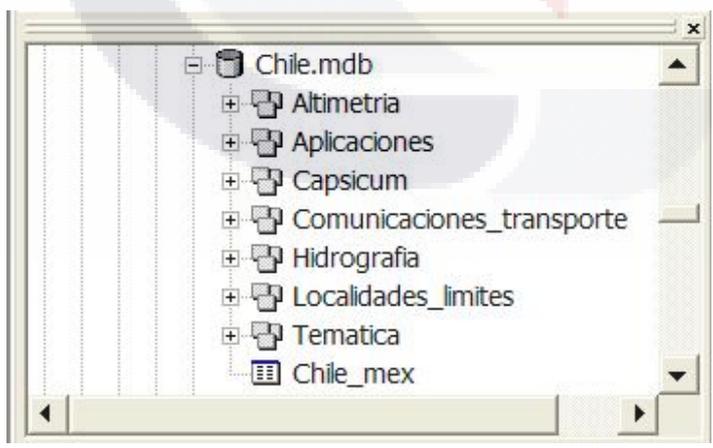


Figura 3.6. Modelo físico del sistema

3.4.3. Descripción de la distribución de las formas silvestres del género *Capsicum* con base en criterios políticos y factores del medio físico

Se determinó que existen colectas de chiles silvestres en 25 estados y 291 municipios de México (figura 3.7), que equivalen al 11.9% de los 2 455 municipios del país (anexo 2). Los estados con más colectas son Oaxaca 13.7%, Veracruz 12.6%, Tamaulipas 10.3% y Chiapas con el 9.5% (cuadro 3.5). El número de municipios con reportes para *C. annum* en los estados de Sonora, Nuevo León y Veracruz, es superior al reportado por Montes *et al.* (2006). En Querétaro y Tamaulipas el número es ligeramente inferior. López y Castro (2006), reportan colectas para Oaxaca en 60 localidades en las que registran 140 muestras de chiles nativos que incluyen algunos silvestres y semidomesticados, desgraciadamente no reportan las localidades o los municipios involucrados. Aunque en la literatura se habla de la amplia distribución de *Capsicum* en México, la información integrada en la base de datos revela que los municipios con colecta o algún tipo de reporte del género abarcan el 23.3% de la superficie nacional.

Cuadro 3.5. Reportes de *Capsicum* silvestre por estado

Estado	Colectas	%
Oaxaca	84	13.75
Veracruz	77	12.60
Tamaulipas	63	10.31
Chiapas	58	9.49
Sonora	52	8.51
Nuevo León	45	7.36
Querétaro de Arteaga	39	6.38
Jalisco	30	4.91
Yucatán	28	4.58
Sinaloa	23	3.76
Puebla	15	2.45
Campeche	12	1.96
Quintana Roo	12	1.96
San Luis Potosí	12	1.96
Hidalgo	11	1.80
Michoacán de Ocampo	11	1.80
Baja California Sur	9	1.47
Tabasco	8	1.31
Guerrero	5	0.82
Durango	4	0.65
Guanajuato	4	0.65
Nayarit	4	0.65
Coahuila de Zaragoza	3	0.49
Chihuahua	1	0.16
Morelos	1	0.16
Total	611	100.00

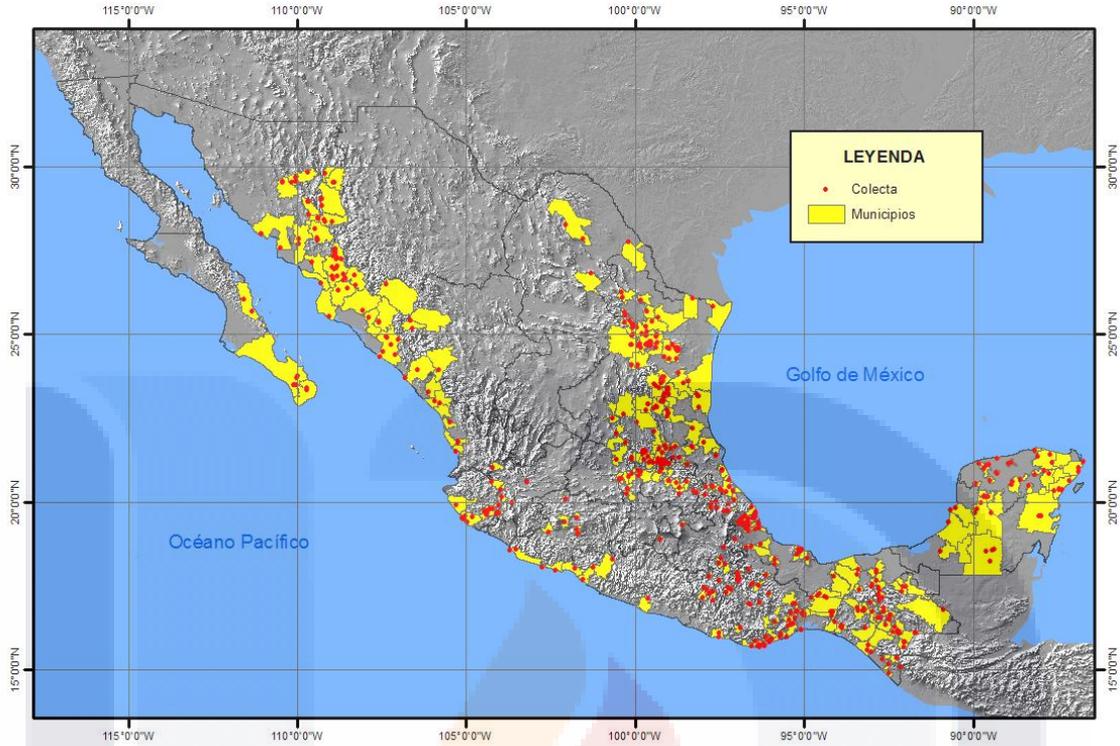


Figura 3.7. Distribución de colectas por estado y municipio

En el cuadro 3.6 y la figura 3.8 se puede ver la distribución de los registros por especie y estado, en esta relación sólo se incluyen las especies silvestres aceptadas hoy en día: *C. annum*, *C. ciliatum*, *C. lanceolatum* y *C. frutescens*. La distribución de *C. annum* corresponde razonablemente con las descripciones generales que se han hecho de la especie (Hernández *et al.*, 1999). Para el caso de *C. ciliatum*, las colectas son insuficientes en el sureste y en el Pacífico desde Sinaloa a Guerrero para explicar la distribución reportada. La descripción de la distribución de *C. frutescens* no corresponde con la de Hernández (*Op. cit.*), y en todo caso la complementa al presentar registros en el noreste; finalmente en el caso de *C. lanceolatum* se aumenta el registro de la especie al estado de Oaxaca.

Cuadro 3.6. Distribución de los registros de *Capsicum* por especie por estado

Estado	<i>C. annum</i>	<i>C. ciliatum</i>	<i>C. frutescens</i>	<i>C. lanceolatum</i>
Baja California Sur	8			
Campeche	10			
Chiapas	17	1		5
Chihuahua	1			
Coahuila de Zaragoza	2			
Durango	2	2		
Guanajuato	1	1		
Guerrero	4			
Hidalgo	2			
Jalisco	19			
Michoacán	3			
Nuevo León	12	1		
Oaxaca	47	4		1
Puebla	3	2	1	
Querétaro	13	22		
Quintana Roo	9			
San Luis Potosí	4	3	1	
Sinaloa	7			
Sonora	36			
Tabasco	2			
Tamaulipas	23	6	3	
Veracruz	48	4		1
Yucatán	24			
Total	297	46	5	7

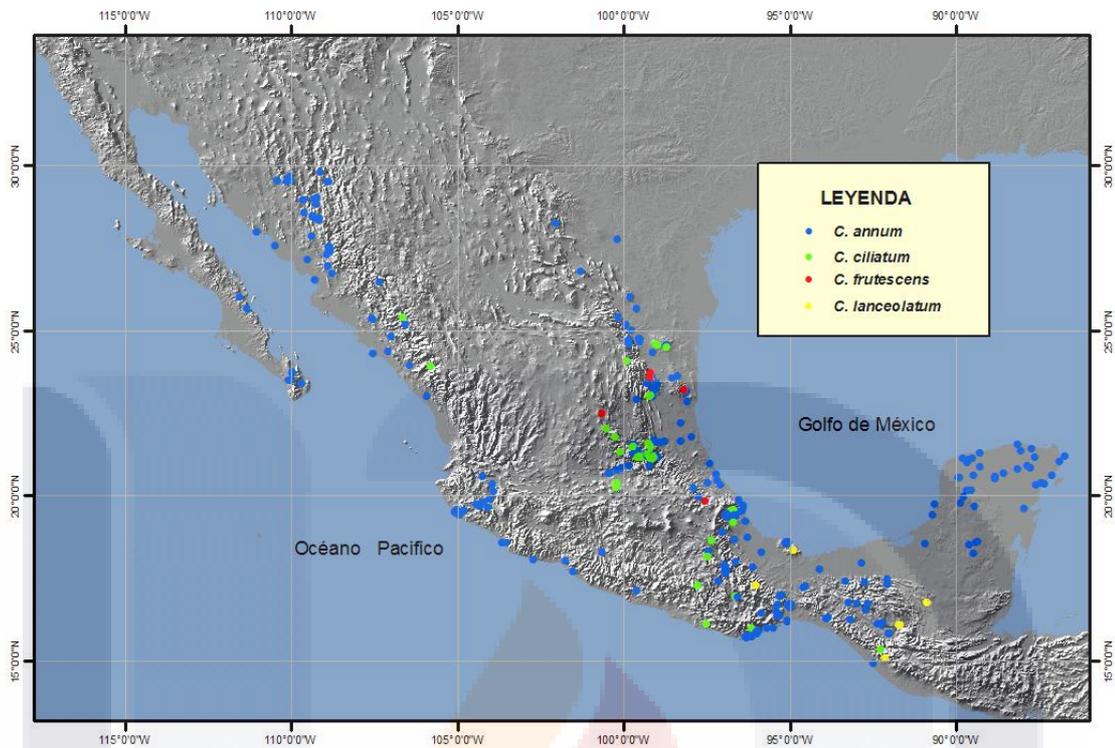


Figura 3.8. Distribución de las formas silvestres de *Capsicum* en México

Distribución por tipo de clima

La relación de colectas por tipos de climas indica la presencia de *Capsicum* en 15 de los 21 tipos descritos en la carta del INEGI (cuadro 3.7).

Cuadro 3.7. Reportes de *Capsicum* por tipo de clima

Tipo de clima	Número de registros	%
Cálido subhúmedo	227	37.15
Templado subhúmedo	136	22.26
Cálido húmedo	48	7.86
Semiseco semicálido	43	7.04
Semicálido húmedo	36	5.89
Semiseco cálido	33	5.40
Seco semicálido	21	3.44
Seco cálido	11	1.80
Templado húmedo	11	1.80
Semiseco muy cálido	10	1.64
Semiseco templado	10	1.64
Muy seco cálido	8	1.31
Semicálido subhúmedo	8	1.31
Seco muy cálido	7	1.15

Los climas cálidos concentran el 45% de las colectas; 24.1% los templados, 15.7% los semisecos; 7.2% los semicálidos; 6.4% los climas secos y 1.6 los muy secos. Al parecer el género se distribuye mejor en condiciones semisecas, secas y cálidas (ver figura 3.9). En el trabajo de Montes *et al.* (2006), se describen las condiciones del clima para áreas de colecta en Sonora, Tamaulipas, la Huasteca y Querétaro. López y Castro (2006) lo hacen para Oaxaca.

Los resultados indican que las formas silvestres de *Capsicum* podrían prosperar en el 50.4% de la superficie nacional ya que esa superficie corresponde a los climas en que se ha reportado *Capsicum* silvestre.

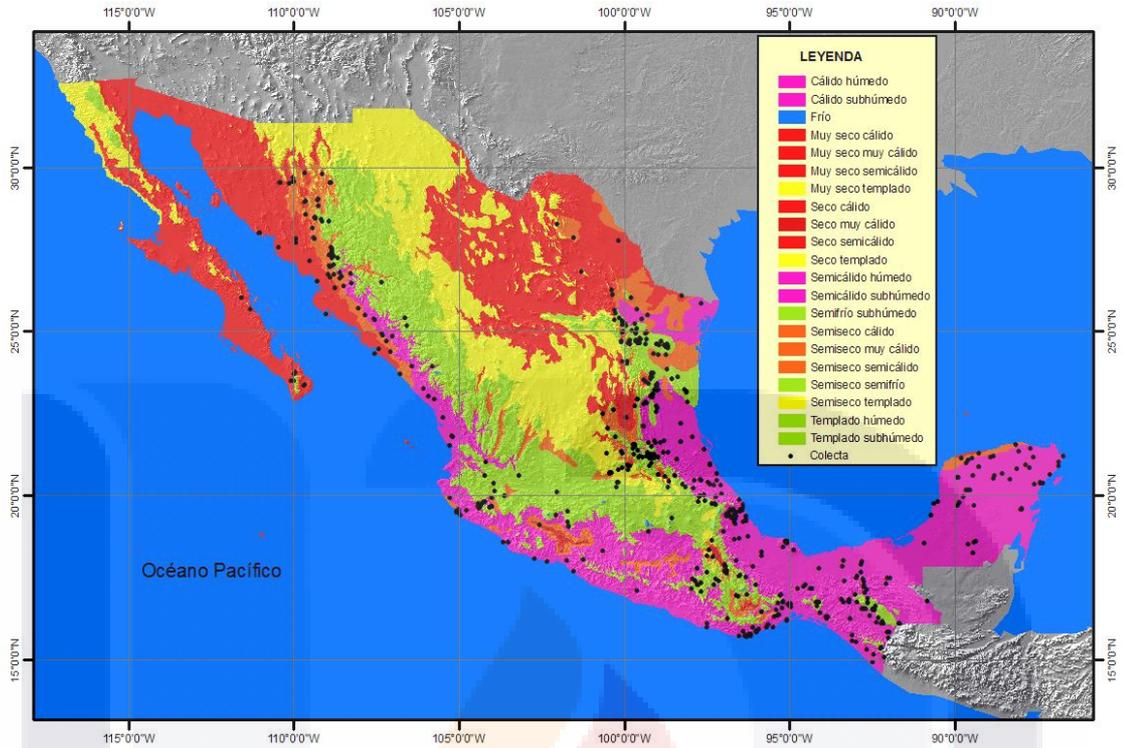


Figura 3.9. Colectas por tipo de clima

Distribución por provincias y subprovincias fisiográficas

Los reportes del género se encuentran en 14 de las 15 provincias fisiográficas del país. Las provincias con más reportes son: Sierra Madre Oriental con el 16.7%, Sierra Madre del Sur también con 16.7%. La Llanura Costera del Gofo Norte con 13.1% y la Sierra Madre Occidental con 10.4%. Estas cuatro provincias tienen el 57.1% de los reportes (figura 3.10). Las provincias con más subprovincias fisiográficas con reportes son la Sierra Madre del Sur con 10, Eje Neovolcánico con 9 y la Sierra Madre Occidental con 6.



Figura 3.10. Distribución de colectas de *Capsicum silvestre* por provincias y subprovincias fisiográficas

A nivel de subprovincia fisiográfica se tienen colectas y reportes en 55 de las 87 subprovincias del país (cuadro 3.8). Las más importantes por el número de colectas son: Llanuras y lomeríos de la llanura costera del Golfo norte con el 10.3%; Carso huasteco en la Sierra Madre Oriental con 9%; Carso yucateco en la Península de Yucatán 5.4%; Sierras de la Costa de Jalisco y Colima y Sierras orientales en la Sierra Madre del Sur y Altos de Chiapas en las Sierras de Chiapas y Guatemala, las tres con 4,4%. Estas seis subprovincias integran el 39.7% de los reportes en este nivel.

Cuadro 3.8. Registros por provincias y subprovincias fisiográficas

Provincia fisiográfica	Reportes	%	Subprovincia fisiográfica	Reportes	%
Cordillera Centroamericana			Llanura costera de Chiapas y Guatemala	3	9.68
			Llanura del Istmo	4	12.90
			Sierras del sur de Chiapas	23	74.19
			Volcanes de Centroamérica	1	3.23
	Total	31	5.07		31
Eje Neovolcánico			Chapala	3	5.66
			Chiconquiaco	21	39.62
			Escarpa limítrofe del sur	2	3.77
			Lagos y volcanes de Anahuac	5	9.43
			Llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo	9	16.98
			Mil cumbres	3	5.66
			Neovolcánica tarasca	3	5.66
			Sierras de Jalisco	6	11.32
			Sierras y bajíos michoacanos	1	1.89
	Total	53	8.67		53
Grandes Llanuras de Norteamérica			Llanuras de Coahuila y Nuevo León	4	100.00
	Total	4	0.65	4	100.00
Llanura Costera del Golfo Norte			Llanura costera tamaulipeca	2	2.50
			Llanuras y lomeríos	63	78.75
			Sierra de San Carlos	12	15.00
			Sierra de Tamaulipas	3	3.75
	Total	80	13.09		80
Llanura Costera del Golfo Sur			Llanura costera veracruzana	27	57.45
			Llanuras y pantanos tabasqueños	7	14.89
			Sierra de los Tuxtlas	13	27.66
	Total	47	7.69		47
Llanura Costera del Pacífico			Delta del río grande de Santiago	4	28.57
			Llanura costera de Mazatlán	2	14.29
			Llanura costera y deltas de Sonora y Sinaloa	8	57.14
Total	14	2.29		14	100.00

Provincia fisiográfica	Reportes	%	Subprovincia fisiográfica	Reportes	%
Llanura Sonorense			Sierras y llanuras sonorenses	6	100.00
Total	6	0.98		6	100.00
Mesa del Centro			Sierras y llanuras del norte de Guanajuato	3	100.00
Total	3	0.49		3	100.00
Península de Baja California			Del cabo	5	55.56
			Llanos de la Magdalena	2	22.22
			Sierra de la Giganta	2	22.22
Total	9	1.47		9	100.00
Península de Yucatán			Carso y lomeríos de Campeche	19	36.54
			Carso yucateco	33	63.46
Total	52	8.51		52	100.00
Sierra Madre del Sur			Cordillera costera del sur	6	5.88
			Costas del sur	27	26.47
			Depresión del Balsas	1	0.98
			Depresión del Tepalcatepec	1	0.98
			Mixteca alta	8	7.84
			Sierras centrales de Oaxaca	9	8.82
			Sierras de la costa de Jalisco y Colima	20	19.61
			Sierras orientales	27	26.47
			Sierras y valles de Oaxaca	2	1.96
			Sierras y valles guerrerenses	1	0.98
Total	102	16.69		102	100.00
Sierra Madre Occidental			Gran meseta y cañadas duranguenses	4	6.15
			Gran meseta y cañones chihuahuenses	11	16.92
			Mesetas y cañadas del sur	2	3.08
			Pie de la sierra	25	38.46
			Sierras y cañadas del norte	13	20.00
			Sierras y valles del norte	10	15.38
Total	65	10.64		65	100.00

Provincia fisiográfica	Reportes	%	Subprovincia fisiográfica	Reportes	%
Sierra Madre Oriental			Carso huasteco	55	53.92
			Gran sierra plegada	36	35.29
			Sierras y llanuras coahuilenses	5	4.90
			Sierras y llanuras occidentales	6	5.88
Total	102	16.69		102	100.00
Sierras de Chiapas y Guatemala			Altos de Chiapas	27	62.79
			Depresión central de Chiapas	4	9.30
			Sierra Lacandona	1	2.33
			Sierras del norte de Chiapas	11	25.58
Total	43	7.04		43	100.00
Total	611	100.00			

Distribución por sistemas de topoformas

Como se aprecia en el cuadro 3.9, la distribución de *Capsicum* se asocia, en más del 70% de los sitios muestreados en el país, a sistemas de sierras y lomeríos. La superficie que ocupan en el país los sistemas de topoformas que presentaron reportes del género es del 35.5%; como en el caso del clima pero de manera más fina, este mapa puede servir como un primer modelo de distribución potencial del género (figura 3.11).

Cuadro 3.9. Distribución de los registros de *Capsicum* silvestre por sistema de topoformas

Topoforma	Colecta	%
Sierra	299	48.9
Lomerío	137	22.4
Llanura	98	16.0
Valle	29	4.7
Bajada	20	3.3
Meseta	18	2.9
Playa /barra	6	1.0
Cañón	4	0.7
Total	611	100.0



Figura 3.11. Distribución de registros de *Capsicum silvestre* por sistema de toposformas

Distribución por tipo de rocas

El 55% de las colectas se encuentran en áreas con rocas sedimentarias, que se concentran en la Sierra Madre Oriental, Península de Yucatán y Sierras de Chiapas; 21% en rocas ígneas extrusivas en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico; 10.8% en zonas con suelos del Cuaternario; 7.7% en rocas ígneas intrusivas y 5.5% en rocas metamórficas (cuadro 3.10). Las colectas se hicieron en 21 tipos de roca de las 46 que se identifican para el país en la carta geológica escala 1: 1 000, 000. Dominan las colectas en calizas con 24.5% de los registros; 10.8% en suelos recientes y 7.7% en rocas ígneas extrusivas intermedias (figura 3.12). En el anexo 3 se puede ver a mayor detalle la litología de los sitios de colecta.

Cuadro 3.10. Distribución por tipo de roca

Tipo	Clase	Colectas	%
Suelos	Suelos	66	10.80
Caliza	Sedimentaria	150	24.55
Ígnea extrusiva intermedia	Ígnea extrusiva	47	7.69
Ígnea intrusiva ácida	Ígnea intrusiva	47	7.69
Ígnea extrusiva ácida	Ígnea extrusiva	45	7.36
Ígnea extrusiva básica	Ígnea extrusiva	36	5.89
Caliza-Lutita	Sedimentaria	33	5.40
Lutita	Sedimentaria	31	5.07
Lutita-Arenisca	Sedimentaria	31	5.07
Arenisca-Conglomerado	Sedimentaria	28	4.58
Conglomerado	Sedimentaria	26	4.26
Metasedimentaria	Metamórfica	14	2.29
Limolita-Arenisca	Sedimentaria	12	1.96
Arenisca	Sedimentaria	11	1.80
Esquisto	Metamórfica	7	1.15
Gneis	Metamórfica	7	1.15
Travertino	Sedimentaria	6	0.98
Volcanoclástico	Sedimentaria	6	0.98
Cataclasita	Metamórfica	4	0.65
Caliza-Yeso	Sedimentaria	2	0.33
Complejo metamórfico	Metamórfica	2	0.33
Total		611	100.00

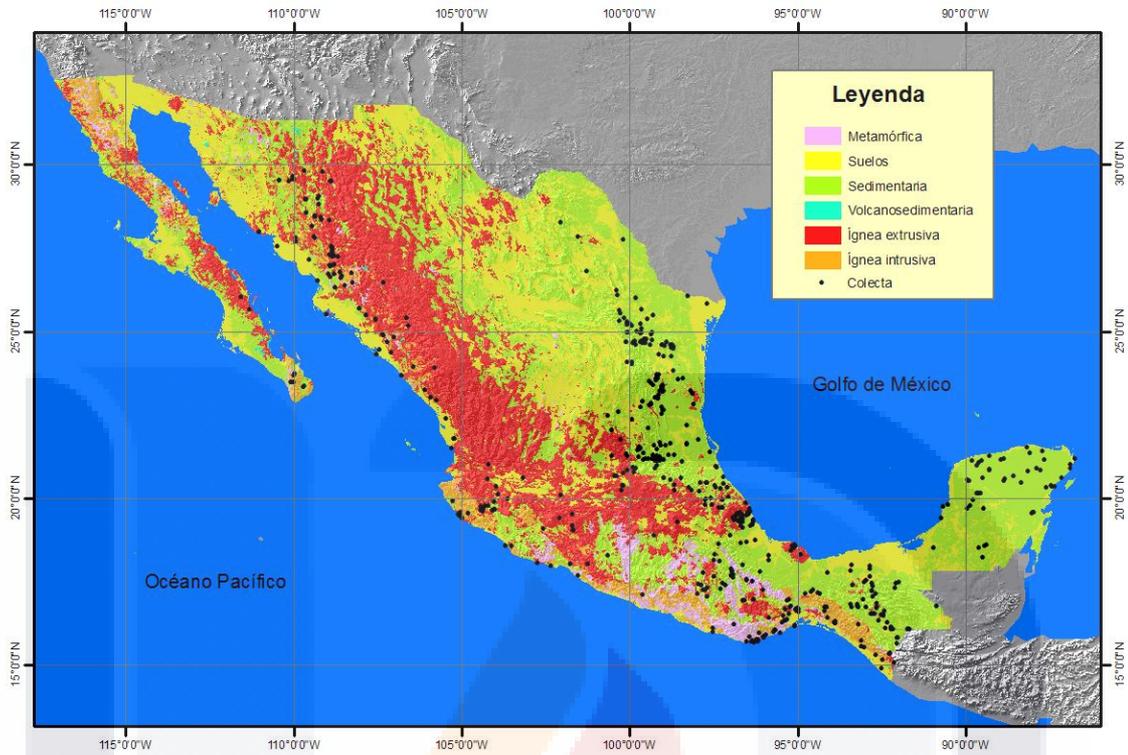


Figura 3.12. Mapa geológico y reportes de *Capsicum silvestre* en el país

Distribución por altitud

Un porcentaje considerable de colectas (86.3%) se encuentran por abajo de los 1 500 msnm. Solo el 4.6% de las colectas se hicieron arriba de los 2000 msnm. En el cuadro 3.11 se puede ver la distribución del género por rangos de altura; el cuadro 3.12 muestra la distribución de las especies por rango de altura. En la figura 3.13 se puede apreciar la distribución de las colectas en el mapa hipsométrico del país elaborado con los mismos rangos de altura.

Cuadro 3.11. Distribución de colectas por rangos de altura

Rango de alturas	Colecta	%	% acumulado
0 - 500	341	55.81	55.81
501 - 1000	109	17.84	73.65
1001 - 1500	78	12.77	86.42
1501 - 2000	55	9.00	95.42
2001 - 2500	25	4.09	99.51
Más de 2500	3	0.49	100.00
Total	611	100.00	

Cuadro 3.12. Reportes por especie por rango de altura

Altura	0 - 500	501 - 1000	1001 - 1500	1501 - 2000	2001 - 2500	2501 - 2859	Total
No definido	125	27	17	24	13	1	207
<i>C. annum</i>	190	63	29	11	4		297
<i>C. baccatum</i>	4	1		2			7
<i>C. ciliatum</i>	9	10	15	9	2	1	46
<i>C. diversifolius</i>	3			2	1		6
<i>C. frutescens</i>	2		1	1	1		5
<i>C. hisianthes</i>	1						1
<i>C. lanceolatum</i>	1		3	3			7
<i>C. lycianthes</i>	1						1
<i>C. pringlei</i>		2	4		1		7
<i>C. pubescens</i>		1			1	1	3
<i>C. rhomboideum</i>	3	4	8	3	1		19
sp.	2	1	1		1		5
Total	341	109	78	55	25	3	611

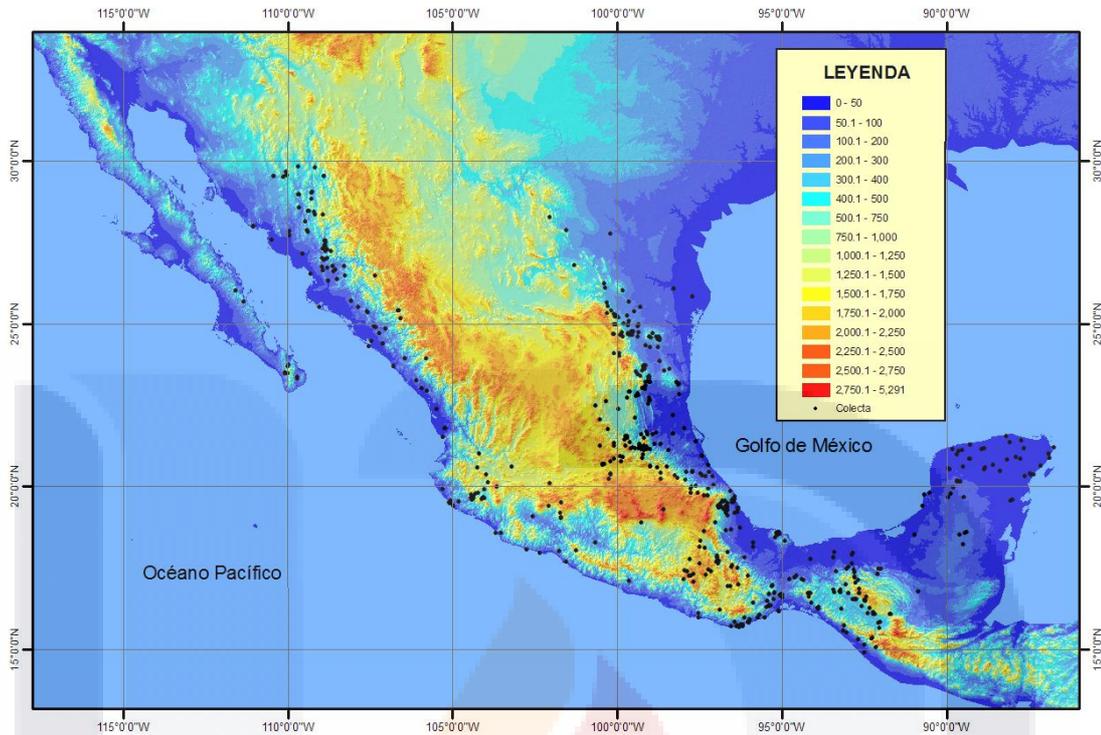


Figura 3.13. Distribución por altitud (msnm)

Distribución por tipos de suelos

Se tienen reportes de *Capsicum* en 16 de los 21 tipos de suelos de la carta edafológica nacional del INEGI (figura 3.14). En los litosoles, regosoles y rendzinas se tienen casi el 50% de los reportes (cuadro 3.13); predominan las colectas/reportes en suelos de textura media (cuadro 3.14) con fase física lítica y sin fase química (cuadro 3.15), lo cual es consistente con los sistemas de topofomas en que se han hecho las colectas o reportes. Montes (2006) hace una descripción más detallada de los suelos de varias áreas de colecta en los estados de Sonora, Tamaulipas, la Huasteca y Querétaro. López y Castro (2006), lo hacen de manera más general para sus áreas en 7 regiones de Oaxaca; Loaiza *et al.*, (1989) hacen una descripción general del hábitat para el género en varios estados en los que hay registros de *Capsicum*, comentando sobre las especies a las que se asocia y algunos mecanismos de dispersión. Perramond (2005), hace una descripción más detallada de su área de trabajo con piquines en Mazocahui,

Sonora, donde refiere que las condiciones del suelo son uno de los factores determinantes para la distribución de la especie, junto con la presencia de nodrizas y sombra.

Cuadro 3.13. Distribución de colectas por tipo de suelo

Tipo de Suelo	Reportes	%
Litosol	111	18.17
Regosol	108	17.68
Rendzina	81	13.26
Vertisol	73	11.95
Cambisol	63	10.31
Feozem	58	9.49
Luvisol	47	7.69
Acrisol	28	4.58
Xerosol	16	2.62
Andosol	8	1.31
Nitosol	7	1.15
Fluvisol	4	0.65
Solonchak	4	0.65
Gleysol	1	0.16
Planosol	1	0.16
Yermosol	1	0.16
Total reportes	611	100.00

Cuadro 3.14. Distribución de registros por texturas de suelo

Textura	Reportes	%
Media	413	67.6
Fina	161	26.4
Gruesa	37	6.1
Total	611	100.0

Cuadro 3.15. Distribución de registros por fase de suelos

Fase física	Reportes	%
Lítica	271	44.4
Sin fase	263	43.0
Pedregosa	37	6.1
Gravosa	26	4.3
Petrocálcica	10	1.6
Dúrica	2	0.3
Petrogyptica	2	0.3
Total	611	100.0

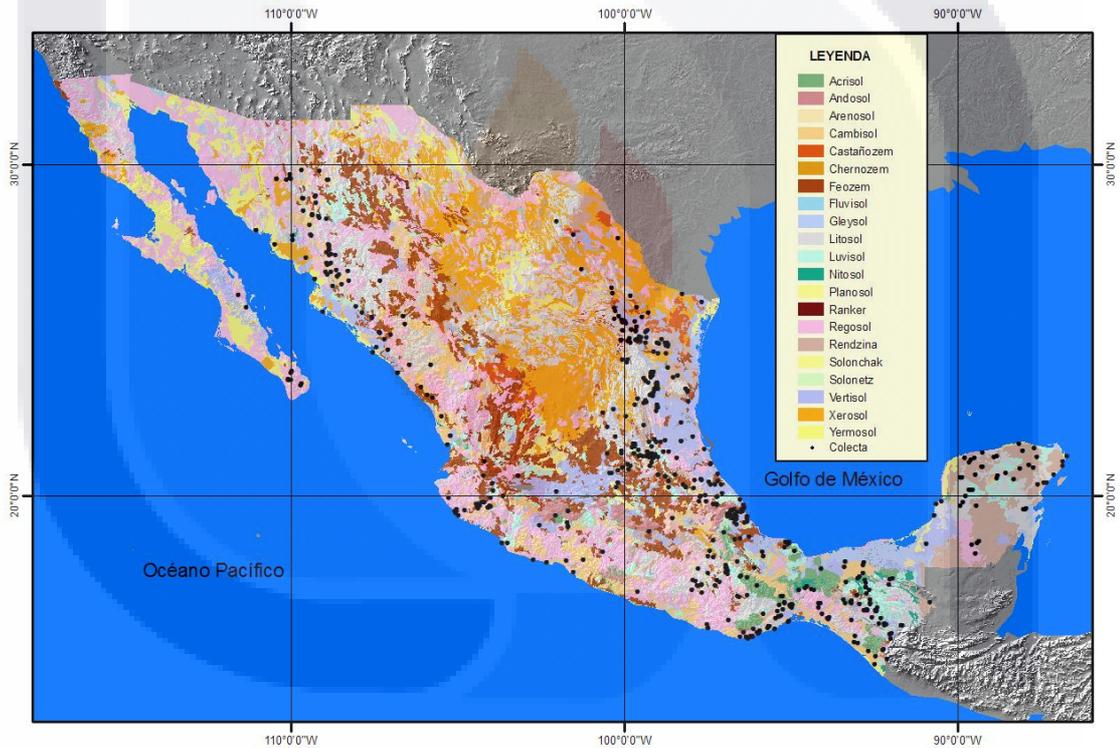


Figura 3.14. Distribución de registros por tipo de suelo

Distribución por uso del suelo y vegetación

Al posicionar las colectas sobre el mapa de uso del suelo y vegetación se encontró que el 59.1% se encuentran en áreas con vegetación natural, el 35.2% en áreas agrícolas o pecuarias y el 5.7% en áreas urbanas; casi el 90% de las

colectas en áreas agrícolas o pecuarias están en agricultura de temporal y pastizales cultivados (cuadros 3.16 y 3.17).

Cuadro 3.16. Reportes por cobertura y uso del suelo general

Tipo	Colectas
Agrícola - pecuaria	215
Complementaria	35
Ecológica-florística	361
Total	611

Cuadro 3.17. Reportes por uso del suelo

Agrícola y pecuaria	
Tipo de agricultura	Colectas
Agricultura de humedad	1
Agricultura de riego	26
Agricultura de temporal	122
Pastizal cultivado	66
Total	215

Complementaria	
Asentamientos humanos	3
Zona urbana	32
Total	35

Debido a que en principio todas las colectas son de materiales silvestres, se considera que estos porcentajes pueden tener las siguientes explicaciones:

a) Las colectas utilizadas en el análisis se realizaron entre 1967 y 2008 y el mapa de vegetación es de 2002, de tal forma que muchas colectas se pudieron hacer hace algunos años en sitios con vegetación nativa, en donde el uso del suelo ha cambiado recientemente.

b) La escala del mapa de vegetación y uso del suelo se considera apropiada para conocer la distribución del género a escala nacional, sin embargo como todo modelo de la realidad tiene sus limitaciones y es posible que algunos puntos de

colecta muy cercanos a condiciones modificadas aparezcan dentro de estas, ya sea como colectas en áreas urbanas, agrícolas o pecuarias. Hay que recordar que el error medio en la carta es de 83m y que el área mínima cartografiada es de 2 mm², lo que equivale a 25 ha en el terreno.

c) Como se comentó con anterioridad, la precisión del posicionamiento de algunas colectas y reportes tiene limitaciones, particularmente las más antiguas. Desde finales de los ochentas hasta el uso generalizado de geoposicionadores, la mejor opción de los investigadores fue la carta topográfica en escala 1: 50 000 de CETENAL que permite posicionarse hasta con 25 m de error medio en campo, sin embargo antes de la carta topográfica no había muchas opciones cartográficas ni tampoco una cultura para el uso de mapas, por lo que los registros presentan una gran variabilidad en la forma y la precisión en que se describen los sitios de colecta, lo que impone limitaciones para hacer un posicionamiento fino de los sitios de interés. La georreferenciación de las localidades con colectas biológicas es un problema que se ha abordado a nivel nacional por la CONABIO, debido a la necesidad de posicionar correctamente varios millones de especímenes de colecciones científicas y otras fuentes para su aprovechamiento (Muñoz *et al.*, 2004).

d) Por último, en algunas de las descripciones de las colectas que se presentan en los campos de comentarios y/o localización de las hojas de campo, se hace referencia a colectas de traspaso, huertos y en las márgenes de los caminos y carreteras, lo que indica que algunas colectas se hicieron muy cerca de áreas rurales con vivienda, áreas agrícolas, o fueron clasificadas como ruderales. A pesar de esto se considera que en general las colectas son de áreas con vegetación natural.

En el cuadro 3.18 y la figura 3.15 se puede apreciar la distribución de las colectas por tipo de vegetación. En general la distribución de los registros parece ajustarse bien a la región Caribeña del reino Neotropical de Rzedowski (1981). Es interesante

notar que en general los registros no se localizan en el reino Holártico, ni en la región Xerofítica Mexicana, con tres excepciones interesantes: la provincia Planicie Costera del Noreste considerada parte de la región Xerofítica, pero que presenta una fuerte influencia de la provincia Costa del Golfo de México, y un clima diferente a las zonas más áridas del país, en esta hay muchos e importantes registros, particularmente de *C. annuum* var. *glabriusculum*. En la provincia Altiplanicie en algunas partes de Querétaro donde también aparecen *C. annuum* y *C. ciliatum* y en las Serranías Transísmicas de la región Mesoamericana de Montaña.



