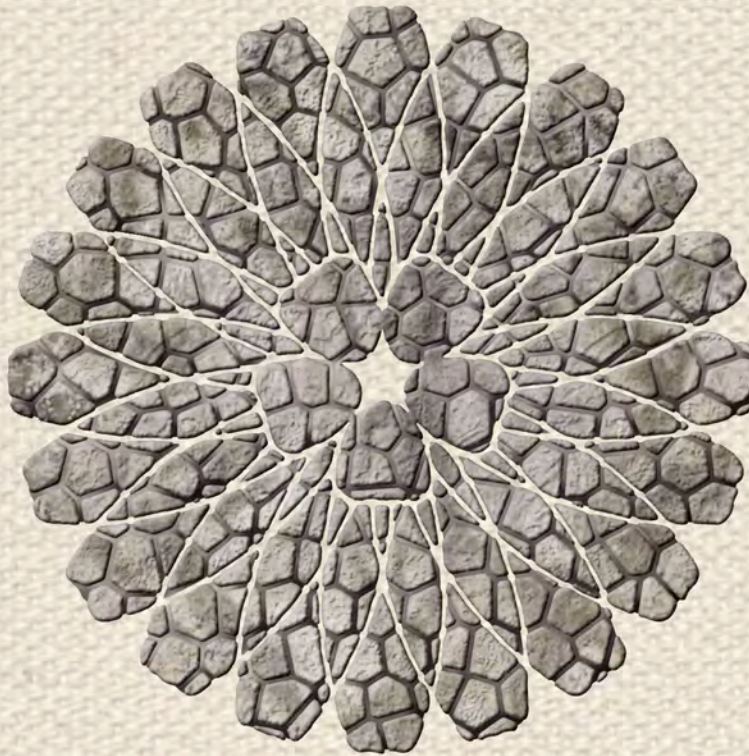


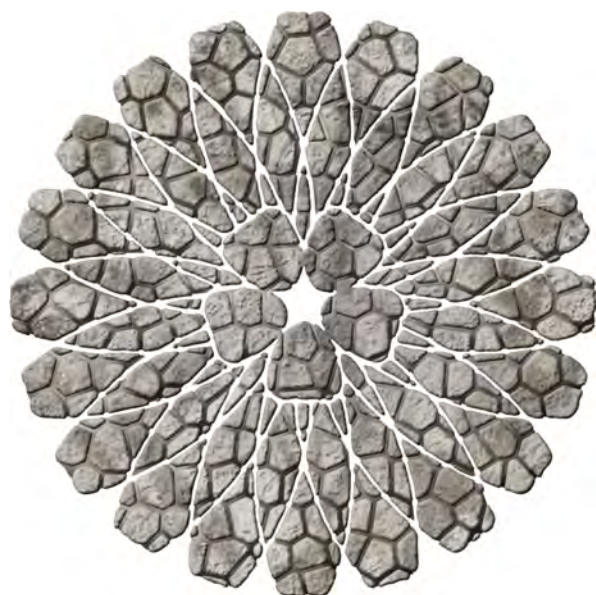
Red Cempoalxóchitl



El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)



El Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) es un programa de la SAGARPA coordinado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Su objetivo central es la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos fitogenéticos, que son las plantas que nos proveen sobre todo de alimentos, pero también de vestido, medicinas, combustible y otros bienes, incluso ornamentales, como las flores.



**El recurso genético
cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.)
de México (Diagnóstico)**



Directorio

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Lic. Enrique Martínez y Martínez

Secretario

Lic. Jesús Aguilar Padilla

Subsecretario de Agricultura

Dr. José Arnulfo del Toro Morales

Dirección General de Productividad y Desarrollo Tecnológico

Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

Rector

Dr. Ramón Valdivia Alcalá

Director General Académico

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

Director General de Investigación y Posgrado

Ing. José Guadalupe Gaytán Ruelas

Director General de Administración

M. en C. Domingo Montalvo Hernández

Director General de Patronato Universitario

Ing. Raúl Reyes Bustos

Director General de Difusión Cultural y Servicio

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas

Ing. Enriqueta Molina Macias

Directora General del SNICS

M. en C. Rosalinda González Santos

Directora de Recursos Fitogenéticos



El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes spp.*) de México (Diagnóstico)

Miguel Ángel Serrato Cruz

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PECUA Y ALIMENTACIÓN



SINAREFI

Sistema Nacional de Recursos Genéticos
de los Animales de Granja



Red
Cempoalxochitl

Autor:

Miguel Ángel Serrato Cruz

Diseño de portada y formación:

L. D. G. Moisés Morales González

Primera Edición Diciembre 2014

ISBN: 978-607-12-0373-1

D.R. © Universidad Autónoma Chapingo
Km 38.5 carretera México – Texcoco
Chapingo, Texcoco, Edo. de México, CP 56230

Departamento de Fitotecnia
Tel.: (595) 9521500 exts. 6186, 6390

La reproducción total o parcial de esta publicación, ya sea mediante fotocopias o cualquier otro medio, requiere la autorización por escrito del representante legal de la Universidad Autónoma Chapingo.

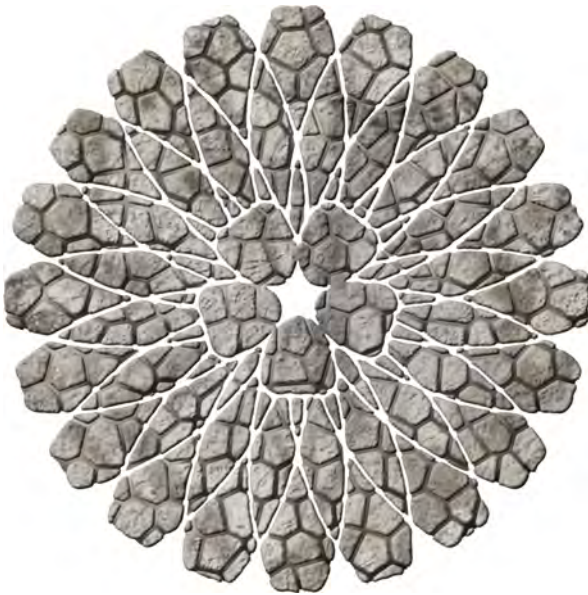
Impreso en México.

“Este programa es de carácter público, no es patrocinado ni promovido por partido político alguno y sus recursos provienen de los impuestos que pagan todos los contribuyentes. Está prohibido el uso de este programa con fines políticos, electorales, de lucro y otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de este programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente”.

I.	Introducción	9
1.	Taxonomía del género	12
2.	Características botánicas y agronómicas	15
2.1	Morfología	15
2.2	Cabezuela	31
2.3	Polen	32
2.4	Polinización	33
2.5	Hábito	34
2.6	Raíz	34
2.7	Tallo	35
2.8	Hojas	35
2.9	Cavidades secretoras	36
2.10	Estomas	36
2.11	Pubescencia	36
2.12	Fenología	37
2.13	Reproducción y mejoramiento genético	40
2.14	Citogenética	40
3.	Condiciones de hábitat natural	42
4.	Respuesta a prácticas agrícolas	43
4.1	Semillas y viveros	46
4.2	Plantaciones	46
4.3	Producción	49
5.	Aprovechamiento de las especies del género	49
6.	Capacidad de regeneración natural	51
7.	Importancia del género	52
7.1	Económica	52
7.2	Ecológica	54
7.3	Social	55
II.	Conservación <i>in situ</i>	57
1.	Áreas de distribución real y potencial del género	59
2.	Especies, razas o variedades locales amenazadas	118
3.	Áreas o regiones donde se realiza conservación <i>in situ</i> del género	130
4.	Participación de agricultores y de organizaciones locales de agricultores, bancos de germoplasma y comunitarios	131

III. Conservación <i>ex situ</i>	133
1. Colecciones <i>ex situ</i> existentes	134
2. Protocolo de colecta: muestreo y obtención de la muestra	137
3. Instituciones que participan en la conservación <i>ex situ</i>	138
4. Protocolo de regeneración y/o incremento de semilla	139
IV. Utilización de los recursos fitogenéticos	143
1. Caracterización del germoplasma	144
a. Morfología	144
b. Perfil de aceites esenciales	145
c. Pigmentos	147
d. Azúcares	148
e. Marcadores moleculares	150
2. Instituciones que intervienen en la caracterización y evaluación	155
3. Usos actuales y potenciales de género	155
V. Creación de capacidades	157
1. Directorio de investigadores, productores, instituciones y organizaciones que han participado en la red	158
2. Disposiciones legales	161
2.1 Marco legal	161
3. Legislaciones federales, estatales y locales respecto al usufructo	162
4. Propuesta del plan estratégico de trabajo para la conservación y aprovechamiento de <i>Tagetes</i> (2013-2018)	162
VI. Conclusiones	169
VII. Literatura citada	175

Capítulo I



Presentación

I. Introducción

Previo a la llegada de los europeos al Continente Americano, en Mesoamérica el grupo náhuatl utilizaba el nombre cempoalxóchitl para referirse a una diversidad de plantas con hojas y tallos verdes en diferentes tonalidades, muy aromáticas, con cabezuelas de pétalos vistosos por sus colores, entre ellos el anaranjado, amarillo, rojo, y sus combinaciones. En los Códices de la Cruz-Badiano y el Florentino del siglo XVI, así como en el trabajo del protomédico Francisco Hernández, se menciona una serie de variedades de plantas cempoalxóchitl: hembra y macho Cempoalxóchitl, Tzitziquilitl, Yiahutli, Tepecempoalxóchitl, Macuilxóchitl, Tlapalcozatli, Oquichtli, Tlapaltecacayatl y Zacaxochitlcoztic. Todas estas plantas eran utilizadas por los mesoamericanos en diferentes maneras: ceremoniales, medicinales, atenuante y comestible (Estrada, 1998). En América Central y en Sudamérica, los grupos humanos que ocuparon esos territorios también emplearon especies de *Tagetes*, por ejemplo, los quechuas de Perú siguen utilizando el Huacatay (*Tagetes terniflora* H.B.K.) para la preparación de carne de cuy (roedor comestible), o bien, entre los mayas de Guatemala y de Chiapas, México emplean la Chij Chawa (*Tagetes nelsonii* Greenm.) contra enfermedades gastrointestinales.

Las especies que conforman al grupo cempoalxóchitl pertenecen al género *Tagetes*, que es endémico del continente Americano; para México se estima la presencia de 35 especies de las 58 referidas para América. En las travesías de navegantes portugueses y españoles en el siglo XVI, tres especies (*T. erecta*, *T. patula*, *T. minuta*) fueron llevadas a Europa, África e India (Neher, 1965); a partir del siglo XIX, dos de ellas (*T. erecta*, *T. patula*) han sido objeto del más amplio trabajo de mejoramiento genético, y en los últimos diez años en el extranjero se han desarrollado plantas transgénicas y se han patentado procesos para su obtención como sobreproductoras de pigmento y de metabolitos secundarios (USPTO, 2013). En Sudáfrica existen industrias que procesan aceites esenciales de *Tagetes* para perfumería, en India se obtienen productos bioplásticos y

pigmentos. En la actualidad, prácticamente las variedades ornamentales e industriales de *Tagetes* para fines de uso comercial son extranjeras.