Cuadro 3.18. Distribución de reportes por tipos de vegetación

Tipo de vegetación	Reportes	%
Selva baja caducifolia	102	28.3
Matorral submontano	41	11.4
Bosque de encino	32	8.9
Selva mediana subcaducifolia	26	7.2
Selva mediana caducifolia	19	5.3
Pastizal inducido	15	4.2
Selva mediana subperennifolia	15	4.2
Bosque de pino-encino	14	3.9
Selva alta perennifolia	14	3.9
Bosque mesófilo de montaña	13	3.6
Bosque de pino	8	2.2
Mezquital	8	2.2
Matorral sarcocaule	7	1.9
Bosque de táscate	6	1.7
Matorral crasicaule	6	1.7
Matorral subtropical	6	1.7
Selva baja espinosa caducifolia	6	1.7
Manglar	3	0.8
Matorral espinoso tamaulipeco	3	0.8
Vegetación de dunas costeras	3	0.8
Bosque de encino-pino	2	0.6
Matorral desértico micrófilo	2	0.6
Pastizal natural	2	0.6
Selva baja espinosa subperennifolia	2	0.6
Chaparral	1	0.3
Matorral desértico rosetófilo	1	0.3
Sabana	1	0.3
Selva baja subcaducifolia	1	0.3
Sin vegetación aparente	1	0.3
Vegetación halófila	1	0.3
Total	361	100

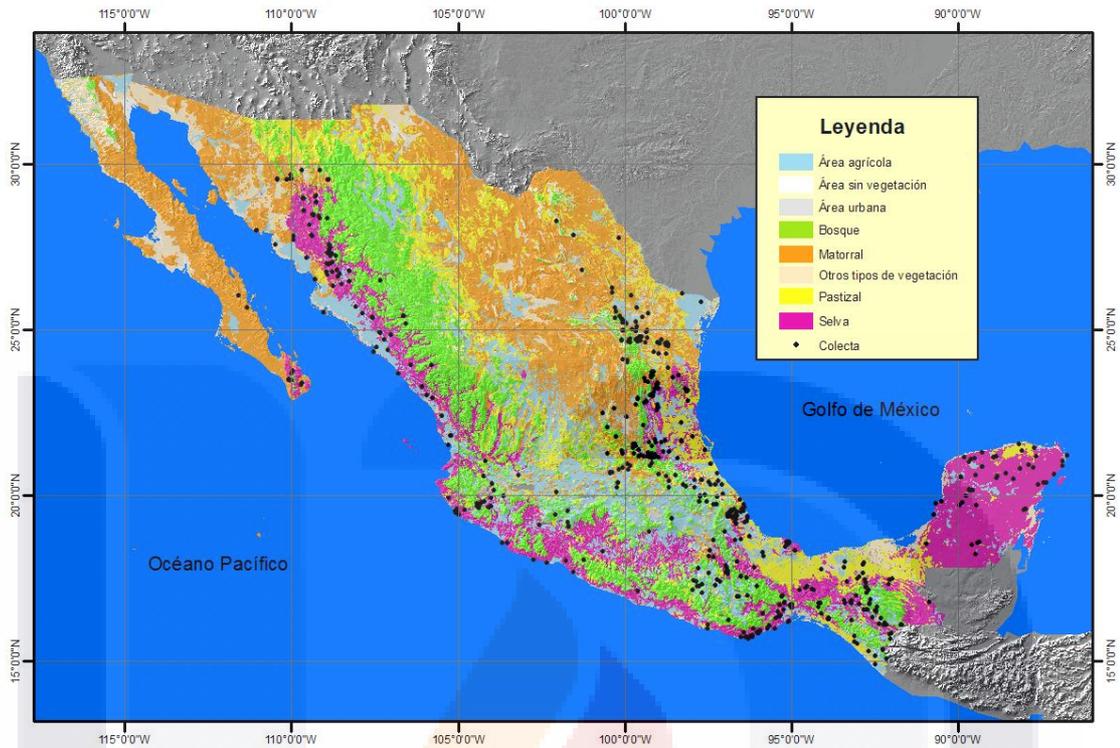


Figura 3.15. Distribución de registros por tipos de vegetación

Los registros que se encuentran en áreas con vegetación nativa en el mapa de 2002, aparecen en 30 de los 53 tipos de vegetación descritos por la carta 250 000 del INEGI, es decir en el 56.6% de los tipos. De éstos el 55.8% se encuentran en 4 tipos de vegetación: selva baja caducifolia, sin duda el tipo más importante para el género, matorral submontano, bosque de encino y selva mediana subcaducifolia. Otro tipo importante es la selva mediana caducifolia, lo que refuerza lo visto anteriormente en relación a la mayor presencia del género en áreas cálidas secas y semisecas.

Los registros de *Capsicum* se encontraron en rodales de los 30 tipos de vegetación comentados con anterioridad. Estos rodales ocupan el 7.3% del territorio nacional y en principio se pueden considerar las áreas de distribución probada del género (figura 3.16). Los 30 tipos de vegetación con registro de

Capsicum silvestre ocupan el 63.4% de la superficie del país, esta área se puede considerar como un espacio de distribución potencial (figura 3.17), como en el caso de las áreas de clima, o sistemas de topofomas en que se ha reportado el género.

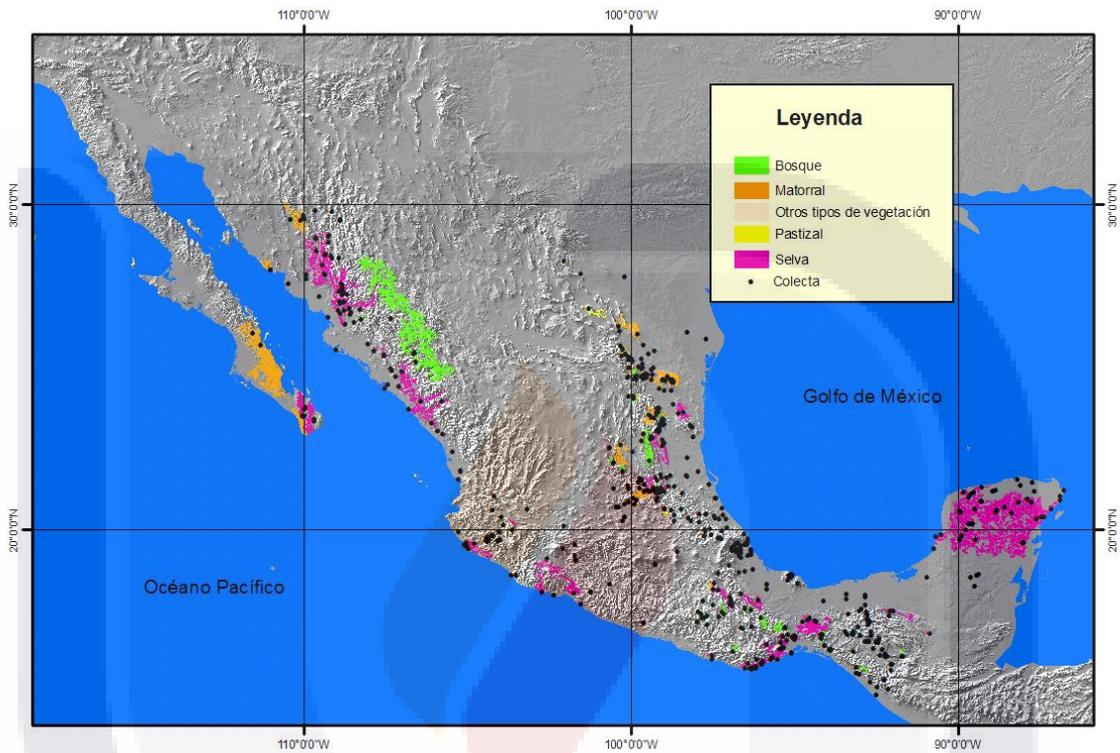


Figura 3.16. Rodales de vegetación con colecta

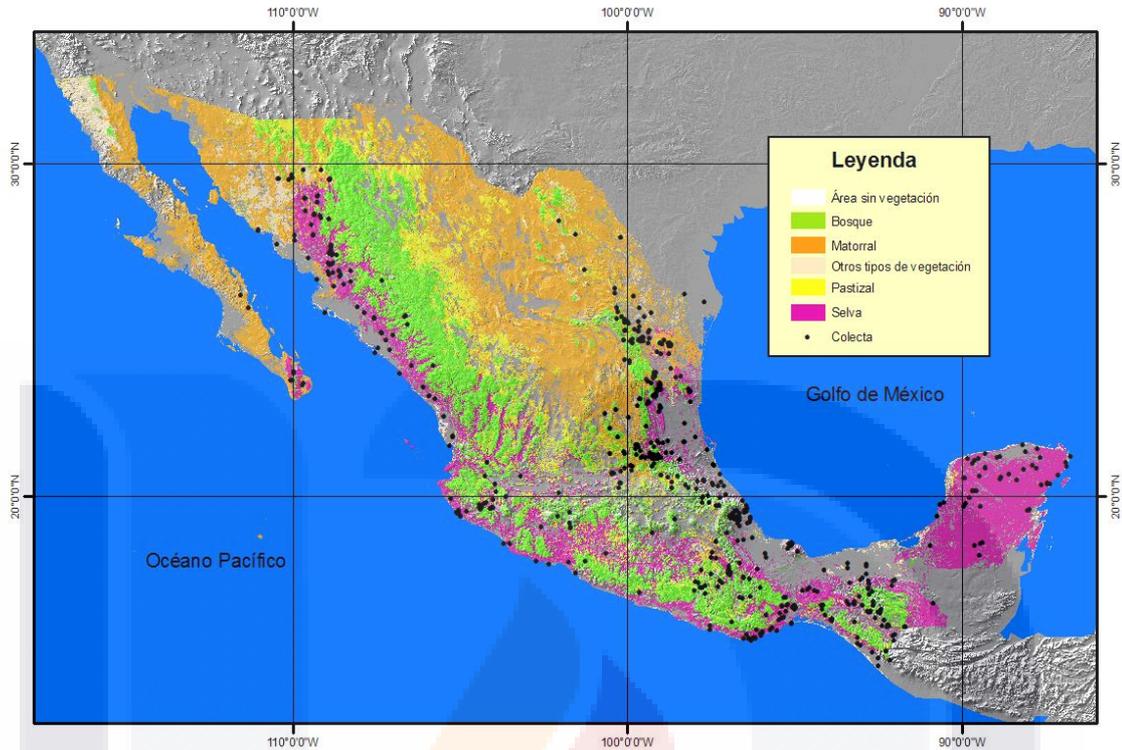


Figura 3.17. Cobertura nacional de los tipos de vegetación con registro de *Capsicum silvestre*

Los reportes en algunos tipos de vegetación como manglares, vegetación de dunas costeras, matorrales desértico micrófilo o rosetófilo; pastizales naturales, sabanas o vegetación halófila, parecen errores de asignación debidos a las limitaciones impuestas por la escala del mapa, sin embargo este tema requiere mayor investigación ya que existen por lo menos reportes del género en que se le considera una planta común en áreas perturbadas de selvas en zonas pantanosas (Vásquez, 2008).

El género se desarrolla mejor en áreas sombreadas, por lo que se le encuentra generalmente asociado a especies que le pueden dar este servicio. En Sonora, Loaliza *et al.* (1989), lo describen asociado a *Prosopis* y *Quercus*, en Jalisco a *Opuntia* y *Acacia*. En el sur en zonas más tropicales a *Phisalys*, *Coffea* y *Musa*. En el trabajo de Montes (2006), se comentan varios géneros con los que se asocia

el chile piquín en Tamaulipas; Perramond (2005), identifica a *Celtis pallida*, *Lycium andersonii* y *Prosopis* como las especies nodrizas más importantes en la zona de pizca de chile silvestre en Mazocahui, Sonora.

En un estudio con 193 colectas, Luna *et al.* (2008), presentan resultados muy similares en cuanto a las proporciones en que se encuentran las colectas en los diferentes elementos del medio físico y aún por estado, lo que parece confirmar la preferencia del género por ciertas condiciones ambientales por un lado y la representatividad de los registros y colectas para abordar el tema de la distribución del género.

En resumen, se puede decir que el género se ha reportado en 291 municipios de 25 estados, en sitios en que predominan climas semicálidos, secos y cálidos, con sistemas de toposformas de sierras y lomeríos, por abajo de los 1 500 msnm, en suelos jóvenes de textura media, en selvas, matorral submontano y bosques de encino, ajustándose razonablemente en su distribución a la denominada región Caribeña del reino Neotropical de Rzedowki, presentando variabilidad en todos estos aspectos.

3.4.4. Descripción de la distribución de las formas silvestres del género *Capsicum* con base en criterios políticos y factores del medio físico

Según la CCA en el país hay 7 regiones ecológicas de nivel 1, los reportes de chiles silvestres se encuentran en 6 de estas regiones (cuadro 3.19); las más importantes por el número de reportes en la base de datos depurada son las Selvas Cálido Secas con el 36.8%, las Sierras Templadas con 26.2% y las Selvas Cálido Húmedas con el 23.2%. Las regiones ecológicas cálidas tienen el 60% del total de las colectas confirmando lo que se había encontrado al analizar la distribución de los reportes y el clima. Resulta interesante que estas regiones ecológicas con mayor número de registros son también las que presentan una mayor diversidad de paisajes o regiones ecológicas de nivel IV con reportes de

Capsicum; 20 regiones ecológicas de nivel IV en el caso de las Selvas Cálido Secas y 14 en las Selvas Cálido Húmedas y Sierras Templadas.

Cuadro 3.19. Registros de *Capsicum* y regiones ecológicas de nivel I

Regiones ecológicas nivel I	Colecta	%
Grandes Planicies	50	8.18
Desiertos de América del Norte	18	2.95
Elevaciones Semiáridas Meridionales	16	2.62
Sierras Templadas	160	26.19
Selvas Calido-Secas	225	36.82
Selvas Calido-Húmedas	142	23.24
Total	611	100.00

Los reportes de *Capsicum* aparecen en 21 de las regiones ecológicas de nivel II (cuadro 3.20). Dentro de éstas sobresalen la Sierra Madre Oriental con el 46.9% de los reportes de su región a nivel I y 12.3% de los reportes a nivel nacional; la Planicie costera y lomeríos húmedos del Golfo de México, con 48.6% de los reportes de su región a nivel I y 11.3% del total de los reportes a nivel nacional, la Planicie costera y lomeríos del Pacífico Sur con el 28% de los reportes de su región de nivel I y 10.3% de los reportes del país y la Planicie costera, lomeríos y cañones de occidente, con 27.6% de los reportes de la región I Selvas Cálido Secas y 10.2 de los reportes nacionales. Estas cuatro regiones de nivel II engloban el 44% de los reportes del país (figura 3.18).

Cuadro 3.20. Reportes por región ecológica de nivel II, el % parcial se refiere a las colectas hechas en las regiones de nivel II; el % total a la proporción con relación al total de las colectas

Regiones ecológicas nivel II	Colecta	% parcial	% total
Planicie costera de Texas-Luisiana	2	4.00	0.33
Planicie semiárida de Tamaulipas-Texas	48	96.00	7.86
Total	50	100.00	8.18
Desiertos cálidos	18	100.00	2.95
Total	18	100.00	2.95
Piedemonte de la Sierra Madre Occidental	1	6.25	0.16
Altiplanicie Mexicana	15	93.75	2.45
Total	16	100.00	2.62
Sierra Madre Occidental	8	5.00	1.31
Sierra Madre Oriental	75	46.88	12.27
Sistema Neovolcánico Transversal	21	13.13	3.44
Sierra Madre del Sur	33	20.63	5.40
Sierra Madre Centroamericana y Altos de Chiapas	23	14.38	3.76
Total	160	100.00	26.19
Planicies costeras y lomeríos secos del Golfo de México	50	22.22	8.18
Planicie noroccidental de la Península de Yucatán	9	4.00	1.47
Planicie costera, lomeríos y cañones del occidente	62	27.56	10.15
Depresiones intermontanas	34	15.11	5.56
Planicie costera y lomeríos del Pacífico Sur	63	28.00	10.31
Sierra y planicies de El Cabo	7	3.11	1.15
Total	225	100.00	36.82
Planicie costera y lomeríos húmedos del Golfo de México	69	48.59	11.29
Planicie y lomeríos de la Península de Yucatán	43	30.28	7.04
Sierra de Los Tuxtlas	13	9.15	2.13
Planicies y lomeríos del occidente	4	2.82	0.65
Planicie costera y lomeríos del Soconusco	13	9.15	2.13
Total	142	100.00	100.00
Total	611	100.00	100.00

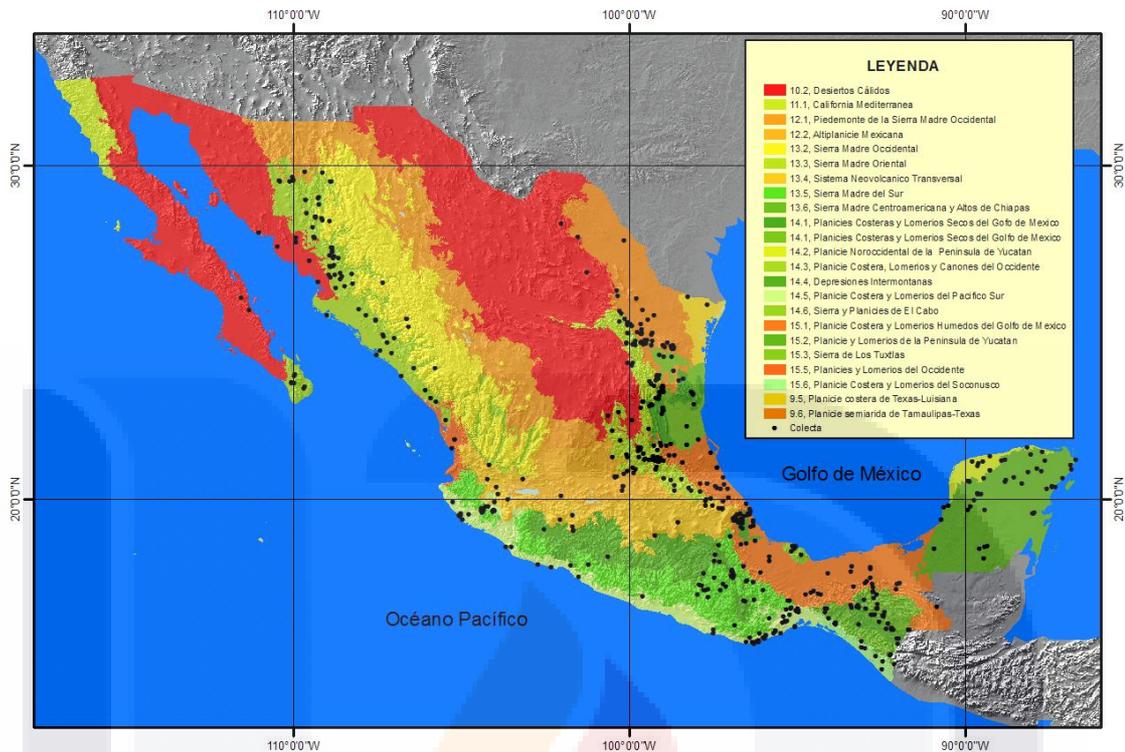


Figura 3.18. Mapa con registros de *Capsicum silvestre* por región ecológica de nivel II

En el cuadro 3.21 se pueden ver los reportes de *Capsicum* para las regiones de nivel III; como en la tabla anterior, el porcentaje de los reportes se calculó para las regiones ecológicas de nivel III con relación a la región de nivel II en que se encuentran y para el total. En 38 regiones hubo reportes de chiles silvestres. Las regiones más sobresalientes en este nivel son el Bosque de coníferas, encino y mixtos de la Sierra Madre Oriental, con 12.3% de los registros a nivel nacional, los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia, con 9.3% de los registros del país, los Lomeríos con selva perennifolia con 35.2% de los registros de su unidad de nivel II (Planicie costera y lomeríos húmedos del Golfo) y 8.2% de los registros a nivel nacional y las Planicies del sur de Texas y lomeríos interiores con matorral xerófito y bosque de encino, que tienen el 96% de los registros de su unidad de nivel II y 7.9% de los registros del país. En conjunto estas 4 regiones ecológicas de nivel III integran el 37.6% de los registros de *Capsicum* para México.

Cuadro 3.21. Reportes de *Capsicum* por regiones ecológicas de nivel III

Regiones ecológicas nivel III	Reportes	% parcial	% total
Planicie de la costa occidental del Golfo	2	4.00	0.33
Planicies del sur de Texas, planicies y lomeríos interiores con matorral xerófilo y bosque de encino	48	96.00	7.86
Total	50	100.00	8.18
Desierto Sonorense	9	50.00	1.47
Desierto de Baja California	2	11.11	0.33
Desierto Chihuahuense	7	38.89	1.15
Total	18	100.00	2.95
Archipiélago Madreano	1	6.25	0.16
Lomeríos y planicies del interior con matorral xerófilo y bosque bajo de mezquite	15	93.75	2.45
Total	16	100.00	2.62
Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Occidental	8	5.00	1.31
Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Oriental	75	46.88	12.27
Planicies y piedemontes del interior con pastizal y matorral xerófilo	1	0.63	0.16
Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encino y mixtos del centro de México	20	12.50	3.27
Bosques de coníferas, encino y mixtos de la Sierra Madre del Sur de Jalisco y Michoacán	7	4.38	1.15
Bosques de coníferas, encino y mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca	26	16.25	4.26
Bosques de coníferas, encino y mixtos de la Sierra Madre Centroamericana	6	3.75	0.98
Bosque de coníferas, encino y mixtos de los Altos de Chiapas	17	10.63	2.78
Total	160	100.00	26.19
Planicie costera con selva espinosa	17	7.56	2.78
Sierra y lomeríos con selva caducifolia y bosque de encino	33	14.67	5.40
Planicie noroccidental de Yucatán con selva caducifolia	9	4.00	1.47
Planicie costera sinaloense con selva espinosa	5	2.22	0.82
Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia	57	25.33	9.33
Depresión del Balsas con selva caducifolia y matorral xerófilo	5	2.22	0.82
Depresión Central de Chiapas con selva caducifolia	20	8.89	3.27
Valles y depresiones de Oaxaca y Puebla con selva caducifolia y matorral xerófilo	9	4.00	1.47
Cañón y planicie de Tehuantepec con selva caducifolia y selva espinosa	25	11.11	4.09

Regiones ecológicas nivel III	Reportes	% parcial	% total
Lomeríos y piedemontes del Pacífico Sur mexicano con selva espinosa	38	16.89	6.22
Planicie y lomeríos de Los Cabos con selva caducifolia y matorral xerófilo	5	2.22	0.82
Sierra de La Laguna con bosques de encino y coníferas	2	0.89	0.33
Total	225	100.00	36.82
Planicie costera del Golfo de México con selva perennifolia	19	13.38	3.11
Lomeríos con selva perennifolia	50	35.21	8.18
Planicie occidental yucateca con selva caducifolia	27	19.01	4.42
Planicie oriental yucateca con selva perennifolia	11	7.75	1.80
Lomeríos del sur de la península yucateca con selva perennifolia	5	3.52	0.82
Sierra de los Tuxtlas con selva perennifolia	13	9.15	2.13
Planicie costera de Nayarit y Sinaloa con selva espinosa	3	2.11	0.49
Lomeríos y planicies costeras de Nayarit y Jalisco con selva perennifolia	1	0.70	0.16
Planicie y lomeríos costeros del Soconusco con selva perennifolia	13	9.15	2.13
Total	142	100.00	100.00

En el país hay 99 regiones ecológicas de nivel IV, en 59 de estas (59.6%) se tienen reportes de *Capsicum* (cuadro 3.22). En este nivel sobresalen las Sierras con bosques de encinos, coníferas y mixtos en la Sierra Madre Oriental con el 11.1% de los reportes de la base de datos de *Capsicum* del país; los Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora que albergan el 9.3% de los reportes; los Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino en Tamaulipas con 5.9% y la Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia con 4.4% de los reportes a nivel nacional. En conjunto estas unidades tienen el 30.7% de los registros del país. La superficie total ocupada por las unidades de nivel IV con reportes de *Capsicum* es de 1 208 689 km² (62.2%) y en principio representan áreas potenciales de distribución del género en México (figura 3.19). Es importante considerar que las regiones ecológicas de nivel IV fueron definidas con base en la escala 1: 1 000 000; un mayor detalle en las escalas de trabajo tanto en los aspectos temáticos como en la cartografía de

unidades de paisaje va a limitar aún más las áreas de distribución real y potencial del género.

Las regiones ecológicas de nivel IV que no presentaron reportes de *Capsicum* se concentran en las zonas áridas y altas del país en concordancia con las distribuciones observadas en los mapas de clima y el de regiones florísticas comentados con anterioridad.

Cuadro 3.22. Reportes de *Capsicum* por región ecológica de nivel IV

Regiones ecológicas nivel IV	Colectas	% parcial	% total
Planicie costera tamaulipeca con vegetación xerófila o sin vegetación aparente	2	4.00	0.33
Planicie interior tamaulipeca con matorral xerófilo	12	24.00	1.96
Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino	36	72.00	5.89
Total	50	100.00	8.18
Desierto central sonorense	2	11.11	0.33
Planicies aluviales de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte con matorral y mezquital xerófilos	7	38.89	1.15
Sistema de sierras del corredor de la Giganta con vegetación xerófila y subtropical	2	11.11	0.33
Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense norte con matorral xerófilo micrófilo-rosetófilo	1	5.56	0.16
Elevaciones mayores del Desierto Chihuahuense con vegetación xerófila, bosques de coníferas, de encinos y mixtos	1	5.56	0.16
Planicies del altiplano zacatecano-potosino con matorral xerófilo micrófilo-crasicaule	5	27.78	0.82
Total	18	100.00	2.95
Lomeríos y planicies con matorral xerófilo, pastizal y elevaciones aisladas con bosques de encinos y coníferas	1	6.25	0.16
Lomeríos y planicies del altiplano con matorral xerófilo y pastizal	15	93.75	2.45
Total	16	100.00	2.62
Sierra con bosques de coníferas, encinos y mixtos	8	5.00	1.31
Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos	68	42.50	11.13
Sierra con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental	7	4.38	1.15
Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción oriental del Sistema Neovolcánico Transversal	1	0.63	0.16
Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos	17	10.63	2.78

Regiones ecológicas nivel IV	Colectas	% parcial	% total
Sierra con bosque mesófilo de montaña del Sistema Neovolcánico Transversal	3	1.88	0.49
Sierras del occidente de Jalisco con bosques de coníferas, encinos y mixtos	6	3.75	0.98
Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca	21	13.13	3.44
Bosque mesófilo de montaña del norte de Oaxaca	3	1.88	0.49
Bosque mesófilo de montaña de las sierras del sur de Oaxaca	2	1.25	0.33
Sierras del occidente de Jalisco con bosque mesófilo de montaña	1	0.63	0.16
Sierra Madre Centroamericana con bosques de coníferas, encinos y mixtos	6	3.75	0.98
Bosques de coníferas, encinos y mixtos de los Altos de Chiapas	12	7.50	1.96
Bosque mesófilo de montaña de los Altos de Chiapas	5	3.13	0.82
Total	160	100.00	26.19
Planicie costera con selva baja espinosa	17	7.56	2.78
Selva baja caducifolia y bosque de encino de la Sierra de Dientes de Moreno	6	2.67	0.98
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (de la Sierra de Cucharas)	10	4.44	1.64
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (del sureste de Xalapa)	17	7.56	2.78
Planicie noroccidental con selva baja caducifolia	9	4.00	1.47
Humedales de Sinaloa	1	0.44	0.16
Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora	57	25.33	9.33
Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa	3	1.33	0.49
Lomeríos de la planicie de Sinaloa con selva baja caducifolia	1	0.44	0.16
Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilos	5	2.22	0.82
Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia	20	8.89	3.27
Depresión de La Cañada con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	6	2.67	0.98
Valle de Tehuacan con matorral xerófilo	1	0.44	0.16
Valles centrales de Oaxaca con mezquital, selva baja caducifolia y bosque de encino	2	0.89	0.33
Planicie costera del Istmo con selva baja espinosa	2	0.89	0.33
Cañón y lomeríos de Tehuantepec con selva baja caducifolia	23	10.22	3.76
Planicie costera y lomeríos del Pacífico Sur con selva baja caducifolia	22	9.78	3.60
Lomeríos con selva mediana caducifolia del sur de Oaxaca	16	7.11	2.62

Regiones ecológicas nivel IV	Colectas	% parcial	% total
Planicie y lomeríos con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	5	2.22	0.82
Sierra con bosques de encino y coníferas	2	0.89	0.33
Total	225	100.00	36.82
Humedales del sur del Golfo de México	1	0.70	0.16
Selva alta perennifolia de la planicie costera del Golfo	18	12.68	2.95
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana subperennifolia	12	8.45	1.96
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia	21	14.79	3.44
Selva alta perennifolia de la vertiente del golfo de la Sierra Madre del Sur	17	11.97	2.78
Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia	27	19.01	4.42
Humedales del Caribe mexicano	1	0.70	0.16
Planicie con selva mediana y alta subperennifolia	10	7.04	1.64
Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia	5	3.52	0.82
Sierra de Los Tuxtlas con selva alta perennifolia	13	9.15	2.13
Humedales de la planicie aluvial del Río Grande de Santiago	1	0.70	0.16
Planicie con selva espinosa	2	1.41	0.33
Planicie y lomeríos con selva mediana subperennifolia del occidente	1	0.70	0.16
Planicie costera y lomeríos con selva alta perennifolia	13	9.15	2.13
Total	142	100.00	

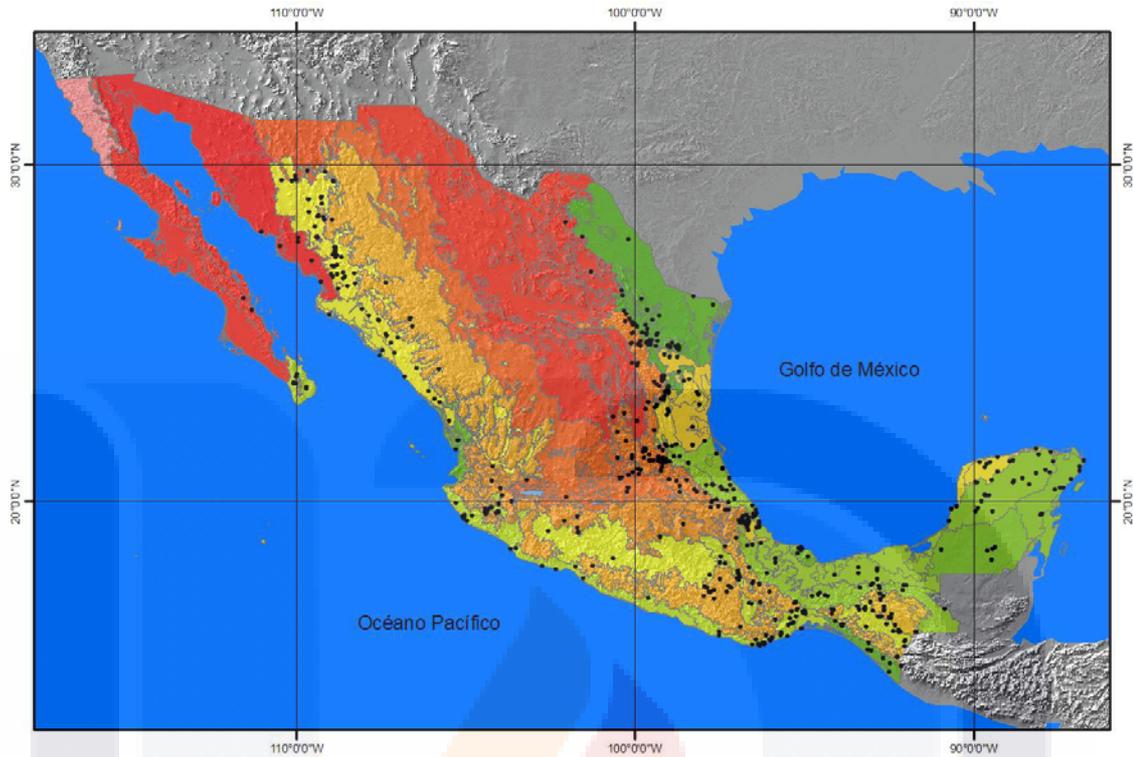


Figura 3.19. Distribución de los reportes en las regiones ecológicas de nivel III y IV

Finalmente en la figura 3.20 se pueden ver las regiones ecológicas de nivel IV en las que se tiene registro de cada una de las especies que integran el género *Capsicum*; como se comentó con anterioridad para el género, estos mapas pueden considerarse como áreas de distribución potencial para cada especie.

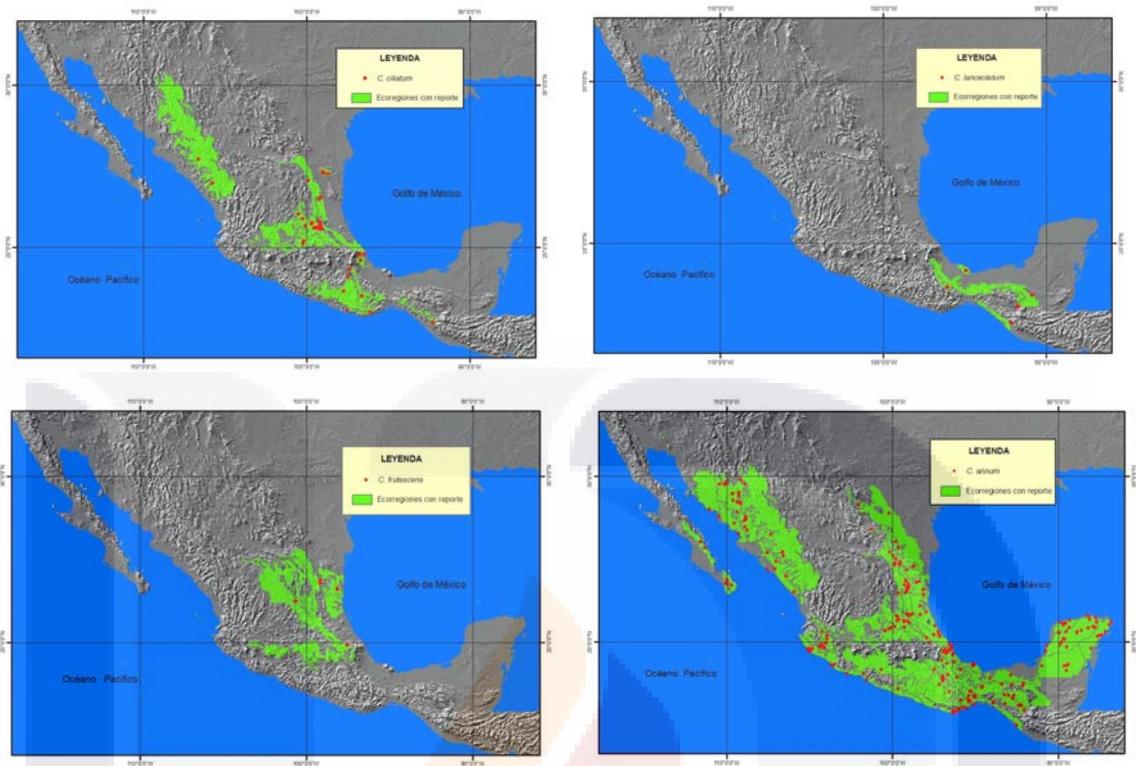


Figura 3.20. De izquierda a derecha y de arriba para abajo las regiones ecológicas de nivel IV con reportes de *C. ciliatum*, *C. lanceolatum*, *C. frutescens* y *C. annuum* respectivamente

El presente capítulo presenta un análisis de la distribución de las formas silvestres del género *Capsicum* en México usando criterios políticos, ambientales y ecológicos en términos de paisaje. Los resultados indican que estas formas silvestres se distribuyen en una porción amplia del país en sitios en que predominan climas semicálidos, secos y cálidos, con sistemas de topoformas de sierras y lomeríos, por abajo de los 1 500 msnm, en suelos jóvenes de textura media, en selvas, matorral submontano y bosques de encino, ajustándose razonablemente en su distribución a la denominada región Caribeña del reino Neotropical de Rzedowki; se les encuentra en algunos estados y municipios del país, pero no en todo el país o en todas las condiciones ambientales que este presenta. Las aplicaciones que pueden darse a esta información son muy amplias, desde la identificación de las condiciones donde aparece el género o las

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

especies silvestres que lo componen, hasta la búsqueda de sitios de distribución potencial por tipos de suelos, clima, región ecológica, municipio, etcétera, este tipo de información procesado en un SIG tiene gran potencial para la toma de decisiones relacionadas con la búsqueda y aprovechamiento de germoplasma silvestre y para su manejo y conservación.

3.5. CONCLUSIONES

- Se integró una base de datos de *Capsicum* silvestre a nivel nacional con 1 235 colectas y reportes de 19 fuentes, 278 reportes sin ubicación previa fueron posicionados.
- Se integró un SIG de cobertura nacional para el género con cartografía topográfica, modelo de elevación, clima, fisiografía, litología, suelos, regiones ecológicas en 4 niveles, vegetación, uso del suelo y límites estatales y municipales.
- Se encontraron 11 especies registradas para el género. Los reportes son del periodo 1850 - 2008.
- Más de la mitad de los reportes son de *C. annum*, le siguen en abundancia *C. ciliatum*, *C. lanceolatum* y por último *C. frutescens* con menos del 1% de los reportes.
- La distribución del género derivada del estudio presenta variaciones y precisiones con relación a lo encontrado en la literatura sobre el tema.
- Se hizo la descripción de los sitios de reportes y colectas del género, y se encontró que éstos se han hecho en 291 municipios de 25 estado en lugares en que predominan climas semicálidos, secos y cálidos, con sistemas de topoformas de sierras y lomeríos, debajo de los 1 500 msnm, en suelos jóvenes de textura media, en selvas, matorral submontano y bosques de encino, ajustándose razonablemente en su distribución a la denominada región Caribe del reino Neotropical de Rzedowki, presentando variabilidad en todos estos aspectos.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- Se determinó que el género se ha reportado o colectado en climas que cubren el 50.4% del territorio, sistemas de topofomas que se encuentran en el 35% del país, tipos de vegetación que se extienden en el 63.4% de la república y en 291 municipios que cubren el 23.3% de la superficie del país. El género no se encuentra en todo el territorio, ni en todos sus ambientes.
 - Las colectas y reportes de género *Capsicum* se dieron en 6 regiones ecológicas de nivel I, 21 de nivel II, 38 de nivel III y 59 de nivel IV que cubren el 62.2% del territorio nacional.
 - De estas regiones ecológicas de nivel IV sobresalen por el número de reportes y colectas realizados en ellas, las Sierras con bosques de encinos, coníferas y mixtos en la Sierra Madre Oriental, los Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora, los Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino en Tamaulipas y la Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia.
 - Se hizo la cartografía de la distribución de los registros del género para todas las variables estudiadas, con los que se derivaron lo que en principio se pueden considerar áreas de distribución potencial del género y las especies que lo componen.
 - Se considera que las regiones ecológicas establecen un marco de referencia adecuado para la descripción de la distribución del género en el país y pueden ser útiles para profundizar en la definición de las áreas de distribución potencial y abordar los trabajos de riesgo de contaminación, pérdida de hábitat y protección, temas que se abordan en el capítulo 4 de esta tesis.