Desde hace 65 millones de años en que surgió la familia Asteraceae, a la que pertenece el género *Tagetes*, se fue generando y distribuyendo una amplia gama de especies que conforman a este género en América (Harthborne *et al.*, 1977); en Mesoamérica hace 3000 años se dieron procesos de domesticación de algunas especies con cabezuelas vistosas por su color y aroma con fines ceremoniales (Soule, 1993); sin duda, en Sudamérica probablemente también ocurrieron procesos de domesticación, como en el caso del Huacatay. En México, muchas de las especies utilizadas por los grupos mesoamericanos, antes de la conquista española, continúan usándose en forma tradicional, aunque la falta de estudios etnobotánicos dificulta valorar los conocimientos que aún tienen los grupos campesinos e indígenas sobre *Tagetes*, y por lo mismo, varias de las especies de *Tagetes* son desconocidas e incluso olvidadas. Aunque la información de los herbarios nacionales e internacionales sean una valiosa referencia sobre la existencia de *Tagetes* como recurso natural de México, tal valor se podría potenciar al conformar bancos de germoplasma que posibiliten realizar estudios dirigidos al aprovechamiento del género *Tagetes* de México para desarrollar variedades como fuente de medicina, pigmento, alimento, nutracéutico, biopesticida, sabor, aroma y ornato. Las tareas de conservación del germoplasma de *Tagetes* y la posibilidad de su uso y potenciación como recurso fitogenético implica: preservar y coleccionar a las especies, revisar su taxonomía, ubicar distribución y situación de riesgo, así como caracterizar el recurso natural desde diferentes puntos de vista: morfología, química, toxicología, genética, agronomía y etnobotánica, entre otras; es decir, se requiere sistematizar el conocimiento sobre el recurso natural *Tagetes* para su aprovechamiento y desarrollar capacidades que lo hagan posible. En este contexto, la SAGARPA, a través del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) coordinado por el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS),

ha estado promoviendo la creación de redes de investigación en plantas mexicanas, en este caso la Red Cempoalxóchitl formada en 2008. En el documento que se está presentando se aborda un diagnóstico que compila información sobre tópicos generales sobre *Tagetes* de México, que en este trabajo, por los antecedentes arriba presentados, convencionalmente se le dará el nombre de cempoalxóchitl; también se presenta en forma particular información relacionada con la situación de la conservación *in situ* y *ex situ*, uso y potenciación del recurso natural y creación de capacidades, cuatro líneas estratégicas del SINAREFI cuyo diagnóstico será punto de partida para desarrollar propuestas que conformen un Plan Estratégico que guíe el estudio y el aprovechamiento de este recurso natural de México.

1. Taxonomía del género

El género *Tagetes* pertenece a la tribu *Tageteae* de la Familia Botánica Asteraceae o Compositae, la cual está formada por tribus, géneros, especies y otras categorías taxonómicas infraespecíficas poco tratadas, lo que quiere decir que hay una rica diversidad de plantas con características morfológicas particulares, tanto a nivel de partes reproductivas como de cualquier otra parte de la planta. Esta familia botánica quizá sea la segunda más numerosa y más distribuida en el mundo. En el Continente Americano, Asteraceae es especialmente abundante, al parecer, por su origen formativo se trata de una familia endémica de América (Harthborne *et al.*, 1977). Cerca del 10 % de Asteraceae, se estima, se encuentra en México, lo que significa que nuestro país es un centro de radiación de especies, géneros y tribus. En el caso de *Tagetes*, cuyas 58 especies se distribuyen en América (Soule, 1993), 33 a 35 se encuentran en México, estimación que parcialmente se basa en el análisis que hace Serrato (2011) comentando lo siguiente:

“En las obras de Rydberg (1915), Neher (1965), Williams (1976), McVaugh (1984), Soule (1993), Turner (1996), Panero y Villaseñor (1996) y Villarreal (2003) se aprecian los cambios diacrónicos y longitudinales

en el estatus de las especies de *Tagetes* distribuidas en México, y que notoriamente han influido la nomenclatura de especímenes en herbarios nacionales, tal es el caso de *Tagetes tenuifolia* Cavanilles referida en herbarios nacionales que ha tenido que corregirse por la de *T. lunulata* Ortega, a su vez, reidentificando los especímenes de *T. tenuifolia*; así también, el reacondo de especies que recientemente hace Turner (1996) al considerar que los cultivares hortícolas que Soule (1993) incluye como especies, deben ubicarse como elementos silvestres, o el caso de la incorporación de *Addenopapus persicaefolius* a *Tagetes* apoyada por evidencia molecular (Loockerman *et al.*, 2003)". Tomando en cuenta las obras de Soule (1993) y Turner (1996), el análisis de la situación del género de Serrato (2010), la consulta de herbarios nacionales y bases de datos REMIB, TROPICOS, Texas Herbarium, y la comunicación con taxónomos mexicanos durante el trabajo de colecta de semillas promovido por la Red Cempoalxóchitl del SINAREFI durante 2008 a 2012, se hace una estimación de 33 especies de *Tagetes* en México, dos de ellas presentan variedades (*T. coronopifolia* var. *coahuilensis* y *T. moorei* var. *breviligulata*). Soule (1993) consigna que *T. queretana* y *T. excelsa* son especies mexicanas, con lo cual serían 35 especies, sin embargo, de ellas no se ha detectado información en herbarios mexicanos. A continuación se enlista a las 35 especies de *Tagetes* notificadas para México.

1. *T. arenicola* Panero & Villaseñor.
2. *T. coronopifolia* Willd.
- 2a. *T. coronopifolia* Willd. var. *coahuilensis* Soule.
3. *T. elongata* Willd.
4. *T. eppaposa* B. L. Turner.
5. *T. erecta* L.
6. *T. excelsa* Soule.
7. *T. filifolia* Lag.
8. *T. foetidissima* D. C.
9. *T. hartwegii* Greenm.
10. *T. jaliscensis* Greenm.
11. *T. lacera* Brandegee.

12. *T. lemmonii* A. Gray.
13. *T. linifolia* Seaton.
14. *T. lunulata* Ort.
15. *T. lucida* Cav.
16. *T. micrantha* Cav.
17. *T. microglossa* Benth.
18. *T. minuta* L.
19. *T. moorei* H. Rob.
- 19a. *T. moorei* var. *breviligulata* Villarreal.
20. *T. mulleri* Blake.
21. *T. nelsonii* Greenm.
22. *T. oaxacana* B. L. Turner.
23. *T. palmeri* A. Gray.
24. *T. parryi* A. Gray.
25. *T. patula* L.
26. *T. persicaefolius* (Benth.) B. L. Turner.
27. *T. pringlei* S. Wats.
28. *T. queretana* Soule.
29. *T. remotiflora* Kunze.
30. *T. stenophylla* B. L. Rob.
31. *T. subulata* Cerv.
32. *T. subvillosa* Lag.
33. *T. tenuifolia* Cav.
34. *T. terniflora* H. B. K.
35. *T. triradiata* Greenm.

Por la enorme variabilidad morfológica de *Tagetes* observada directamente en los hábitats en los que se han colectado varias poblaciones de las diferentes especies durante los trabajos de colecta de 2008 a 2012 por la Red Cempoalxóchitl, se concluye que hace falta definir varias categorías infraespecíficas y nuevas especies. La taxonomía de *Tagetes* es tendente a desarrollar nomenclatura infraespecífica considerando la amplia variabilidad morfológica en poblaciones de especies ampliamente distribuidas como *T. erecta*, *T. filifolia*, *T. lunulata*, *T. lucida*, *T. micrantha*, *T. patula*, *T. remotiflora* y *T. subulata*, y aún en algunas endémicas como *T. parryi*.

La exploración en las áreas aisladas ubicadas en las cadenas montañosas en Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca y Veracruz, por estar asociadas con ambientes climático-edafo-geológicos particulares, pueden representar sitios potenciales de otras especies o variedades de *Tagetes*, tal como se ilustra en los trabajos que condujeron a los hallazgos, relativamente recientes, de *T. eppaposa* (Turner, 1988), *T. oaxacana* (Turner, 1988), *T. arenicola* (Panero y Villaseñor, 1996), *T. moorei* (Robinson, 1973) y var. *breviligulata* (Villarreal y de la Rosa, 2002). Durante la colecta de *Tagetes* en 2012 hacia la parte sur de Zacatecas, en los Cañones de Juchipila y de Tlaltenango, y en la Sierra Tarahumara en Guachochi hacia Batopilas, se encontró a *T. microglossa* que se supone solamente se distribuye en Guatemala y con escasos registros en Chiapas, especie identificada en ejemplares de herbario de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zacatecas. La presencia en México de otras especies aparentemente extranjeras, entre las que se encuentran *T. minuta* y *T. terniflora* (especies de América del Sur) referidas por Turner (1996), son evidencias interesantes para la biología y evolución del género y para su aprovechamiento en la agricultura mexicana.

2. Características botánicas y agronómicas

2.1. Morfología

El general, el género *Tagetes* se distingue morfológicamente por lo siguiente. Plantas herbáceas anuales y también perennes, algunas parecen arbustos; tallos comúnmente glabros, erectos hasta 220 cm de altura y puede alcanzar 3 cm de diámetro, rastrero o colgante y decumbentes; hojas opuestas, o en la parte baja opuesta y en la parte superior de la planta alternas, en algunas especies las hojas son simples ovado-acuminadas o lineares, pero la mayoría tiene hojas pinnadas o pinatífidas con foliolos enteros, lineares o dentados con hileras conspicuas de glándulas oleíferas pelúcidas, ovales o circulares aunque no es una característica generalizada para todas las especies, las hojas presentan glándulas donde se

forman aceites esenciales; los capítulos pueden ser solitarios o estar en conjunto conocido como cimoso; siempre con pedúnculo y con glándulas oleíferas en la parte externa del involucre; en la base de la cabezuela por lo general se forman brácteas reducidas; el involucre puede ser cilíndrico a semiesférico; brácteas en 1 a 3 hileras, libres a fusionadas (en parte o por completo); el receptáculo floral plano a cónico, no tiene páleas; las flores individuales radiales frecuentemente con lígulas de tipo pistilado (androestériles), color amarillo, anaranjado y blancas (poco frecuente); las flores individuales del disco floral sin lígula, son hermafroditas y las corolas rudimentarias presentan color amarillo; aquenios de forma prismática a cilíndrica; vilano de cerdas, excepcionalmente ausente (Neher, 1965; Turner, 1993; Villarreal, 2002) .

A continuación se presenta una breve descripción de las especies de acuerdo con el siguiente orden: anuales y perennes terrestres, subacuáticas, endémicas y posiblemente introducidas y nuevos materiales, adicionalmente se incluyen imágenes, aunque no para algunas especies.

***T. coronopifolia* Willd.**

Herbácea anual, erecta desde 5 hasta de 50 cm de alto, comúnmente ramificado, estriado. Muy aromática. Hojas opuestas o a veces las superiores alternas, hasta de 4 cm de largo, divididas en segmentos muy delgados que a su vez pueden estar divididos en segmentos o simplemente con lóbulos. Cabezuelas sobre pedúnculos de hasta 3 cm de largo. Flores liguladas frecuentemente ausentes o difícilmente observables a primera vista (Villarreal, 2003).

***T. erecta* L.**

Planta herbácea anual con aroma, por lo común de 40 a 60 cm, en cultivo hasta de 1.8 m de alto; tallos erectos, estriados, ramificados en la porción superior; hojas pinnadas, de 4 a 12 cm de largo, frecuentemente con 5 a 15 folíolos lanceolados a elípticos, dentados; cabezuelas solitarias o agrupadas en cimas corimbosas terminales, pedúnculos clavados de 5 a 15 cm de largo; involucros campanulados, de 12 a 18 mm; flores liguladas 5 a numerosas, de 8 a 18 mm de largo y 6 a 10 mm de ancho, amarillo-anaranjado; flores del disco 40 a 400, tubulares, amarillas (Villarreal, 2003).