4. PÉRDIDA DE HÁBITAT Y RIESGOS DE CONTAMINACIÓN GENÉTICA DE LAS POBLACIONES SILVESTRES DE CHILE *Capsicum spp.* EN MÉXICO Y PAPEL DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN SU CONSERVACIÓN



4.1. ANTECEDENTES

4.1.1. Erosión genética

Recursos fitogenéticos de *Capsicum*

Se denominan recursos genéticos a todas las plantas (y otros organismos) que tienen un uso actual o potencial para la humanidad (FAO, 1989), dentro de éstos, los parientes silvestres de los cultivos juegan un papel muy importante ya que albergan la diversidad genética que pudiera ser la solución de problemas diversos presentes y futuros en la producción de alimentos (Hernández *et al.*, 1998). Estas poblaciones enfrentan en la actualidad dos problemas muy serios y extendidos: los riesgos de erosión genética y la pérdida de hábitat. Las áreas naturales protegidas pueden jugar un papel muy importante en la conservación *in situ* de estas poblaciones.

Por erosión genética se entiende la desaparición de razas y variedades de plantas y animales autóctonos, seleccionados y conservados durante siglos por la gente del campo de las diferentes culturas del mundo (FAO, *Op. cit.*).

La historia de la interacción del hombre con sus cultivos ha tenido importantes consecuencias en la composición genética de estos, en muchos casos reduciendo su variabilidad a niveles riesgosos, en general la domesticación induce una marcada reducción en la diversidad genética de los cultivos ya sea por deriva genética o por selección (Papa y Gepts, 2004). En el caso del Chile, hoy en día se considera que la industria semillera ha reducido la diversidad genética de los chiles cultivados y eventualmente necesitará materiales de las poblaciones criollas y silvestres para los programas de mejoramiento (Luna *et al.*, 2008).

Cuanto mayor es la variabilidad genética de una población, mayor es el potencial para la selección de individuos resistentes, y por lo tanto de mejores variedades de plantas para la agricultura. Los genes que se mantienen en las poblaciones de amplia base genética no solo confieren características adaptativas y productivas

deseables para los cultivos actuales, sino que también pueden conservarse en poblaciones manejadas *in situ* para los cultivos del futuro (Montes *et al.*, 2006). Esta es una estrategia básica que aplican todos los programas de mejoramiento genético de plantas (Papa y Gepts, 2004). Es muy posible que el mejoramiento genético de variedades de alta calidad y aceptación socioeconómica, resistentes a plagas, enfermedades, sequía, salinidad, baja fertilidad, calor, frío, etc., resurja como una excelente alternativa tecnológica ante la inminente demanda por una agricultura más sustentable, mas eficiente, mas amigable, inocua y libre de plaguicidas. Asimismo, y ante el cambio climático global y el cambio de uso del suelo por actividades humanas, se vislumbra un escenario donde la producción agrícola enfrentara condiciones ambientales desfavorables que demandaran variedades mejoradas de plantas que se adapten eficientemente a las exigencias ambientales, socioeconómicas y culturales del futuro. Dicho escenario implica que debemos mejorar sustancialmente las políticas y estrategias de conservación y utilización de los recursos filogenéticos, dando un especial énfasis a la conservación *in situ* de los parientes silvestres de las plantas cultivadas en los centros de origen, diversidad y domesticación como México. En este sentido, es fundamental actualizar y complementar sustancialmente el conocimiento sobre el estatus de las poblaciones silvestres de los cultivos, incluyendo inventarios, áreas de distribución, relaciones ecológicas, diversidad genética, así como los riesgos y amenazas que enfrentan para su adecuada conservación y aprovechamiento.

Gepts (2008) considera que una gran parte de la variabilidad presente en los cultivos tradicionales y sus parientes silvestres ha sido muy poco aprovechada para el mejoramiento genético de variedades. La mayoría de los trabajos se han enfocado en las formas ya domesticadas como los criollos regionales y/o tradicionales, pero en realidad son pocos los trabajos con formas silvestres como es el caso de *Capsicum*. De hecho, los bancos de germoplasma de *Capsicum* mantienen casi exclusivamente formas domesticadas y solo algunas formas silvestres. El USDA-NPGS-GRIN (2009) reporta mas de 5000 accesiones de *Capsicum spp* de las cuales solo 22 están reportadas como silvestres, pero solo

tres de esas 22 accesiones son originarias de México. El INIFAP mantiene una colección de unas 2000 accesiones de *Capsicum annuum* en su banco de germoplasma de Celaya, Guanajuato, pero reconoce que la mayoría son criollos cultivados que fueron colectados desde la década de 1960 en diferentes partes de México (Montes, 2002). Los estudios con *Capsicum* silvestre de México se han hecho principalmente a escala local y regional (Perramond, 2005; López y Castro, 2006; Montes et al., 2006). Hernández *et al.* (1998), han estudiado las poblaciones silvestres de *Capsicum annuum* var *glabriusculum* del noroeste de México, en un gradiente latitudinal de 500 km en el estado de Sinaloa. Entre otras cosas, detectaron genes de resistencia a geminivirus en algunas poblaciones silvestres con alta variabilidad genética. Por su parte, Luna (comunicación personal) encontró resistencia genética a *Phytophthora capsici* en una población de chiles silvestres del noroeste de México y en dos accesiones de *C. flexuosum* proporcionadas por el USDA-GRIN-NPGS. *C. flexuosum* es una especie silvestre autoincompatible en peligro de extinción que crece en Paraguay y el norte de Argentina. El mismo autor ha detectado una amplia variabilidad de respuestas a *P. capsici* en colectas de chiles criollos del centro de México, algunas de las cuales han mostrado excelentes niveles de resistencia a dicho patógeno y gran potencial para ser usadas como variedades mejoradas de Chile para la región.

Flujo genético

El flujo genético es la incorporación de genes al pool genético de una población desde una o varias poblaciones diferentes (Futuyma, 1998), este ocurre cuando hay migración de semillas o polen entre poblaciones, y su intensidad y efectos son muy variables. Este flujo genético juega un papel muy importante como fuente de variación en los cultivos tradicionales (Papa y Gepts, 2004). De hecho el manejo *in situ* de las poblaciones silvestres genera variaciones importantes en la morfología, patrones de germinación y variación genética en las poblaciones involucradas (Casas *et al.*, 2007). La consecuencia más conocida del flujo genético es la tendencia a homogenizar la estructura de las poblaciones; su magnitud en condiciones naturales es muy particular y varía entre especies, poblaciones e

individuos y con el tiempo (Ellstrand *et al.*, 1999; Jenczewski *et al.*, 2003). El flujo genético entre plantas domesticadas y silvestres puede causar un incremento en la condición de maleza o la extinción de los parientes silvestres. El primer caso esta bien documentado para 7 parientes silvestres de los 13 cultivos más importantes del mundo (trigo, arroz, soya, sorgo, mijo, frijol y girasol); en el caso de extinción este se ha considerado para varios parientes silvestres de plantas domesticadas (Ellstrand *et al.*, 1999).

Las plantas domesticadas no pueden ser consideradas como elementos separados de sus parientes silvestres. De los 13 cultivos más importantes en el mundo 12 hibridizan con sus parientes silvestres, este fenómeno es más típico que circunstancial, aunque no se presenta al mismo tiempo en todas las regiones. Los estudios de introgresión e hibridación sugieren que la mayoría de las plantas domesticadas se cruzan naturalmente con parientes silvestres compatibles al entrar en contacto. En Inglaterra y Holanda se ha estimado que un tercio y un cuarto de sus plantas domesticadas respectivamente hibridizan espontáneamente con una o varias plantas de la flora local (Ellstrand *et al.*, 1999). A pesar de las sospechas de hibridación, se tienen pocos estudios en poblaciones silvestres (Jenczewski *et al.*, 2003).

La hibridación tiene, sin embargo, algunos requerimientos, entre ellos: polinización cruzada, floración simultanea, cercanía, compatibilidad y fertilidad de la primera generación (Ellstrand *et al.*, 1999); Jenczewski *et al.* (2003), agregan la producción de generaciones sucesivas fértiles, oportunidad para la transmisión de genes, recombinación de cromosomas e introgresión de genes de cultivos al área silvestre y la persistencia de estos genes en las poblaciones nativas. Papa y Gepts (2004)) sintetizan que el flujo entre poblaciones cultivadas y silvestres está limitado por su fenología, distribución geográfica y arreglo espacial.

En grandes áreas la probabilidad de flujo entre los cultivos y los parientes silvestres, depende de la distribución geográfica de estos. Los contactos son más

frecuentes en los centros de origen y/o diversidad y será mayor con las especies silvestres más emparentadas. A nivel del genoma, la probabilidad de transferencia depende de la similitud estructural genética de las poblaciones en contacto. La arquitectura de las barreras reproductivas es muy importante para limitar la introgresión (Jenczewski *et al.*, 2003; Papa y Gepts, 2004). Por ejemplo, en el caso del chile las plantas silvestres tienen estilos más largos que las anteras, lo que facilita la polinización cruzada, característica que se pierde en las plantas cultivadas (Pickersgill, 1969).

México es centro de origen y diversificación de algunos cultivos importantes para la alimentación del ser humano, tales como el maíz, chile, calabaza y frijol, por lo que es muy importante cuidar de aquellas especies silvestres emparentadas con los cultivos antes mencionados, a fin de evitar pérdida de diversidad debido al flujo génico y evitar que los posibles híbridos resultantes adquieran nuevas características que los conviertan en plantas arvenses (CONABIO, 2009).

Polinizadores y flujo genético

Aunque en general la dispersión del polen es de corta distancia —tanto para las especies polinizadas por viento como por insectos—, se tienen reportes de polinizaciones a grandes distancias, que pueden ser muy relevantes para la evaluación de riesgos, ya que un número pequeño de migrantes con éxito por generación, es suficiente para modificar a la población receptora (Jenczewski *et al.*, 2003; Papa y Gepts, 2004). En este sentido es importante considerar que en general el flujo de poblaciones cultivadas a silvestres suele ser mayor que en sentido contrario (Papa y Gepts, *Op. cit.*).

En un estudio reciente que evalúa el flujo de polen en largas distancias a través del área de forrajeo de polinizadores, se concluye que las abejas pueden mediar el flujo genético y en algunos casos posibilitar el escape de transgénicos a varios kilómetros de distancia (Rémy *et al.*, 2008). Una limitante importante en este sentido es que las capacidades de vuelo y las áreas de forrajeo de la mayoría de

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

los polinizadores son poco conocidos (Rémy *et al.*, *Op. cit.*). En Brasil, las abejas nativas son polinizadores efectivos de las plantas de Chile y su alcance depende del área de forrajeo de las especies: las abejas más grandes recorren mayores distancias y llevan cargas mayores que las pequeñas (Raw, 2000). En México no se conocen los polinizadores del género ni sus capacidades de vuelo.

Dispersores de semilla

Un aspecto importante y poco conocido en la dinámica de las poblaciones silvestres de Chile es el relacionado con los dispersores de semillas. En el caso de los chiles silvestres de Sonora, Perramond (2005) comenta sobre la importancia del cardenal *Cardinalis cardinalis* y el ceniztonle *Mimus poliglottus* en su dispersión; en Tamaulipas Montes *et al.*, (2006) reportan al chincho (*Mimus poliglottus*) y a *Toxostoma curvirostre* y *T. longirostre* como importantes dispersores del Chile. En la zona de pantanos de Tabasco, los chontales - Yoko yinikob - consideran y procuran al pistoqué (*Pitangus sulfuratus*), como un importante dispersor del Chile silvestre o amashito, cuyo nombre, significativamente, se traduce como “el señor fruto cagado” lo que concuerda con los nombres tzotzil, huasteco y náhuatl y nos da una idea de la importancia de algunas aves para la dispersión del género en diferentes ecosistemas y del conocimiento popular sobre el tema (Vásquez, 2008).

Contaminación por organismos genéticamente modificados

Con la llegada de plantas generadas con ingeniería genética u organismos vivos modificados (OVM), se ha incrementado la preocupación por evaluar los efectos potenciales agrícolas y ecológicos a largo plazo del escape de genes transgénicos a poblaciones silvestres; la mayor preocupación es que esto pueda acelerar la evolución de malezas más agresivas que impacten a poblaciones potencialmente útiles o causen desequilibrios en los ecosistemas (Jenczewski *et al.*, 2003). Recientemente, se documentó flujo génico de chiles modificados a variedades comerciales en Corea (Chan-GI *et al.*, 2009).

México ha recibido solicitudes para liberar OVMs desde hace 11 años y se han autorizado a nivel experimental 24 cultivos transformados (CONABIO, 2008). Desde 1998 la CONABIO desarrolló un sistema de carácter preventivo y precautorio para evaluar los riesgos a la biodiversidad por flujo génico entre los OVMs y las poblaciones silvestres emparentadas en el país. De enero del 2000 a febrero del 2008 se atendieron 1 636 casos, de los cuales, en el 44% se encontró que había posibles consecuencias o se observaron consecuencias por flujo génico (CONABIO, *Op. cit.*). El sistema integra información de colecta de 54 géneros y 889 especies relacionadas con cultivos modificados y bibliografía sobre aspectos relevantes de 7 géneros considerados prioritarios (Soberón, 2002), aunque hasta el momento no se incluye al género *Capsicum*.

Algunos de los posibles riesgos al ambiente que presenta la liberación de organismos genéticamente modificados son: el potencial de flujo génico entre el organismo genéticamente modificado (OGM) y el cultivo convencional y especies silvestres relacionadas, potencial del OGM para convertirse en maleza o especie invasora en un área natural, potencial del OGM de convertirse en una plaga, peste o patógeno, potencial de afectar organismos no blanco, potencial de desarrollo de nuevos virus a partir de OGM resistentes a virus y cambios en las interacciones de la comunidad (CONABIO, 2008).

4.1.2. Pérdida de hábitat

México tiene una extraordinaria riqueza biológica, su territorio cubre el 1.5% de la superficie terrestre y en él habitan cerca del 10% de las especies conocidas; después de China es el país con más variedad de ecosistemas (Soberón, 2002), sin embargo esta se encuentra amenazada crecientemente por factores como el cambio del uso del suelo y la consiguiente pérdida y fragmentación de hábitats y ecosistemas, altas tasas de deforestación, especies invasoras, comercio ilegal, sobreexplotación, contaminación y erosión entre otras (Challenger, 1998; Koleff y Moreno, 2005).

En un estudio reciente del INEGI (2006) se estima que poco más del 27% de la cobertura vegetal natural del país ha sido transformada en áreas agrícolas, urbanas y otras de origen antropogénico. En el 73% restante aproximadamente el 36% se encuentra en condiciones secundarias. Las pérdidas de cobertura de las comunidades nativas van del 73% para el matorral espinoso, al 13% en el matorral xerófito, afectando a todos los tipos de vegetación. A pesar que los cambios se han dado a lo largo de varios miles de años se considera que en los últimos 50 años se ha dado una transformación sin paralelo en la historia (Challenger, 1998).

Con relación a las condiciones en que se encuentran las poblaciones silvestres de *Capsicum* en el país, Montes *et al.* (2006), consideran que en el noreste, en la región en que llevaron a cabo su estudio, el 5% de la vegetación nativa se ha eliminado y deteriorado en diferentes grados, lo que ha reducido las poblaciones de *Capsicum*. Estiman también que en la región el 15% de la población local se dedica a la extracción de recursos silvestres y que estos son en general grupos con alta marginación que ejercen una fuerte presión en sus poblaciones.

En Sonora el chile piquín se ha ido convirtiendo en una importante fuente de ingresos para algunos campesinos en la zona de Mazocahui, sus poblaciones han sufrido un daño extensivo al arrancarse ramas o la planta completa en tiempos de cosecha. Se prevé un incremento en la actividad extractiva elevando la presión sobre sus poblaciones Perramond (2005). Montes y colaboradores (2006) coinciden que en esta zona se han generado los daños más importantes a las poblaciones silvestres por la forma de cosecha. El mismo problema se reporta en Querétaro, junto con el impacto por fragmentación y destrucción de hábitats de chile silvestre (Hernández *et al.*, 1998).

A pesar de la importancia del chile piquín en diferentes regiones del país, no se conocen las condiciones de sus poblaciones, ni las del hábitat en que se desarrollan y, como en el caso de la mayoría de las plantas silvestres no existe mecanismos de regulación de su aprovechamiento.

Riesgos por cambio climático global

Un factor de riesgo adicional es el cambio climático, que modificará la distribución de las especies y con ello de comunidades y ecosistemas (Soberón, 2002). La magnitud del cambio es superior al los cambios experimentados por el sistema atmosférico en varios cientos de miles de años y se espera una importante degradación de los ecosistemas y los servicios ambientales que prestan debido a la ampliación de la variabilidad climática y la intensificación de los fenómenos hidrometeorológicos. El fenómeno se concibe como el problema ambiental más importante de este siglo. Con los modelos actuales de cambio climático se prevé una alta vulnerabilidad para el país (CICC, 2006). El incremento en la concentración del dióxido de carbono se debe básicamente al uso de combustibles fósiles y al cambio en el uso del suelo, mientras los incrementos en las concentraciones de metano y óxido nitroso se deben a la agricultura. Debido a la continuada emisión de gases invernadero (y aún cuando los niveles de generación se mantuvieran en los niveles del 2000), se espera un mayor calentamiento y cambios en el sistema climático mayores a los observados en el siglo pasado (IPCC, 2007).

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas

El país cuenta desde 1988 con un sistema nacional de áreas protegidas (SINAP) para la protección de la biodiversidad y los recursos naturales; una de sus funciones es integrar los diferentes tipos o categoría de áreas protegidas y sistematizar los criterios para su administración (Domínguez, 1999).

En la actualidad se tienen 166 áreas naturales protegidas federales en el país, con una superficie total de 23,148, 432 ha, el 11.8% del territorio (CONANP, 2008); sin embargo en su mayoría, particularmente las más viejas, fueron elegidas con criterios que no incluían aspectos relevantes como diversidad, rareza, fragilidad o valor científico, lo que presenta un problema de representatividad; en general se considera que la biodiversidad del país esta subrepresentada en el sistema (Koleff y Moreno, 2005).

Considerando los problemas de conservación que enfrenta el país y como complemento al SINAP, en 1996 se identificaron 155 regiones terrestres prioritarias para ser consideradas en un esquema de planeación nacional, con base en criterios de extensión, integridad funcional, riqueza biológica, centro de origen y diversidad natural, importancia como corredor biológico, diversidad de ecosistemas, endemismo, área de domesticación o mantenimiento de diversidad de especies útiles, sobreexplotación de especies clave, fragmentación, pérdida de superficie, importancia de los servicios ambientales y la presencia de grupos organizados interesados en la conservación. Estas regiones tienen una cobertura aproximada del 21% del territorio nacional. Se considera que estas áreas ameritan atención prioritaria para su conservación y manejo y en ellas se usaran aproximaciones diferentes a las ANPs para su conservación (Benítez y Loa, 1996), sin embargo no existen hasta el momento programas específicos de manejo para estas regiones que le den certidumbre a los proyectos de conservación incluyendo al género *Capsicum*.

El presente estudio pretende dar respuesta a las siguientes preguntas:

¿En dónde se localizan las poblaciones de chile silvestre que enfrentan riesgos por contaminación genética? (riesgo por cercanía).

¿En dónde se localizan las poblaciones de chile silvestre amenazadas por cambios en el uso del suelo? (poblaciones de chile silvestre desplazadas o amenazadas por actividades antropogénicas).

¿En dónde están las poblaciones protegidas de chile silvestre? (ANP's que tienen poblaciones de chile silvestre).

4.2. OBJETIVOS

4.2.1. General

Identificar las áreas de riesgo por contaminación genética y pérdida de hábitat que enfrentan las poblaciones silvestres de *Capsicum* en el país y el papel que juegan las áreas naturales protegidas en su conservación.

4.2.2. Particulares

- Complementar el sistema de información geográfica del género *Capsicum* para analizar los temas de riesgo y protección *in situ*
- Determinar los sitios en que las poblaciones silvestres y las zonas de cultivo se encuentran a distancias de riesgo en el país
- Determinar las regiones ecológicas en donde se ha reportado el género *Capsicum*, que presentan bajas coberturas naturales, altas tasas de cambio de la vegetación natural y/o grandes superficies con cambios en las áreas naturales
- Determinar las poblaciones silvestres de *Capsicum* que se encuentran protegidas y sin proteger bajo el sistema de áreas naturales protegidas del país

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1. Complemento del SIG

A la base de datos desarrollada para el análisis de distribución del género (primera parte), se añadieron nuevos campos para evaluar los riesgos de contaminación, pérdida de hábitats y poblaciones silvestres en áreas protegidas, con la siguiente información:

- Municipios cultivadas con chile en el país en el 2008
- Cartografía de áreas agrícolas de temporal y riego
- Cartografía de uso del suelo y vegetación serie II
- Cartografía de las áreas naturales protegidas del país

Los mapas se validaron en cuanto a su geometría y topología y se integraron a la base, se ampliaron los diseños conceptual y lógico del sistema para incorporar las adiciones.

Los datos de producción de chile en el país fueron tomados del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2008); las áreas agrícolas de temporal y riego se obtuvieron de la carta de vegetación y uso del suelo serie III del INEGI; la cartografía de las áreas naturales protegidas es de la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP, 2008). La cartografía de vegetación y uso del suelo serie II es del INEGI, de la que también se consultaron los datos de verificación de campo en áreas agrícolas.

En adelante se refiere a poblaciones silvestres de una manera muy general, asumiendo que en los sitios con reportes del género se desarrollan poblaciones silvestres y no que son casos aislados que se colectaron por casualidad.

4.3.2. Determinación de riesgos de contaminación genética por cercanía a cultivos

Para determinar las áreas con riesgo de contaminación genética se etiquetaron todos los municipios en que se sembró chile en el 2008 con base en la información publicada por el SIAP (*Op cit.*). Para definir con mayor precisión las áreas, los polígonos de los municipios se cruzaron con el mapa de áreas con agricultura de riego y temporal definidas en la carta de uso del suelo y vegetación del INEGI de la serie III. Esta información se complementó con los datos de campo levantados por el INEGI en las áreas agrícolas. El mapa resultante de este proceso se cruzó a su vez con el mapa de la base depurada de colectas de chile silvestre elaborado en la fase anterior. Con base en los datos de distancias de forrajeo de algunos polinizadores (Rémy *et al.*, 2008), se definieron como zonas de riesgo de contaminación genética todas aquellas en que se encontraron áreas de cultivo y sitios de colecta de poblaciones silvestres a menos de 1,500 metros de distancia unas de otras. Se determinó el número de sitios de riesgo por tipo de agricultura (riego o temporal), por estado y por región ecológica de nivel IV. Por último se editó un mapa con los sitios de riesgo y las áreas agrícolas donde se cultivan chiles en la actualidad.

4.3.3. Determinación de riesgos por pérdida de hábitats

El criterio central de este análisis es el tipo de vegetación y su condición (vegetación original y tipos de vegetación secundaria). El mapa de partida es el de las regiones ecológicas de nivel IV con poblaciones de chiles definidas por colectas y/o reportes elaborados en la primera parte del estudio.

Para cada región se calculó el total de la superficie con vegetación nativa y la superficie ocupada por el tipo de vegetación en que fue colectado o reportado el género. También se estimaron las tasas de cambio de la vegetación natural y las tasas de cambio del tipo de vegetación con reportes de chile en el periodo 1993 - 2002. El cálculo se realizó cruzando los datos de la series II y III de la carta de uso del suelo y vegetación citada con anterioridad. Con base en los reportes de campo

de los autores revisados, se definieron las características de las condiciones secundarias aptas para el género para cada uno de los tipos de vegetación en que se reportaron o colectaron chiles silvestres. Algunos tipos de vegetación no fueron considerados en el análisis por no tener las condiciones apropiadas para el desarrollo de chiles silvestres, en el cuadro 4.1 se pueden ver los tipos de vegetación y los criterios utilizados.

Cuadro 4.1. Tipos de vegetación y condición secundaria considerados para la estimación de la cobertura natural actual y la tasa de cambio por año en las regiones ecológicas con reportes de *Capsicum*

Tipo de vegetación
Selva baja caducifolia y secundarios arbóreos
Matorral submontano y secundarios arbóreos
Bosque de encino y secundarios arbóreos
Selva mediana subcaducifolia y secundarios arbóreos
Selva mediana caducifolia y secundarios arbóreos
Selva mediana subperennifolia y secundarios arbóreos, arbustivos y herbáceos
Bosque de pino-encino y secundarios arbóreos
Selva alta perennifolia y secundarios arbóreos, arbustivos y herbáceos
Bosque mesófilo de montaña y secundarios arbóreos
Bosque de pino y secundarios arbóreos
Mezquital y secundarios arbóreos
Matorral sarcocaulé
Bosque de táscate y secundarios arbóreos
Matorral crasicaulé
Matorral subtropical y secundarios arbóreos
Selva baja espinosa caducifolia y secundarios arbóreos
Matorral espinoso tamaulipeco y secundarios arbóreos
Bosque de encino-pino y secundarios arbóreos
Selva baja espinosa subperennifolia y secundarios arbóreos, arbustivos y herbáceos
Matorral desértico rosetófilo
Selva baja subcaducifolia y secundarios arbóreos

Se definieron como regiones ecológicas en riesgo a las que presentan las siguientes características:

- Cobertura natural menor al 20%
- Cobertura natural con tasas de cambio mayores al 2% anual en el periodo del estudio, y
- Las mayores superficies con cambios en su cobertura natural en el periodo de estudio

4.3.4. Determinación de poblaciones protegidas

La determinación de las poblaciones silvestres protegidas de *Capsicum* se hizo cruzando el mapa de colectas elaborado en la primera parte del proyecto, con el mapa de las áreas naturales protegidas del país publicado por la CONANP; el análisis se complementó con la revisión de los programas de conservación y manejo existentes de las áreas naturales protegidas, en los que normalmente hay listados florísticos preliminares de las áreas, así como una descripción de las actividades agropecuarias que se llevan a cabo en estas (CONANP, 2008). Se definieron como protegidas todas aquellas poblaciones colectadas en estas áreas naturales.

4.4. RESULTADOS

4.4.1. Base de datos

Se actualizaron los modelos conceptual y lógico del sistema, el modelo conceptual general se puede ver en la figura 4.1, los diagramas detallados del modelo conceptual se encuentran en el anexo 4; el modelo lógico se puede ver en la figura 4.2.

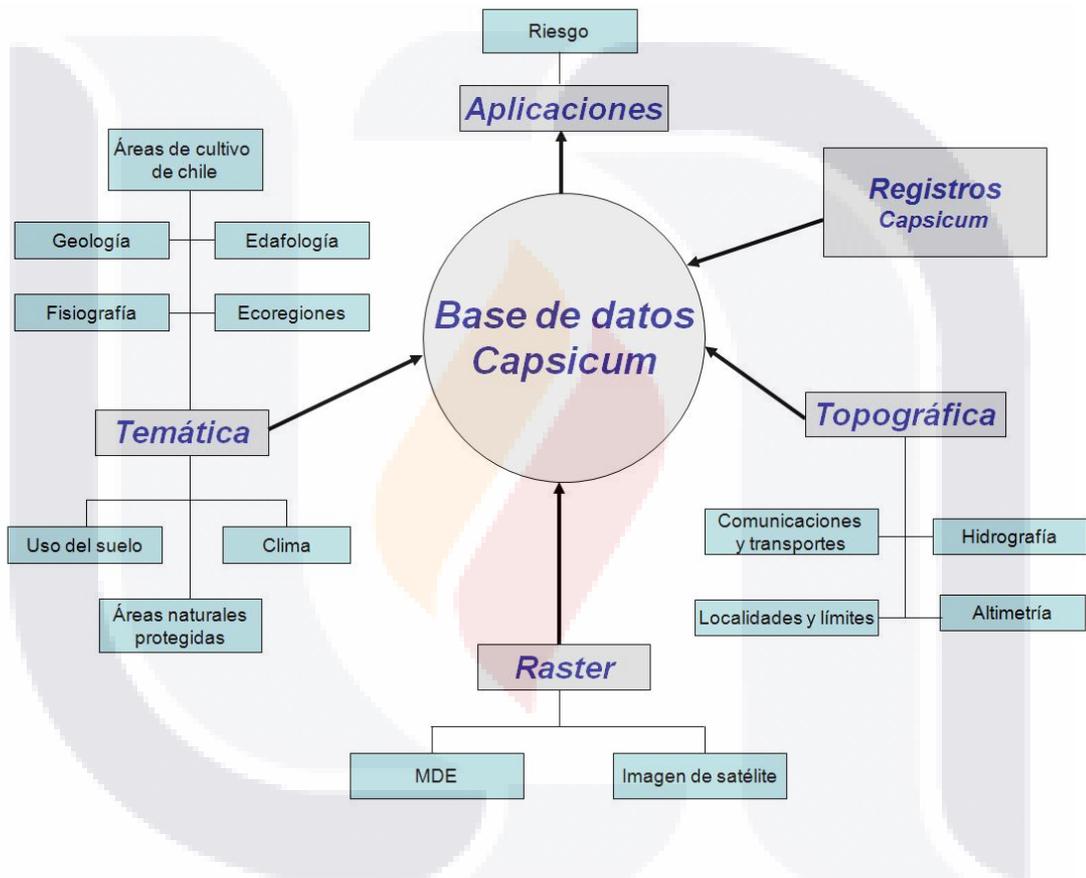


Figura 4.1. Modelo conceptual general del sistema

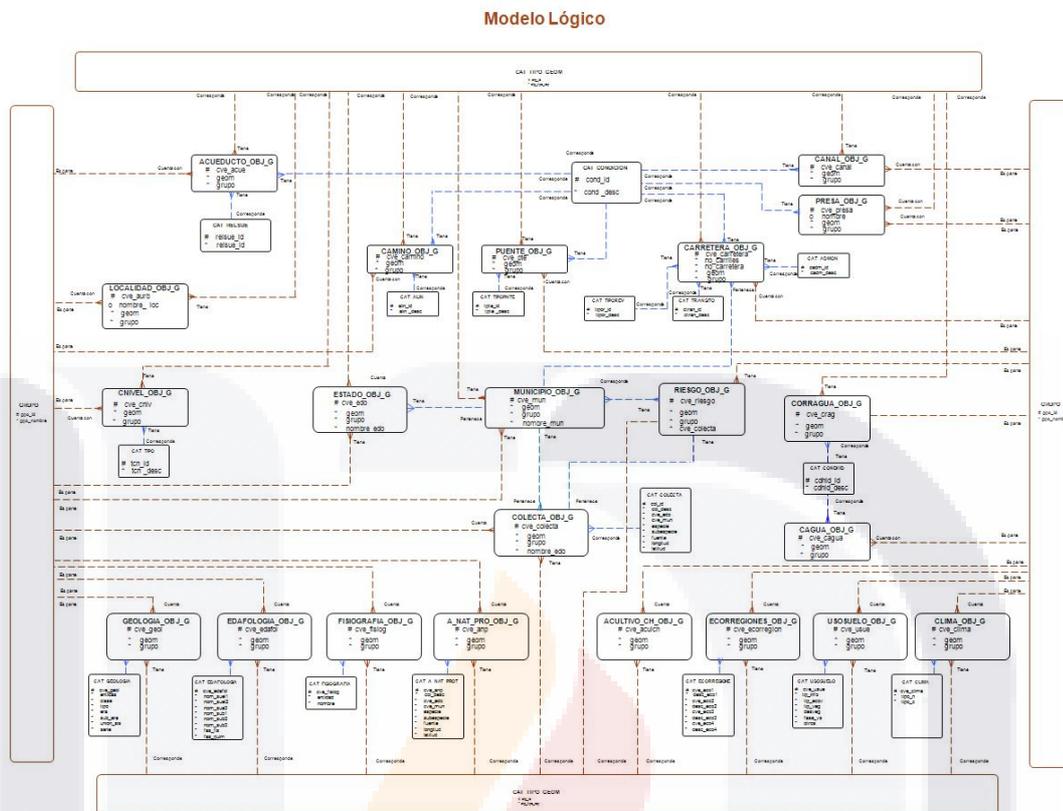


Figura 4.2. Modelo lógico del sistema

En el sistema de información quedaron integrados los datos de las áreas cultivadas con chile en el 2008, la cartografía de las áreas agrícolas de temporal y riego, la cartografía de uso del suelo y vegetación serie II, los datos de verificación de campo en áreas agrícolas, así como el mapa de las áreas naturales protegidas del país. Todos los mapas se validaron en cuanto a su geometría, topología y etiquetas.

4.4.2. Riesgos de contaminación genética por cercanía

Con base en los datos del SIAP y el mapa de uso del suelo se definieron las áreas con cultivo de chile, es importante recordar que estas son áreas en las que cuando menos una parte fue sembrada en el 2008 con chile y la posición exacta de los cultivos se desconoce.

Se cultivó chile en 564 de los 2 455 municipios del país (23%), en todos los estados de la República y el DF, con superficies muy variables de una entidad a otra. En 563 municipios se produce bajo riego. 161 municipios en 16 estados producen en condiciones de temporal, ocupando el 13.9% de la superficie sembrada con una producción programada para el 2008 del 8.2% del total nacional (SIAP, 2008).

Con base en los criterios establecidos se encontraron 94 áreas con riesgo potencial de contaminación genética de *Capsicum* silvestre por cercanía; 48.9% se encuentran próximas a zonas de riego, 46.8% a zonas agrícolas de temporal y 4.3% se encuentran cercanas a ambas. Hay sitios de riesgo en 19 estados de la República. Los estados con más áreas con riesgo son, Veracruz con 30.8%, Nuevo León 9.6% y Puebla 8.5% (cuadro 4.2). Es importante resaltar la magnitud de los riesgos en las áreas de temporal, ya que casi la mitad de las áreas con riesgo se dan en las cercanías de estas, que son menos del 14% del área total cultivada con chiles. Este fenómeno posiblemente se debe a la fragmentación de las zonas de temporal y a su común cercanía con áreas que tienen vegetación natural (figura 4.3).

Cuadro 4.2 Áreas de riesgo por estado

Estado	Frecuencia	%
Baja California Sur	1	1.06
Campeche	3	3.19
Chiapas	3	3.19
Guanajuato	1	1.06
Guerrero	1	1.06
Hidalgo	4	4.26
Jalisco	4	4.26
Michoacán de Ocampo	2	2.13
Nayarit	4	4.26
Nuevo León	9	9.57
Oaxaca	3	3.19
Puebla	8	8.51
Querétaro de Arteaga	4	4.26
Sinaloa	5	5.32
Sonora	4	4.26
Tabasco	4	4.26
Tamaulipas	3	3.19
Veracruz	29	30.85
Yucatán	2	2.13
Total	94	100.00

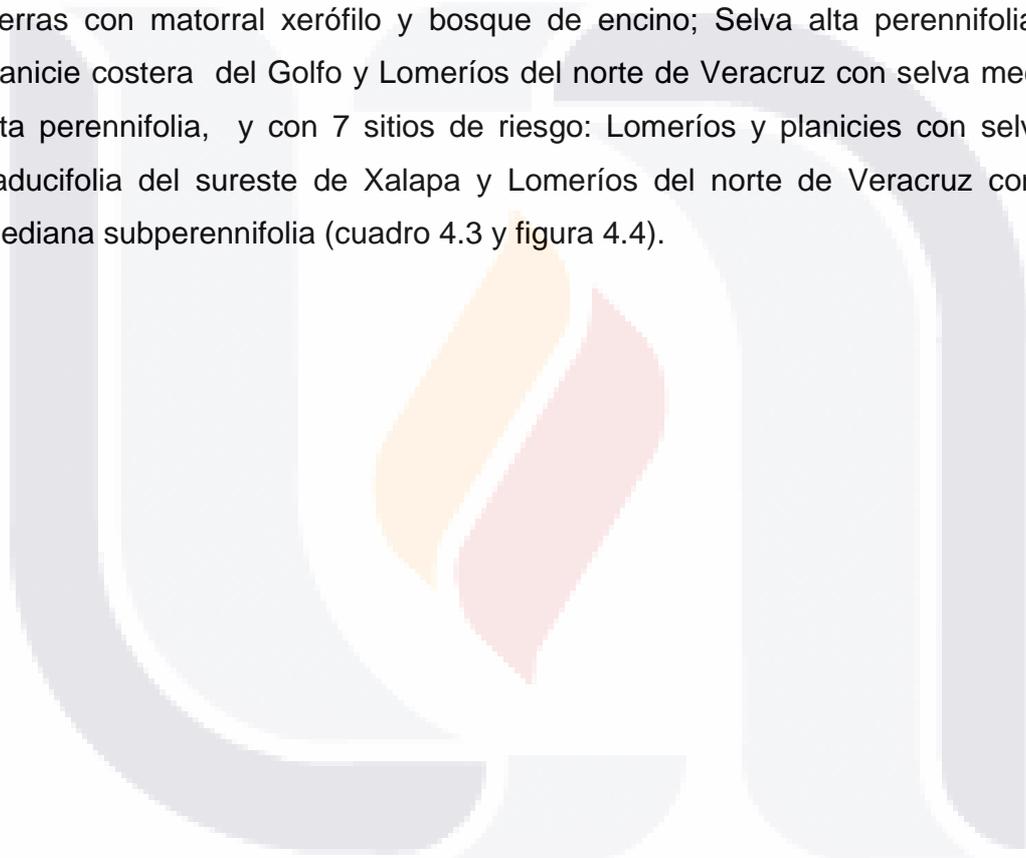


Figura 4.3 Áreas de riesgo y zonas cultivadas con chile en el país

Para evaluar y complementar la cobertura de las áreas cultivadas con chile que hace el SIAP, se superpusieron los puntos de verificación de campo de la carta de uso del suelo serie III, a las áreas determinadas con anterioridad como sembradas por el SIAP. La diferencia entre los reportes se puede deber a que los datos se generaron en diferentes años, sin embargo los datos son interesantes. De 159 puntos de campo en los que se reporta el cultivo de chiles, se encontraron 19 puntos (11.9%) fuera de la cobertura del SIAP. Casi todos estos puntos se encuentran en áreas agrícolas, estas son en general muy pequeñas, sin embargo el dato hace suponer que se pueden estar subestimando ligeramente tanto las áreas de producción de chile como los sitios de riesgo; el tema se complica cuando se considera la agricultura nómada; INEGI reporta 2 puntos con cultivo de chiles en esta condición (área agrícola – selva y selva - área agrícola), esta ocupa

poco menos del 2% de la superficie del país según datos de la carta de uso del suelo en escala 1: 250 000, superficie significativa si se considera que el área agrícola total del país cubre alrededor del 25% (INEGI, 2006).

Las áreas con riesgo se encuentran en 29 de las 99 regiones ecológicas de nivel IV del país con reportes de *Capsicum*, concentrándose el 40.4% en 5 de ellas, las más importantes, con 8 sitios cada una son las regiones ecológicas: Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosque de encino; Selva alta perennifolia de la planicie costera del Golfo y Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia, y con 7 sitios de riesgo: Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia del sureste de Xalapa y Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana subperennifolia (cuadro 4.3 y figura 4.4).