***T. filifolia* Lag.**

Planta herbácea anual de 10 a 40 cm de alto, con olor a anís al estrujarse; el primer par de hojas verdaderas es pinnado. Tallos erectos, ramificados; hojas en su mayoría opuestas, de 1 a 3 cm de largo, pinnadas con 3 a 9 folíolos lineares; cabezuelas usualmente terminales, sin sobresalir mucho del follaje, en pedúnculos de 0 a 15 mm de largo; involucros fusiformes, de 8 a 10 mm de largo, de color verde; flores liguladas 1 a 3, blanco; flores de disco amarillas (Villarreal, 2003).



***T. foetidissima* D. C.**

Planta herbácea anual, de 20 a 80 cm de alto, aromática al estrujarse; tallos erectos, ramificados en la parte superior; hojas sésiles, pinnadas, con folíolos elípticos a oblanceolados, margen serrulado, con glándulas circulares en el envés; cabezuelas terminales y axilares, en grupos de 3 a 7 con arreglo corimboso, sin sobresalir mucho el follaje, en pedúnculos de 1 a 2 cm de largo; involucros de color verde a púrpura; flores liguladas 3 a 5, amarillas; flores del disco amarillo-verdosas (Villarreal, 2003).



***T. linifolia* Seaton.**

Hierbas perennes arbustivas 20-40 cm alto; hojas pinnadas en divisiones lineares oblanceoladas serradas o laceradas la mayoría 0.5-3.0 mm de ancho; cabezuelas radiales pedúnculos erectos 7-15 cm de largo; involucre turbinado; flores radiales en su mayoría 5, ligulas amarillas, a menudo salpicada de rojo; flores del disco 40-60, amarillo-naranja (Turner, 1996).

***T. lunulata* Ort.**

Planta herbácea anual de 30 a 80 cm, a veces hasta de 2 m de alto, muy aromática al estrujarse, con cierto parecido a *T. tenuifolia* (Turner, 1996); tallos erectos, ramificados, frecuentemente con tintes purpúreos; hojas pinnadas, de folíolos dentados; cabezuelas dispuestas en cimas corimbosas terminales; involucros de color verde con tintes purpúreos; flores liguladas 5, amarillo a amarillo-anaranjado, con líneas anaranjado-rojizas en forma de "V" en la base; flores del disco 20 a 35 (Villarreal, 2003).



***T. micrantha* Cav.**

Planta herbácea anual de 10 a 50 cm de alto, con olor a anís; el primer par de hojas verdaderas es lineal. Tallos erectos, ramificados; hojas en su mayoría opuestas, de 1 a 3 cm de largo, pinnadas con 3 a 9 folíolos lineares, las superiores sólo con 1 a 3 folíolos; cabezuelas usualmente terminales, en pedúnculos de 15 a 40 mm de largo; involucre fusiforme de color verde a púrpura; flores liguladas 0 a 3, blanco; flores del disco 4 a 10, amarillas (Villarreal, 2003).



***T. patula* L.**

Anual, erecta, ramificación libre, con frecuencia coloreada de púrpura; tallo de 20-85 cm de largo; hojas pinnadas, de 1-3 cm de largo; inflorescencias de cabezuelas cimosas solitarias; pedúnculos de 5-10 cm de largo, alargados hacia el ápice; involucre elipsoide-cilíndrico; flores radiales 6-8 lígulas, amarillo o anaranjado, frecuentemente con una mancha rojiza en la base, 8-14 mm de largo, 6-10 mm de ancho; flores del disco 56-70 (Neher, 1965).



***T. remotiflora* Kunze.**

Planta herbácea anual de 10 a 70 cm de alto, aromática al estrujarse; tallos erecto, ramificación ascendente; hojas pinnadas, de 3 a 10 cm de largo, frecuentemente con 9 a 21 folíolos lineares a lanceolados, dentados; cabezuelas solitarias o agrupadas en cimas corimbosas terminales, en pedúnculos ligeramente clavados de 1.5 a 4 cm de largo; involucros fusi-formes, de color verde a púrpura; flores liguladas 4 ó 5, amarillo-anaranjado; flores del disco 12 a 20, con tintes rojo-púrpura; (Villarreal, 2003).

***T. tenuifolia* Cav.**

Muy parecido *T. erecta*, pero las divisiones de la hoja en su mayoría más numerosas y más angostas, las flores del disco con lóbulos color amarillo o amarillo-anaranjado teniendo las superficies internas con pelos o vellosidades cortas (Turner, 1996).



***T. triradiata* Greenm.**

Planta herbácea anual de 20 a 60 cm de alto, aromática al estrujarse; tallos erectos frecuentemente con tintes purpúreos; hojas pinnadas, de 2 a 5 cm de largo, con 9 a 17 folíolos oblanceolados, aserrados; cabezuelas terminales y axilares en las ramas, en pedúnculos delgados de 2 a 4 cm de largo; involucros subcilíndricos a turbinados, de 12 a 18 mm de largo, verdes con tintes de color púrpura; flores liguladas 3, amarillo claro; flores del disco 10 a 20, tubulares, de 7 a 10 mm de largo, amarillas (Villarreal, 2003). Superficialmente se parece a *T. foetidissima*, pero con pedúnculos más largos, aquenios y lígulas más cortos (Turner, 1996).



***T. moorei* H. Rob.**

Planta herbácea anual o perenne, con parecido a *T. parryi* (Turner, 1996), de 8 a 40 cm de alto, aromática al estrujarse; tallos ramificados desde la base, erectos, con frecuencia con tintes de color púrpura; hojas pinnadas, márgenes dentados; cabezuelas solitarias, terminales y en las axilas superiores, en pedúnculos engrosados en la porción apical, tan anchos como las ramas: involucros de color verde con tintes purpúreos; flores liguladas 5 ó 6 (8), amarillo-anaranjadas; flores del disco 10 a 20 (50), amarillas (Villarreal, 2003).



***T. minuta* L.**

Planta alta, erecta, anual de 1.5 m de altura; hojas pinnadas alternas, 8-10 cm de largo, 9-13 divisiones, las cabezuelas muy estrechas (1-2 mm de ancho) con flores radiales cortas y amarillas, 0.5-1.0 mm de largo, agrupadas en corimbos terminales casi sésiles (Turner, 1996).

***T. terniflora* H. B. K.**

Arbustito glabro y erecto hasta 1.5 m, fácilmente reconocible por su hábito robusto, racimos de pequeñas cabezuelas turbinadas y pequeñas flores radiales. Parecida en el hábito a *T. minuta* cultivada, pero cabezuela fusiforme, y sobre todo en pedúnculos de 3-10 mm de largo (Turner, 1996).



***T. lucida* Cav.**

Planta herbácea perenne de hasta 1 m de alto, fuerte olor a anís al estrujarse; tallos erectos, varios desde la base, poco ramificados; hojas simples, sésiles, elípticas a lanceoladas; cabezuelas agrupadas en cimas corimbosas y terminales, en pedúnculos de 0 a 20 mm de largo; involucros cilíndricos a fusiformes, de color verde a púrpura; flores liguladas usualmente 3, amarillo claro a amarillo-anaranjado; flores del disco 5 a 8 (hasta 30), amarillas (Villarreal, 2003).



***T. stenophylla* B. L. Rob.**

Hierbas perennes, aromática, de raíces leñosas, 50-100 cm de altura; hojas sésiles, pinnadas con divisiones linear-oblancoadas; cabezuelas solitarias en pedúnculos alargados, en su mayoría de 10-20 cm de largo; involucros elipsoide casi campanulados; flores radiales 5, las lígulas de color naranja o amarillo-naranja; flores del disco 30-60, color amarillo con puntas de color rojizo (Turner, 1996).



***T. arenicola* Panero & Villaseñor.**

Perennes de consistencia herbácea de 30-60 cm de altura, aromática al contacto, cabezuelas parecidas a las de *T. lucida*, pero solitarias y no en corimbo como en *T. lucida*, corolas amarillo brillante a amarillo anaranjado, herbácea y algo áspera a causa de puntos pequeños.

***T. hartwegii* Greenm.**

Planta anual-perenne parecida a *T. palmeri* pero con involucros campanulados (en *T. palmeri* son cilíndricos), y los aquenios del disco floral epaposos (Turner, 1996).



***T. lacera* Brandegee.**

Hierbas anuales-perennes erectas de 1.5 m de altura; hojas de 10-15 cm de largo, pinnadas en divisiones de 7-11, lanceoladas, aserradas; cabezuelas simples en pedúnculos 5-15 cm de largo; involucros 12-16 mm de largo, 7-9 mm de ancho; flores radiales 5-8, las lígulas 6-10 mm de largo, amarillo; aquenios de 8-9 mm de largo (Turner, 1996).



***T. lemmonii* A. Gray.**

Planta herbácea erecta, perenne, 30-100 cm de altura; hojas pinnadas con divisiones de 3-7 (5), linear-lanceoladas a elípticas, margen serrulado; cabezuela radiada, de 3 a 50 en cimas terminales, pedúnculos de 2-4 cm de largo; involucros turbinado-elípticos, de 8-11 mm de largo, 4-8 mm de ancho; flores radiales 5-8, amarillas, lígulas de 10-15 mm de largo; flores del disco 30-60, amarillo (Turner, 1996).



***T. nelsonii* Greenm.**

Hierbas perennes, arbustos o arbustitos a 1 m de altura, hojas de 5-12 cm de largo, pinnadas con divisiones de 5-9, foliolos 2-6 cm de largo y 6-20 mm de ancho; numerosas cabezuelas en címulas terminales, la mayoría de los pedúnculos 3-15 mm de largo; cabezuelas turbinadas con abundantes glándulas oscuras; flores radiales 5, las lígulas amarillas, 10-15 mm de largo; flores del disco 10-25, las corolas amarillas (Turner, 1996).

***T. parryi* A. Gray.**

Hierbas o arbustos, de 30-50 cm de altura; hojas pinnadas 3-7 divisiones, elípticas de 1-3 cm de largo, 0.5-1.2 cm de ancho, márgenes finamente serrulados; cabezuelas radiales en más pedúnculos rígidos 8-15 cm de largo, muy dilatado en el ápice; flores radiales 5-8, amarillas, de 12-20 mm de largo; flores del disco 50-60, las corolas de color amarillo con lóbulos lineal (Turner, 1996).



***T. persicaefolius* (Benth.) B. L. Turner.**

Hierbas de tallo simple erecto de 1-2 m de altura, subacuática, sin aroma; hojas lanceoladas-lineales, simple, claramente perfoliado, las hojas de 10-15 cm de largo, 1.2 cm de ancho, márgenes ligeramente serrulados; cabezuela larga, simple en pedúnculos gruesos; involucros 11-14 mm de altura, campanulados (Turner, 1996).



***T. pringlei* S. Wats.**

Planta herbácea anual, sin aroma, de 30 a 70 cm de alto, frecuentemente con raíces adventicias en los nudos inferiores, subacuática; tallos erectos, usualmente solitarios, poco ramificados; hojas simples, sésiles, de 5 a 10 cm de largo y 3 a 12 cm de ancho; cabezuelas solitarias o dispuestas en grupos cimosos, en pedúnculos de 2 a 40 mm de largo; involucros fusiformes de color verde a púrpura; flores liguladas 1 ó 2, amarillo; flores del disco 3 a 5, amarillas (Villarreal, 2003).



***T. eppaposa* B. L. Turner.**

Perennes de consistencia herbácea de 30-60 cm de altura, aromática al contacto, cabezuelas parecidas a las de *T. lucida*, pero solitarias y no en corimbo como en *T. lucida*, corolas amarillo brillante a amarillo anaranjado, herbácea y algo áspera a causa de puntos pequeños.

***T. elongata* Willd.**

Planta herbácea, anual, con aroma, presencia de lígulas doradas en los márgenes laterales, amarillos en el centro; lígulas con longitud de 3-10 mm y ancho 1.5- 6 mm; involucros de 8-15 (-18) mm de largo, y ancho 4-6 (-8) mm; 18-25 flores individuales por cabezuela; involucros urceolados ocasionalmente ovoides (Soule, 1993).

***T. jaliscensis* Greenm.**

Planta erecta de 25-55 cm de alto, anual de aroma pungente; tallo con frecuencia color púrpura, ramificado en la parte superior de la planta; hojas pinnadas, de 2-13 cm de largo, 1.5- 5 cm de ancho; foliolos 7-13 cm, lineal lanceolados, delgados; inflorescencia corimbosa; pedúnculos de 2-4 cm de largo; involucro estrechamente fusiforme; flores radiales 4-5, lígulas anaranjado brillante; flores del disco floral 10-12 (Neher, 1965).

***T. microglossa* Benth.**

Herbácea anual, glabra, de fuerte olor pungente, de 20 a 40 cm de altura; tallo estriado, hojas pinnadas, de 7 a 13 foliolos, de 2 a 5 cm de longitud, irregularmente serradas; la inflorescencia es una cima, pedúnculo de 3 a 6 cm, involucro tubular campanulado de 12 a 16 mm de longitud y de 4 a 5 mm de ancho; flores radiales de 3 a 5, lígulas anaranjadas de 3 a 4 mm de longitud; flores del disco de 10 a 15 (Neher, 1965).

***T. mulleri* Blake.**

Herbácea perenne arbustiva de 70 cm de alto, con aroma a menta; tallo solitario, erguido, de profundas raíces duras o rizomas delgados; hojas opuestas, pinnadas 8-12 cm de largo, 4.9 cm de ancho; divisiones principales de la hoja 6-9, 3-5 cm de largo, 6-20 mm de ancho; cabezuelas radiadas, en pedúnculos de 5-9 cm de largo; involucros 10-12 mm de alto, ampliamente turbinados; flores radiales 8, lígulas amarillas, 15-20 mm de



El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)

largo; flores del disco 30-40, las corolas verde oscuro (Turner, 1996).

***T. oaxacana* B. L. Turner.**

Planta arbustiva delgada hasta 1 m de alto; muy parecido a *T. linifolia* pero con hojas pinnadas con divisiones de 15-27, filiformes, 10-20 mm de largo y alrededor de 0.5 mm de ancho (Turner, 1996).

***T. palmeri* A. Gray.**

Hierbas perennes a 1 m de alto, muy parecido a *T. lemmonii*, pero las divisiones de la hoja más numerosos (la mayoría 7-15) que en *T. lemmonii* (3-7), estrechos, y los involucros más cortos (7-8 mm de alto contra 8-11) y más amplio (Turner, 1996).

***T. subulata* Cerv.**

Planta herbácea anual de 10 a 50 cm de alto, aromática al estrujarse; tallos erectos, con ramas ascendentes, tintes purpúreos; hojas pinnadas, de 1 a 3.7 cm de largo, con 9 a 17 folíolos lanceolados, de 1 a 2 mm de ancho, lobados a incisos o dentados; cabezuelas terminales en las ramas, en pedúnculos delgados de 3 a 7 cm de largo; involucro urceolados, verdes con tintes purpúreos; flores liguladas 5, amarillo-anaranjadas; flores del disco 10 a 20, amarillas (Villarreal, 2003).

***T. subvillosa* Lag.**

Anual marcadamente aromática, densamente pubescente y con frecuencia de color púrpura; tallo de 30 a 60 cm de altura, con ramificación; hojas pinnadas 3-7 cm de longitud; los folíolos ovado-lanceolados u ovoides, delgados, 1-3 cm de longitud, serrados; cabezuelas en corimbos abiertos; pedúnculos de 4-10 cm de largo; involucro elongado-campanulado, de 10-12 cm de ancho; lígulas anaranjada (Neher, 1965).



2.2. Cabezuela

El involucre y los órganos reproductivos que contiene son características muy útiles para la distinción taxonómica de *Tagetes*, más que cualquier otra parte de la planta. El arreglo de los involucros es un rasgo consistente y útil, estos oscilan de simples o terminales (por ejemplo en *T. linifolia* y *T. arenicola*) a densos corimbos terminales y con más de 50 cabezuelas como se presenta en la mayoría de las especies del género (Neher, 1965).

A continuación se presenta una descripción valiosa elaborada por Neher (1965) sobre este órgano reproductivo. Los involucros son muy floreados, con excepción de *T. biflora* (especie de Argentina) que tiene dos flores individuales. Los involucros están rodeados por una serie de brácteas simples (filarias), usualmente 5, raramente 2 (*T. biflora*), a 10 (*T. erecta*), fundidos en un tubo en forma de campanula, fusiforme o cilíndrico. Las cabezuelas pueden ser homógamas (una condición que se encuentra en cerca de la mitad de especímenes de *T. micrantha* y *T. filifolia*), pero usualmente una o más de las flores individuales marginales son liguladas. La cabezuela es, por ello, clasificada como radial, pero raras veces (por ejemplo, en las dos especies anteriores) puede ser discoide. En el capítulo discoide todas las flores individuales son femeninas. El pappus es vascular y en forma de corona, a partir de los cuales se desarrollan uno o dos anillos de escamas ramificadas. En las flores individuales radiales, el tubo basal corto se desplaza en la cara ventral entre los dos lóbulos de la corona lateral y luego se hace plana dentro de la forma de la lígula. El ápice del limbo aplanado es entero o dentado con 2 a 5 dientes. Por lo regular, se presentan estaminodios no vasculares y alternan con los lóbulos de la corola. El estilo simple se divide por encima en dos brazos que se levantan en línea con los carpelos, y con la superficie estigmática de su lado interno. Los aquenios son elongados, y lineares o fusiformes, oscuros y brillosos o diminutamente puerulento a hispido, frecuentemente algo estriado. Un hilo vascular entra a la base de cada flor individual, ramifica en dos hilos por debajo de los lóculos del ovario. Uno de estos hilos direc-

tamente sirve al óvulo solitario, el otro sirve de porción remanente de la flor individual.

En conocimiento de las estructuras de la cabezuela es importante para el entendimiento del sistema reproductivo de *Tagetes*, en particular para comprender la posible relación de la flor (capítulo) con los insectos, la posibilidad de manipulación de los órganos florales para la polinización artificial en trabajos de hibridación y el reconocimiento de la variabilidad morfológica de este órgano reproductivo con fines de hacer selección, por ejemplo, en *T. erecta* se busca seleccionar plantas con cabezuelas que tengan lígulas radiales de mayor tamaño que el involucro, con la finalidad de cosechar mayor cantidad de pigmentos. La estructura de la cabezuela también es importante para identificar la composición de los órganos sexuales, información de utilidad para reconocer fenómenos de dimorfismo sexual como el que ocurre en *T. erecta*, o bien, variantes morfológicas asociadas con fenómenos de androesterilidad, todos aspectos valiosos en la teoría de métodos genotécnicos en *Tagetes*.

2.3. Polen

El tamaño del polen oscila de 35 a 42 micras, con una aparente correlación entre el tamaño de la planta y diámetro del polen. Las especies más pequeñas *T. filifolia* y *T. micrantha* producen el polen más pequeño (35 micras) mientras que *T. terniflora* y *T. erecta*, las especies de más altura, producen polen de tamaño grande (42 micras). Al parecer, no hay correlación entre el tamaño y número de cromosomas; por ejemplo, al comparar el polen del tetraploide *T. patula* o de *T. terniflora*, el tamaño del polen de éstos no es mayor que el de los diploides *T. erecta* y *T. tenuifolia*. El polen de *T. patula* se clasifica como tricolporado y esférico. La exina parece gruesa con una superficie granular, armonizada con espinas puntiagudas de 2 micras de largo y cerca de 2 micras en la base. Hay tres poros de alrededor de 6 micras de diámetro, uno en el centro de cada costado. La intina es aparentemente delgada sobre la superficie del poro causándole abultamientos ligeros. El porcentaje de tinción va

de 50 a 100 % (Neher, 1965).

En realidad es poco el conocimiento sobre el polen en *Tagetes*, cuando que el polen puede ser especialmente útil para el estudio de la filogenia y de procesos de adaptación ambiental de las especies, particularmente de aquellas de amplia distribución geográfica; también en el entendimiento de la citogenética de progenies de origen interespecífico, y en general, para la taxonomía del género.

2.4. Polinización

La mayoría de los polinizadores de las especies del género son insectos, principalmente del orden Himenóptera, Lepidóptera, Coleóptera y Díptera. Las especies con involucros más largos y más anchos, de más lígulas vistosas (por ejemplo *T. erecta* y *T. tenuifolia*) atraen a Lepidópteros e Himenóptera, ocasionalmente Coleóptera, Homóptera y Hemíptera. Todos estos insectos se les ha encontrado asociados con el polen (Neher, 1965). Los estudios sobre el tema no abundan y queda mucho por hacer, tan sólo en plantas de *T. coronopifolia*, *T. erecta*, *T. foetidissima*, *T. lemmonii* y *T. terniflora* en condiciones de cultivo, se ha encontrado la presencia de 94 familias de insectos plaga (Hilerio, 2013), no se sabe si estos insectos consumen o transportan polen al posarse en las plantas; estas mismas dudas se tienen con respecto a familias de insectos depredadores y benéficos que también se presentan en esas especies. La función más probable de los artrópodos en *Tagetes* debe estar asociada con el cruzamiento genético entre las plantas. En las especies con lígulas, que son la mayoría, las primeras flores en exponerse son las liguladas de condición androestéril (pistiladas), que generalmente son de color blanco, amarillo o anaranjado, serían las primeras en ser visitadas por insectos y las primeras en polinizarse; las especies que no tienen lígulas, como *T. coronopifolia*, desarrollan fuerte aroma que puede ser atrayente o repelente, así que el color y aroma de las cabezuelas deben ser los atributos para la visita de insectos. Las flores individuales en el disco floral, por lo común con corolas rudimentarias, en la parte central del capítulo, son hermafroditas,

muy probablemente con algún grado de autoincompatibilidad, fenómeno pobremente abordado en *Tagetes*.

2.5. Hábito

Las especies de *Tagetes* son típicamente anuales pero las hay perennes (*T. hatwegii*, *T. lacera*, *T. lemmonii*, *T. linifolia*, *T. lucida*, *T. parryi*, *T. mulleri*, *T. nelsonii*, *T. stenophylla*). Casi todas las especies son algo leñosas en la base del tallo al madurar. La ramificación es monopódica o simpódica. Los hábitos erecto decumbente o postrado de las plantas puede tener algún valor de diagnóstico, aunque el crecimiento de plantas en condiciones de invernadero y de campo frecuentemente son atípicas como en la mayoría de especies de día corto, las cuales resultan con crecimiento prolongado (tardías) en condiciones de día largo en el verano. Por ejemplo, *T. micrantha* en cultivo es profundamente ramificada en la base y postrada, lo cual no se observa en forma natural (Neher, 1965), una respuesta de gran atractivo ornamental para jardinería. Otra especie de hábito postrado es *T. lunulata* cuyo valor ornamental es alto. Especies de hábito postrado en cultivo resultan de difícil cosecha mecánica como *T. parryi* o *T. nelsonii*, estas especies requerirían de tutores para que las ramas no desarrollen sobre el suelo sino en la parte aérea facilitando así el corte de tallos con propósitos de extraer aceite esencial.