Cuadro 4.3. Número de sitios con riesgo de contaminación genética por región ecológica de nivel IV

Ecoregión nivel IV	Frecuencia	%
Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino	8	8.51
Selva alta perennifolia de la planicie costera del Golfo	8	8.51
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia	8	8.51
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia del sureste de Xalapa	7	7.45
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana superperennifolia	7	7.45
Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos	5	5.32
Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora	5	5.32
Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos	4	4.26
Planicie costera y lomeríos del Pacífico sur con selva baja caducifolia	4	4.26
Selva alta perennifolia de la vertiente del Golfo de la Sierra Madre del Sur	4	4.26
Planicies aluviales de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte con matorral y mezquital xerófilos	3	3.19
Lomeríos y planicies del altiplano con matorral xerófilo y pastizal	3	3.19
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia de la Sierra de Cucharas	3	3.19
Cañón y lomeríos de Tehuantepec con selva baja caducifolia	3	3.19
Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia	3	3.19
Sierra con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental	2	2.13
Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa	2	2.13
Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia	2	2.13
Sierra de los Tuxtlas con selva alta perennifolia	2	2.13
Planicie con selva espinosa	2	2.13
Planicie interior Tamaulipeca con matorral xerófilo	1	1.06
Sierras del occidente de Jalisco con bosques de coníferas, encinos y mixtos	1	1.06
Planicie costera con selva baja espinosa	1	1.06
Planicie noroccidental con selva baja caducifolia	1	1.06
Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	1	1.06
Valle de Tehuacan con matorral xerófilo	1	1.06
Planicie y lomeríos con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	1	1.06
Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia	1	1.06
Humedales de la planicie aluvial del Río Grande de Santiago	1	1.06
Total	94	100.00

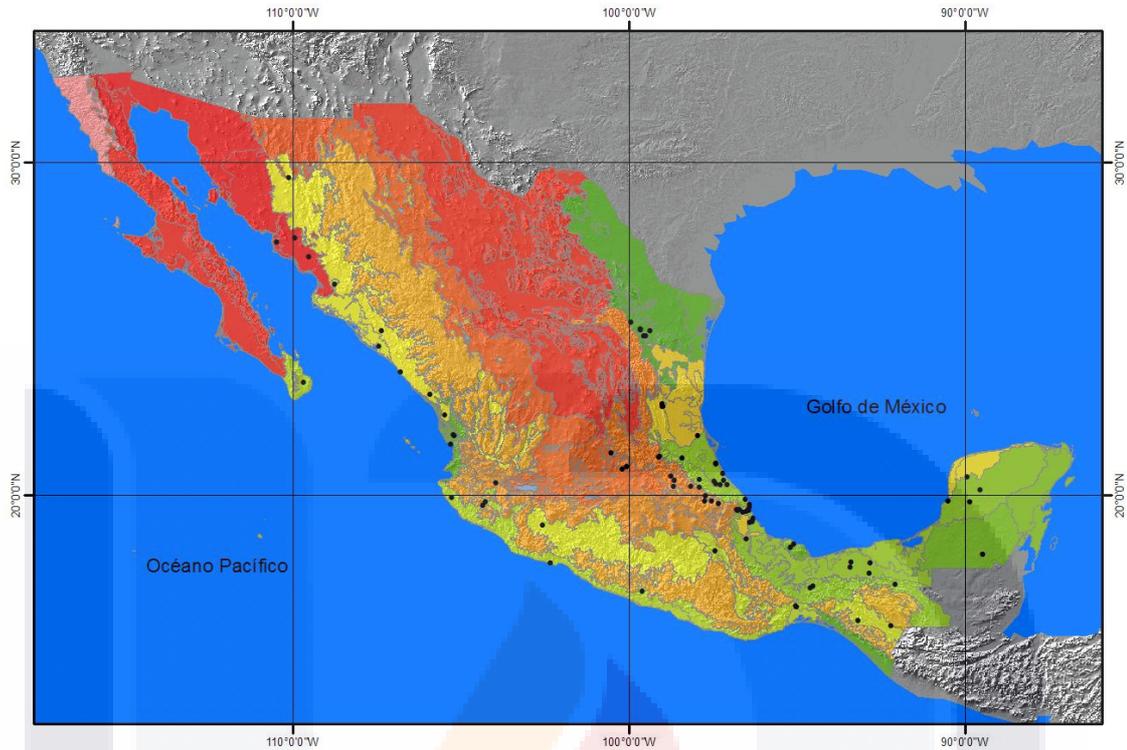


Figura 4.4. Sitios con riesgo de contaminación genética por región ecológica de nivel III y IV

El concepto de riesgo definido tiene algunas limitantes que es importante considerar: en primer lugar en este estudio, el riesgo se define en términos exclusivos de distancia entre áreas con colecta de chiles silvestres y áreas en las que se siembra chile; no se hicieron consideraciones a los organismos en cada área capaces de llevar a cabo la polinización de las plantas, las condiciones climáticas imperantes como dirección de los vientos en las épocas de cultivo, la posición real de las plantaciones y otros factores conducentes a la hibridación como la viabilidad del polen y los mecanismos de dispersión de polen y semillas (Papa y Gepts, 2004; Raw, 2000; CONABIO, 2008). La distancia considerada de 1500m parece razonable vistas las distancias de forrajeo que recorren algunos polinizadores, sin embargo, es posible que el mapa de las áreas con riesgo

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

podiera estar sobreestimando el problema, debido al supuesto de que la zona de contacto entre el punto del reporte y la zona de cultivo tiene sembrado chile.

En esta parte del proyecto la estimación de las áreas de riesgo no consideró el área de la distribución potencial del género en condiciones silvestres, lo que subestima las áreas con riesgo potencial de contaminación. En sus análisis de riesgo a la biodiversidad, la CONABIO, a través del uso del Sistema de información de organismos vivos modificados estima el riesgo incluyendo esta variable, sin embargo hasta el momento no ha trabajado con el género (CONABIO, *Op. cit.*).

4.4.3. Riesgos por pérdida de hábitat

4.4.3.1. Pérdida de vegetación natural por región ecológica

La superficie ocupada por las regiones ecológicas con reportes de chiles silvestres es de 1 134 991.9 km² equivalente al 58.4% del país; de esta superficie, el 52.5% tenía cobertura vegetal natural en el 2002, la cobertura media de la vegetación en las regiones fue de 45%. La tasa promedio de cambio de uso del suelo en el periodo 1993 – 2002 fue de 0.62% por año.

En el cuadro 4.4 se pueden ver los resultados del cálculo de las superficies que aún conservan vegetación natural en las regiones ecológicas en que se ha reportado la presencia de chiles silvestres.

Cuadro 4.4. Regiones ecológicas y porcentaje de cobertura de vegetación natural

Región ecológica IV	Serie III %
Planicie costera tamaulipeca con vegetación xerófila o sin vegetación aparente	19.80
Planicie interior tamaulipeca con matorral xerófilo	41.73
Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino	52.28
Desierto central sonorense	47.93
Planicies aluviales de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte con matorral y mezquital xerófilos	46.34
Sistema de sierras del corredor de la Giganta con vegetación xerófila y subtropical	99.59
Lomeríos y sierras bajas del desierto chihuahuense norte con matorral xerófilo micrófilo-rosetófilo	16.83
Elevaciones mayores del desierto chihuahuense con vegetación xerófila, bosques de coníferas, de encinos y mixtos	42.03
Lomeríos y planicies con matorral xerófilo, pastizal y elevaciones aisladas con bosques de encinos y coníferas	27.15
Lomeríos y planicies del altiplano con matorral xerófilo y pastizal	21.79
Sierra con bosques de coníferas, encinos y mixtos	76.38
Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos	54.21
Sierra con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental	37.87
Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción oriental del Sistema Neovolcánico Transversal	19.44
Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos	35.45
Sierra con bosque mesófilo de montaña del Sistema Neovolcánico Transversal	33.53
Sierras del occidente de Jalisco con bosques de coníferas, encinos y mixtos	58.63
Sierras del occidente de Jalisco con bosque mesófilo de montaña	77.30
Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca	50.58
Bosque mesófilo de montaña del norte de Oaxaca	58.32
Bosque mesófilo de montaña de las sierras del sur de Oaxaca	62.20
Sierra Madre Centroamericana con bosques de coníferas, encinos y mixtos	57.61
Bosques de coníferas, encinos y mixtos de los altos de Chiapas	25.68
Bosque mesófilo de montaña de los altos de Chiapas	43.91
Planicie costera con selva baja espinosa	15.59
Selva baja caducifolia y bosque de encino de la Sierra de Dientes de Moreno	64.28
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (de la Sierra de Cucharas)	44.94
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (del sureste de Xalapa)	15.22
Planicie noroccidental con selva baja caducifolia	68.40
Humedales de Sinaloa	7.30
Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa	7.39
Lomeríos de la planicie de Sinaloa con selva baja caducifolia	80.16
Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora	80.72
Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	52.73
Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia	30.89
Depresión de la cañada con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	66.27
Valle de Tehuacán con matorral xerófilo	25.81
Valles centrales de Oaxaca con mezquital, selva baja caducifolia y bosque de encino	4.45
Planicie costera del Istmo con selva baja espinosa	32.51
Cañon y lomeríos de Tehuantepec con selva baja caducifolia	77.10
Planicie costera y lomeríos del pacífico sur con selva baja caducifolia	52.94
Lomeríos con selva mediana caducifolia del sur de Oaxaca	70.20
Planicie y lomeríos con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	94.55
Sierra con bosques de encino y coníferas	84.37
Humedales del sur del Golfo de México	1.41
Selva alta perennifolia de la planicie costera del golfo	4.57
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana superperennifolia	19.03
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia	20.74
Selva alta perennifolia de la vertiente del golfo de la Sierra Madre del Sur	58.59
Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia	77.52
Humedales del Caribe Mexicano	39.20
Planicie con selva mediana y alta subperennifolia	95.30
Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia	82.30
Sierra de los Tuxtlas con selva alta perennifolia	16.19
Humedales de la planicie aluvial del Río Grande de Santiago	8.12
Planicie con selva espinosa	4.64
Planicie y lomeríos con selva mediana subperennifolia del occidente	70.75
Planicie costera y lomeríos con selva alta perennifolia	27.01
Cobertura media	44.96

De las 58 regiones ecológicas con reportes de chile, el 55.2% tenían vegetación natural en menos del 50% de su superficie, el 24.2% en menos del 20% de su área y el 12.1% en menos del 10% (figura 4.5). En las regiones: Valles centrales de Oaxaca con mezquital, selva baja caducifolia y bosque de encino, Humedales del sur del Golfo de México, Selva alta perennifolia de la planicie costera del Golfo y Planicie con selva espinosa, los porcentajes de cobertura natural son críticos.

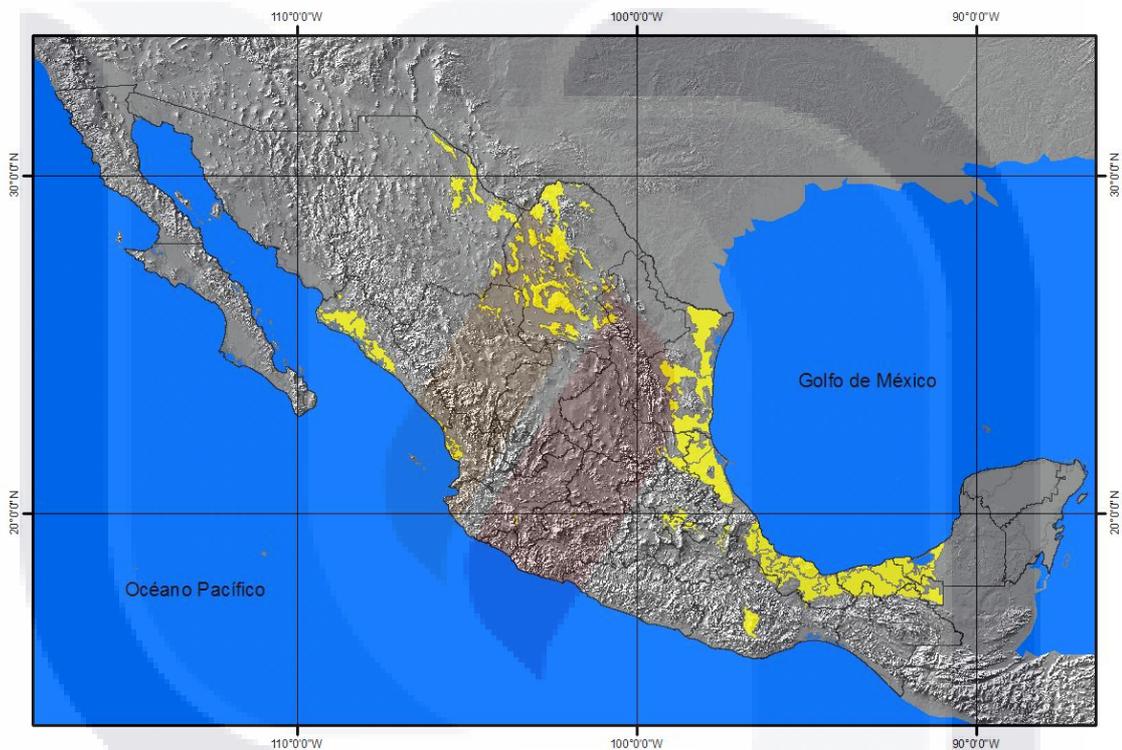


Figura 4.5. Regiones ecológicas en riesgo por cobertura de vegetación natural menor al 20%

Ocho regiones ecológicas (13.8%), presentan tasas de cambio con pérdida de su cobertura natural mayores al 2%. Las regiones: Humedales del sur del Golfo de México, Valles centrales de Oaxaca y Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia del sureste de Xalapa tenían tasas superiores al 4%. Algunas regiones recuperaron su vegetación nativa (cuadro 4.5 y figura 4.6).

Cuadro 4.5. Regiones ecológicas y tasa de cambio en áreas con cobertura natural

Región ecológica IV	Tasa
Planicie costera tamaulipeca con vegetación xerófila o sin vegetación aparente	0.30
Planicie interior tamaulipeca con matorral xerófilo	0.61
Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino	0.18
Desierto central sonorense	-0.04
Planicies aluviales de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte con matorral y mezquital xerófilos	0.30
Sistema de sierras del corredor de la Giganta con vegetación xerófila y subtropical	0.00
Lomeríos y sierras bajas del desierto chihuahuense norte con matorral xerófilo micrófilo-rosetófilo	0.10
Elevaciones mayores del desierto chihuahuense con vegetación xerófila, bosques de coníferas, de encino	0.01
Lomeríos y planicies con matorral xerófilo, pastizal y elevaciones aisladas con bosques de encinos y coque	0.19
Lomeríos y planicies del altiplano con matorral xerófilo y pastizal	0.26
Sierra con bosques de coníferas, encinos y mixtos	0.63
Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos	0.03
Sierra con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental	-0.32
Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción oriental del Sistema Neovolcánico Transversal	0.60
Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos	1.05
Sierra con bosque mesófilo de montaña del Sistema Neovolcánico Transversal	0.20
Sierras del occidente de Jalisco con bosques de coníferas, encinos y mixtos	2.19
Sierras del occidente de Jalisco con bosque mesófilo de montaña	0.66
Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca	1.32
Bosque mesófilo de montaña del norte de Oaxaca	0.56
Bosque mesófilo de montaña de las sierras del sur de Oaxaca	0.10
Sierra Madre Centroamericana con bosques de coníferas, encinos y mixtos	1.56
Bosques de coníferas, encinos y mixtos de los altos de Chiapas	3.94
Bosque mesófilo de montaña de los altos de Chiapas	2.49
Planicie costera con selva baja espinosa	1.34
Selva baja caducifolia y bosque de encino de la Sierra de Dientes de Moreno	0.15
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (de la Sierra de Cucharas)	0.56
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (del sureste de Xalapa)	4.78
Planicie noroccidental con selva baja caducifolia	-0.17
Humedales de Sinaloa	1.27
Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa	-0.14
Lomeríos de la planicie de Sinaloa con selva baja caducifolia	-0.12
Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora	0.12
Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	1.03
Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia	2.19
Depresión de la cañada con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	0.58
Valle de Tehuacán con matorral xerófilo	-2.01
Valles centrales de Oaxaca con mezquital, selva baja caducifolia y bosque de encino	4.90
Planicie costera del Istmo con selva baja espinosa	1.08
Cañon y lomeríos de Tehuantepec con selva baja caducifolia	0.38
Planicie costera y lomeríos del pacífico sur con selva baja caducifolia	1.17
Lomeríos con selva mediana caducifolia del sur de Oaxaca	0.63
Planicie y lomeríos con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	0.17
Sierra con bosques de encino y coníferas	0.01
Humedales del sur del Golfo de México	5.64
Selva alta perennifolia de la planicie costera del golfo	3.61
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana superperennifolia	1.68
Lomeríos del sur de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia	0.64
Selva alta perennifolia de la vertiente del golfo de la Sierra Madre del Sur	0.92
Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia	0.34
Humedales del Caribe Mexicano	0.12
Planicie con selva mediana y alta subperennifolia	0.04
Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia	0.43
Sierra de los Tuxtlas con selva alta perennifolia	1.82
Humedales de la planicie aluvial del Río Grande de Santiago	-3.79
Planicie con selva espinosa	0.03
Planicie y lomeríos con selva mediana subperennifolia del occidente	0.12
Planicie costera y lomeríos con selva alta perennifolia	-0.73
Tasa promedio	0.62

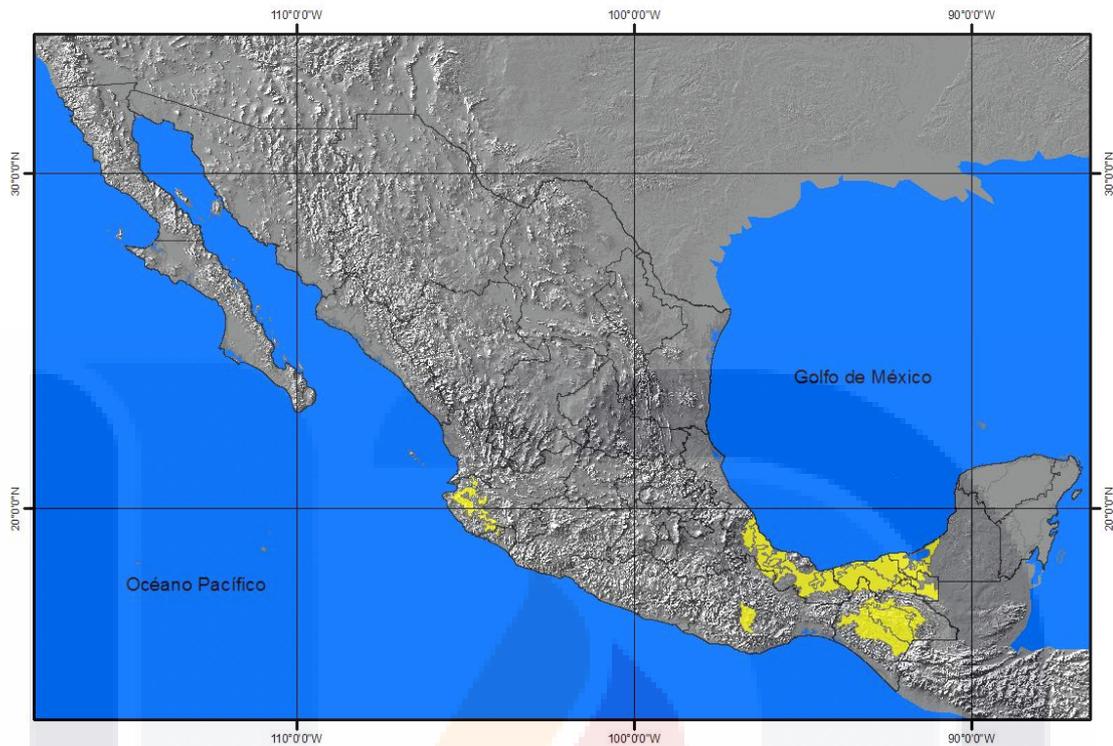


Figura 4.6. Regiones ecológicas con tasas de cambio superiores al 2% a la baja en su cobertura natural

Cuatro regiones ecológicas (6.9%) presentaron cobertura natural menor al 20% y tasas de cambio mayores al 2%, lo que las hace altamente vulnerables en el corto plazo (figura 4.7).

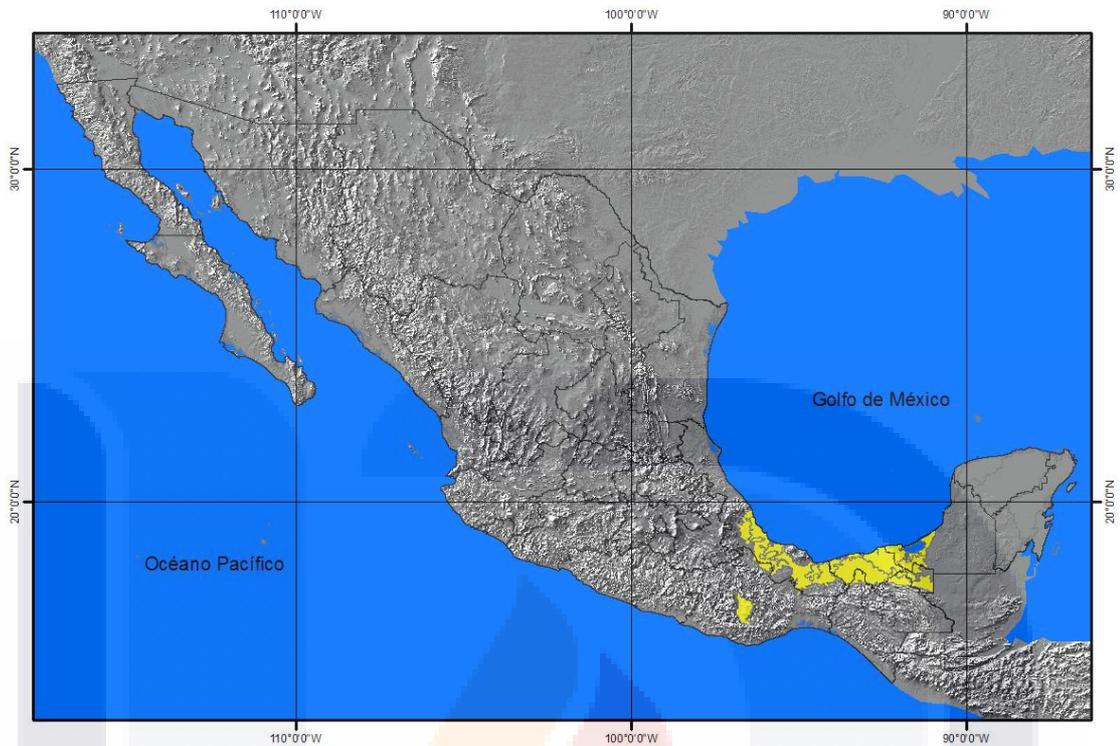


Figura 4.7. Regiones ecológicas con cobertura natural menor al 20% y tasas de cambio superiores al 2% anual

4.4.3.2. Pérdida por tipos de vegetación con reportes de *Capsicum* por región ecológica

Los tipos de vegetación en que se reportó la presencia de *Capsicum* ocuparon en el 2002 el 38.9% de la superficie de las regiones ecológicas con presencia del género. La cobertura promedio de estas condiciones en las regiones fue del 35.8%. La tasa de cambio para el periodo 1993 – 2002 fue de 0.66% por año, ligeramente mayor a la estimada para todos los tipos de vegetación (cuadro 4.6).

Cuadro 4.6. Cobertura de los tipos de vegetación con reportes de *Capsicum* por región ecológica de nivel IV

Región ecológica IV	Serie III %
Planicie interior tamaulipeca con matorral xerófilo	41.47
Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino	46.22
Desierto central sonorense	15.33
Planicies aluviales de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte con matorral y mezquital xerófilos	20.22
Sistema de sierras del corredor de la Giganta con vegetación xerófila y subtropical	87.00
Lomeríos y planicies del altiplano con matorral xerófilo y pastizal	20.24
Sierra con bosques de coníferas, encinos y mixtos	62.43
Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos	45.01
Sierra con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental	26.14
Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción oriental del Sistema Neovolcánico Transversal	17.94
Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos	17.38
Sierras del occidente de Jalisco con bosques de coníferas, encinos y mixtos	26.85
Sierras del occidente de Jalisco con bosque mesófilo de montaña	20.17
Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca	44.43
Bosque mesófilo de montaña del norte de Oaxaca	46.59
Bosque mesófilo de montaña de las sierras del sur de Oaxaca	50.58
Sierra Madre Centroamericana con bosques de coníferas, encinos y mixtos	47.56
Bosques de coníferas, encinos y mixtos de los altos de Chiapas	9.97
Bosque mesófilo de montaña de los altos de Chiapas	23.62
Planicie costera con selva baja espinosa	7.49
Selva baja caducifolia y bosque de encino de la Sierra de Dientes de Moreno	44.20
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (de la Sierra de Cucharas)	41.50
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (del sureste de Xalapa)	14.41
Humedales de Sinaloa	7.22
Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa	1.99
Lomeríos de la planicie de Sinaloa con selva baja caducifolia	70.42
Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora	70.67
Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	47.12
Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia	22.68
Depresión de la cañada con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	57.89
Valle de Tehuacán con matorral xerófilo	13.21
Cañon y lomeríos de Tehuantepec con selva baja caducifolia	70.96
Planicie costera y lomeríos del pacífico sur con selva baja caducifolia	47.43
Lomeríos con selva mediana caducifolia del sur de Oaxaca	23.09
Planicie y lomeríos con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	87.98
Sierra con bosques de encino y coníferas	66.11
Selva alta perennifolia de la planicie costera del golfo	3.49
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana superperennifolia	4.87
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia	19.21
Selva alta perennifolia de la vertiente del golfo de la Sierra Madre del Sur	57.03
Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia	72.67
Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia	56.12
Sierra de los Tuxtlas con selva alta perennifolia	13.18
Planicie y lomeríos con selva mediana subperennifolia del occidente	3.67
Planicie costera y lomeríos con selva alta perennifolia	18.82
Cobertura media	35.83

Del total de las regiones ecológicas, el 55.2% presentaron una cobertura natural menor al 50% de los tipos de vegetación con reportes de *Capsicum* silvestre, el

33.3% tuvo menos del 20% y el 15.5% menos del 10% (figura 4.8); las regiones con las menores coberturas con los tipos de vegetación en que se reportó *Capsicum* fueron: Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa, Selva alta perennifolia de la planicie costera del Golfo y Humedales de la planicie aluvial del Río Grande de Santiago, todas con menos del 4%.

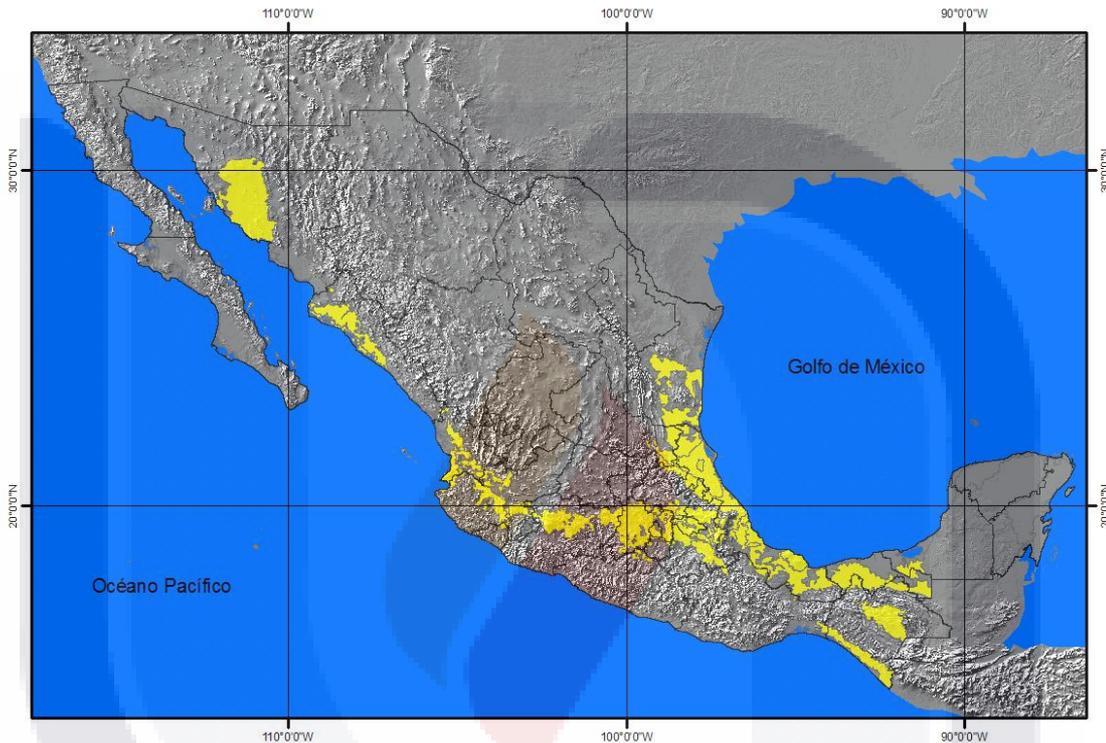


Figura 4.8. Regiones ecológicas con menos del 20% de cobertura natural en los tipos de vegetación en que se ha reportado el género

Nueve regiones ecológicas presentaron tasas de cambio a la baja mayores al 2% en la cobertura natural de los tipos de vegetación con reportes del género (cuadro 4.7 y figura 4.9). Las regiones Lomeríos con selva mediana caducifolia del sur de Oaxaca y Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia del sureste de Xalapa presentaron tasas superiores al 4% anual.

Cuadro 4.7. Tasas de cambio de los tipos de vegetación con reportes de Chile por región ecológica

Región ecológica IV	Tasa
Planicie interior tamaulipeca con matorral xerófilo	0.30
Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino	0.09
Desierto central sonorense	-0.09
Planicies aluviales de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte con matorral y mezquital xerófilos	0.46
Sistema de sierras del corredor de la Giganta con vegetación xerófila y subtropical	0.04
Lomeríos y planicies del altiplano con matorral xerófilo y pastizal	0.10
Sierra con bosques de coníferas, encinos y mixtos	0.27
Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos	0.11
Sierra con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental	0.43
Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción oriental del Sistema Neovolcánico Transversal	0.58
Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos	-0.04
Sierras del occidente de Jalisco con bosques de coníferas, encinos y mixtos	2.53
Sierras del occidente de Jalisco con bosque mesófilo de montaña	0.52
Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca	1.32
Bosque mesófilo de montaña del norte de Oaxaca	0.43
Bosque mesófilo de montaña de las sierras del sur de Oaxaca	-0.10
Sierra Madre Centroamericana con bosques de coníferas, encinos y mixtos	1.58
Bosques de coníferas, encinos y mixtos de los altos de Chiapas	3.68
Bosque mesófilo de montaña de los altos de Chiapas	2.46
Planicie costera con selva baja espinosa	2.52
Selva baja caducifolia y bosque de encino de la Sierra de Dientes de Moreno	-0.05
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (de la Sierra de Cucharas)	0.55
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (del sureste de Xalapa)	4.82
Humedales de Sinaloa	1.28
Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa	-0.74
Lomeríos de la planicie de Sinaloa con selva baja caducifolia	-0.07
Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora	0.08
Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	0.12
Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia	2.58
Depresión de la cañada con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	0.02
Valle de Tehuacán con matorral xerófilo	-5.79
Cañon y lomeríos de Tehuantepec con selva baja caducifolia	-0.05
Planicie costera y lomeríos del pacífico sur con selva baja caducifolia	1.37
Lomeríos con selva mediana caducifolia del sur de Oaxaca	4.02
Planicie y lomeríos con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	0.16
Sierra con bosques de encino y coníferas	0.03
Selva alta perennifolia de la planicie costera del golfo	3.51
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana superennifolia	0.98
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia	0.61
Selva alta perennifolia de la vertiente del golfo de la Sierra Madre del Sur	0.89
Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia	0.29
Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia	2.75
Sierra de los Tuxtlas con selva alta perennifolia	1.87
Planicie y lomeríos con selva mediana subperennifolia del occidente	1.55
Planicie costera y lomeríos con selva alta perennifolia	1.18
Tasa promedio	0.66

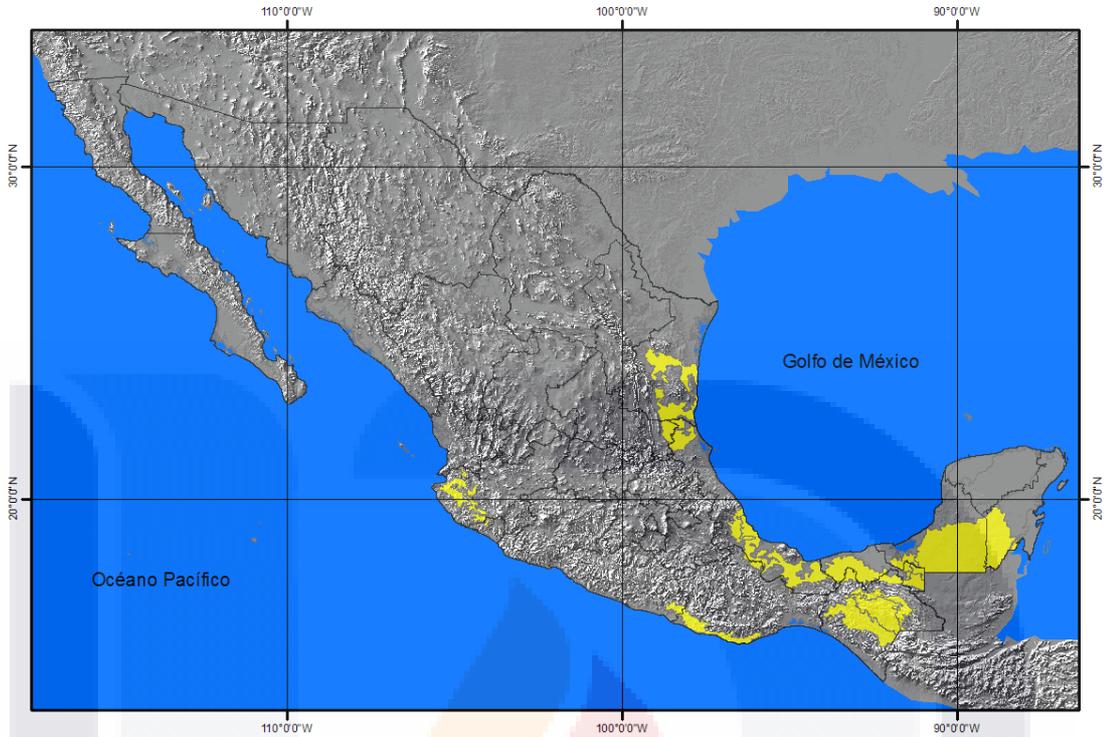


Figura 4.9. Regiones ecológicas con tasas de cambio mayores al 2% en los tipos de vegetación en que se ha reportado la presencia de chiles silvestres

Cuatro regiones ecológicas presentaron coberturas menores al 20% en los tipos de vegetación con reportes de chiles silvestres y tasas de cambio a la baja mayores de 2% (figura 4.10).

Las regiones Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia del sureste de Xalapa y Selva alta perennifolia de la planicie costera del Golfo tienen condiciones de riesgo por cobertura y tasa de cambio tanto a nivel general como en tipo de vegetación (figura 4.11).

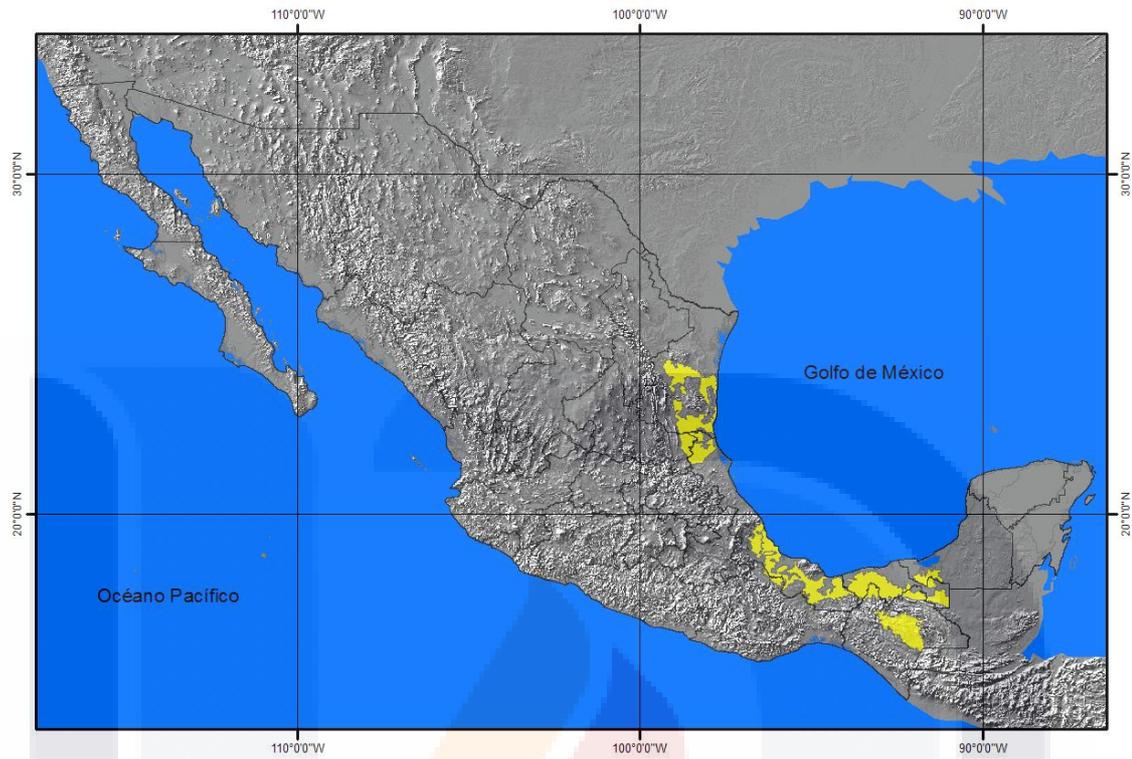


Figura 4.10. Regiones con riesgo para los tipos de vegetación con reportes del género por cobertura y tasa de cambio

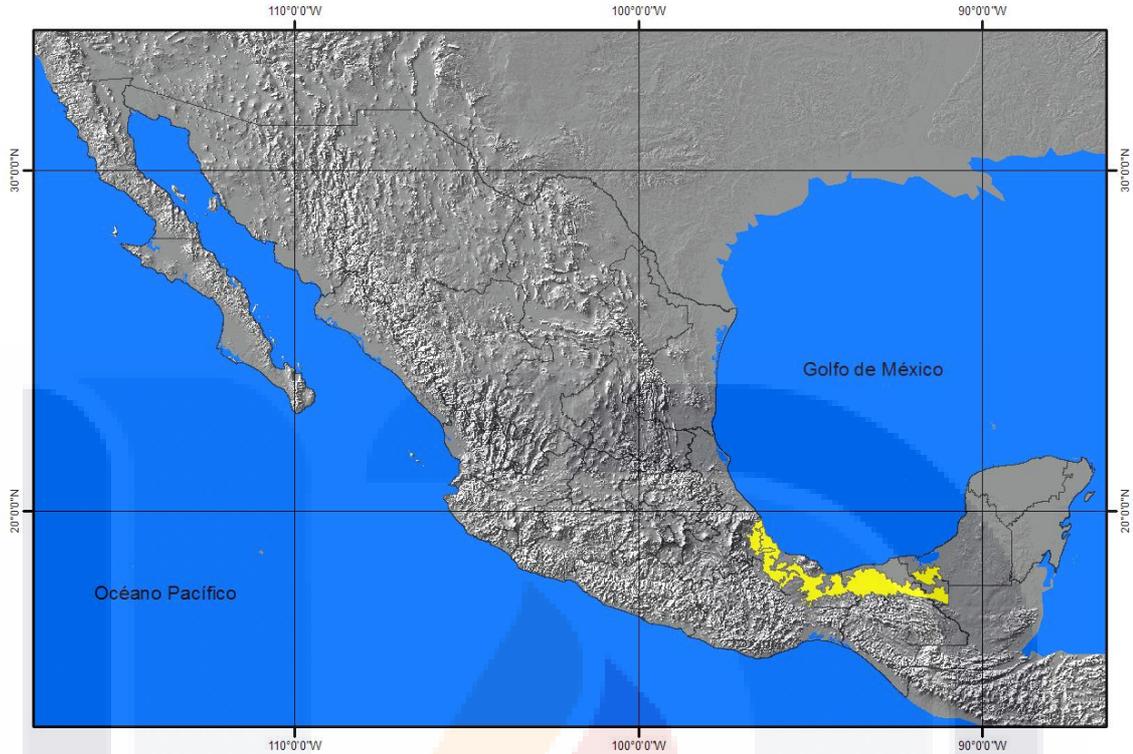


Figura 4.11. Regiones ecológicas con altos riesgos por pérdida de hábitat en cobertura natural total y por tipo de vegetación con reportes del género

4.4.3.3. Riesgos por superficie alterada

Los tipos de vegetación más afectados por los cambios en los patrones de uso del suelo en las regiones ecológicas fueron los bosques de coníferas, encinos y mixtos, con mas de 1.3 millones de hectáreas transformadas en el periodo, así como las selvas bajas caducifolias, las selvas altas perennifolias y el matorral xerófito; estos tipos de vegetación acumularon el 58% de la pérdida. También fueron afectados de manera importante las selvas medianas subperennifolias, las selvas bajas y medianas subcaducifolias y los bosques mesófilos de montaña. Las regiones ecológicas con mayores superficies perdidas de estos tipos de vegetación son, en orden de importancia: Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos; Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca y Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófito,

estas regiones perdieron en el periodo más de 1.5 millones de hectáreas (figura 4.12).