2.6. Raíz

Este órgano de la planta se encuentra poco estudiado, aunque destacan las raíces tuberosas de las especies perennes con respecto de las raíces de especies herbáceas. Entre las especies perennes subacuáticas como *T. eppaposa*, *T. persicaefolius* y *T. pringlei* hay diferencias, lo mismo ocurre con las anuales y perennes terrestres.

2.7. Tallo

Son glabros a ligeramente pubescentes, cilíndricos u ovados y frecuentemente estriados, herbáceos a variablemente leñosos con una cubierta epidérmica corchosa, por ejemplo en *T. lemmonii* (Neher, 1965); estas características junto con la del color de éste órgano, son de valor para la distinción varietal (Serrato, 2007). En *T. erecta* se han encontrado canales de resina en la corteza, un distintivo periciclo está presente compuesto de hilos localizados en la parte externa del floema que en los haces vasculares; la endodermis está bien definida con engrosamientos casparianos conspicuos (Neher, 1965). Un poco más de información sobre la morfología del tallo la presentan García-Sánchez *et al.* (2012).

2.8. Hojas

La hoja es una de las características más variables en el género. La mayoría de especies son pinnados o incompletamente pinnatífidos, con foliolos sésiles desde 5 hasta 21, la forma oscila de linear lanceolada a fuertemente ovada, entera, a profundamente cerrada, los dientes frecuentemente tienen atenuada las puntas como en *T. lacera*. Los foliolos presentan tamaños de uno a 10 cm de largo, de 1 mm a 3 cm de ancho, y son membranosos a gruesos. Los peciolo cortos están presentes, usualmente menores de 1.5 cm de largo. Debido a que los foliolos inferiores se reducen y hay irregulares en el raquis y longitud del peciolo, no son de gran valor taxonómico. La variación en la hoja es particularmente visible en especies como *T. patula*, *T. subulata* o *T. multiflora*. También hay especies que tienen hojas simples lanceoladas, lineares como por ejemplo en *T. lucida* y *T. filifolia*, respectivamente; en otras como *T. pringlei* las hojas son opuestas linear lanceolada (Neher, 1965). El color de la hoja es muy distintivo, variable entre y dentro de especies, lo cual reviste interés para la descripción varietal (Serrato, 2007).

2.9. Cavidades secretoras

Comúnmente se conocen como glándulas distribuidas en tallos, hojas y brácteas del involucre, la presencia de estas estructuras, su número, forma y posición, son rasgos de valor taxonómico (Russin *et al.*, 1988; Poli *et al.*, 1995; López *et al.*, 2008). Son transparentes y generalmente ovadas y circulares, pero pueden ser lineares, especialmente en las brácteas de especies que dan más flores, como en *T. erecta*. Se llenan de compuestos resinosos o aceitosos que dan a las especies aromas distintivos. Estos olores se dividen en dos grandes grupos: los pungentes y los dulces (Neher, 1965). Los aceites esenciales responsables del aroma se pueden extraer mediante destilación, especialmente con la hidrodestilación se ha obtenido del 0.1 a 0.6 % de aceite según la especie (Serrato *et al.*, 2011).

2.10. Estomas

Estos pueden ser, de acuerdo con su forma, ranunculáceos a crucíferos. En el envés de la hoja se pueden encontrar hasta 1640 mm⁻², mientras que en el haz 904 mm⁻² (Neher, 1965). Este carácter no se ha descrito para las diferentes especies ni poblaciones de diferente origen geográfico. En *T. erecta* se presenta variabilidad en el número de estomas. El aprovechamiento de esta variabilidad podría ser de utilidad como modelo de estudio sobre la sequía, por lo que resultaría conveniente el desarrollo de genotipos específicos en número de estomas.

2.11. Pubescencia

La mayoría de las especies son glabras. En el caso de *T. lemmonii* se presenta poca pubescencia, como en *T. sororia*, los pelos son simples. Esta característica puede tener algún valor taxonómico (Neher, 1965) y también para distinción varietal ya que hay especies cuyas poblaciones, según el hábitat, muestran este atributo morfológico, como por ejemplo, en *T. lunulata*, *T. heterocarpa*, *T. remotiflora* y *T. parryi*.

2.12. Fenología

Las especies más estudiadas en este aspecto son *T. erecta* y *T. patula* debido a su aprovechamiento como plantas cultivadas con propósitos ornamentales (jardinería y maceta), así como *T. erecta* con uso industrial (obtención de pigmentos). Estas plantas responden a fotoperiodo largo, prolongando el inicio de floración, pero en condiciones de fotoperiodo corto la floración se adelanta (Zimmer, 1989); se han desarrollado variedades de día corto y de día largo (Mastalerz y Holcomb, 1985). Para la germinación de las dos especies cultivadas se tiene referencia que después de la siembra, la emergencia ocurre de 5 a 8 días si la temperatura del sustrato fluctúa de 21 y 24 °C (Mastalerz y Holcomb, 1985). Si la siembra se hace en charolas germinadoras y se cubren con plástico, la emergencia puede llevar 2 o 3 días. También es importante la edad de la semilla y el genotipo. Primeramente emergen las hojas cotiledonares (una lámina foliar simple, sin segmentación) y posteriormente el primer par de hojas verdaderas (hoja pinnada, con secciones o folíolos); esto ocurre en la mayoría de especies de *Tagetes*. En el caso de *T. micrantha*, se forma un par de hojas cotiledonares, el segundo par es muy parecido al primero, en tanto que el tercer par aparece en segmentos foliares. Aproximadamente al mes de la siembra se desarrolla el primer par de hojas verdaderas totalmente expandidas y a partir de ese momento las plántulas se pueden llevar a campo o a maceta. Existe poca información acerca de esta etapa fenológica en condiciones de siembra directa. Sin embargo, considerando las prácticas tradicionales en el altiplano central de México para obtener flores en Días de Muertos el 1 y 2 de noviembre, la siembra de semillas de *T. erecta* en almácigo se hace el 24 de junio y el trasplante el 24 de julio hasta la primera semana de agosto, en tanto que en la Huasteca Hidalguense o la Potosina, la semilla se tira directamente al suelo el 24 de junio y se espera que la floración al 100 % se presente la última semana de octubre. Con respecto a las especies de crecimiento natural, la experiencia de colecta de semillas realizada desde el año 2000, en el marco de proyectos de la Red Cempoalxóchitl, indica que con la incidencia de las lluvias (en el mes

de junio) se establecen las poblaciones naturales de las especies anuales, al menos desde la última semana de junio hasta mediados de julio; del 15 de junio hasta la mitad de septiembre transcurre el desarrollo de hojas, pero al final de septiembre aparecen botones inmaduros que desarrollan a capítulos abiertos al 100 % a mediados de octubre, muy parecido a lo que acontece con el cempoalxóchitl (*T. erecta*) que se cultiva tradicionalmente y en condiciones de invernadero. En el caso del sureste, las floraciones importantes se dan en noviembre. En cuanto a las especies perennes se ha observado que en el mes de agosto el pericón (*T. lucida*) inicia la floración en la región mazahua del estado de México, pero en otros lugares como Morelos, las floraciones ocurren al finalizar septiembre. En los casos de *T. lacera*, *T. parryi* o de *T. lemmonii* establecidas en condiciones de Chapingo, México, las floraciones se presentan en mayo y en octubre. En lo general, después de 20 a 25 días después de que las flores individuales del capítulo abren, las semillas maduran y se pueden cosechar.

Una referencia que da una idea aproximada sobre la fenología de *T. erecta* cultivada en diferentes áreas de México (Martínez, 1990; Cuadro 1), permite ubicar algunos cambios morfológicos de cultivos sometidos a diferentes condiciones de manejo.

Cuadro 1. Referencias sobre fenología parcial de *T. erecta* cultivada para uso industrial y ceremonial en diferentes entidades de México. Información hasta antes de 1990.

Entidad	Fecha de siembra	Fecha de floración
Guanajuato, riego (industrial)	Enero a Junio	Abril a Septiembre
Michoacán y Querétaro, riego y temporal (industrial)	Marzo a Junio	Junio a Octubre
Morelos y Puebla, riego y temporal (industrial)	Abril a Junio	Julio a Septiembre- Octubre
México, temporal (ceremonial)	Junio (16 a 20)	Final de Octubre
Morelos y Puebla, temporal (ceremonial)	20 a 25 Julio	Final de Octubre

En un cultivar experimental de porte bajo de *T. erecta* se consigna un comportamiento fenológico interesante según la fecha de establecimiento de las plantas en campo en Chapingo, México (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fechas de trasplante de *T. erecta* de porte enano y su correspondiente fecha de floración en condiciones del Valle de México.

Fecha de trasplante	Fecha de inicio de floración	Periodo que abarca (días)
10 marzo	18 julio	120
12 abril	7 agosto	110
11 mayo	13 octubre	75
17 junio	30 agosto	75
26 julio	13 octubre	75

Fuente: Serrato y Rivera (2002).

Los resultados anteriores sugieren que es necesario realizar estudios sobre la fenología de las poblaciones silvestres, herbáceas o perennes, en las que están presentes fenómenos de latencia de semillas o de quiescencia de la planta, así como de poblaciones cultivadas tradicionalmente según áreas geográficas y culturales en las que la domesticación del carácter germinación-emergencia de plantas, aún está en proceso. Varios de los floricultores que en México se dedican a producir plantas de *T. erecta* para maceta han tenido que desarrollar conocimientos sobre la fenología de las variedades que usan, todas de origen extranjero, observando los principales cambios asociados con diferentes aspectos de manejo propios, hasta que dominan un perfil fenológico empírico para programar, mediante manejo técnico, que el momento de la floración coincida con el periodo de venta. El estudio de la fenología de las poblaciones silvestres, ruderales y cultivadas de *Tagetes* es indispensable para detectar fuentes promisorias para desarrollo de variedades de día corto o de día largo, además de programar las labores de manejo.

2.13. Reproducción y mejoramiento genético

Todas las especies de *Tagetes* se reproducen por semilla, es su forma de reproducción natural. En el caso de las especies perennes es posible el enraizamiento de estacas, como en *T. lucida* (Acosta *et al.*, 2010); en especies herbáceas también se puede lograr la propagación por medio de estacas o esquejes. El enraizamiento de estacas de las especies perennes y herbáceas, así como la posibilidad de su injerto, son temas que pueden tener implicaciones prácticas importantes desde el punto de vista hortícola. La micropropagación de *Tagetes*, hasta ahora demostrada para algunas especies como *T. erecta*, es un valioso recurso para conservar híbridos estériles de interés ornamental y un apoyo fundamental en el mejoramiento genético para obtención de híbridos, incluso como medio para obtención de variedades (Kumar *et al.*, 2004), pero especialmente para retener vegetativamente a progenitores promisorios en cruzamientos de prueba de progenie. Por otra parte, hay sospecha de que pudiera presentarse apomixis en *Tagetes* (García, 1997) y recientemente se ha confirmado el fenómeno de viviparidad en *T. erecta* (Anand y Mathur, 2012), fenómenos que abren camino al estudio completo de la reproducción en este género. En lo sustantivo, hace falta estudiar detenidamente el sistema reproductivo de cada especie de *Tagetes*, con ello se podría disponer de una mejor base argumentativa sobre los organismos genéticamente modificados.

En cuanto al mejoramiento genético con el que se han obtenido variedades de *Tagetes*, básicamente se ha realizado en el extranjero y principalmente hacia *T. erecta*, la especie de más uso ornamental e industrial; de *T. patula* como ornamental, también se ha obtenido variedades. Esta dos especies para ornato son de porte bajo.