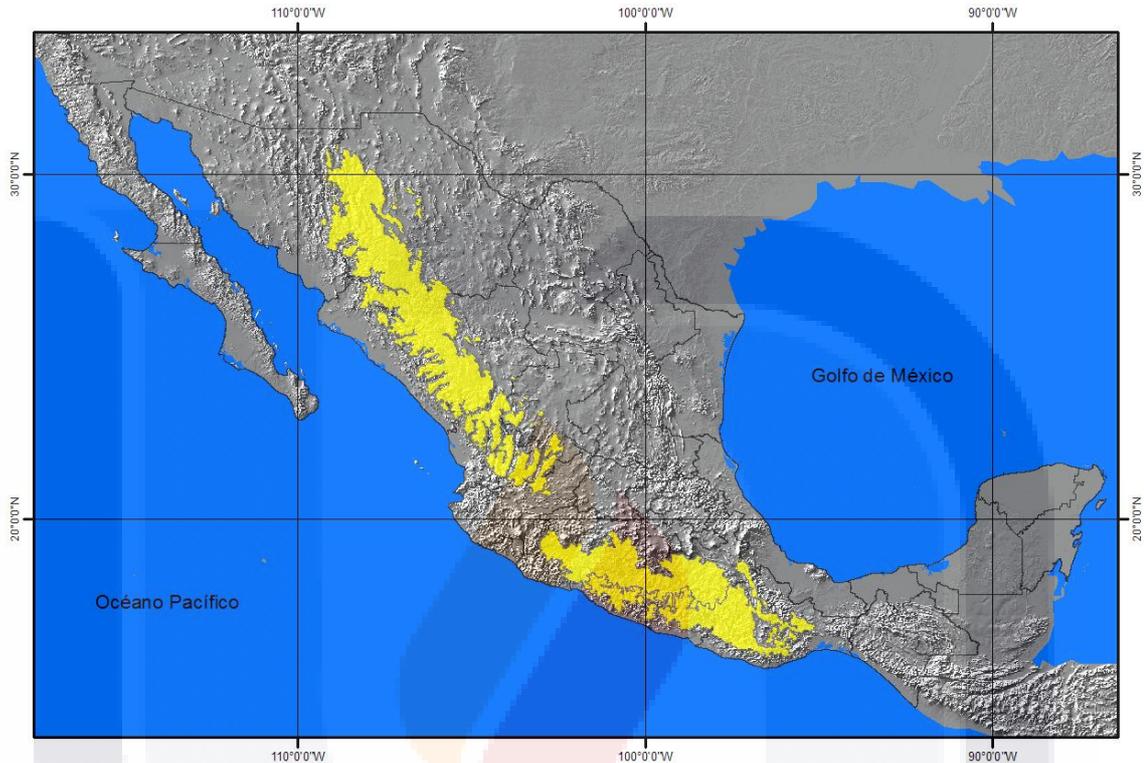


Figura 4.12. Regiones ecológicas con la mayor superficie perdida de su cobertura natural en el periodo

Los cambios estimados son consistentes con lo reportado por otros estudios de nivel nacional, en su trabajo sobre los ecosistemas terrestres de México, Challenger (1998) comenta que los bosques de encino, pino y mixtos han perdido entre el 35 y el 67% de su cobertura original, la estimaciones varían dependiendo de la fuente consultada, en estos tipos de vegetación vive y ha vivido la mayor población del país; es también la zona ecológica más biodiversa de todas (Challenger *Op. cit.*). Para las selvas húmedas el mismo autor estima un desmonte del 90%, sin embargo las cifras varían mucho entre autores, en parte debido a los criterios de definición de las selvas; en un estudio sobre las selvas altas

perennifolias Pérez *et al.* (1993), estimaron una pérdida de la cobertura original de este tipo de vegetación del 70% para 1990, la tendencia general fue la substitución de selvas por pastizales para la ganadería. De las selvas subhúmedas Challenger comenta que estas están siendo transformadas para usos agrícolas a un ritmo mayor al de las otras zonas ecológicas del país.

En un estudio reciente del INEGI (2006) sobre el cambio en el uso del suelo con base en las series II y III de la carta de vegetación y uso del suelo en escala 1: 250 000, se concluye que los tipos de vegetación que más cobertura han perdido con relación a un original hipotético son el matorral espinoso, la selva tropical perennifolia y el bosque mesófilo de montaña (cuadro 4.8). Las selvas bajas ocuparon el 4º lugar, los bosques de encino el 6º y los de coníferas el 9º.

Cuadro 4.8. Cambios en la cobertura natural (tomado de INEGI, 2006)

Tipo	Original	Serie III	Diferencia
Matorral xerófilo	34.37	30.01	-12.68
Selva baja caducifolia	13.10	8.78	-32.97
Bosque de encino	11.49	8.05	-29.94
Bosque de coníferas	11.27	8.69	-22.89
Pastizal	9.67	6.49	-32.88
Selva tropical perennifolia	9.23	4.89	-47.02
Matorral espinoso	3.73	1.01	-72.92
Selva tropical subperennifolia	3.25	2.45	-24.62
Vegetación hidrófila	1.85	1.35	-27.03
Bosque mesófilo	1.60	0.95	-40.63
Otros	0.45	0.24	-46.66
Sin vegetación aparente		0.49	
Agricultura y otros antropogénicos		26.59	

4.4.4. Poblaciones protegidas

Se encontraron 90 reportes de *Capsicum* en 24 áreas naturales protegidas de 22 regiones ecológicas. En el cuadro 4.9 se pueden ver el número y proporción de los sitios de colecta que se encuentran en áreas naturales protegidas. De las 611 colectas con que se hizo el análisis, 90 se encuentran dentro de los límites de alguna área natural protegida, lo que representa el 14.7% del total, lo que en

principio significa que alrededor del 15% de las poblaciones silvestres tienen alguna forma de protección y el 85% se encuentran en áreas sin protección federal (figura 4.13).

Cuadro 4.9. Registros en áreas naturales protegidas

Nombre	Registros
Sierra Gorda	27
Los Tuxtlas	12
Tehuacán- Cuicatlán	10
La Sepultura	5
Huatulco	4
Sierra de Manantlán	4
Chamela-Cuixmala	3
Lagunas de Montebello	3
Sierra Gorda de Guanajuato	3
Sierra La Laguna	3
Barranca de Metztitlán	2
Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	2
CADR 4 DMARTIN, SUBC R Sabinas y Álamos-R Sabinas, La Encantada, Sta. Rosa, Burro	1
CADR 4 DMARTIN, SUBC R Salado y Mimbres-Porción Sierra La Gloria	1
Calakmul	1
Cuenca hidrográfica del río Necaxa	1
Cumbres de Monterrey	1
Dzibilchantun	1
El Triunfo	1
Islas de la Bahía de Chamela	1
Los Mármoles	1
Meseta de Cacaxtla	1
Palenque	1
Río Lagartos	1
Total	90



Figura 4.13. Reportes de *Capsicum* en áreas naturales protegidas

De las 24 áreas naturales protegidas que tienen colectas del género, tres agrupan el 54.4%, Sierra Gorda con 27, Los Tuxtlas 12 y Tehuacán-Cuicatlán 10 (cuadro 4.10), lo que indica entre otras cosas la importancia de estas reservas, el esfuerzo de colecta que se ha dado en ellas, la falta de áreas protegidas y/o mayores superficies protegidas en otras regiones y la falta de estudios y datos en algunas regiones ecológicas del país.

En cuanto a la importancia real de estos sitios a nivel regional, es innegable el papel estratégico que la Sierra Gorda, los Tuxtlas y Tehuacán tienen en la protección de las regiones ecológicas en que se encuentran y en particular de las poblaciones de chile silvestre que en ellas se desarrollan.

Cuadro 4.10. Registros de *Capsicum* silvestre en áreas naturales protegidas

Nombre	Registros
Sierra Gorda	27
Los Tuxtlas	12
Tehuacán- Cuicatlán	10
La Sepultura	5
Huatulco	4
Sierra de Manantlán	4
Chamela-Cuixmala	3
Lagunas de Montebello	3
Sierra Gorda de Guanajuato	3
Sierra La Laguna	3
Barranca de Metztitlán	2
Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	2
CADR 4 DMARTIN, SUBC R Sabinas y Álamos-R Sabinas, La Encantada, Sta. Rosa, Burro	1
CADR 4 DMARTIN, SUBC R Salado y Mimbres-Porción Sierra La Gloria	1
Calakmul	1
Cuenca hidrográfica del río Necaxa	1
Cumbres de Monterrey	1
Dzibilchantun	1
El Triunfo	1
Islas de la Bahía de Chamela	1
Los Mármoles	1
Meseta de Cacaxtla	1
Palenque	1
Río Lagartos	1
Total	90

La falta de áreas protegidas o de mayores superficies protegidas en algunas regiones ecológicas del país es clara cuando se ve el tamaño y localización de estas regiones y la proporción de estas que se encuentra dentro de alguna ANP (anexo 5); 16% de las regiones de nivel IV no cuentan con ANP's y el 39.4% tiene menos del 5% de su área bajo protección federal. Las áreas menos protegidas se encuentran en la zona costera del Pacífico, desde Puerto Peñasco a Nayarit, de Colima a Oaxaca, el centro norte de la península de Yucatán y la zona norte de Veracruz y sur de Tamaulipas. Las regiones ecológicas de estas zonas tienen superficies protegidas muy pequeñas, sin embargo son en las que se tuvieron las colectas más importantes de chiles silvestres en el país. La excepción es la región Bosques de coníferas, encino y mixtos de la Sierra Madre Oriental, que tuvo la mayor colecta y tiene un área protegida del 18%, una casualidad muy favorable para las poblaciones de chile silvestre de la zona. Vale la pena resaltar el caso de

las regiones ecológicas con selvas bajas caducifolias y subcaducifolias que presentan altas tasas de cambio en su cobertura natural (Janzen, 1988), una gran cantidad de reportes de Chile y solamente cuentan con el 3.8% de su superficie decretada como ANP (Koleff y Moreno, 2005), a pesar de ser uno de los ecosistemas más importantes para el desarrollo de especies vegetales domesticadas (Harlam, 2008) y una de las fuentes más importantes de especies de mamíferos endémicos de México (Ceballos y Oliva, 2005).

Cuando se observa en el mapa de las áreas naturales protegidas y los sitios de colecta (figura 4.14.), no es difícil hipotetizar que en algunas regiones como el sur de la península de Yucatán y la zonas costeras del Pacífico desde Chamela a Pochutla y de San Blas a Cabo Corrientes, se tendrán muchos más registros en la medida que avancen los estudios florísticos. De igual forma es de esperar que al progresar y publicarse los listados florísticos faltantes de las áreas naturales protegidas como Sian Ka' an, Lacantún, YumBalam o Vallejo – Ameca, se tengan nuevos registros del género, en sitios que más parecen poco conocidos, que poco aptos para el desarrollo de poblaciones silvestres de *Capsicum*.

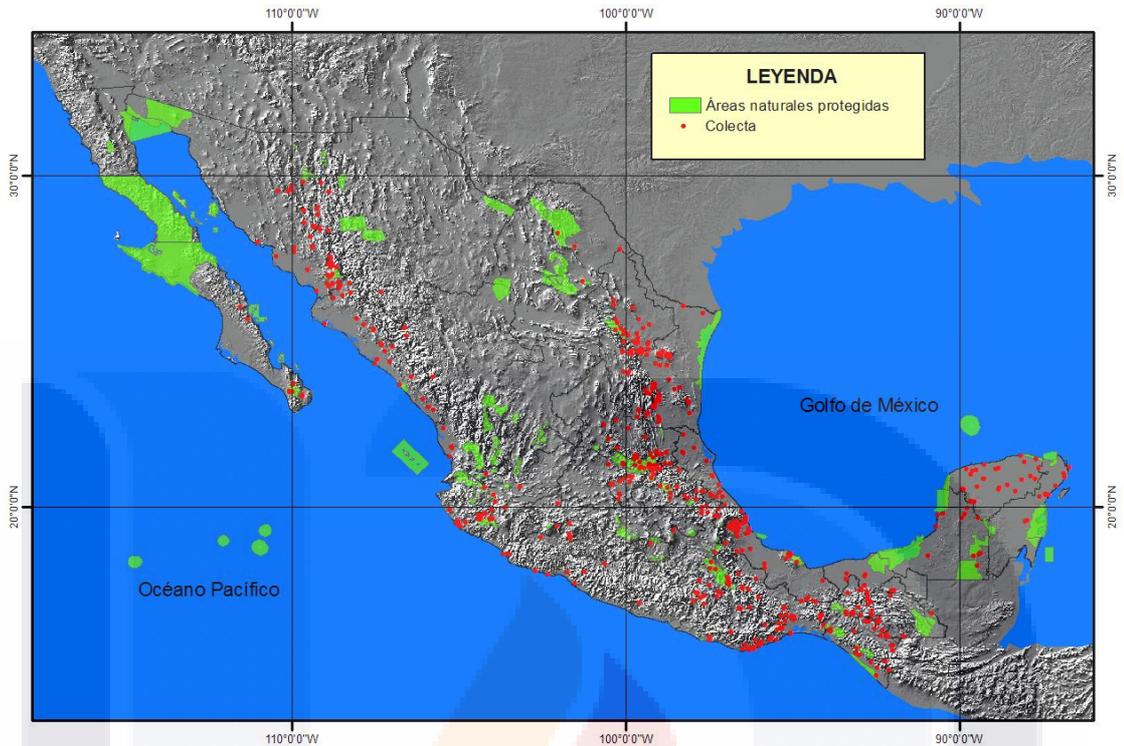


Figura 4.14. Sitios con reportes/colectas y áreas naturales protegidas

El hecho de que alguna población de chile silvestre se encuentre dentro de un área natural protegida no garantiza la ausencia de riesgos. Del total de las áreas con riesgo potencial de contaminación 8 se encuentran dentro de áreas naturales protegidas, dos en Sierra Gorda, dos en la Barranca de Metztitlán en Hidalgo, uno en la cuenca del río Necaxa, uno en la Meseta de Cacaxtla, en Sinaloa, uno en Tehuacán – Cuicatlán y uno en Los Tuxtlas (figura 4.15). Como es de esperarse las áreas naturales protegidas son elementos muy importantes en los programas de conservación pero no son garantía de protección para las poblaciones silvestres que se desarrollan en su interior.

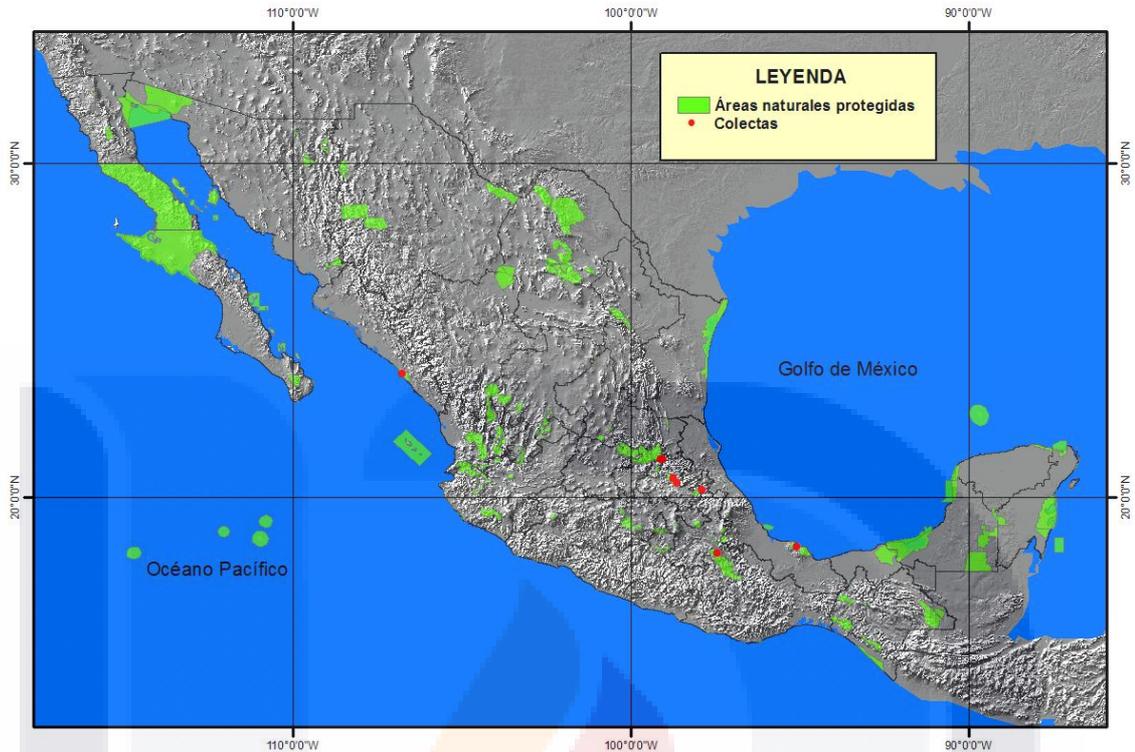


Figura 4.15. Riesgo de contaminación genética en áreas naturales protegidas

De acuerdo con los análisis de ADN realizados por Kraig Kraft, colaborador del proyecto y candidato al doctorado por la Universidad de California - Davis, las poblaciones silvestres de chile en México se agrupan en tres grandes conjuntos con características genéticas similares y diferentes entre sí, las poblaciones del noreste, las de la costa del Pacífico de Jalisco a Sonora y las demás, que parecen agrupar una amplia gama de chiles semidomesticados en zonas más cálidas y húmedas. Con el sistema actual de áreas naturales protegidas, las poblaciones que parecen encontrarse en el extremo silvestre del gradiente silvestre - semidomesticado – domesticado, del noreste y Pacífico se encuentran más desprotegidas que las del sur, particularmente las ligadas a selvas bajas caducifolias y espinosas.

4.5. CONCLUSIONES

- El sistema de información desarrollado en la primera parte del proyecto fue ampliado para integrar datos de áreas cultivadas con chile en el 2008, cartografía de áreas agrícolas de temporal y riego, cartografía de uso del suelo y vegetación serie II, datos de verificación de campo de áreas agrícolas y el mapa de las áreas naturales protegidas del país. Se actualizaron los modelos conceptual y lógico del sistema de información.
- Se determinaron y cartografiaron 94 sitios con riesgo potencial de contaminación genética por cercanía en 19 estados de la República. Veracruz, Nuevo León y Puebla presentan el mayor número de sitios de riesgo. Estos sitios se encuentran en 29 regiones ecológicas de nivel 4 y en ocho áreas naturales protegidas del país.
- En el 2002, 58 regiones ecológicas de nivel IV presentaron reportes del género *Capsicum*, en éstas, el 52% de su superficie tenía cubierta de vegetación natural apta para el desarrollo de chiles silvestres. La tasa promedio de cambio en estas regiones en el periodo 1993 – 2002 fue de 0.62% por año a la baja.
- El 24.2% de las regiones ecológicas presentaron riesgo por tener menos del 20% de su superficie con cobertura natural. Se determinaron 8 regiones ecológicas en riesgo por presentar una tasa de desmonte mayor al 2% anual. 4 regiones ecológicas tienen cobertura natural menor al 20% y tasas de cambio superiores al 2%, lo que las hace las más vulnerables.
- Los tipos de vegetación en que se reportó la presencia de *Capsicum* ocuparon en el 2002 el 38.9% de la superficie de las regiones ecológicas con presencia del género. La cobertura promedio de estas condiciones en las regiones fue del 35.8%. La tasa de cambio para el periodo 1993 – 2002 fue de 0.66% por año.
- 33.3% de la regiones ecológicas con los tipos de vegetación en que se reporto el género, presentaron coberturas naturales menores al 20%.

Nueve regiones ecológicas presentaron tasas de cambio a la baja mayores al 2% en los tipos de vegetación en que se ha registrado la presencia de *Capsicum* silvestre. Cuatro regiones ecológicas tienen coberturas menores al 20% y tasas de desmonte mayores al 2%, lo que las coloca en una situación muy vulnerable.

- Las regiones Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia del sureste de Xalapa y Selva alta perennifolia de la planicie costera del Golfo tienen condiciones de riesgo por cobertura y tasa de cambio tanto a nivel general como en los tipos de vegetación en que se reportó *Capsicum*.
- Los tipos de vegetación más afectados en superficie por los cambios en los patrones de uso del suelo en las regiones ecológicas fueron los bosques de coníferas, encinos y mixtos, con más de 1.3 millones de hectáreas transformadas en el periodo, así como las selvas bajas caducifolias, las selvas altas perennifolias y el matorral xerófito; estos tipos de vegetación acumularon el 58% de la pérdida. También fueron afectados de manera importante las selvas medianas subperennifolias, las selvas bajas y medianas subcaducifolias y los bosques mesófilos de montaña.
- Las regiones ecológicas con mayores superficies perdidas de estos tipos de vegetación son las Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos; Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca y Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófito, estas regiones perdieron en el periodo más de 1.5 millones de hectáreas.
- Se encontraron 90 reportes de *Capsicum* en 24 áreas naturales protegidas en 22 regiones ecológicas, lo que en principio significa que alrededor del 15% de las poblaciones silvestres tienen alguna forma de protección federal.
- Las áreas menos protegidas se encuentran en la zona costera del Pacífico, desde Puerto Peñasco a Nayarit y de Colima a Oaxaca, el centro norte de la península de Yucatán y la zona norte de Veracruz y sur de Tamaulipas. Las regiones ecológicas de estas zonas tienen superficies protegidas muy

pequeñas y tienen el mayor número de colectas de chiles silvestres en el país.

- Con el sistema actual de áreas naturales protegidas, las poblaciones que parecen encontrarse en el extremo silvestre del gradiente silvestre - semidomesticado – domesticado, del noreste y la costa del Pacífico se encuentran más desprotegidas que las del sur, particularmente las ligadas a selvas bajas caducifolias y espinosas.



5. LITERATURA CITADA

Altieri, M. A. 1992. El Rol Ecológico de la Biodiversidad en Agroecosistemas. UC Berkeley – CLADES. Tomado de: Agroecología y Desarrollo. *Revista de CLADES*, número especial 4 diciembre 1992.

Arthur, D. 2004. *Designing Geodatabases*, ESRI Press.

Baltazar, M. B. 1997. Diversidad genética del cultivo del chile (*Capsicum spp*) determinada por isoenzimas y RFLP's tipos: serrano, jalapeño, manzano y silvestres en su área de distribución. Informe final del Proyecto GO-26. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Mex.

Baral, J. B., and Bosland, P. W. 2002. *Genetic diversity of a Capsicum germplasm collections from Nepal as determined by randomly amplified polymorphic DNA markers*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127: 316-324.

Baral, J. B., and Bosland, P W. 2004. Unraveling the species dilemma in *Capsicum frutescens* and *C. chinense* (Solanaceae): A multiple evidence approach using morphology, molecular analysis, and sexual compatibility. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129:826-832.

Beckett, P. H. T., and Webster, R. 1965a. *A Classification System for Terrain*, Rep. No. 872 (Military Engineering Experimental Establishment, Christchurch, 1965).

Beckett, P. H. T., and Webster, R. 1965b. *Field Trials of a Terrain Classification System: Organisation and Methods*, Rep. No. 873 (Military Engineering Experimental Establishment, Christchurch, 1965).

Beckett, P. H. T. y Webster, R. 1969. A review of studies of terrain evaluation by the Oxford-MEXE Cambridge Group, 1960-1969. Christchurch, MEXE, Reporte 1123.

Beckett, P.H.T., and Webster, R. 1971. *The development of a system of terrain evaluation over large areas*. R. Eng. J. 85, 243–258.

Benites, H. y E. Loa. 1996. *Regiones Prioritarias para la Conservación en México*. Biodiversitas num. 9: 7-10. Tomado de la red mundial el 12-01-09: <http://www.conabio.gob.mx/otros/biodiversitas/doctos/pdf/biodiv9.pdf>

Bertrand, G. 1968. *Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique*, Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest, t. 39 fas. 3, pp. 249-271.

Bertrand, G. 1969. *Ecologie de l'espace géographique. Recherche pour une science de paysage*. C. R. Soc. Biogéographie, t. 406, pp. 195-205.

Bertrand, G. 1972a. *La science du paysage, une science diagonale*. Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest, t. 43, fas. 2, pp. 127-133.

Bertrand, G. 1972b. *Les structures naturelles de l'espace géographique. Exemple des Montagnes Cantabriques*. Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest, t. 43, fas. 2, pp. 175-206.

Bertrand, G. 1978. *Le paysage entre la Nature et la société*. Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest. 49 (2). Toulouse, pp. 239-258.

Bertrand, G. & G. Bertrand, (1992): La Géographie et les sciences de la nature. en Baily, A.; Ferras, R. & Pumain, D. -Eds.-: *Encyclopédie de Géographie*. Paris. Economica. pp. 109-127

Bosland, P. W. and Votava, E. J. 2000. Peppers: vegetable and spice capsicums. Crop production science in horticulture No. 12, CABI Publishing.

Bowmann, I. 1911. *Forest Physiography*. New York, NY: John Wiley and Sons.

Bolós, M. 1975. "Paisaje y ciencia geográfica" en *Estudios Geográficos*, 36 (138-139). Madrid. pp. 93-105.

Bolós, M. 1981. "Problemática actual de los estudios de paisaje integrado" en *Revista de Geografía*, 15 (1-2). Barcelona. pp. 45-68.

Campbell, J. 1996. *Introduction to remote sensing 2^a edition*. Guilford Press. New York, 4 pp.

[Caribbean Journal of Science](#). Publicación Especial No. 3 ©José A. Mari Mutt, 1998-2004.

Casas, A., A. Otero, E. Pérez y A. Valiente. 2007. In situ Management and Domestication of Plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100: 1101-1115. Oxford Journals

CCA. 1997. Regiones ecológicas de América del Norte, hacia una perspectiva común. Canadá.

Ceballos, G. G. Oliva (coordinadores). 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO/ Fondo de Cultura Económica. México.

CETENAL. 1976. La información CETENAL en la zonificación agropecuaria y forestal con fines de un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. México.

Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres en México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO, Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S. C. México.

Chan-Gi, K., Woong, P., Bumkyu, L., Dae, I. K., Ji-Young, P., Hyo-Jeong, K., Ji, E. P., Joo, H. A., Kang-Hyun C., Soon-Chun, J., Kyung H. C., Chee, H. H., and Hwan M. K. 2009. Gene flow from genetically modified to conventional chili pepper (*Capsicum annuum L.*). *Plant Science*. Volume 176, Issue 3, March 2009, pages 406-412. Elsevier Ireland Ltd All.

Christian, C. S., y A. Stewart. 1968. Methodology of Integrated Surveys. En: *Aerial Surveys and Integrated Studies*. UNESCO. Francia. pp: 238-244.

CICC. 2006. *Hacia una estrategia nacional de acción climática*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, SEMARNAT. México.

CONABIO. 2008. Análisis de riesgo a la biodiversidad por organismos vivos modificados (OVM). Tomado de la red mundial el: 21-08-2008: <http://www.conabio.gob.mx/conocimientos/bioseguridad/doctos/analisis.html>

CONABIO. 2009. <http://www.conabio.gob.mx>

CONANP. 2008. <http://www.conanp.gob.mx/> que hacemos, mapa de las áreas protegidas.

CONANP. 2008. <http://www.conanp.gob.mx/> que hacemos, que son las áreas protegidas

Convenio Europeo del Paisaje. 2000. Florence, 20/X/2000. European Treaty Series - No. 176/ en: <http://conventions.coe.int>

Damania, A. B., J. Valkoun, G. Willcox and C. O. Qualset. 1997. *The Origins of Agriculture and Crop Domestication*. ICARDA, IPGRI, FAO and UC/GRCP.

De la Blache, V. 1908. De l'interprétation géographique des paysages. Neuvième Congrès International de Géographie Compte rendu des travaux du Congrès, Genève. Société générale d'imprimerie (18), 1911, pp. 59-64.

De la Blache, V. 1913. Des caractères distinctifs de la géographie" in revue Annales de Géographie, tome 22, no. 124, pages 289-299. Paris: Armand Colin, Éditeur.

Diamond, J. 2006. *Collapse*. Penguin Books. USA.

Domínguez, Erika. 1999. *El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Biodiversitas num. 27: 9-11. Tomado de la red mundial el 12-01-09: <http://www.conabio.gob.mx/otros/biodiversitas/doctos/pdf/biodiv27.pdf>

Douglas, J. L., J. J. Tewksbury, M. L. Cipollini and T. A. Carlo. 2006. *A field test of the directed deterrence hipótesis in two species of wild chili*. Springer-Verlag.

Elith, J., Graham, H., Anderson, P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, J., Huettmann, F., Leathwick, R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, G., Loiselle, A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, McC., Townsend, P., Phillips, J., Richardson, K., Scachetti, P., Schapire, E., Soberón J., Williams, S., Wisz, S., and Zimmermann, E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.

Ellstrand, N., H. Prentice and J. Hancock. 1999. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1999. 30:539-563. University of California – Davis.

Environment Canada. 1982. Land/wildlife integration. Ecological Land Classification Series nº 11. Canada.

Eshbaugh, W. H., 1975. Genetic and biochemical systematic studies of chilli peppers (*Capsicum-Solanaceae*). Bull Torrey Bot Club 102: 396–403.

Eshbaugh, W. H. 1980. *The taxonomy of the Genus Capsicum (Solonaceae)*. Phytologia 47: 153-166.

Eshbaugh, W. H. 1993. History and exploitation of a serendipitous new crop discovery. p. 132-139. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/v2-132.html>

ESRI, Inc. 1995. Understanding GIS, The ARC/INFO Method. ESRI. USA.

ESRI. 2008. <http://www.esri-es.com> que es un sig. Tomado de la red mundial el: diciembre de 2008.

FAO. 1989. Recursos fitogenéticos. Su conservación *in situ* para el uso humano. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 38 p.

Fennerman, N. M. 1938. *Physiography of the eastern United States*. New York: McGraw-Hill. 714 p.

Futuyma, D. J. 1998. Evolutionary Biology. Sunderland: Sinauer. 3rd ed.

Gepts, P. 2006. Plant Genetic Resources Conservation and Utilization: The Accomplishments and Feature of a Societal Insurance Policy. September 2006.

Gepts, P. 2008. *Tropical Environments, Biodiversity and the Origin of Crops*. En: P.H. Moore, R. Ming (eds.) *Genomics of Tropical Crop Plants*. Springer.

Gore, A. 1992. *Earth in the Balance, Ecology and the Human Spirit*. Houghton Mifflin Company. USA.

Graham, H. C., and Hijmans R. J. 2006. A comparison of methods for zapping species ranges and species richness. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 578-587.

Greene, S. L., T. C. Hart, and A. Afonin. 1999. Using Geographic Information to Acquire Wild Crop Germplasm for Ex Situ Collections: II. Post-Collection Analysis. *Crop Sci.* 39:843–849.

Harlan, J. 1976. *Crops and Man*. American Society of Agronomy, Inc. USA.

Heiser, C. B., y P.G. Smith, 1953. The cultivated *Capsicum* peppers. *Economic Botany*.

Heiser, C. B. 1995. Peppers *Capsicum* (Solanaceae), p. 449-451, In J. Smartt and N. W. Simmonds, eds. *Evolution of crop plants*, 2nd ed. Longman, London.

Hernández, V. S., R. G. Guevara-González, R. F Rivera-Bustamante, C. Vázquez-Yanes, K. Oyama. 1998. Los parientes silvestres del chile (*Capsicum spp*) como recursos genéticos. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 62:71-181.

Hernández, V. S., A. P. Dávila, y K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 64: 65-84.

Hernández, V. S., R. G. Guevara-González, R. F. Rivera-Bustamante, and K. Oyama. 2001. Screening wild plants of *Capsicum annuum* for resistance to pepper huasteco virus (PHV): Presence of viral DNA and differentiation among populations. *Euphytica* 122: 31–36, 2001.

Hernández, V. S. R., Luna-Reyes and K. Oyama. 2001. Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from Mexico. *Plant Systematics and Evolution* 226: 129-142.

Hernández, V. S., K. Oyama and C. Vázquez-Yanes. 2001. *Differentiation in seed germination among populations of Capsicum annuum along latitudinal gradient in Mexico*. Kluwer Academic Publishers.

Hernández, V. S., A. González-Rodríguez, P. Sánchez-Peña, A. Casas, y K. Oyama. 2006. Estructura y diferenciación genética de poblaciones silvestres y domesticadas de chile del Noroeste de México analizada con isoenzimas y RAPD's. *Rev. Fitotec. Mex.* 29 (Num. Especial 2):25-29.

Howard, J. A. y C. W. Mitchell, 1980. *Phytogeomorphic Classification of Landscape*. Pergamon Press. LTD Geoforum, Vol. II pp.85-106. Gran Bretaña.

IBPGR. 1983. *Genetic resources of Capsicum*. Internacional Board for Plant Genetic Resources. AGPG/IBPGR/82/12. Rome, Italy. 49 p.

INEGI. 1994. *Carta de uso del suelo y vegetación en escala 1: 250 000, serie III*. México.

INEGI. 2000. *Marco geoestadístico estatal*. México.

INEGI. 2008. <http://www.inegi.gob.mx>, [Información Geográfica](#)>[Normatividad](#) > [Metadatos de datos geográficos](#) >Herramientas para metadatos, consulta 2008

INEGI. 2006. Land Cover Changes in México, primary vegetation and series III of land uses and vegetation. North American Land Cover Summit 2006; Association of American Geographers (AAC); Washington, D.C., USA.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. WMO/UNEP.

Tomado de la red mundial el 12-01-09:

http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_SPM.pdf

IPGRI. 1995. *Descriptores para Capsicum*. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 69 p.

Janzen, H. D. 1988. *Tropical Dry Forests*. Biodiversity. E. O. Wilson. National Academy Press. Washington, D.C.

Jarvis, A., K. Williams, D. Williams, L. Guarino, P. J. Caballero and G. Mottram. 2005. *Use of GIS for optimizing a collecting mission for a rare wild pepper (Capsicum flexuosum Sendtn) in Paraguay*. Resources and Crop Evolution 52: 671–682.

Jenczewski, E., J. Ronfort and A. Chèvre. 2003. *Crop-to-wild gene flow, introgression and possible fitness effects of transgenes*. Environ Biosafety Res. 2:9-24. ISBR, EDP Sciences. Tomado de la red mundial el 13-01-09:

http://www.ebrjournal.org/index.php?doi=10.1051%2Ffebr%3A2003001&option=com_article&access=doi&edpsname=&lang=en

Jones, P. G. 1991. The CIAT Climate Database. Version 3.41 Machine Readable Data Set. CIAT, Cali, Colombia.

Jones, P. G., and A. Gladkov. 2001. FloraMap. A computer tool for predicting the distribution of plants and other organisms in the wild. CD-ROM + Guide, 104 pp. Version 1.01. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia.

Koleff, P., y E. Moreno. 2005. *Áreas protegidas de México: Regionalización y representación de la riqueza*, Llorente J. y J. Morrone (ed.). En: Regionalización biogeográfica y tópicos afines. Primeras Jornadas Biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática. CYTED, UNAM y CONABIO.

Laborde, J., y O. Pozo C. (Comp.). 1982. *Presente y pasado del chile en México*. Publicación especial No. 85. INIA. México. 80 p.

Loaiza, F., K. Ritland, J. A. Laborde and S. D. Tanksley. 1989. Patterns of genetic variation of the genus *Capsicum* (Solanaceae) in Mexico. *Plant Systematics and Evolution* 165, 159-188. Springer-Verlag.

Long, S. J. 1998. *Capsicum y cultura. La historia del chilli*. Fondo de cultura económica. México.

López, P., y F. Castro. 2006. La diversidad de los chiles (*Capsicum* spp., Solanaceae) de Oaxaca.

Luna, R. J. 1991. *The Role of Cytogenetics in Plant Breeding*. Department of Plant Sciences. University of Arizona. USA.

Luna, R. J., M. Pérez, J. Martínez, K. Kraft, P. Gepts, J. Sosa y A. Peralta. 2007. *Biogeografía de las poblaciones de chile silvestre (*Capsicum annuum* var *glabriusculum*) en México: aplicaciones, amenazas y oportunidades para su conservación*. Cuarta convención mundial del chile (*Capsicum* spp.), Santiago de Querétaro, Qro., México.

Luna R. J., K. Kraft, Pérez, M., Martínez, J., Gepts, P., Meraz, J., y Villalón, H. 2008. *Análisis de la distribución geográfica potencial del chile silvestre (Capsicum annuum var glabriusculum) en México*. VI Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas, México.

Luna, R. J., B. Gabor, and B. Raya. 2009 Screening Wild and Domesticated Chile-Pepper Accessions (*Capsicum spp*) From The USA-NPGS against *Phytophthora capsici*. Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología 2009 (Aceptado).

Lynch, T. (ed). 1980. *Guitarrero cave: early man in the Andes*. Academic Press, New York. En: Harlan, J., 1976. *Crops and Man*. American Society of Agronomy, Inc. USA.

MacNeish, R. S. 1964. Ancient Mesoamerican civilization. *Science* 143:531-537.

MacNeish, R. S. 1967. A summary of subsistence. En: Byers D. Ed. *The prehistory of the Tehuacán Valley*. Vol. 1 University of Texas, Austin, pp. 3-13.

Martínez, A. J. 1993. *La valoración económica y la valoración socio-ecológica de la biodiversidad agrícola y silvestre*. Conferencia Internacional sobre Biodiversidad en Iberoamérica, CIELAT, Univ. de los Andes. Mérida, (Venezuela).

Martínez, E. O. y J. Morelo. 1977. El medio físico y las unidades fisionómico-florísticas del Bolsón de Mapimí. Instituto de Ecología-MAB. México.

Medina, M., T., Rodríguez del Bosque, L.A. Villalón Mendoza, H. Pozo Campodónico, O. Ramírez Meraz, M. López de León, R. Lara Villalón, M. Gaona García, G. Cardona Estrada, A. y Mora Olivo A. 2006. El Chile Piquín *Capsicum annuum* L. var. *Aviculare* en el noreste de México. *Aspectos ecológicos y socioeconómicos*. [En línea] TUREvista Digi.U@T Julio-Septiembre 2006. Vol 1, Núm. 1 [consulta 7-feb-2008] www.turevista.uat.edu.mx

Montes, H. S. 2002. *Genetic Resources of Chile (Capsicum spp.) in Mexico*. Proceedings of the 16th Internacional Pepper Conference. Tampico, Tamaulipas, México.

Montes, H. S., Ramírez, M. M., Villalón, M. H., Medina, M. T., Morales, C. A., Heredia, G. E., Soto, R. M., López, L. R., Cardona, E. A., y Martínez, T. L. 2006. *Conservación y aprovechamiento sostenible de chile silvestre (Capsicum sp, Solanaceae) en México*.

Muñoz, F., I., y Pinto-Cortez, B. 1966. Taxonomy and geographical distribution of the peppers grown in Mexico. - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Caribbean Region 10:131-147.

Muñoz, L. E., Hernández, B. J., y Colín, L. J. 2004. Georreferenciación de las localidades de las localidades de colectas biológicas. Biodiversitas num 54: 8-15.
<http://www.conabio.gob.mx/otros/biodiversitas/doctos/pdf/biodiv54.pdf>

Nabham, G. 2009. Where our food comes from. Shearwater Books. USA.

Nee, M. 1986. Solanaceae I. En A. Gómez-Pompa, N. P. Moreno, L. I. Nevling Jr., M. Nee, V. Sosa, B. Ludlow-Wiechers y L. C. Rodriguez (eds.). *Flora de Veracruz*. Fascículo 49. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México.

NPGS/GRIN, 2009. The Germplasm Resources Information Network's (GRIN). National Plant Germplasm System (NPGS). <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?102342>

Papa, R., y P. Gepts. 2004. Gene Flow Between Crops and Their Wild Progenitors. *Encyclopedia of Plant and Crop Science*. Marcel Dekker, Inc., pp. 488-491.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Pérez Mario, R. Palma, A. Bayona. 1993. *Evolución demográfica y selvas altas: el caso de los Tuxtlas, Veracruz*. Simposio-Taller de Conservación de Aves Migratorias Neotropicales en México. UNAM, U. Maine, USFWS/USNBS. México.

Perramond, E. 2005. The Politics of Ecology: Local Knowledge and Wild Chili Collection in Sonora, Mexico *Journal of Latin American Geography* 4(1)59-75

Peters D. 2008. *Building GIS system architecture design strategies for managers*, ESRI Press.

Phillips, S. J., Anderson, P. R. and Schapire E. R. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling* 190 (2006) 231-259. Elsevier B.V.

Pickersgill, B. 1969. *The domestication of chili Peppers*. En: P.J. Ucko and G.W. Dimbley. (Eds.). *The domestication and exploration of plants and animals*. Duckworth. London. UK. P.p. 443 – 450.

Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (Genus *Capsicum*). *Evolution* 25(4): 683-691.

Pickersgill, B., Heiser C.B. y McNeill J. 1979. Numerical taxonomy studies on variation and domestication in some species of *Capsicum*. En: Hawkes J.G., Lester R.N. y Skelding A.D. Edrs. *The biology and taxonomy of Solanaceae*. Linnean Society Symposium Series, no. 7. Academic Press, New York, pp. 679-700.

Pickersgill, B. 1984. Migrations of chilli peppers, *Capsicum spp* in the Americas. En Stone D. Ed. *Oaoers of Peabody Museum of Archeology* . vol 76. Harvard University Press pp 105-123.

Pickersgill, B., 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum spp.* 96(1) 129-133.

Prince, J. P., F. Loaiza-Figueroa, and S. D. Tanksley. 1992. Restriction-fragment-length-polymorphism and genetic distance among Mexican accessions of *Capsicum*. *Genome* 35:726-732.

Pozo, C., S. Montes H. y E. Redondo J. 1991. *Chile (Capsicum spp.)*. En: Ortega P. R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (Eds.). *Avances en el estudio de los recursos filogenéticos en México*. SOMEFI. Chapingo, Mex. Pp. 217 – 238.

Quiñones, H. 1981. El sistema fisiográfico de la Dirección General de Geografía. SPP. México.

Raw, A. 2000. *Foraging Behaviour of Wild Bees at Hot Pepper Flowers (Capsicum annum) and its Possible Influence on Cross Pollination*. *Ann Bot* 2000 85:487492;doi:10.1006/anbo.1999.1090. Tomado de la red mundial el 12-01-09: <http://aob.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/85/4/487>

Redondo, J. E. 1979. *Búsqueda de genotipos de chile resistentes al hongo Phytophthora capsici Leonian*. *Proc. Tropical Región A.S.H.S.* 23: 220 – 224.

Rémy, S., A. Peltier, M. Hufford, E. Oudin, J. Saulnier, L. Paul, J. Knudsen, H. Herren and P. Gepts. 2008. Long-distance pollen flow assessment through evaluation of pollinator foraging range suggests transgene escape distances. *PNAS* vol. 105 no. 36: 13456-13461. <http://www.pnas.org/content/105/36/13456>

Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa, México.

Rodríguez del Bosque, L. A. 2003. *1^{er} Simposio Regional de Chile Piquín: Avances de Investigación en Tecnología de Producción y Uso Racional del Recurso Silvestre*. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Publicación Especial Núm. 26. SAGARPA, México. 45 p.

SAGARPA. 2007. www.sagarpa.gob.mx/agricultura/info/sp/chile/prn_chile.pdf

Sánchez, G. J. and Ruiz, C. J. 1979. Teosinte Distribution in Mexico. *In: Gene Flow Among Maize Landraces, Improved Maize Varieties, and Teosinte: Implications for Transgenic Maize. Proceedings of a Forum; El Batán, Tex. (Mexico); 21-25 Sep 1995*. Serratos, J.A.; Willcox, M.; Castillo González, F. (eds.). México, D.F. CIMMYT, 1997.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1982. *Presente y pasado del chile en México*. México, D. F.

SIAP, 2008. <http://www.siap.gob.mx/> agricultura, chile, resumen nacional de producción agrícola.

Smith, P. S. and C. B. Heiser Jr. 1951. Taxonomic and genetic studies on the cultivated peppers, *Capsicum annuum* L. and *C. frutescens* L. *Amer. Journal of Botany* 38(5):362-368.

Soberón, J., J. Golubov, and J. Sarukhán. 2001. The importance of *Opuntia* in Mexico and routes of invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist* 84:486-492.

Soberón, J. 2002. *El Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad*. *Biodiversitas* num. 44: 2-16. Tomado de la red mundial el 13-01-09: <http://www.conabio.gob.mx/otros/biodiversitas/doctos/pdf/biodiv44.pdf>

Solontsev, N. A. 1948. Die natürliche geographische Landschaft un einige ihrer Gesetzmässigkeiten (en ruso). *Proceedings II. All. Union Geogr. Conference*. Moscow.

Tewksbury, J. J., G. P. Nabhan, D. Norman, H. Suzan, J. Tuxill and J. Donovan. 1999. *In situ conservation of wild chiles and their biotic associates*. *Conservation Biology*, Vol. 13, (1): 98-107.

Tewksbury, J. J., C. Manchego, D. C. Haak and D. J. Levey. 2006. *Where Did The Chili Get Its Spice? Biogeography of Capsaicinoid Production in Ancestral wild Chili Species*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 32, No. 3.

Tomlison, R. 2008. *Pensando en el SIG: Planificación del Sistema de Información Geográfica dirigida a gerentes*. ESRI Press.

Torres, M. J. 2007. *Modelación espacial de la distribución geográfica de Quercus Emory Torr. (Fagaceae) en México*. Tesis para obtener el grado de Maestría, en Manejo de agroecosistemas y recursos naturales. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Wiken, E. 1986. (Compilador). *Terrestrial ecozones of Canada*. Ecological Land Classification Series No. 19. Hull, QC: Environment Canada.

Wiken, E. 1996. *Ecosystems: Frameworks for thought*. En: *World Conservation 27(1)* Gland, Switzerland CH-1196.

Wilson, E. O. 1988. *Biodiversity*. National Academy of Sciences. USA.

Vásquez, M. A. 2008. *Conocer y crear: dos aspectos de la etnoecología chontal de Tabasco, México*.

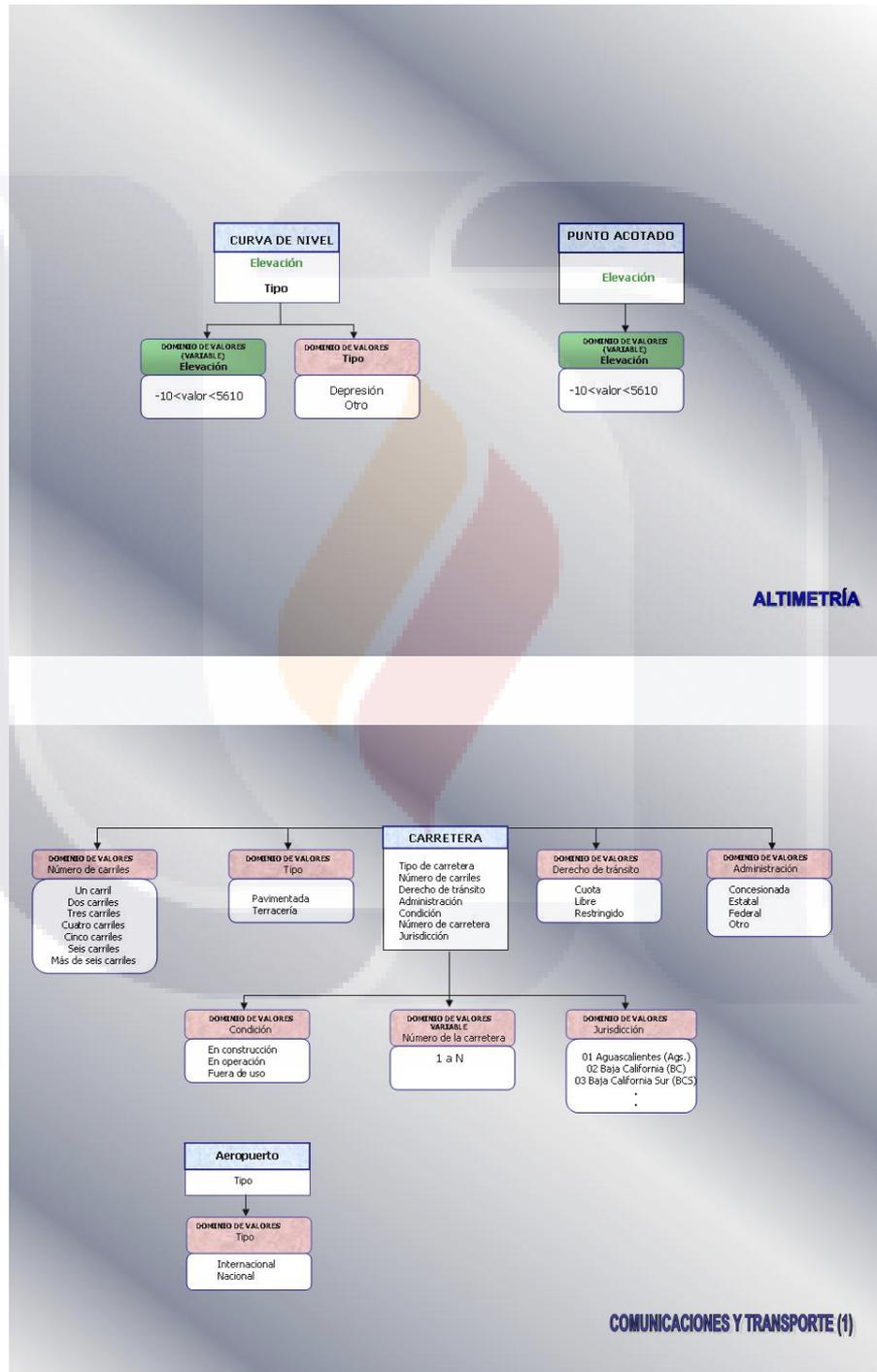
http://www.etnoecologica.org.mx/Etnoecologica_vol3_n45/fram_sup_art_vasq.htm

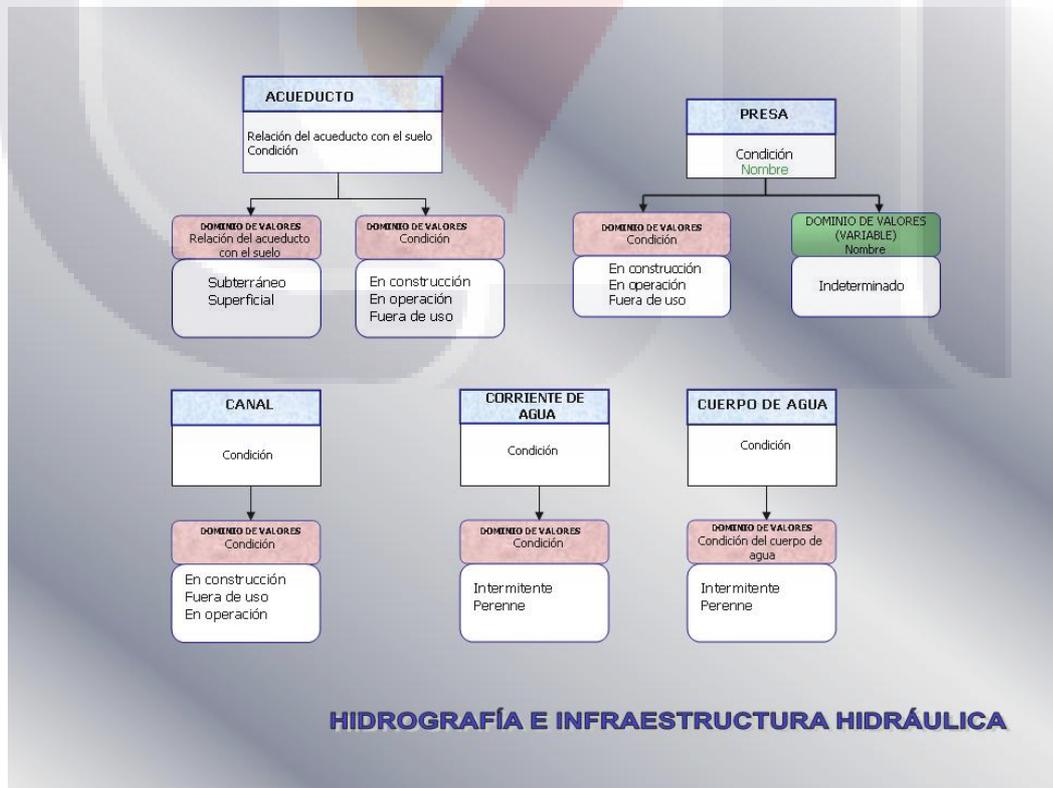
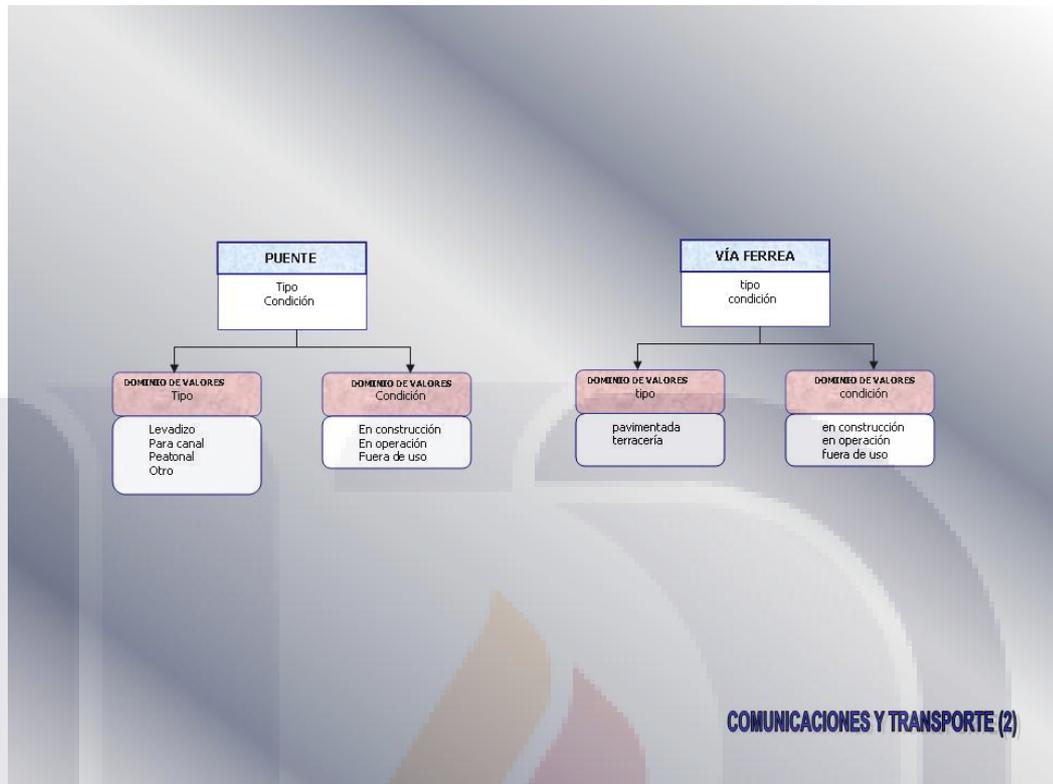
Zonneveld, I. S. 1979. Land Evaluation and Landscape Science. ITC.Textbook VIII. Enschede, Países Bajos. Citado en: Etter, A. Caracterización Ecológica General y de la Intervención Humana en la Amazonia Colombiana. Instituto de Estudios para el Desarrollo. Univ. Javeriana, Bogotá, Colombia. En: <http://amazonas.rds.org.co>

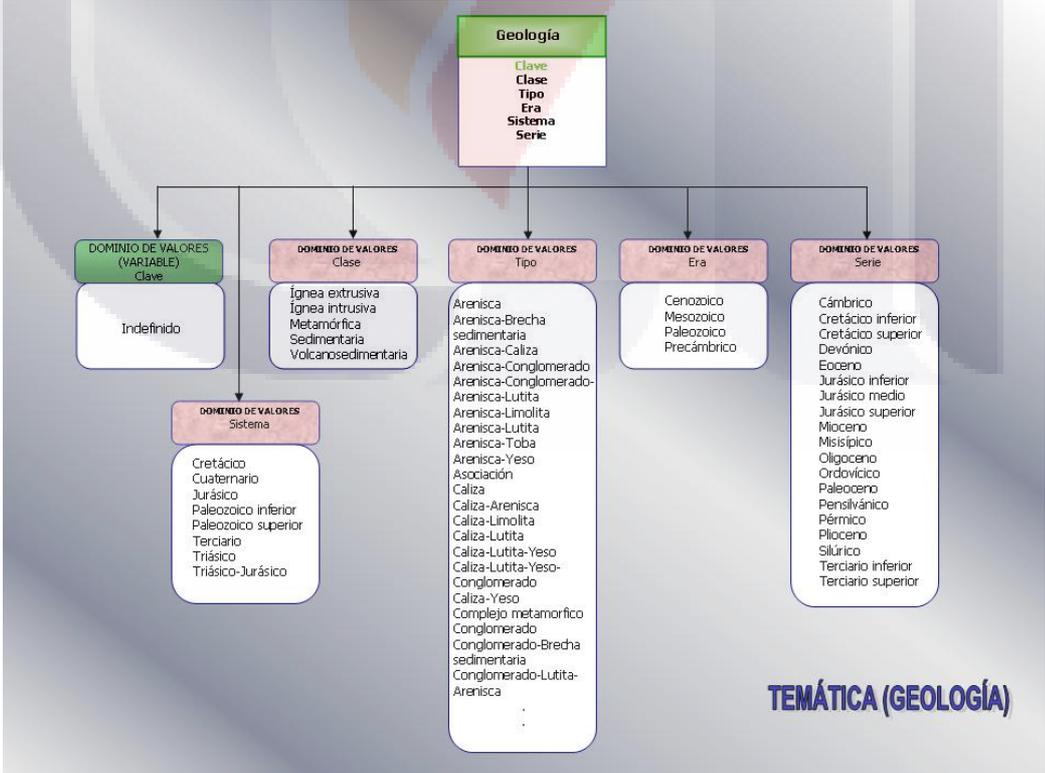
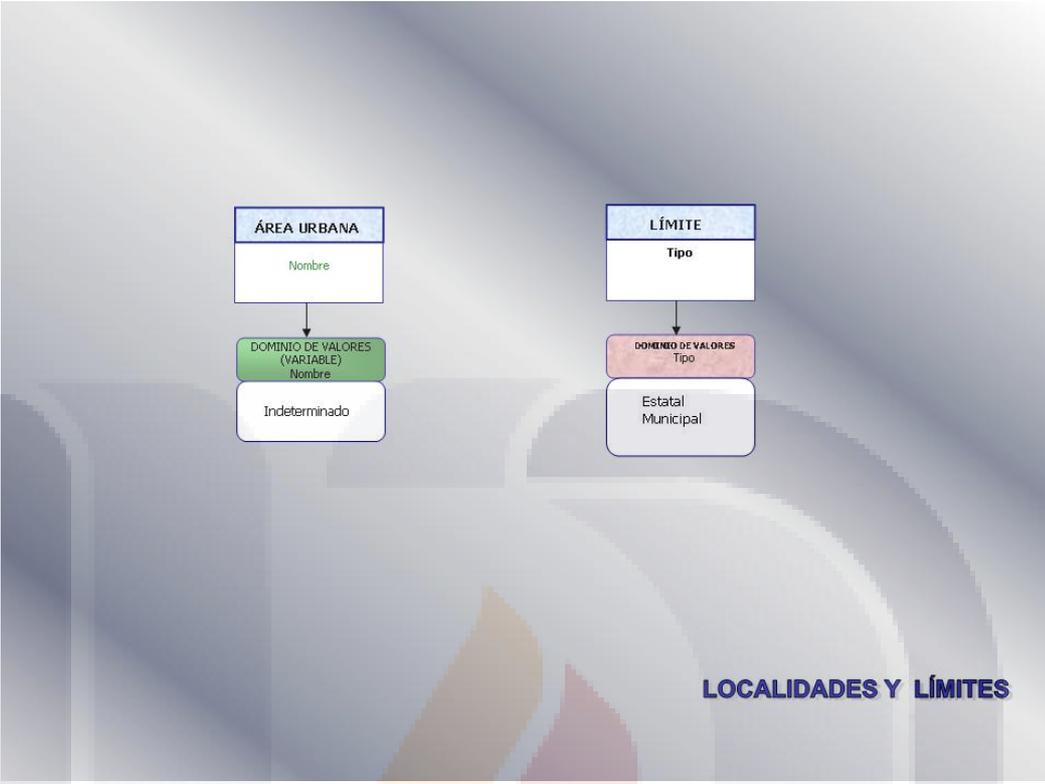


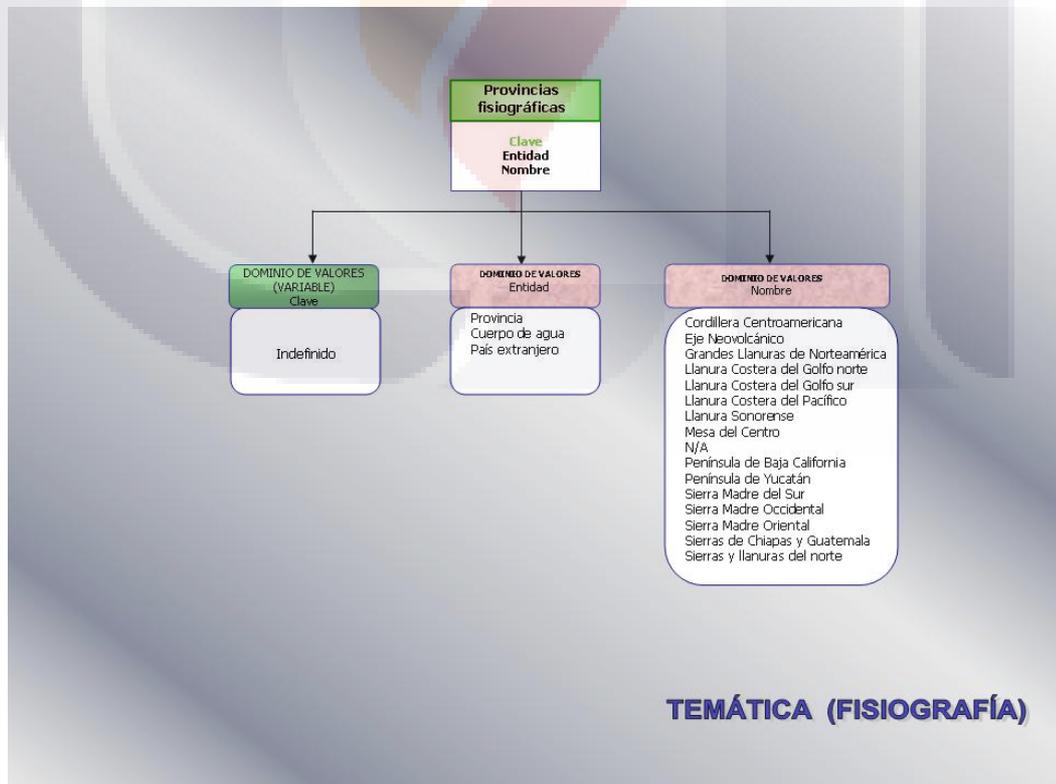
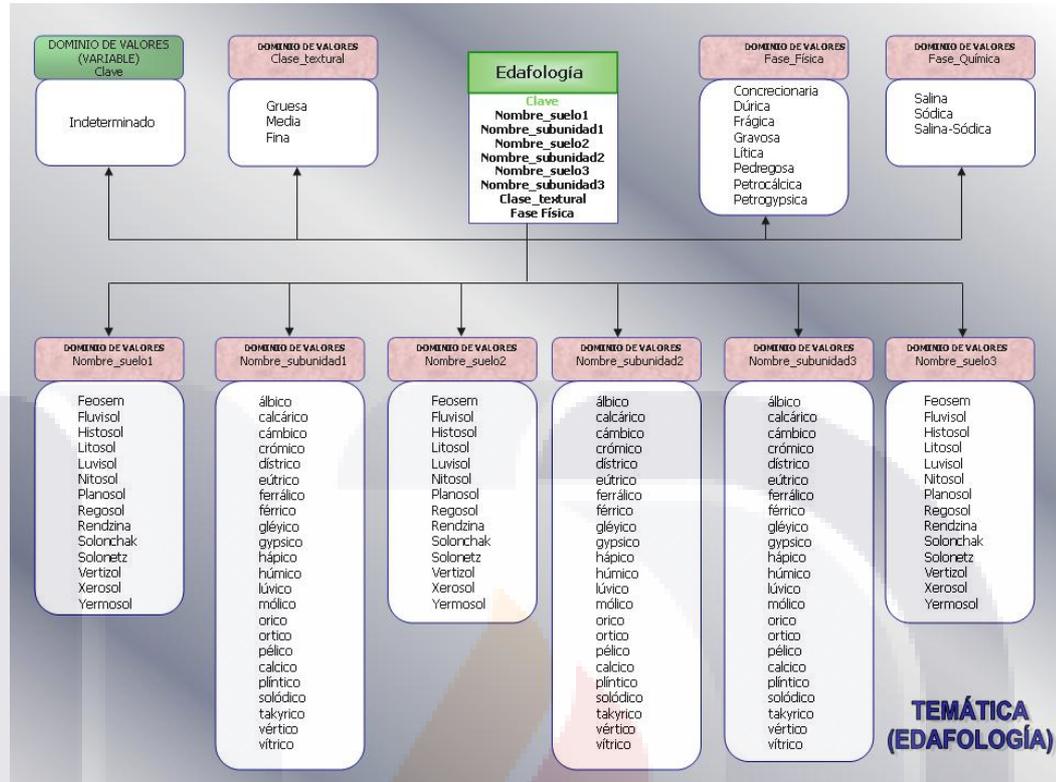
viii. ANEXOS

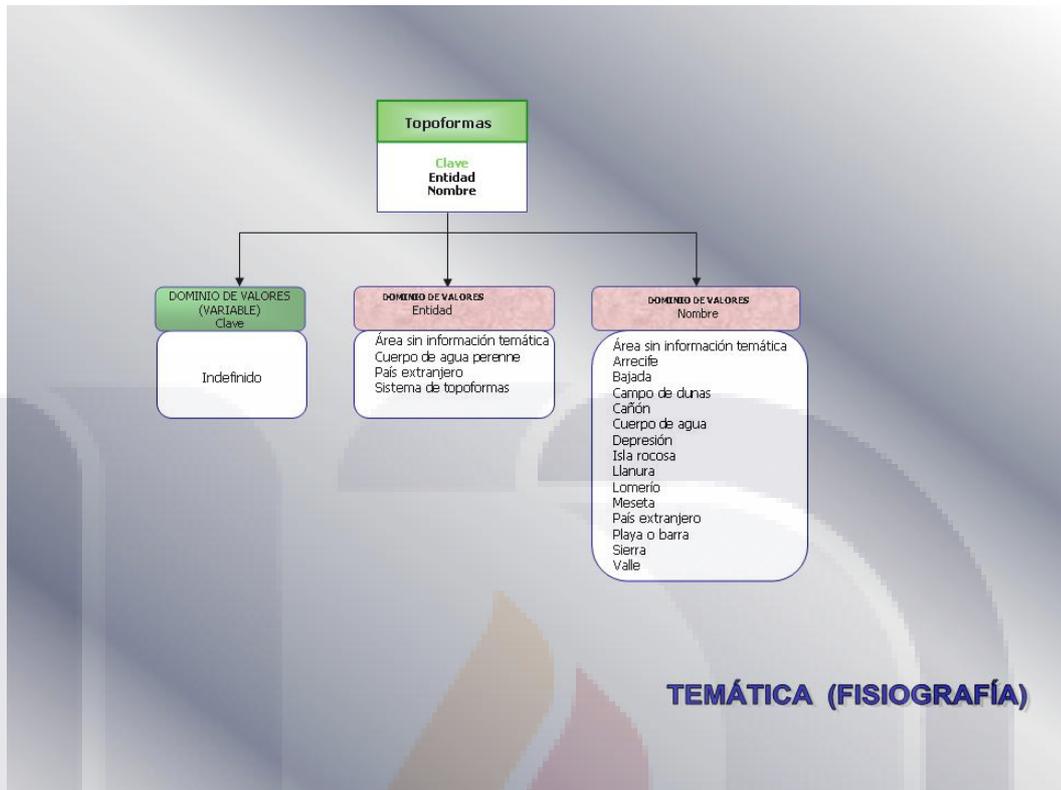
Anexo 1



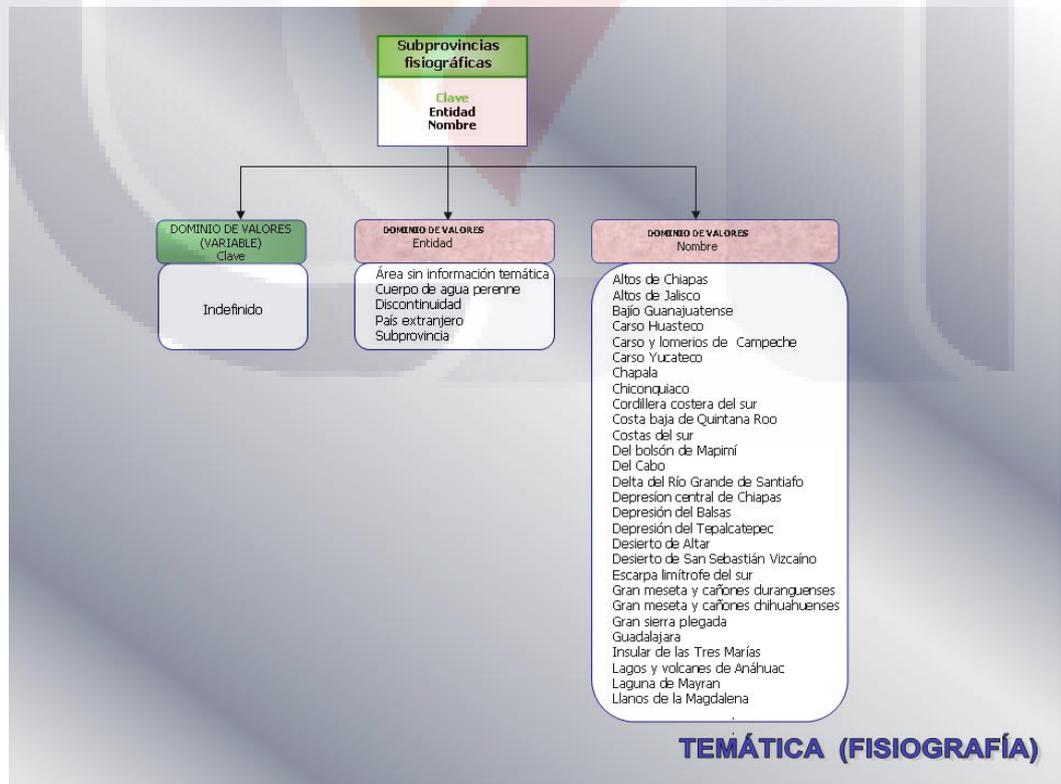




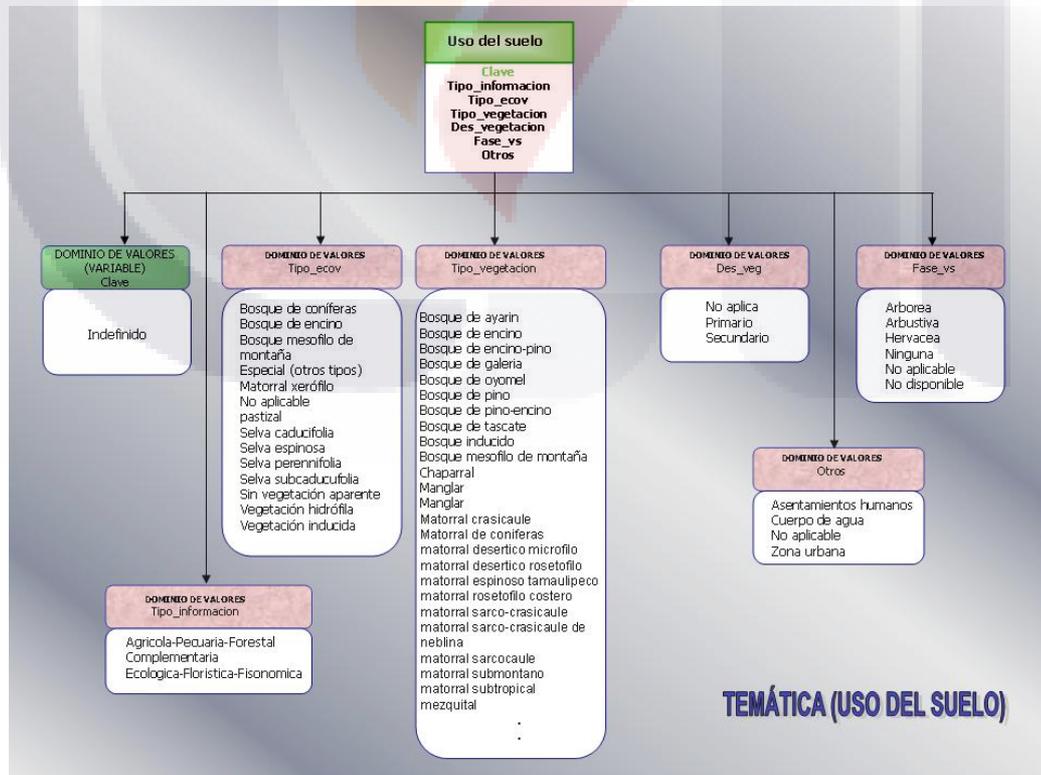
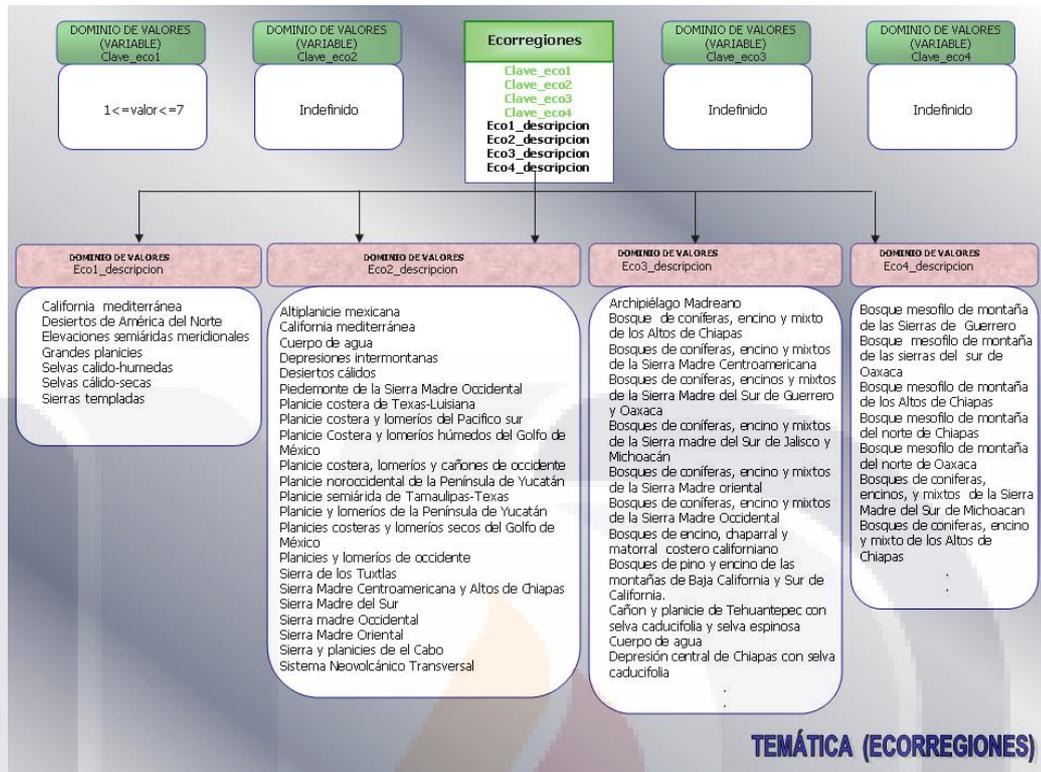