2.14. Citogenética

Con la debida reserva de una mayor exploración sobre el cariotipo de la mayoría de las especies y poblaciones de *Tagetes*, el número

básico de cromosomas es $x=12$, excepto *T. lucida* con $x=11$ (Neher, 1965; Strother, 1977). La mayoría de especies estudiadas son diploides $2n=24$ cromosomas; *T. patula* es tetraploide $2n=48$ y al parecer, también *T. terniflora* tomando en cuenta la formación de 24 bivalentes en metafase II de meiosis (observación personal en un ejemplar de Argentina). La determinación del tamaño y forma de los cromosomas enfrenta serios problemas, ya que al parecer, los cromosomas son bastante pequeños, por ejemplo, de 0.88 a 2.2 μm en puntas de raíz de *T. erecta* (Arana, 1993). De tal manera que el análisis de la meiosis en anteras inmaduras o de la mitosis en granos de polen puede ayudar al conteo cromosómico. La determinación del tamaño del genoma o masa de ADN nuclear mediante el empleo del citómetro de flujo, es útil para el conteo indirecto y rápido de cromosomas (Serrato *et al.*, 2000), también puede ser de utilidad para el estudio de la variabilidad del tamaño del genoma entre especies y entre poblaciones de cada especie, asociadas con ambientes naturales o de domesticación (selección inconsciente-manejo tradicional y selección consciente-programa de mejoramiento genético) puede ayudar en la caracterización de poblaciones naturales de *Tagetes*, recurso que se ha venido depositado como accesiones en bancos de germoplasma nacionales. Serrato *et al.* (2000a) consignan que entre especies diploides el contenido de ADN, medido en picogramos (pg), es diferente; el tamaño de genoma también es diferente entre poblaciones de la misma especie, por ejemplo, $2.61 \text{ pg} \pm 0.23$ (20 % de variación) entre especies diploides (*T. erecta*, *T. foetidissima*, *T. heterocarpa*, *T. lunulata*, *T. remotiflora*) y de 4 a 13 % entre poblaciones de *T. lunulata*, y $5.35 \text{ pg} \pm 0.13$ en tetraploides (*T. patula*). También se han detectado variaciones en la ploidía de progenies, indirectamente determinada mediante el contenido de ADN nuclear, resultantes del cruzamiento directo y recíproco entre especies diploides y entre diploides por tetraploides en cuyas progenies se llegan a encontrar individuos con ploidías diferentes, aneuploides, diploides, poliploides no esperados y mixoploides (Serrato *et al.*, 2000b), información que da más sentido a los trabajos de citogenética clásica en *Tagetes* basados en el comportamiento de cromosomas en meiosis (Towner, 1961 y 1962;

Jalil *et al.*, 1974; Chen y Lin, 1982), especialmente para explicar el origen del tetraploide *T. patula*. Resumiendo, el empleo de la citometría de flujo puede ayudar a una buena caracterización citogenética del germoplasma de *Tagetes* y ser un complemento importante en la caracterización molecular, sobre todo, en la perspectiva de conocer los procesos evolutivos de las especies domesticadas y silvestres, y su filogenia.

3. Condiciones de hábitat natural

Con excepción de las áreas húmedas y cálidas, y las desérticas, *Tagetes* se encuentra distribuido en la más variada diversidad de climas y suelos de México, entre los paralelos 32 y 19° N, aunque principalmente en áreas de montaña, donde se propician áreas de transición climática, cálidotemplada. Esta diversidad de hábitats predispone amplia variabilidad morfológica observable por los diferentes grados de expresión de características descritas para las especies de *Tagetes* (Neher, 1965).

Así, *Tagetes* prácticamente se distribuye en los más variados sistemas montañosos: Sierra de la Laguna en Baja California Sur, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre de Chiapas, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Sistema Volcánico Transversal. Por ejemplo, *T. filifolia* se encuentra distribuida en 27 grupos climáticos, prácticamente en todas las regiones montañosas de México (Serrato-Cruz *et al.*, 2006). Hace falta realizar trabajos que muestren la distribución de las especies y las características ambientales en las que se desarrollan para tener idea de los requerimientos ecológicos; de hecho se requieren estudios de distribución ecogeográficos que entre otros aspectos, relacionen dónde están prosperando las especies y por qué (relación de variantes morfofisiológicas con variantes ambientales).

Hasta ahora, se han generado mapas sobre la presencia de *Tagetes* en México y distribución de 33 especies (Figuras 1 y 2) basado en información de herbarios nacionales, redes informáticas como RE-

MIB y sobre todo de información de campo obtenida con apoyo de la Universidad Autónoma Chapingo y del SINAREFI de 2000 a 2007, y por la Red Cempoalxóchitl de 2008 a 2012, periodos en los que se han hecho colectas en más de 3000 puntos geográficos del país, la mayoría de ellos contienen datos diferentes de los registros de herbario.

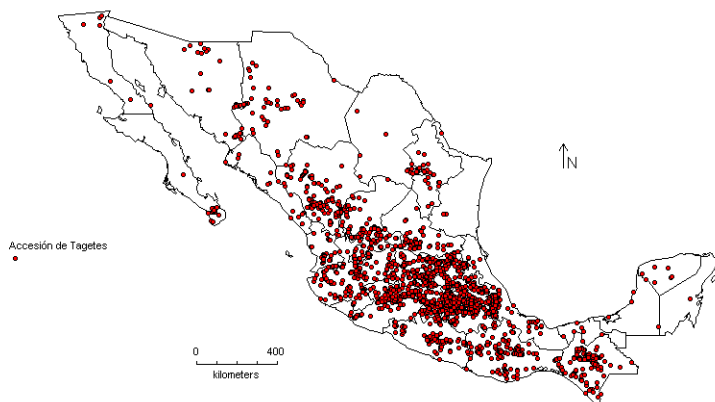


Figura 1. Distribución de *Tagetes* en México

4. Respuestas a prácticas agrícolas

Algunas de las especies en las que se ha realizado trabajo agronómico son: *T. erecta*, *T. minuta* y *T. patula*, básicamente tratando aspectos de fertilización, densidad de plantas, fecha de trasplante y efecto de herbicidas. Para especies como *T. coronopifolia*, *T. filifolia*, *T. foetidissima*, *T. lucida* y *T. terniflora* los trabajos sobre manejo técnico principalmente se han realizado en México. Las especies para aprovechamiento ornamental o industrial y las que se pueden aprovechar para producción de aceites esenciales, al parecer, requieren diferentes prácticas de manejo.

En general, en plantas de porte alto o bajo, se ha encontrado que niveles de nitrógeno de 75 a 120 unidades (kg ha^{-1}) propician respuestas en biomasa (Pushkar *et al.*, 2008; Campos-Muñiz *et al.*,

2010). En *T. erecta* cultivada a intemperie, la producción de cabezuelas para aprovechamiento industrial se logra con aplicaciones empíricas de 44 hasta 200 N (amoniaco, sulfato de amonio, urea) y de 40 hasta 120 P (superfosfato de calcio simple y el triple), sin K, fraccionando 50 % de N y 100 % de P y aplicándolos 20 días después del trasplante, el N restante 15 o 30 días más tarde, o bien, aplicando al momento del trasplante o 40 días después las cantidades 50 % N y 50 % P, las cantidades faltantes se aplican 40 y 20 d después, respectivamente; también se puede aplicar a 40 o 45 días del trasplante en 100 % de N y P, o 60 % de N y 100 % de P, considerando en este último caso, que en la floración se aplicará el N restante (Martínez-Quintero, 1990). El fertilizante no se coloca mateado en la base de la planta, siempre separado a 5 o 7 cm, y a chorrillo o en hilo. La fertilización foliar se hace al inicio de la floración, aplicando Bayfolan 1L ha⁻¹, New Green 1 L ha⁻¹ y Cosmofer-L, 2-3 L ha⁻¹ (disueltos en 200 L de agua) (Martínez-Quintero, 1990). Es bastante clara la necesidad de estudio sobre nutrición de esta especie para aprovechamiento de pigmentos ya que es amplia la diversidad de tipos de suelo de México. Otros productos químicos, como reguladores de crecimiento, se usan para mejorar la floración, como el Gapol, que en dosis de 1 kg ha⁻¹ ayuda a uniformizar la floración si se aplica posterior al corte o al iniciar la emisión de botones florales; otro producto es el Activol (ácido giberélico) que en 10 g ha⁻¹ se emplea en caso de incidencia de helada y para activar rebrotes, aplicándose después de la helada o de cada corte. Estos aspectos de fertilización y empleo de reguladores de crecimiento no están explorados para la mayoría de las especies mexicanas potencialmente aprovechables por su aceite esencial.

En cuanto a densidad de plantas, es importante considerar el hábito y porte de la planta, también el propósito de la producción (ornamental, pigmentos, aceites esenciales). Para *T. erecta*, que es de porte alto, la siembra directa se hace usando 2 a 4 kg de semilla para una hectárea (10,000 m²), pero para trasplante se establece 1 kg de semillas en almácigo (aproximadamente 1 g contiene 400 a 500 semillas). Cuando es trasplante, las matas con 2 o 3 plantas

se distancian entre sí a 25 o 30 cm, es decir, 40 a 66 mil plantas por hectárea si se tienen surcos de 0.8 a 1 m de separación. También es posible que el establecimiento se haga mediante siembras o trasplantes a doble hilera en surcos de 140 a 160 cm (Martínez-Quintero, 1990). Para especies de porte bajo como *T. filifolia*, la siembra directa debe favorecer distanciamientos de 5 a 10 cm entre plantas en camas meloneras de 1.2 m de ancho y hasta de 2.4 m (110 mil a 400 mil plantas por hectárea). En el caso del pericón (*T. lucida*) deben quedar cuatro plantas por metro cuadrado (40 mil plantas por hectárea), pero para *T. coronopifolia* o *T. foetidissima* la mejor separación es 7 a 10 cm (110 mil a 200 mil plantas por hectárea) (Serrato, 2003; 2005). Se desconoce la respuesta de otras especies de *Tagetes* al distanciamiento entre plantas.

La fecha de establecimiento es otro aspecto valioso relacionado con la producción de biomasa, aceite esencial y los componentes del aceite; por ejemplo, *T. erecta* de porte bajo establecida en Chapingo, México en diferentes épocas del año desarrolla alta biomasa si se trasplanta en fechas de marzo-abril (Serrato y Rivera, 2002). En *T. filifolia*, hay efecto estacional en la producción de aceite esencial pero no hay cambios en los componentes del aceite (Serrato *et al.*, 2005). Estos aspectos prácticamente no se encuentran investigados para las especies de *Tagetes* de México.

En cuanto al manejo de productos herbicidas para eliminar maleza en plantaciones de *Tagetes* con alta densidad de población (40 a 200 mil plantas), sólo existe información, y escasa, sobre *T. erecta*, principalmente por su uso agroindustrial por los pigmentos que contiene; el uso de linurón tiene algún efecto selectivo hacia esta especie, pero no es tan efectivo. En el caso del anisillo o *T. filifolia*, una especie ruderal que se está iniciando al cultivo, la Metribuzina o el Linurón (contra maleza de hoja ancha) en dosis baja (0.12 y 0.35 0 kg i. a. ha⁻¹, respectivamente) combinada con Setoxidin (contra gramíneas) (0.27 kg i. a. ha⁻¹) aplicadas en post emergencia son altamente selectivas para el anisillo (Campos-Muñiz *et al.*, 2010), especialmente el uso de Metribuzina permite tener un buen

establecimiento de anisillo en siembra directa (Torres, 2011). La búsqueda de fuentes químicas con efecto selectivo hacia las especies de *Tagetes* es tarea indispensable para su cultivo con posibilidades de aprovechamiento de sus aceites esenciales, ya sea en siembra directa o de trasplante.

4.1. Semillas y viveros

La demanda de plantas enanas en maceta de *T. erecta* para Días de Muertos ha sido demasiado alta en los últimos 13 años; debido a ello, tres o cuatro viveristas mexicanos importan semillas híbridas para abastecer pedidos de plántulas de todo el país, mientras que los floricultores son quienes las hacen desarrollar hasta floración. Entre los viveristas importantes se encuentran Plántulas de Tetela, de Cuernavaca, Morelos. Otras plantas de *Tagetes* con potencial ornamental o industrial son las perennes las cuales se pueden propagar vegetativamente como *T. lacera*, *T. lucida*, *T. arenicola*, *T. parryi*, *T. lemmonii*, *T. nelsoni*, *T. stenophylla*, *T. mulleri*, *T. linifolia* y *T. hartwegii*. Sin embargo, la Red Cempoalxóchitl esta avanzando en el proceso de generación de variedades de estas especies y de otras herbáceas, para las que se requerirá el desarrollo de viveros para manejo de semilla sexual o vegetativa.

4.2. Plantaciones

En México no se tienen experiencias relacionadas con trabajos sobre plantaciones de especies semi leñosas de *Tagetes*, aunque hay que mencionar que en *T. lucida* o pericón existen poblaciones naturales que han invadido terrenos de cultivo estableciéndose como plantación de regeneración natural en la región de Ocuituco, Morelos, también en Teposcolula, Oaxaca. El manejo del periconal, que puede alcanzar hasta 20 años de edad, incluye el pastoreo de ganado que controla maleza y fertiliza al terreno. Serrato (2009) describe el proceso así. En terrenos abandonados en Ocuituco, con el inicio de las lluvias en el mes de junio, el pericón empieza a emerger de semillas y a rebrotar de plantas que cesaron de cre-

cer por falta de agua en los meses de octubre a diciembre, pero que no murieron porque los puntos de crecimiento subterráneo aún permanecen vivos, mantenidos por el tejido de reserva de las raíces, que son semituberosas. El rebrotamiento de las plantas de pericón es una característica favorable para competir contra malezas de porte alto, ya que la elongación de los tallos es rápida por las reservas de energía en las raíces, en cambio, las especies competidoras que se propagan mediante semilla enfrentan desventajosamente la competencia por luz con los retoños de pericón que cubren el espacio superior, sombreando al suelo donde están los reservorios de semillas de otras especies e impidiéndoles germinar y emerger. Los únicos competidores que pueden crecer entre las matas de pericón son los pastos rastreros, los cuales pueden ser controlados mediante pastoreo de animales, única forma de uso de estos terrenos agrícolas abandonados, que cada vez aumentan en Ocuituco. La presencia de ganado como vacas, borregos, chivos, caballos y burros son fuente de abono orgánico que se integra al suelo. En el periodo inicial de rebrotamiento del pericón, los brotes tiernos son ramoneados por el ganado, pero cuando empiezan a lignificarse disminuye el consumo. Cuando la población de pericón es vieja (2 o 3 años), existe el problema de que el ganado no entra con facilidad, ya que las ramas son duras; cuando es así, se practica la quema en diciembre o enero, con ello, la incorporación de ceniza al suelo vía percolación es un vigoroso fertilizante que provoca que las ramas de pericón desarrollen mayor longitud. En forma natural se ha encontrado que en un metro cuadrado de terreno hay 4 o 5 matas de pericón en parcelas de 2 o 3 años sin roturar, lo que indica que durante el establecimiento natural a partir de semillas, la competencia intrapoblacional e interespecífica es drástica. Tener en mente que cuando por primera vez se ha abandonado el terreno, en el periodo de junio se establece vegetación secundaria (se incluyen semillas de pericón); las especies que se mantienen vivas después de finalizado el temporal, entre otras son: algunos pastos y pericón. Al siguiente año, al iniciar la época lluviosa, empieza el rebrotamiento del pericón y de gramíneas perennes; otras especies quedan en desventaja para establecerse. La densidad de plantas de pericón

observada por metro cuadrado (cuatro matas) y las numerosas ramas que produce cada mata (8 a 15) en la etapa de floración puede generar una biomasa de 2 a 3 kg. También es básico indicar que la floración del pericón empieza en la segunda quincena de agosto, alcanzando floración completa en septiembre-octubre, momento fenológico donde la concentración de metabolitos secundarios en el aceite esencial llega al punto más alto. Después de octubre, justo cuando cesa la lluvia, la planta se encuentra en producción de semillas y va secándose paulatinamente; al finalizar noviembre, las plantas están secas hasta el inicio del temporal al año siguiente. Se estima una producción de 20 a 30 toneladas de biomasa fresca en una hectárea (40,000 matas por hectárea). Este sistema agroecológico caracterizado por contar con suelos andosoles de textura arcillosa y semiprofundos, que confieren propiedades de retención de humedad; suficiente agua de lluvia en la región; abonamiento al suelo con excretas de ganado y ceniza; control natural de malezas por competencia interespecífica y por pastoreo inducido; producción de biomasa en floración en 2 a 3 meses, constituye un excelente modelo de flujo de energía en forma semi natural (la única participación humana es abandonar la tierra después de la última cosecha, inducir el pastoreo y quemar plantas secas) en los lomeríos suaves de Ocuituco. Hay terrenos con pericón que parecen haber sido cultivados, pero no es así. Se trata de un sistema con flujo de energía entrante de insumos naturales (con renovación natural de la fertilidad del suelo) y saliente como biomasa, que pueden superar salidas de agrosistemas como el de sorgo (6 a 7 toneladas de granos) donde claramente se invierte energía humana de alto costo, como el caso reciente de los fertilizantes. En estas plantaciones naturales de pericón, la cosecha de biomasa requiere de inversión de energía para cosechar las plantas y su procesamiento para obtener aceites esenciales. En áreas del occidente del Estado de México como Coatepec Harinas o Temascaltepec, las plantaciones naturales de pericón son una oportunidad para su aprovechamiento. En el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo se están estableciendo plantaciones de variedades candidatas a derecho de obtentor de *T. lacera*, *T. lucida*, *T.*

lemmonii y *T. parryi*, las que pueden servir como material madre para propagación vegetativa mediante estacas.

4.3. Producción

De variedades mexicanas de polinización libre de *T. erecta* empleadas hasta antes del año 2000 se podía cosechar 4 a 25 ton ha⁻¹ de cabezuelas florales (Martínez-Quintero, 1990); se tienen referencia de que las actuales variedades extranjeras rinden 25 g de carotenoides por kilogramo de harina deshidratada. Otros productos de las especies de *Tagetes* son biomasa y aceite esencial. En el caso de biomasa, para *T. minuta* toda la planta es para extracción de aceites esenciales de utilidad en la industria de cosméticos y de biopesticidas. Para especies como *T. filifolia*, *T. lucida*, *T. terniflora*, *T. foetidissima*, *T. coronopifolia*, *T. lemmonii*, entre otras, la biomasa producida en floración es lo importante; los rendimientos de biomasa por hectárea estimados en experiencias generadas en el Campo Experimental de la UCh (Serrato, 2011) varían de 20 hasta 100 toneladas según la especie y manejo; si se trata de aceite esencial, la producción por hectárea fluctúa de 10 hasta 100 litros por hectárea.

5. Aprovechamiento de las especies del género

Cerca del 10 % de las especies de *Tagetes* se emplean tradicionalmente, la mayoría de ellas sin antecedentes de uso debido a falta de trabajos etnobotánicos. Serrato (2010) ha compilado información al respecto, por ejemplo, *T. arenicola* y *T. coronopifolia* se prepara en infusión contra la tos y dolor de pecho. La especie *T. erecta* se usa contra dolor de estómago, parásitos intestinales, empacho, diarrea, cólicos, afecciones hepáticas, bilis, vómito, indigestión, dolor de muelas, lavados intestinales, expulsión de gases, contra tos, fiebre, gripe y bronquitis, dolor de cabeza, afrodisiaco, aperitivo, carminativo, diaforético, diurético, infección de ojos, remedio para el riñón, remedio para malaria, regulador del flujo menstrual, relajante muscular, rituales religiosos, estimulante y colorante. Anisillo

o *T. filifolia* como infusión contra el dolor de estómago y cólicos menstruales, como té, como saborizante de atole, tamales, calabaza y elotes, cañas de maíz tierno, pulque, mezcal, alcohol de caña, humo para ahuyentar mosquitos. Las plantas de *T. lucida* se emplean como pigmento amarillo para teñir telas, saborizante anisado en bebidas y licores, condimento de elotes y chayotes hervidos, té, cura hipo y diarrea, contra malaria, sahumar en casos de sustos y espanto, ramillete ceremonial y alimento forrajero para ganado y aves de traspatio, en alrededor de 25 padecimientos, científicamente se ha validado la efectividad de *T. lucida* para remediar diarrea y otras enfermedades gastrointestinales (Cáceres *et al.*, 1990), también se ha demostrado actividad antifúngica y antibacteriana (Céspedes *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2006); unos ejemplos más y recientes sobre la utilidad de la planta, refiere a su preparación como infusión en el área de Atlacomulco, México para atender casos de recuperación de la mujer después de la práctica de cesárea, la infusión tibia se aplica con algodón o gaza estéril para limpiar heridas de cesárea y se bebe para evitar infecciones, o bien, que su consumo por personas con una cruda aguda, después de la ingesta desmedida de alcohol, favorece la recuperación inmediata. En el caso de *T. lunulata*, se usa como anticonceptivo, ornamental, infusión para curar mal de aire, en cocción sola o con orégano y cáscara de granada se bebe para casos de diarrea y disentería, contra piquetes de alacrán y mordedura de víbora frotando la parte afectada con la planta en estado fresco (previamente calentada en un comal) y masticada para calmar cólicos ocasionados por diarrea. *T. micrantha* para cólicos y dolores de estómago, la infusión es para personas que padecen ataques y como saborizante de alimento. *T. nelsonii* sirve para casos de tifoidea. *T. patula* contra acné, antihelmíntico, bronquitis, diurético, dolor, pesticida, resfriado común, insecticida, contra nemátodos y cochinilla, verrugas, herbicida natural, antifúngico, antiséptico, insecticida, usado contra el espanto. *T. remotiflora* en infusión de hoja para atender problemas de tos, antiinflamatorio y desinfectante, tallos y hojas molidas para cicatrizar, purgante, la raíz junto con *Colignonia weberbauri* es anticonceptivo; repelente de áfidos y hormigas. Existen varios trabajos

realizados en instituciones nacionales, sobre fitoquímica, toxicología y etnobotánica, que validan esta diversidad de usos.

Para obtención de pigmentos utilizados en la industria avícola y en la pesquera, la especie *T. erecta* ha sido investigada intensamente durante medio siglo, tanto a nivel nacional como internacional. En México, empresas como PIVEG, ALCOSA o BACHOCO, hasta antes del 2000 realizaron trabajos de mejoramiento genético para obtener variedades, las cuales nunca se registraron en el SNICS, incluso se desarrolló investigación importante en el CICY con auspicio de la empresa BIOQUIMEX. Investigaciones sobre esta especie también se han realizado en el CINVESTAV-IPN (Irapuato) y le siguen CEPROBI-IPN (Yautepec, Morelos) y la FES-UNAM (Cuautitlán). Actualmente la investigación y desarrollo tecnológico sobre *T. erecta* se encuentra muy avanzado en el extranjero, principalmente en India, Inglaterra y China, incluso hay patentes para generar plantas transgénicas sobreproductoras de diferentes pigmentos que contienen las lígulas florales.