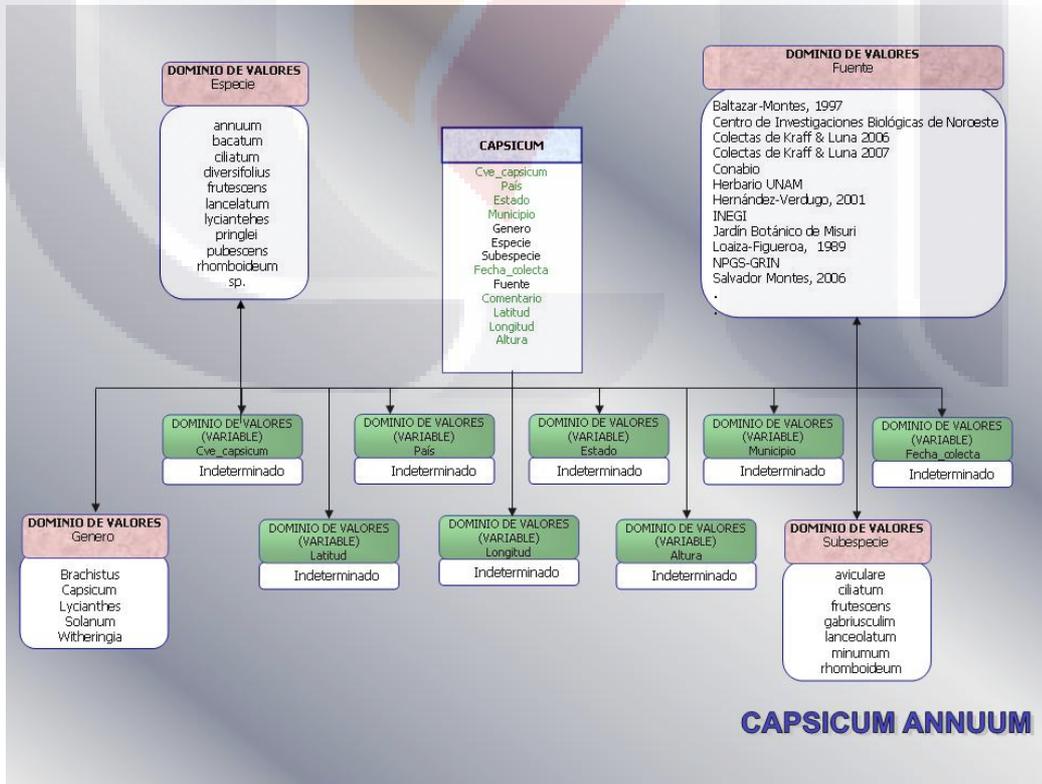
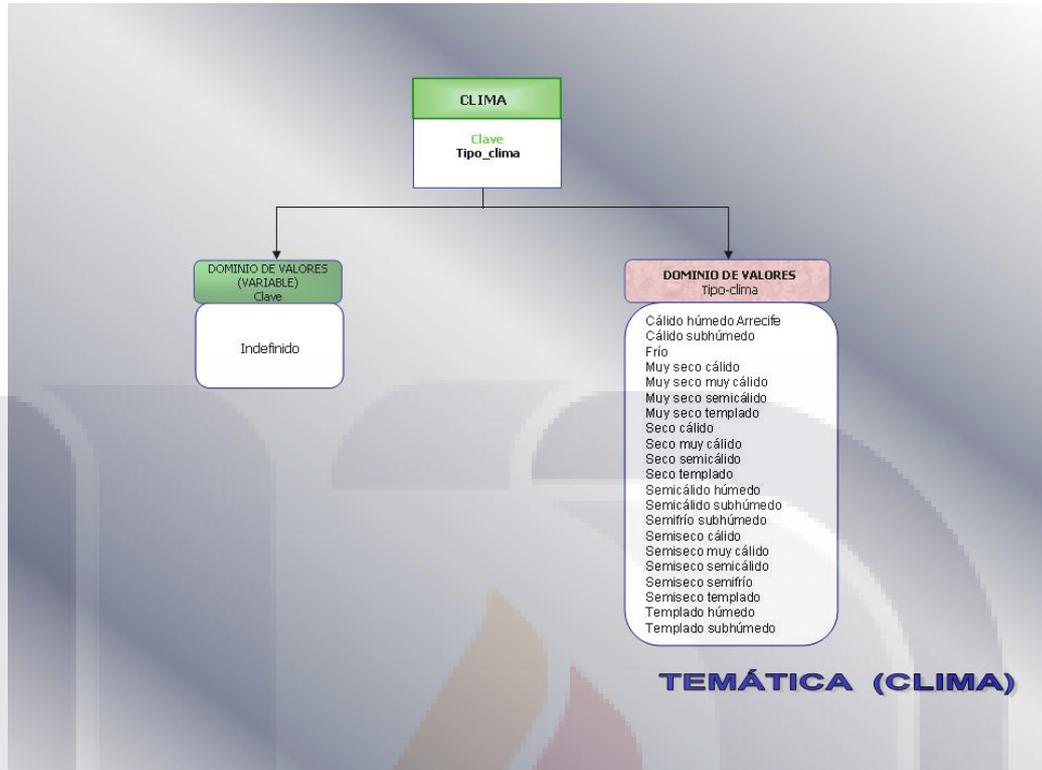


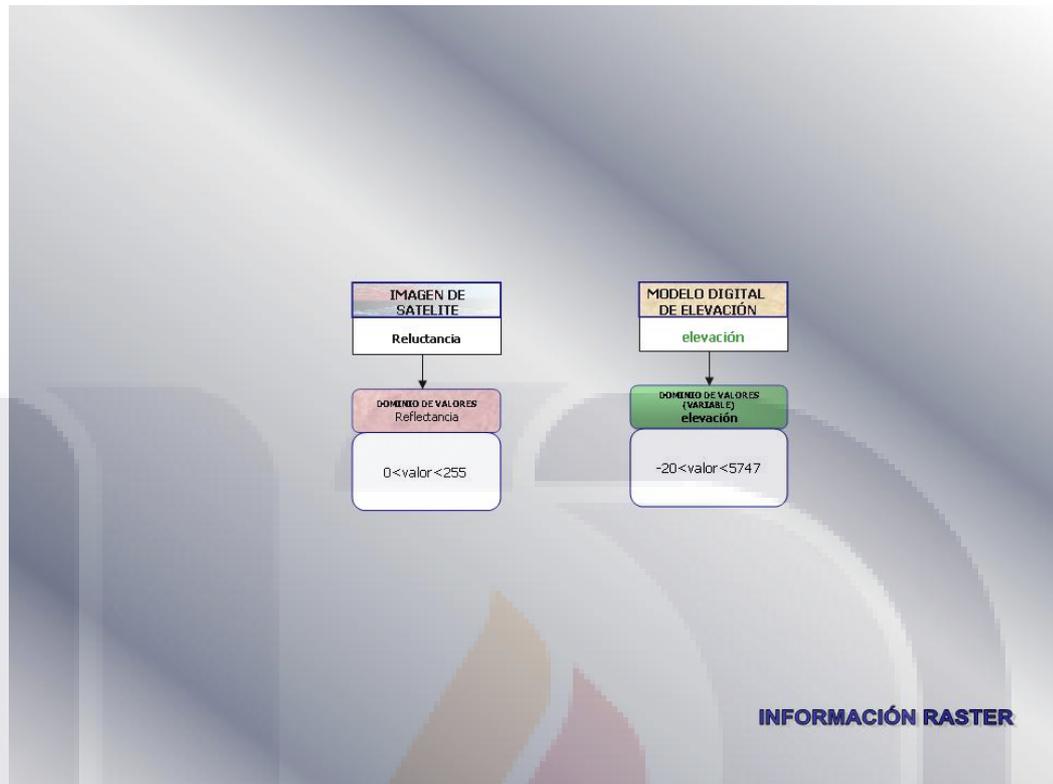
TEMÁTICA (FISIOGRAFÍA)



TEMÁTICA (FISIOGRAFÍA)







Anexo 2.

Municipio	Estado	Colectas
La Paz	Baja California Sur	5
Loreto	Baja California Sur	2
Los Cabos	Baja California Sur	2
Calakmul	Campeche	4
Campeche	Campeche	2
Champotón	Campeche	1
Escárcega	Campeche	1
Hopelchén	Campeche	4
Acala	Chiapas	1
Amatenango del Valle	Chiapas	2
Arriaga	Chiapas	5
Berriozábal	Chiapas	1
Bochil	Chiapas	1
Cacahoatán	Chiapas	1
Chamula	Chiapas	1
Chiapa de Corzo	Chiapas	1
Chiapilla	Chiapas	3
Comitán de Domínguez	Chiapas	2
El Bosque	Chiapas	1
Escuintla	Chiapas	1
Frontera Comalapa	Chiapas	2
Huitiupán	Chiapas	3
Huixtla	Chiapas	1
Huixtán	Chiapas	1
Ixtapangajoya	Chiapas	1
La Concordia	Chiapas	1
La Trinitaria	Chiapas	4
Mazatán	Chiapas	1
Motozintla	Chiapas	2
Ocosingo	Chiapas	1
Ocozacoautla de Espinosa	Chiapas	2
Ostuacán	Chiapas	1
Palenque	Chiapas	2
Pijijiapan	Chiapas	2
Salto de Agua	Chiapas	1
San Cristóbal de las Casas	Chiapas	2
San Fernando	Chiapas	1
San Pedro Tapanatepec	Chiapas	1
Socoltenango	Chiapas	1
Teopisca	Chiapas	2
Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	1
Tzimol	Chiapas	4
Venustiano Carranza	Chiapas	3
Villa Corzo	Chiapas	1
Guadalupe y Calvo	Chihuahua	1

Municipio	Estado	Colectas
Castaños	Coahuila de Zaragoza	1
Múzquiz	Coahuila de Zaragoza	2
San Dimas	Durango	1
Tepehuanes	Durango	2
Topia	Durango	1
Atarjea	Guanajuato	1
San Luis de la Paz	Guanajuato	1
Xichú	Guanajuato	2
Acapulco de Juárez	Guerrero	1
Coyuca de Catalán	Guerrero	2
José Azueta	Guerrero	1
La Unión de Isidoro Montes de Oca	Guerrero	1
Atotonilco el Grande	Hidalgo	1
Cardonal	Hidalgo	1
Chapulhuacán	Hidalgo	1
Huejutla de Reyes	Hidalgo	1
Jacala de Ledezma	Hidalgo	1
Metztitlán	Hidalgo	1
San Agustín Metzquititlán	Hidalgo	1
San Felipe Orizatlán	Hidalgo	1
Tenango de Doria	Hidalgo	1
Tlahuiltepa	Hidalgo	1
Zimapán	Hidalgo	1
Amacueca	Jalisco	1
Ameca	Jalisco	1
Autlán de Navarro	Jalisco	6
Casimiro Castillo	Jalisco	1
Chiquilistlán	Jalisco	1
Ejutla	Jalisco	1
El Grullo	Jalisco	1
Hostotipaquillo	Jalisco	1
La Huerta	Jalisco	9
San Martín Hidalgo	Jalisco	1
Tomatlán	Jalisco	1
Tonalá	Jalisco	1
Tuxcacuesco	Jalisco	5
Aguila	Michoacán de Ocampo	2
Ario	Michoacán de Ocampo	3
Buenavista	Michoacán de Ocampo	1
Churintzio	Michoacán de Ocampo	1
Erongarícuaro	Michoacán de Ocampo	1
Lázaro Cárdenas	Michoacán de Ocampo	3
Uruapan	Michoacán de Ocampo	1
Cuernavaca	Morelos	1
San Blas	Nayarit	1
Santiago Ixcuintla	Nayarit	2

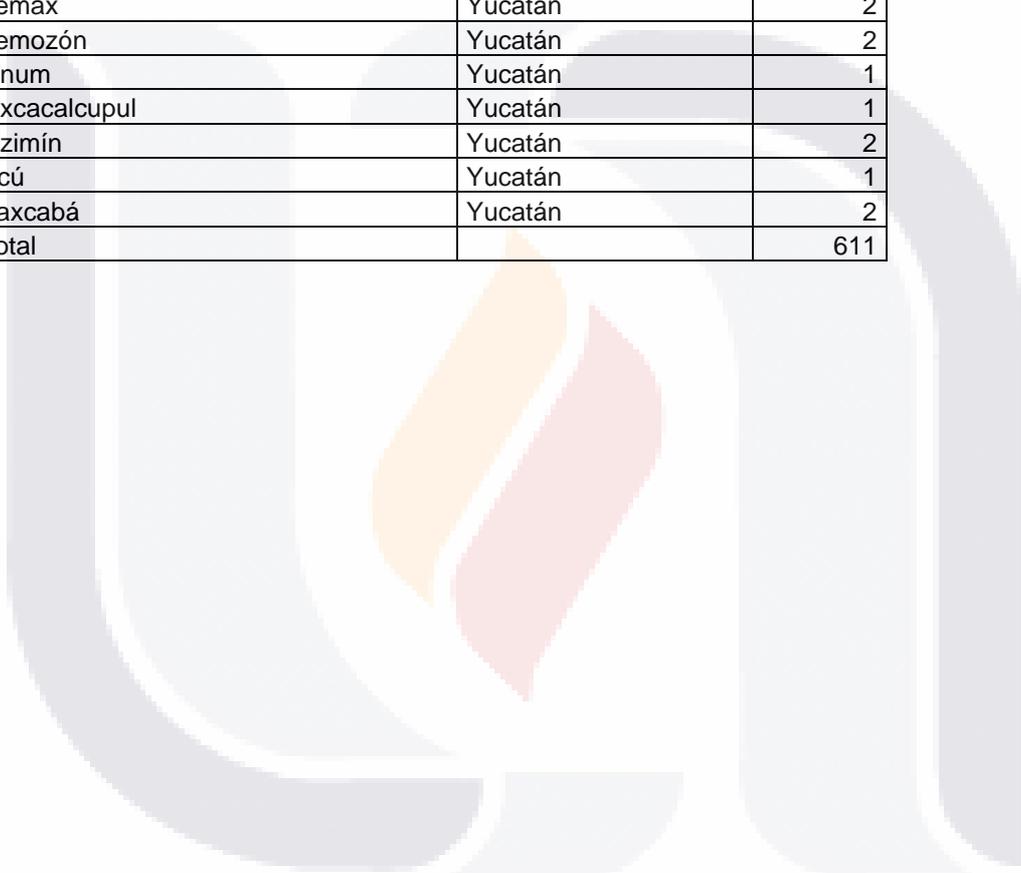
Municipio	Estado	Colectas
Tecuala	Nayarit	1
Allende	Nuevo León	3
Anáhuac	Nuevo León	1
Aramberri	Nuevo León	3
Cerralvo	Nuevo León	1
China	Nuevo León	1
Galeana	Nuevo León	2
Gral. Terán	Nuevo León	2
Iturbide	Nuevo León	3
Linares	Nuevo León	12
Los Ramones	Nuevo León	1
Montemorelos	Nuevo León	8
Monterrey	Nuevo León	2
Rayones	Nuevo León	2
Salinas Victoria	Nuevo León	2
Santiago	Nuevo León	2
Asunción Ixtaltepec	Oaxaca	5
Asunción Nochixtlán	Oaxaca	2
Concepción Pápalo	Oaxaca	2
El Barrio de la Soledad	Oaxaca	2
Heroica Ciudad de Huajuapán de León	Oaxaca	1
Heroica Ciudad de Tlaxiaco	Oaxaca	1
Ixtlán de Juárez	Oaxaca	1
Magdalena Jaltepec	Oaxaca	1
San Carlos Yautepec	Oaxaca	1
San Esteban Atlatlahuca	Oaxaca	1
San Jerónimo Coatlán	Oaxaca	1
San Juan Bautista Cuicatlán	Oaxaca	7
San Juan Guelavía	Oaxaca	1
San Juan Mazatlán	Oaxaca	1
San Juan Mixtepec	Oaxaca	2
San Mateo del Mar	Oaxaca	2
San Miguel Chimalapa	Oaxaca	4
San Pablo Macuiltonguis	Oaxaca	1
San Pablo Villa de Mitla	Oaxaca	1
San Pedro Huamelula	Oaxaca	8
San Pedro Pochutla	Oaxaca	3
San Pedro Teutila	Oaxaca	1
San Sebastián Abasco	Oaxaca	1
Santa María Chimalapa	Oaxaca	2
Santa María Guianagati	Oaxaca	1
Santa María Huatulco	Oaxaca	7
Santa María Jacatepec	Oaxaca	1
Santa María Jalapa del Marqués	Oaxaca	1
Santa María Tonameca	Oaxaca	1
Santiago Comaltepec	Oaxaca	1

Municipio	Estado	Colectas
Santiago Juxtlahuaca	Oaxaca	1
Santiago Laollaga	Oaxaca	1
Santiago Nundiche	Oaxaca	1
Santiago Xanica	Oaxaca	1
Santo Domingo Petapa	Oaxaca	3
Santo Domingo Tehuantepec	Oaxaca	6
Santos Reyes Tepejillo	Oaxaca	1
Tepelmeme Villa de Morelos	Oaxaca	1
Totontepec Villa de Morelos	Oaxaca	1
Villa Tej-pam de la Unión	Oaxaca	1
Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	Oaxaca	2
Caltepec	Puebla	1
Jalpan	Puebla	1
Jonotla	Puebla	1
Nicolás Bravo	Puebla	1
Pahuatlán	Puebla	1
Tetela de Ocampo	Puebla	1
Tlahuapan	Puebla	1
Xiutetelco	Puebla	1
Zacapoaxtla	Puebla	1
Zapotitlán	Puebla	1
Zapotitlán de Méndez	Puebla	1
Zihuateutla	Puebla	1
Zongozotla	Puebla	1
Amealco de Bonfil	Querétaro de Arteaga	1
Arroyo Seco	Querétaro de Arteaga	7
Cadereyta de Montes	Querétaro de Arteaga	1
Colón	Querétaro de Arteaga	2
El Marqués	Querétaro de Arteaga	1
Jalpan de Serra	Querétaro de Arteaga	3
Landa de Matamoros	Querétaro de Arteaga	15
Pedro Escobedo	Querétaro de Arteaga	2
Pinal de Amoles	Querétaro de Arteaga	2
Querétaro	Querétaro de Arteaga	3
Tolimán	Querétaro de Arteaga	2
Benito Juárez	Quintana Roo	2
Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo	3
Isla Mujeres	Quintana Roo	1
Solidaridad	Quintana Roo	5
Aquismón	San Luis Potosí	2
Ciudad del Maíz	San Luis Potosí	1
Guadalcázar	San Luis Potosí	1
Matlapa	San Luis Potosí	1
San Antonio	San Luis Potosí	1
San Nicolás Tolentino	San Luis Potosí	1
Santa Catarina	San Luis Potosí	1

Municipio	Estado	Colectas
Santa María del Río	San Luis Potosí	1
Tamasopo	San Luis Potosí	1
Tanlajás	San Luis Potosí	1
Villa Hidalgo	San Luis Potosí	1
Ahome	Sinaloa	1
Badiraguato	Sinaloa	2
Choix	Sinaloa	4
Concordia	Sinaloa	1
Culiacán	Sinaloa	7
El Fuerte	Sinaloa	2
Escuinapa	Sinaloa	1
Mocorito	Sinaloa	1
Rosario	Sinaloa	4
San Ignacio	Sinaloa	2
Sinaloa	Sinaloa	1
Alamos	Sonora	18
Bacadéhuachi	Sonora	1
Baviácora	Sonora	5
Cajeme	Sonora	2
Guaymas	Sonora	3
Huatabampo	Sonora	1
Moctezuma	Sonora	1
Navojoa	Sonora	1
Nácori Chico	Sonora	3
Onavas	Sonora	3
Sahuaripa	Sonora	3
Soyopa	Sonora	3
Ures	Sonora	2
Yécora	Sonora	3
Centro	Tabasco	2
Cárdenas	Tabasco	1
Huimanguillo	Tabasco	1
Jalapa	Tabasco	1
Tacotalpa	Tabasco	2
Teapa	Tabasco	1
Aldama	Tamaulipas	4
Antiguo Morelos	Tamaulipas	1
Casas	Tamaulipas	2
El Mante	Tamaulipas	3
Gómez Farías	Tamaulipas	6
Jaumave	Tamaulipas	3
Llera	Tamaulipas	10
Matamoros	Tamaulipas	1
Ocampo	Tamaulipas	4
Reynosa	Tamaulipas	1
San Carlos	Tamaulipas	6

Municipio	Estado	Colectas
San Nicolás	Tamaulipas	9
Soto la Marina	Tamaulipas	1
Tula	Tamaulipas	3
Victoria	Tamaulipas	6
Villagrán	Tamaulipas	2
Xicoténcatl	Tamaulipas	1
Actopan	Veracruz	8
Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	Veracruz	3
Altotonga	Veracruz	2
Apazapan	Veracruz	2
Catemaco	Veracruz	4
Cazones	Veracruz	1
Chacaltianguis	Veracruz	2
Coatepec	Veracruz	4
Coatzintla	Veracruz	1
Comapa	Veracruz	1
Emiliano Zapata	Veracruz	6
Fortín	Veracruz	1
Huayacocotla	Veracruz	1
Jalcomulco	Veracruz	1
La Antigua	Veracruz	4
Las Choapas	Veracruz	1
Martínez de la Torre	Veracruz	1
Naolinco	Veracruz	1
Omealca	Veracruz	1
Ozuluama de Mascareñas	Veracruz	1
Papantla	Veracruz	3
Paso de Ovejas	Veracruz	1
Puente Nacional	Veracruz	1
Pánuco	Veracruz	1
San Andres Tuxtla	Veracruz	1
San Andrés Tuxtla	Veracruz	7
Soteapan	Veracruz	1
Tamalín	Veracruz	1
Tecolutla	Veracruz	1
Tempoal	Veracruz	2
Teocelo	Veracruz	2
Tierra Blanca	Veracruz	1
Tlalixcoyan	Veracruz	1
Tlaltetela	Veracruz	1
Tlapacoyan	Veracruz	1
Tuxpam	Veracruz	2
Uxpanapa	Veracruz	3
Veracruz	Veracruz	1
Chemax	Yucatán	1
Chicxulub Pueblo	Yucatán	1

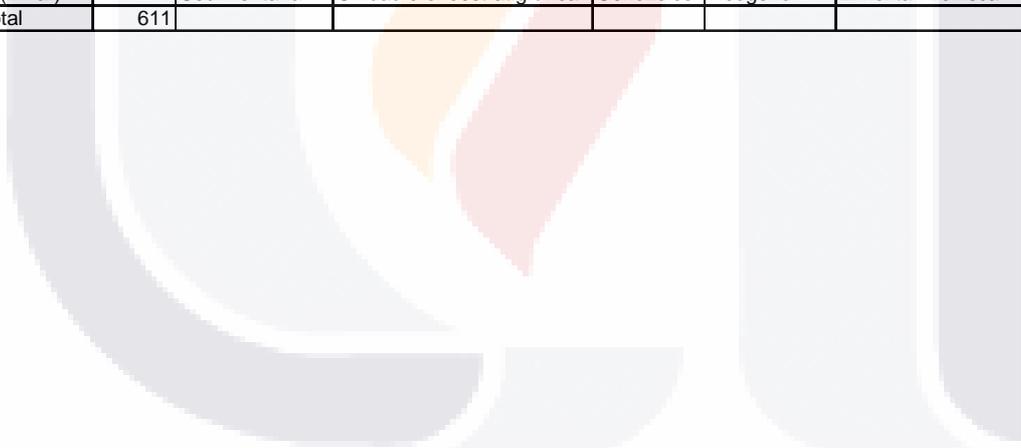
Municipio	Estado	Colectas
Mérida	Yucatán	2
Opichén	Yucatán	3
Oxkutzcab	Yucatán	3
Río Lagartos	Yucatán	1
Santa Elena	Yucatán	1
Tahmek	Yucatán	2
Tecoh	Yucatán	1
Tekax	Yucatán	1
Telchac Puerto	Yucatán	1
Temax	Yucatán	2
Temozón	Yucatán	2
Tinum	Yucatán	1
Tixcacalcupul	Yucatán	1
Tizimín	Yucatán	2
Ucú	Yucatán	1
Yaxcabá	Yucatán	2
Total		611



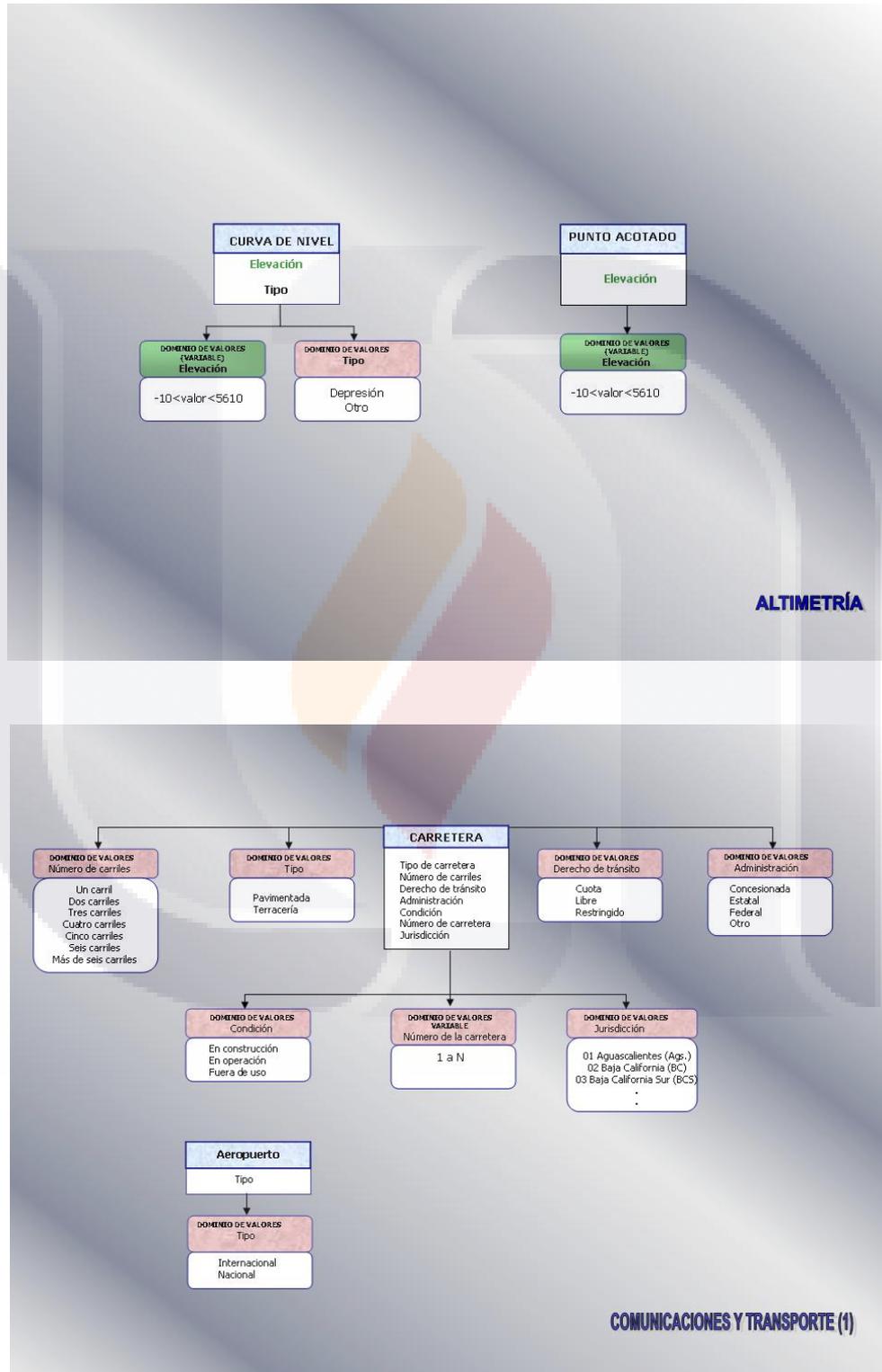
Anexo 3

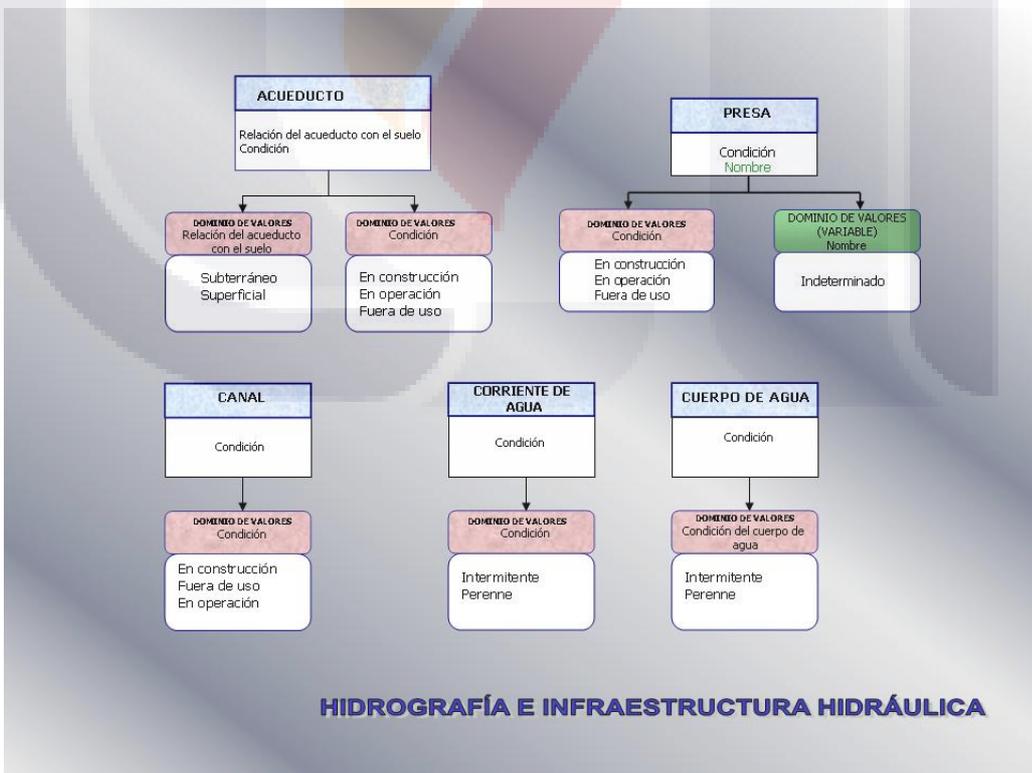
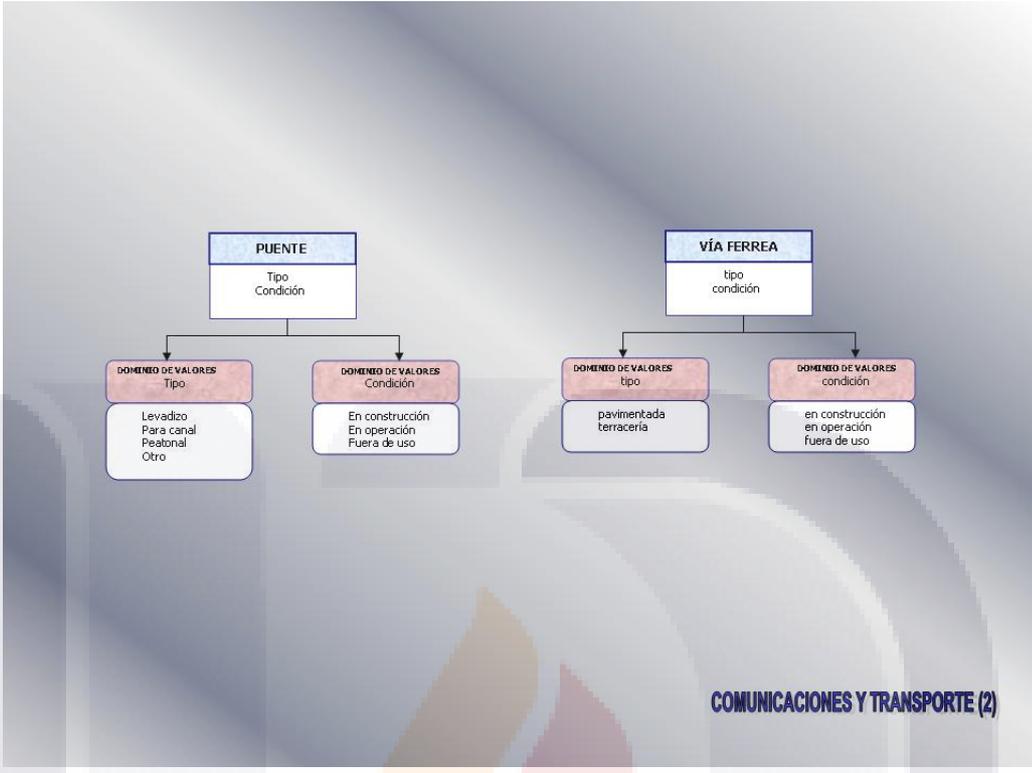
Clave	Captura	Clase	Entidad	Era	Sistema	Tipo
Ki(cz)	87	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Caliza
Q(s)	66	N/A	Suelo	Cenozoico	Cuaternario	N/A
Ts(lgea)	42	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Neógeno	Ignea extrusiva ácida
Ts(lgeb)	32	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Neógeno	Ignea extrusiva intermedia
Ks(cz-lu)	31	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Caliza-Lutita
Ks(lu)	30	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Lutita
K(lgia)	24	Ignea intrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Ignea intrusiva ácida
Ts(cz)	23	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Neógeno	Caliza
Q(lgeb)	20	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Cuaternario	Ignea extrusiva básica
Te(cz)	17	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Caliza
Ts(lgei)	16	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Neógeno	Ignea extrusiva básica
P(lgia)	15	Ignea intrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Paleozoico	N/D	Ignea intrusiva ácida
Ks(cz)	10	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Caliza
Tm(ar)	9	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Arenisca
P(Ms)	8	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Paleozoico	N/D	Metasedimentaria
Tpal(lu-ar)	8	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Lutita-Arenisca
Tpl(cg)	8	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Conglomerado
J(lgia)	7	Ignea intrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Ignea intrusiva ácida
Q(ar-cg)	7	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Cuaternario	Arenisca-Conglomerado
T(cg)	7	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Conglomerado
Ti(lgei)	7	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Paleógeno	Ignea extrusiva intermedia
J(Gn)	6	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Gneis
Q(tr)	6	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Cuaternario	Travertino
To(lu-ar)	6	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Lutita-Arenisca
K(Ms)	5	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Metasedimentaria
Te(lm-ar)	5	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Limolita-Arenisca
Te(lu-ar)	5	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Lutita-Arenisca
Ti(ar-cg)	5	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Paleógeno	Arenisca-Conglomerado
Tpal(cz)	5	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Caliza
K(Ct)	4	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Cataclasita
K(E)	4	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Esquisto
K(lgei)	4	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Ignea extrusiva intermedia
Q(lgei)	4	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Cuaternario	Ignea extrusiva intermedia
TR-J(ar-cg)	4	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	N/D	Arenisca-Conglomerado
Ts(ar-cg)	4	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Neógeno	Arenisca-Conglomerado
Ts(cg)	4	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Neógeno	Conglomerado
K(Vc)	3	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Volcanoclástico
Ki(lu-ar)	3	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Lutita-Arenisca
P(E)	3	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Paleozoico	N/D	Esquisto
Tpl(cz)	3	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Caliza
Tpl(lu-ar)	3	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Lutita-Arenisca
Ji(lu-ar)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Lutita-Arenisca
Js(ar)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Arenisca
Js(cz-y)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Caliza-Yeso
K(lgea)	2	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Ignea extrusiva ácida
Ks(lu-ar)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Cretácico	Lutita-Arenisca
M(C.Met)	2	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	N/D	Complejo metamórfico
Q(cg)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Cuaternario	Conglomerado
T(ar-cg)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Arenisca-Conglomerado

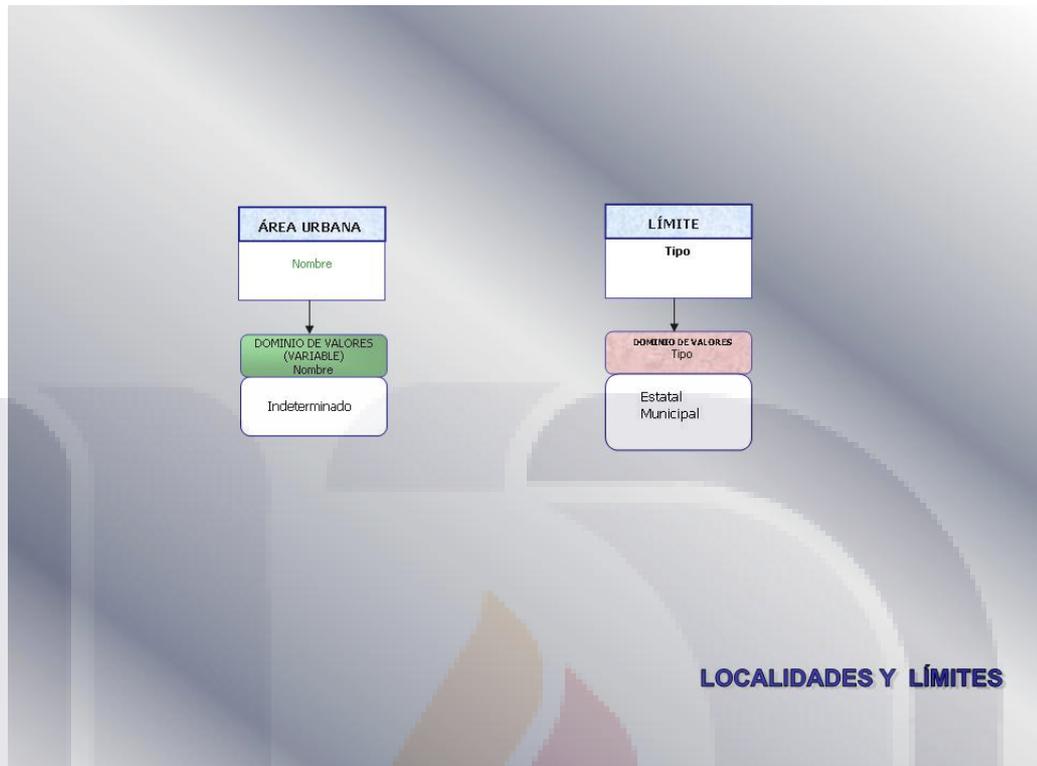
Clave	Captura	Clase	Entidad	Era	Sistema	Tipo
TR(ar-cg)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Triásico	Arenisca-Conglomerado
TR-J(lm-ar)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	N/D	Limolita-Arenisca
Ti(cg)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Paleógeno	Conglomerado
Ti(lm-ar)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Paleógeno	Limolita-Arenisca
To(cz)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Caliza
Tpal(cg)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Conglomerado
Tpl(ar-cg)	2	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Arenisca-Conglomerado
J(Ms)	1	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Metasedimentaria
Jm(lm-ar)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Limolita-Arenisca
Js(ar-cg)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Arenisca-Conglomerado
Js(cz)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Caliza
Js(cz-lu)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	Jurásico	Caliza-Lutita
M(Gn)	1	Metamórfica	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	N/D	Gneis
Ps(cz)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Paleozoico	N/D	Caliza
Ps(lu-ar)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Paleozoico	N/D	Lutita-Arenisca
Q(lgea)	1	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Cuaternario	Ignea extrusiva ácida
Q(Vc)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Cuaternario	Volcanoclástico
Q(cz)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Cuaternario	Caliza
T(lgia)	1	Ignea intrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Ignea intrusiva ácida
T(Vc)	1	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Volcanoclástico
TR-J(lu-ar)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Mesozoico	N/D	Lutita-Arenisca
Tm(ar-cg)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Arenisca-Conglomerado
Tm(cg)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Conglomerado
To(lm-ar)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Limolita-Arenisca
Tpal(cz-lu)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Caliza-Lutita
Tpal(lu)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Terciario	Lutita
Ts(Vc)	1	Ignea extrusiva	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Neógeno	Volcanoclástico
Ts(lm-ar)	1	Sedimentaria	Unidad cronoestratigráfica	Cenozoico	Neógeno	Limolita-Arenisca
Total	611					



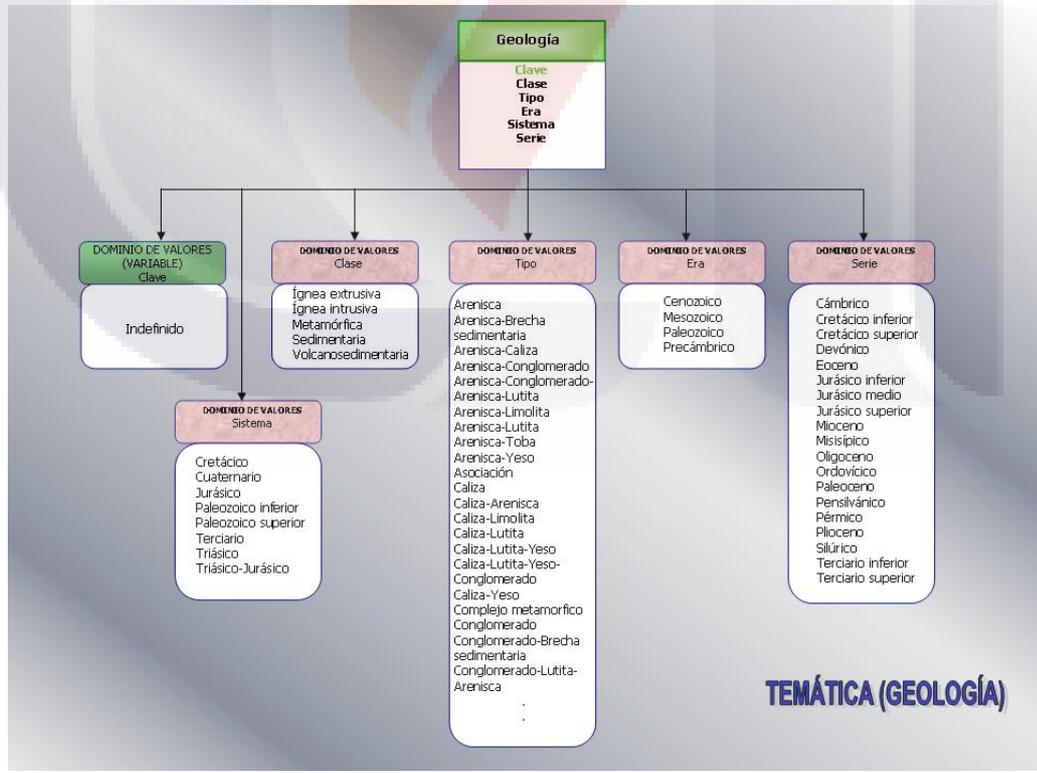
Anexo 4



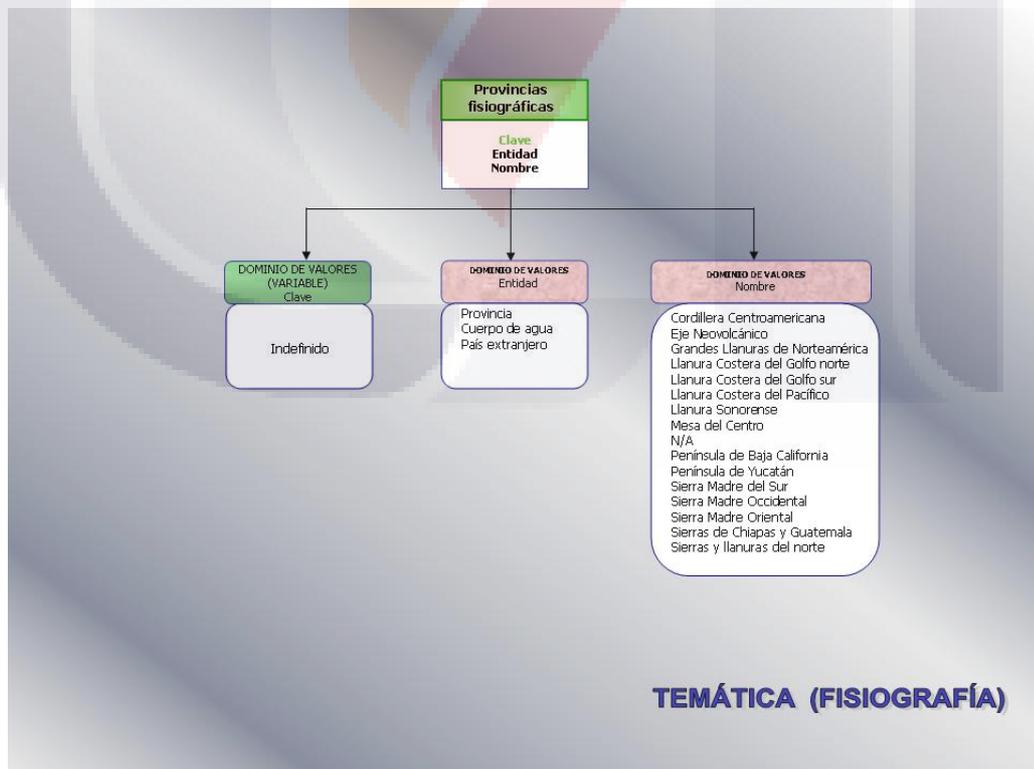
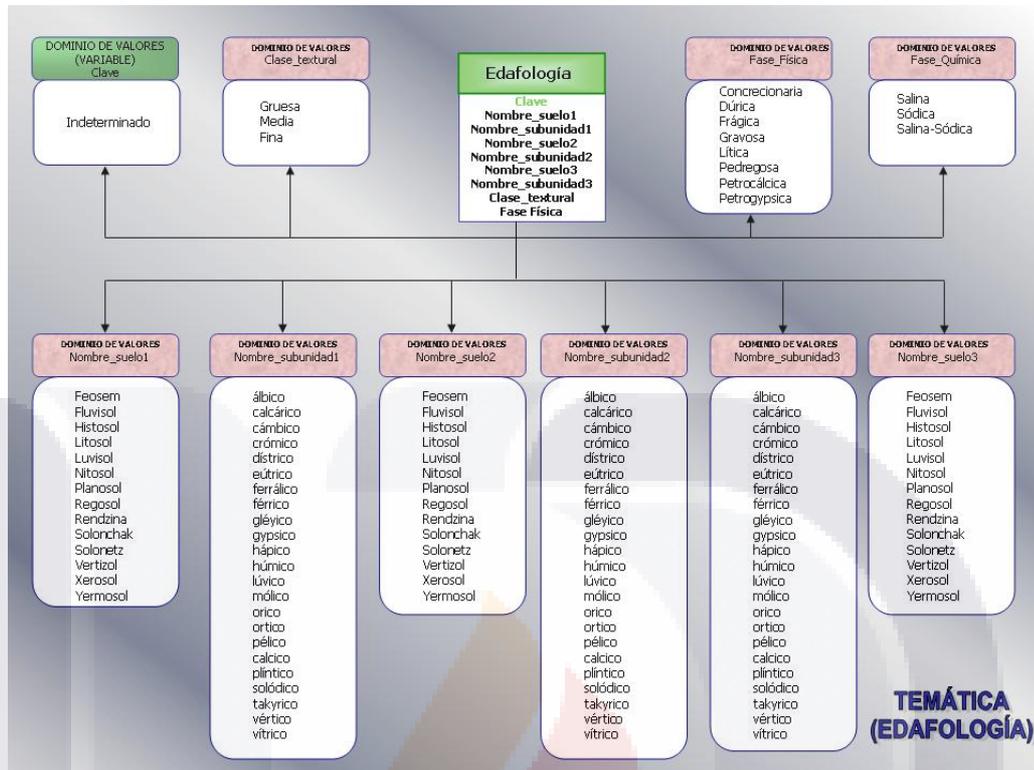


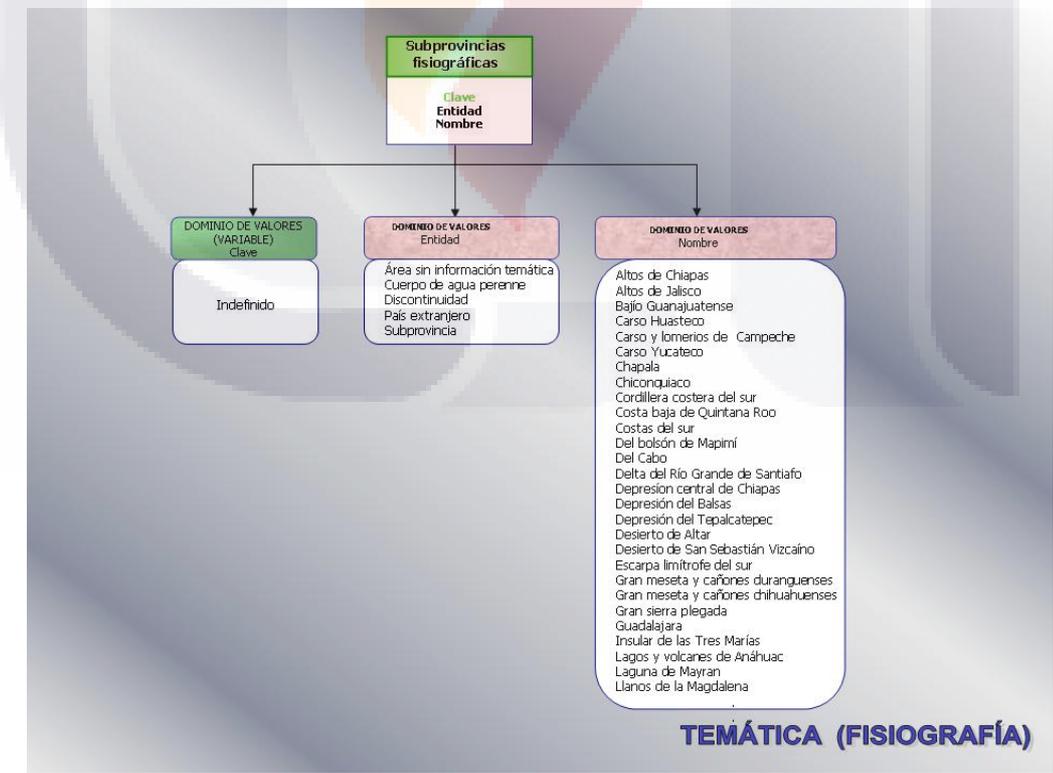
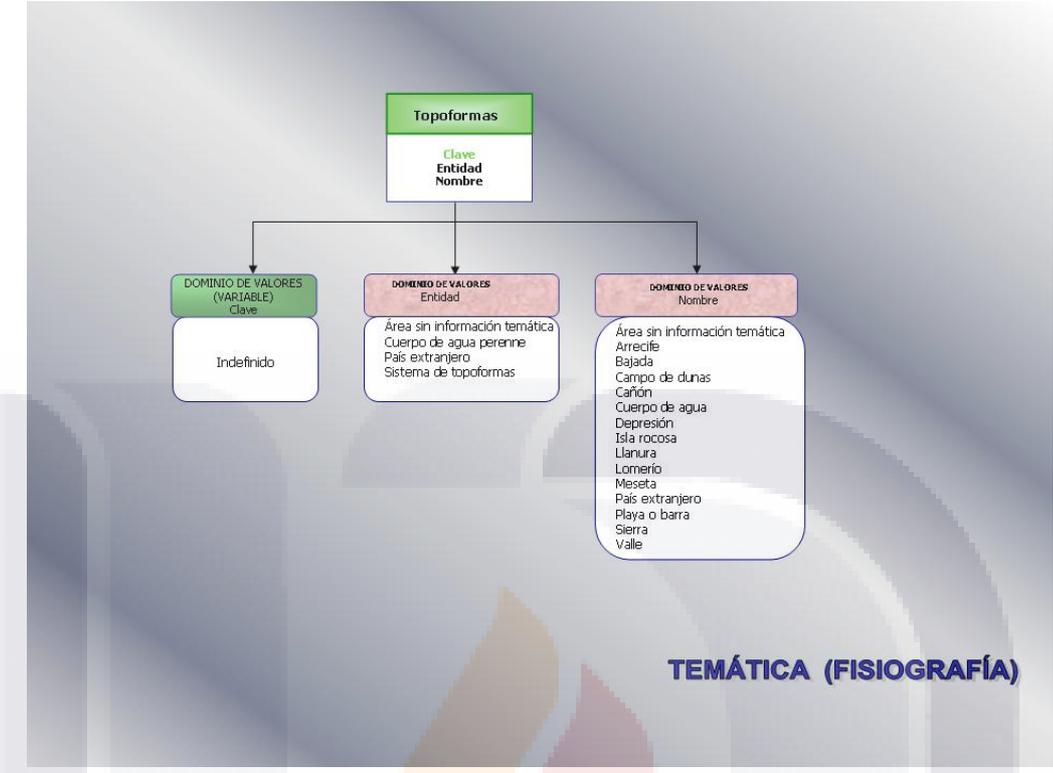


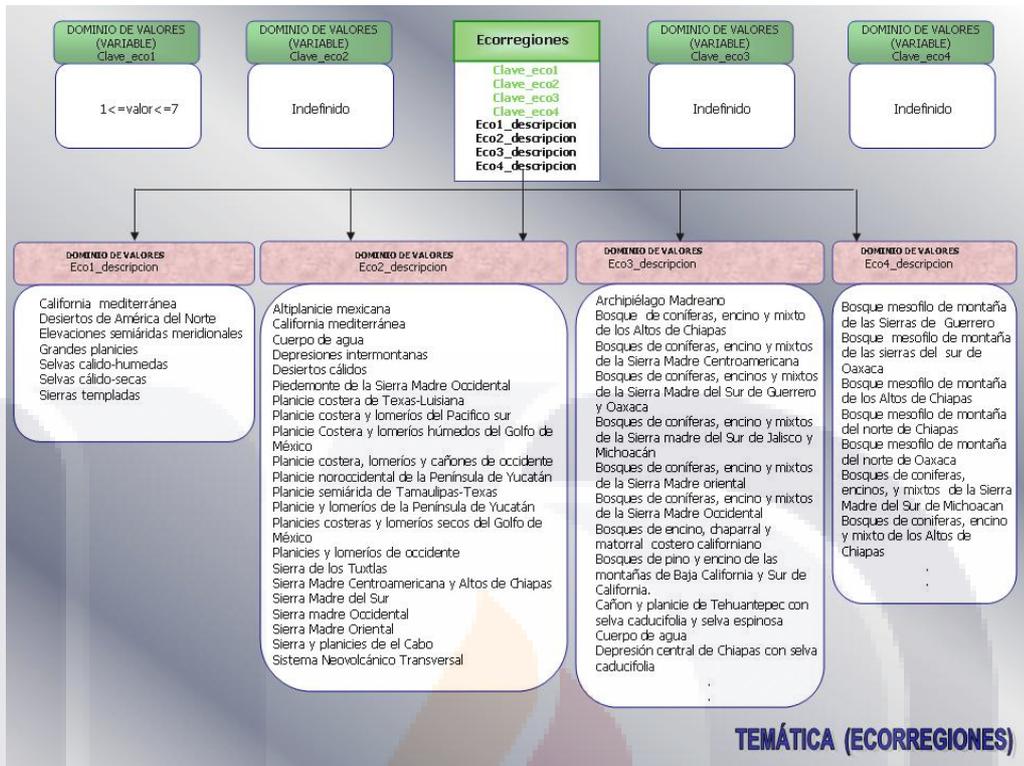
LOCALIDADES Y LÍMITES



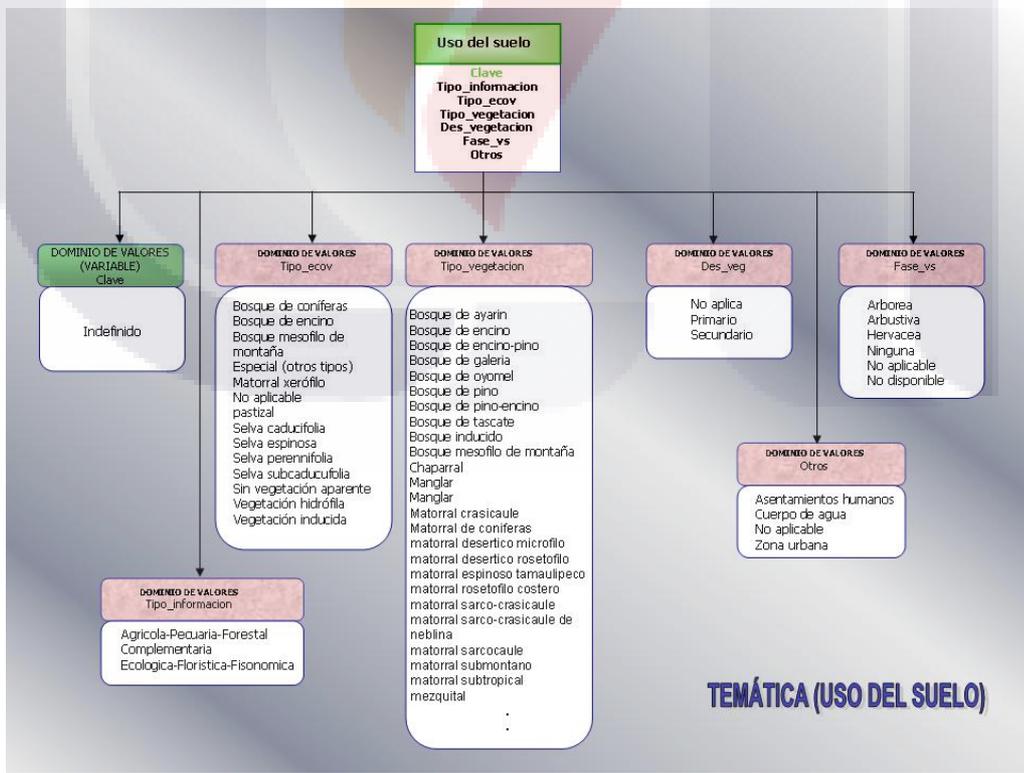
TEMÁTICA (GEOLOGÍA)



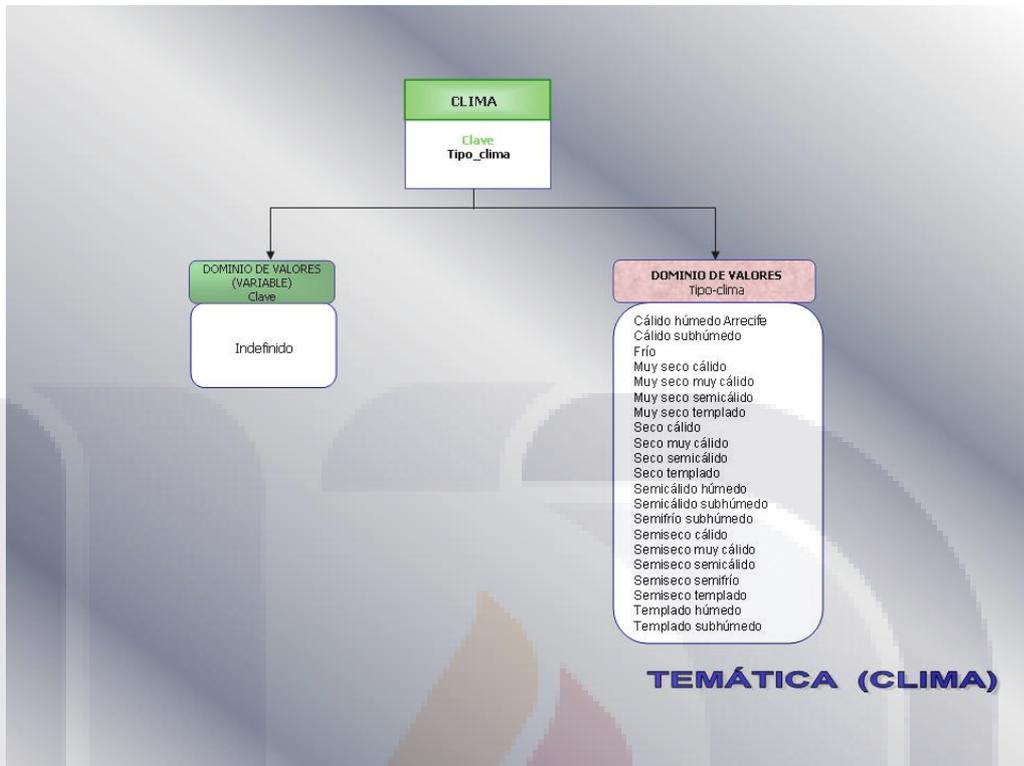




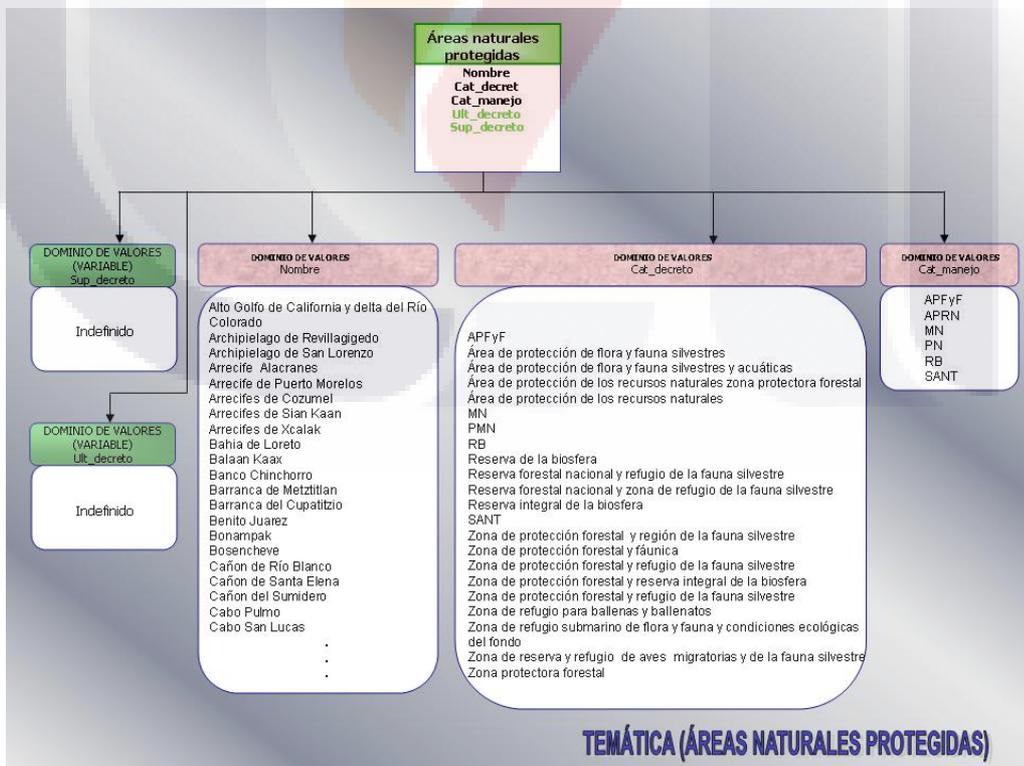
TEMÁTICA (ECORREGIONES)



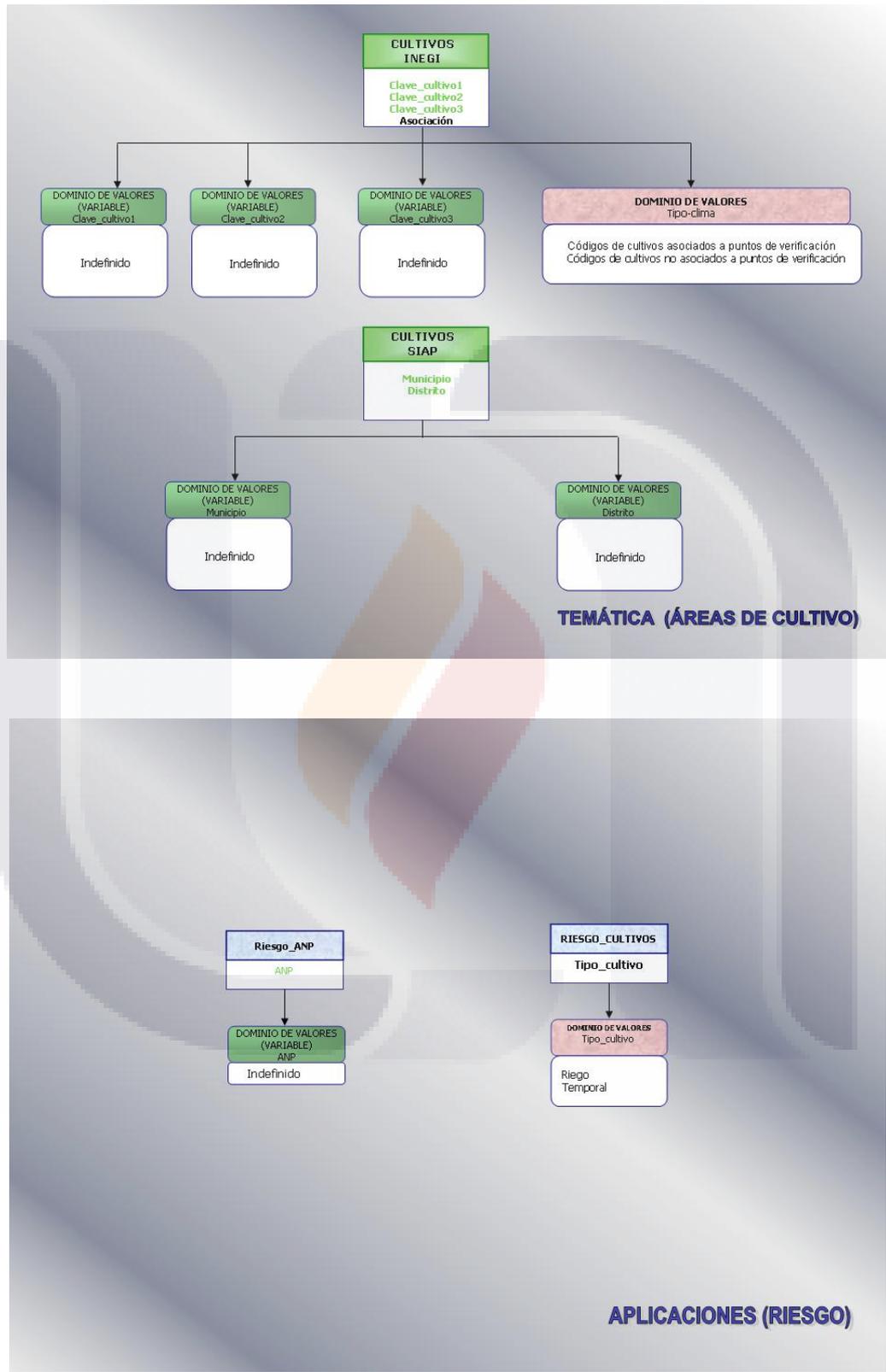
TEMÁTICA (USO DEL SUELO)

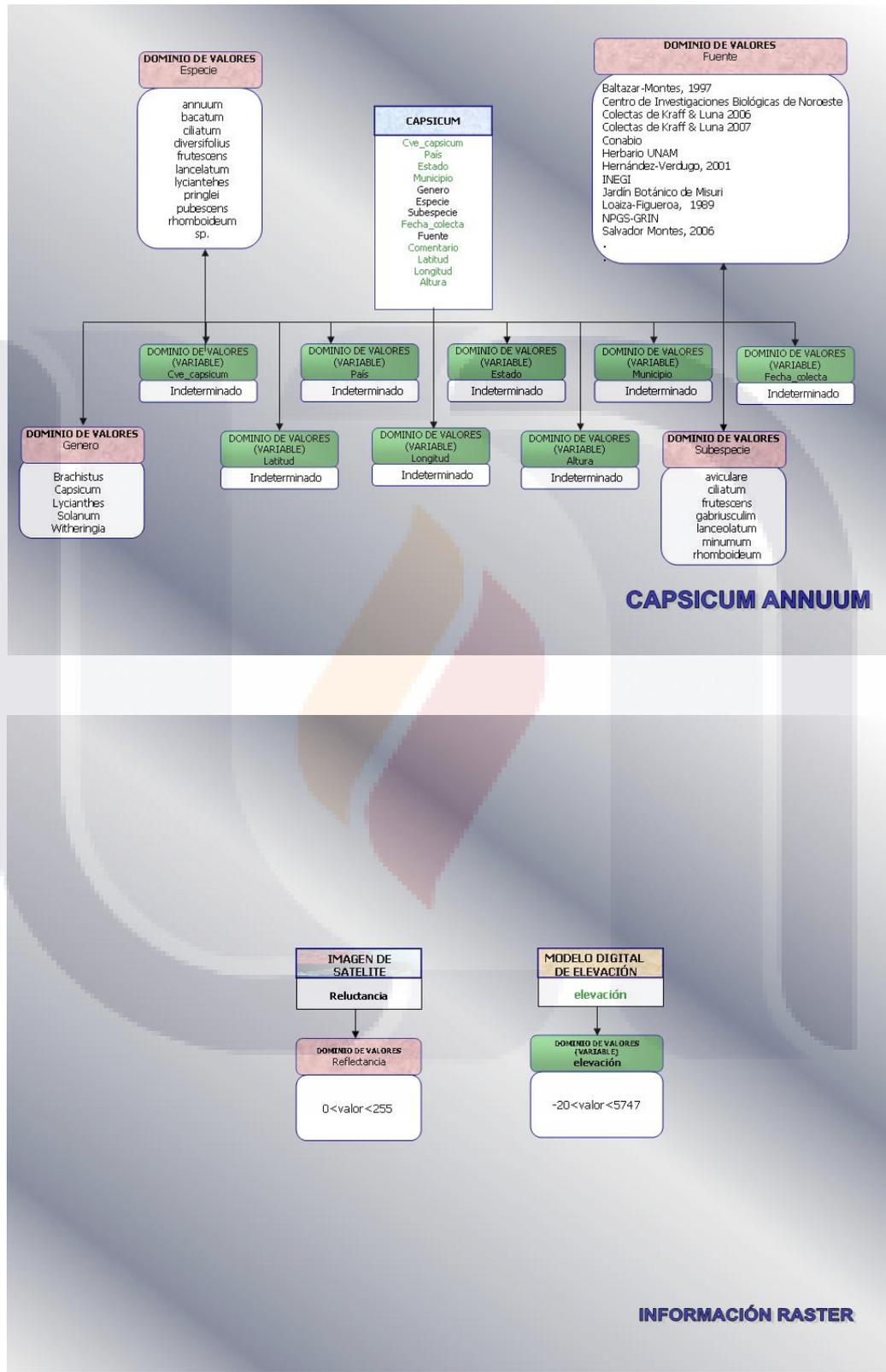


TEMÁTICA (CLIMA)



TEMÁTICA (ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS)





Anexo 5

Descripción Ecoregión 4	Área_total Km2	Área_ANP Km2	%
Bosque mesófilo de montaña de los Altos de Chiapas	6371.0	210.1	3.30
Bosque mesófilo de montaña del norte de Oaxaca	6401.3	85.5	1.34
Bosques de coníferas, encinos y mixtos de los Altos de Chiapas	10508.7	45.4	0.43
Cañones con selva baja caducifolia de la Sierra Madre Occidental	13646.5	2678.9	19.63
Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia	13381.8	357.0	2.67
Depresión de la Cañada con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	2346.8	1590.8	67.79
Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilos	65021.0	952.4	1.46
Desierto central Sonorense	30633.3	0.2	0.00
Desiertos del alto golfo (Altar, El Pinacate, corredor Mexicali-San Felipe, cuencas de Asunción, Sonoyta y San Ignacio-Aribaipa)	64682.7	9295.6	14.37
Ecosistemas insulares xerófilos bajacalifornianos del Mar de Cortés (Archipiélago Xerófilo Bajacalifornia)	669.7	609.8	91.06
Elevaciones mayores del desierto chihuahuense con vegetación xerófila, bosques de coníferas, de encinos	12201.3	6364.7	52.16
Humedales costeros del oriente del Mar de Cortés	679.2	0.2	0.03
Humedales costeros del pacífico bajacaliforniano	5779.4	4555.1	78.81
Humedales de la Laguna Madre	3247.3	2197.1	67.66
Humedales de la planicie aluvial del río Grande de Santiago	2370.4	0.8	0.03
Humedales de las desembocaduras de los ríos Mayo y Yaqui	1845.5	37.1	2.01
Humedales de Sinaloa	3401.5	304.4	8.95
Humedales del Caribe Mexicano	7856.4	4392.5	55.91
Humedales del delta del Río Colorado	4067.9	2539.9	62.44
Humedales del norte de Yucatán	3469.0	1725.9	49.75
Humedales del pacífico sur mexicano	1185.6	66.3	5.59
Humedales del Soconusco	2070.7	839.9	40.56
Humedales del sur del Golfo de México	18468.4	6521.2	35.31
Humedales lacustres del interior	2283.9	35.1	1.53
Islas del desierto sonorense con matorral xerófilo micrófilo-sarcocaule	1221.2	1195.4	97.89
Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora	78205.0	1546.2	1.98
Lomeríos con selva mediana caducifolia del sur de Oaxaca	8867.7	120.5	1.36
Lomeríos de la planicie de Sinaloa con selva baja caducifolia	532.1	46.3	8.71
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana superrennifolia	13880.7	0.2	0.00
Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia	14042.6	32.6	0.23
Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia	47915.7	8182.5	17.08
Lomeríos y planicies con matorral xerófilo y chaparral	22770.7	1533.9	6.74
Lomeríos y planicies con matorral xerófilo, pastizal y elevaciones aisladas con bosques de encinos y coníferas	32064.7	1465.5	4.57
Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (de la Sierra de Cucharas)	8284.4	272.8	3.29
Lomeríos y planicies del altiplano con matorral xerófilo y pastizal	55283.9	250.6	0.45
Lomeríos y sierras bajas del desierto chihuahuense norte con matorral xerófilo micrófilo-rosetófilo	66525.7	7515.9	11.30
Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos	65484.0	6502.5	9.93
Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino	25499.3	2621.2	10.28

Descripción Ecoregión 4	Área_total Km2	Área_ANP Km2	%
Piedemontes y planicies con pastizal, matorral xerófilo y bosques de encinos y coníferas	129189.7	1060.3	0.82
Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia	42341.8	512.8	1.21
Planicie con selva espinosa	1645.4	0.1	0.01
Planicie con selva mediana y alta subperennifolia	21348.0	1043.8	4.89
Planicie costera con selva baja espinosa	23318.5	563.3	2.42
Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa	11702.5	0.1	0.00
Planicie costera tamaulipeca con vegetación xerófila o sin vegetación aparente	11725.3	533.8	4.55
Planicie costera y lomeríos con selva alta perennifolia	9123.4	1223.3	13.41
Planicie costera y lomeríos del pacífico sur con selva baja caducifolia	34271.0	325.1	0.95
Planicie interior con mezquital	9881.8	0.6	0.01
Planicie interior tamaulipeca con matorral xerófilo	65902.0	1019.3	1.55
Planicie noroccidental con selva baja caducifolia	8816.8	269.9	3.06
Planicie y lomeríos con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	7563.1	863.7	11.42
Planicie y lomeríos con selva mediana subperennifolia del occidente	7600.3	944.5	12.43
Planicies aluviales de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte con matorral y mezquital xerófilos	16516.6	7.6	0.05
Planicies del altiplano zacatecano-potosino con matorral xerófilo micrófilo-crasicaule	73696.8	362.9	0.49
Planicies del centro del desierto chihuahuense con vegetación xerófila micrófilo-halófila	157679.8	5397.2	3.42
Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción occidental del Sistema Neovolcánico Transversal	4062.2	274.2	6.75
Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción oriental del Sistema Neovolcánico Transversal	6999.6	4.8	0.07
Planicies y lomeríos costeros bajacalifornianos del Mar de Cortés con matorral xerófilo sarco-sarcocras	11248.1	3900.0	34.67
Planicies y lomeríos de los desiertos del Vizcaino y Magdalena con vegetación xerófila sarco-sarcocras	37873.2	15642.2	41.30
Planicies y sierras del desierto central bajacaliforniano con matorral xerófilo sarcocrasicaule y rosetófilo	25134.8	21661.7	86.18
Selva alta perennifolia de la planicie costera del golfo	38365.0	144.3	0.38
Selva alta perennifolia de la vertiente del golfo de la Sierra Madre del Sur	44994.2	4920.6	10.94
Selva baja caducifolia de las islas del pacífico sur mexicano	405.0	404.7	99.93
Sierra con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental	3936.1	91.1	2.31
Sierra con bosque mesófilo de montaña del Sistema Neovolcánico Transversal	3619.0	283.8	7.84
Sierra con bosques de coníferas, encinos y mixtos	175356.6	15709.5	8.96
Sierra con bosques de encino y coníferas	533.9	372.1	69.68
Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos	47962.2	9222.3	19.23
Sierra de los Tuxtlas con selva alta perennifolia	3443.4	1531.1	44.46
Sierra de Maratines con selva mediana caducifolia	1272.8	42.6	3.35
Sierra Madre Centroamericana con bosque mesófilo de montaña	2970.5	1253.4	42.19
Sierra Madre Centroamericana con bosques de coníferas, encinos y mixtos	8029.8	772.0	9.61
Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca	61529.3	1777.4	2.89
Sierras con pradera de alta montaña y sin vegetación aparente	274.1	256.1	93.42
Sierras del occidente de Jalisco con bosque mesófilo de montaña	2163.2	847.1	39.16
Sierras del occidente de Jalisco con bosques de coníferas, encinos y mixtos	8901.5	1875.7	21.07
Sierras y lomeríos con bosques de coníferas, encinos y mixtos (de Juárez)	1138.0	30.8	2.71
Sierras y lomeríos con bosques de coníferas, encinos y mixtos (de San Pedro Martir)	721.5	479.6	66.47
Sistema de sierras del corredor de la Giganta con vegetación xerófila y subtropical	11313.9	9.5	0.08
Valle de Tehuacán con matorral xerófilo	4971.5	1583.0	31.84
Valles centrales de Oaxaca con mezquital, selva baja caducifolia y bosque de encino	3798.5	10.8	0.28
Valles endorreicos de Cuatro Ciénegas con vegetación xerófila micrófilo-halófila-gipsófila	3288.6	1322.1	40.20
Valles y piedemonte con selvas bajas, mezquitales y bosques de encino	203.0	12.4	6.10