La mayoría de las especies de *Tagetes* son potencialmente aprovechables para la medicina y la agricultura orgánica (biocontrol con sustancias vegetales) por los metabolitos secundarios que están contenidos en toda la planta, pero aún hace falta investigación que haga realidad su aprovechamiento.

6. Capacidad de regeneración natural

Para las especies perennes de *Tagetes* se desconoce la capacidad de regeneración natural de manera precisa, aunque con el establecimiento del periodo de lluvias empieza la rebrotación como en *T. arenicola*, *T. lacera*, *T. lemonnii*, *T. linifolia*, *T. lucida* y *T. stenophylla*; *T. parryi* se mantiene siempre con algunos puntos de crecimiento en actividad, lo mismo que *T. nelsonii*. Es necesario se realicen estudios sobre la dinámica de producción de biomasa durante el periodo de rebrotación a partir del establecimiento de la temporada de lluvias. Para todas las especies, al parecer con problemas de latencia de

semillas, se desconoce su capacidad de regeneración natural; tampoco hay estudios que refieran la abundancia de las poblaciones.

7. Importancia del género

Las especies del género evolucionaron químicamente desarrollando pigmentos en las flores y metabolitos secundarios en toda la planta, propiedades que a algunas especies les confiere atractivo ornamental y para extracción de carotenoides, lo cual se ha aprovechado para generar variedades de ornato e industriales; la evolución del taxa también ha llevado a la mayoría de las especies a sintetizar metabolitos secundarios relacionados con medicina tradicional, saborizante, aromatizante y biocida. Cerca de cuatro especies de *Tagetes* son las más aprovechadas comercialmente, pero la mayoría de ellas son de importancia tradicional. Muchas especies no tienen antecedentes sobre su biología o química y aún su distribución ecológica. En general, se desconoce el potencial de uso de la mayoría de las especies aunque es promisorio su aprovechamiento para control de plagas y enfermedades agrícolas y pecuarias, y en medicina.

7.1. Económica

Durante el periodo 1960 a 2000, en México se impulsó la industria de pigmentos de cempasúchil (*T. erecta*) incorporando una importante superficie para producción en la que participaron muchos agricultores del bajío de Guanajuato y Michoacán, los valles agrícolas de Sinaloa y Sonora, también de Chiapas, México, Morelos, Oaxaca y Puebla entre otros, y figurando varias empresas como PIVEG, BIOQUIMEX, BACHOCO, ALCOSA y PRODEMEX. Incluso se tuvo liderazgo internacional como exportadores de pigmentos. Después del 2000 la superficie cultivada prácticamente desaparece en México porque los empresarios agroindustriales trasladaron sus capitales a otros países como China y Perú donde se produce la flor y se obtiene oleoresina que entra como producto de importación a México y que es procesada en industrias mexicanas como

ALCOSA O PRODEMEX para derivar pigmentos comerciales líquidos o en polvo. En 2012 y 2013 algunos de esos empresarios están intentando reactivar el cultivo de cempasúchil en el noroeste del país, proyectando establecer alrededor de 2000 ha, sin embargo, lo costoso que resulta adquirir semillas de variedades extranjeras, además de su indisponibilidad, ha frenado temporalmente esa pretensión. Hipotéticamente se requerirían 100 millones de semillas híbridas (considerando 50 mil plantas por hectárea y 2000 ha) con un costo de 5 millones de dólares (5 centavos de dólar cada semilla).

Por otra parte, la producción de plantas en maceta para venta en Días de Muertos ha ido incrementándose en forma vertiginosa a partir de 2001 hasta el presente año: 10,000 en 2001 y cerca de 5 millones pronosticado para 2013 con costo al público de 25 pesos por maceta (10 millones de dólares). Para producir 5 millones de plantas se requieren 5 millones de semillas con valor de 0.25 millones de dólares (a 5 centavos de dólar el costo de una semilla). Para el caso de especies como el pericón, su recolección en algunos estados como Durango y Zacatecas cada vez va convirtiéndose en una fuente de ingresos importante no sólo durante los meses de septiembre, octubre, noviembre o diciembre; un ramo para venta se puede hacer con una planta, media planta o con un cuarto de ella (según desarrollo y ecotipo), su costo varía de 10 a 15 pesos. De esta especie se puede establecer 40 mil plantas en una hectárea.

Hasta ahora, evaluaciones realizadas en el Campo Experimental de la UACH con algunas especies de *Tagetes* sometidas a cultivo en campo, extracción de aceite esencial mediante destiladores industriales (capacidad de procesamiento de 200 a 500 kg) y formulación de bioplaguicidas, indican que por hectárea es posible producir de 20 a 80 toneladas de biomasa de las cuales se pueden obtener de 20 hasta 100 litros de aceite y 2,000 litros de extracto acuoso; por litro de aceite y mezclado con el extracto acuoso se pueden elaborar 5 a 40 litros de producto comercial (un litro de producto para disolver en 200 litros de agua para aplicar a una hectárea). Consi-

derando que el costo de producción en campo puede ser de 10 a 15 mil pesos por hectárea y que el costo de destilación puede abatirse con el empleo de celdas solares para sustituir el uso de corriente eléctrica convencional y del aprovechamiento de biogás (obtenido de la fermentación anaeróbica de los residuos de la destilación) como sustituto del gas butano, los productos bioplaguicidas resultantes son económicamente más baratos que los productos comerciales, por ejemplo, un litro del insecticida Confidor cuesta cerca de 2,500 pesos. En 2009, México importó 45,000 ton de agroquímicos: insecticidas, fungicidas, otros, a un costo de 8,000,610,610,048 de pesos (Paz-Roman, 2009), dato que indica una profunda dependencia tecnológica.

7.2. Ecológica

El empleo de plantas de *T. erecta* o de *T. patula* intercaladas o asociadas con cultivos como jitomate o chile tienen efecto importante en el control de nematodos, así como su empleo en forma de cultivo para blanquear “limpiar” terrenos de nematodos y todo tipo de larvas en el suelo; también se han empleado como cultivos trampa de insectos dañinos si se colocan alrededor de las plantaciones o sembradíos e incluso se les puede incorporar al suelo como abono verde-plaguicida o usarse como polvo para el mismo propósito (Serrato y Quijano, 1993). La especie sudamericana *T. minuta* se ha estudiado ampliamente por sus propiedades contra hongos e insectos. Otras especies de *Tagetes* se investigan por sus propiedades biocidas, destacando los efectos de amplio espectro biológico que tienen las moléculas del aceite esencial e hidrolatos (fracción acuosa de la destilación) (Serrato-Cruz *et al.*, 2007), especialmente resalta la cantidad de aceites esenciales que contiene toda la planta y su relación con la cantidad de biomasa que se puede obtener por hectárea (Serrato, 2011). Estos antecedentes colocan a las especies aromáticas de *Tagetes* como potenciales bioplaguicidas orgánicos que pueden ser producidos por los agricultores, asegurando la no contaminación del ambiente ni el daño al humano. En los ecosistemas naturales o perturbados no se sabe qué papel pueden estar

haciendo las poblaciones naturales de *Tagetes*, aunque la presencia y abundancia de algunas especies perennes puede tener un valor ambiental importante por el secuestro de carbono, pero se desconoce la abundancia de las poblaciones por especie y por región.

7.3. Social

No obstante que industriales mexicanos se abastecen de oleoresinas de *T. erecta* importadas para su procesamiento en México (obtención de pigmentos comerciales en polvo y líquidos), en diferentes regiones donde se produce huevo y carne de pollo como Tehuacán, Puebla u Orizaba, Veracruz, la producción en campo de *T. erecta* en México se sigue realizando con el propósito de incorporar harina de cempoalxóchitl al alimento para pollos, posiblemente por resultar más económico que comprar pigmentos comerciales de esta especie. No se tiene registro de la superficie cultivada ni del número de productores que abastecen de flor a la industria avícola mexicana ni tampoco del número de trabajadores que realizan las actividades de trasplante y de cosecha en campo (tres a cuatro cortes de flor); tampoco se tiene el dato del número de empresas involucradas. En lo que concierne a la actividad de producción de flores de corte de cempoalxóchitl (*T. erecta*) para la festividad de Días de Muertos, se desconoce el número de floricultores que la producen y la superficie que cultivan, así como de la población consumidora; por otro lado, es evidente el papel cultural que tiene este recurso. La recolección de varias especies de *Tagetes* para uso tradicional (infusión, medicina) como el pericón o hierba anís (*T. lucida*) ha adquirido interés en comunidades de todo el país, pero no se cuenta con información de los consumidores de estas plantas. Como se puede apreciar, deben ser numerosas las familias beneficiadas por la actividad de producción o de recolección de *Tagetes* en México, pero como antes se indicó, se requiere del registro de esos datos para dar idea clara del impacto social que representa el aprovechamiento de este recurso natural.

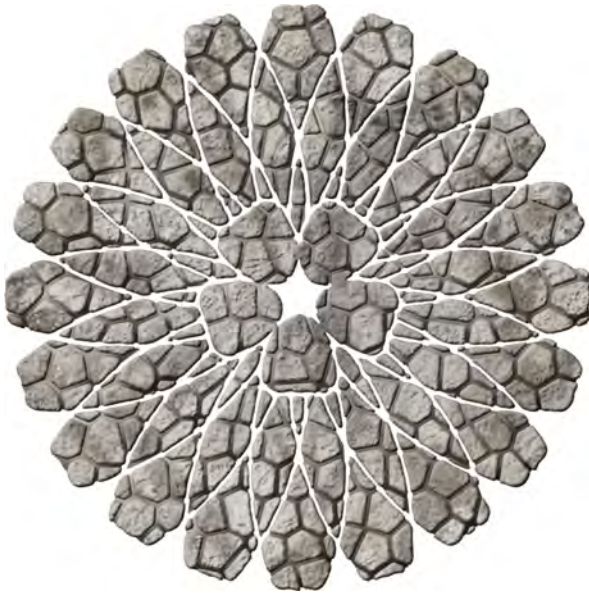
En el caso del posible aprovechamiento de *Tagetes* para elabo-



rar bioplaguicidas, el beneficio a los agricultores sería evidente porque podrían autoproducir un insumo básico para protección de los cultivos contra organismos nocivos, con la posibilidad de impactar positivamente la rentabilidad del sistema de producción; adicionalmente, con la obtención de fertilizantes líquidos a partir de los residuos de la destilación de las plantas de *Tagetes* se autoabastecerían dos insumos hasta hora necesarios para la producción de cultivos en general, en especial en la lógica de la producción orgánica. La sociedad consumidora de productos agrícolas se beneficiaría al adquirir alimentos sin residuos químicos y un beneficio a los agricultores al desarrollar sus bioplaguicidas a bajo costo, con posibilidad de vender a mejor precio productos orgánicos.



Capítulo II



Conservación *in situ*

II. Conservación *in situ*

Con excepción de los proyectos iniciales contemplados en la Red Cempoalxóchitl sobre promoción del pericón como una forma de conservación *in situ* en Ocuituco, Morelos para obtención de bio-pesticidas impulsada en 2009-2010; promoción del pericón en Teposcolula, Oaxaca en 2010-2011 y promoción de la rudilla en Imuris, Sonora en 2010-2012, no hay antecedentes sobre prácticas de conservación de especies del género *Tagetes* realizadas por agricultores o por instituciones. En 2012 se tuvo referencia de que *T. arenicola*, una especie endémica, se estaba cultivando por agricultores en el área de Tlapa, Guerrero, y también información inicial de que algunos productores de plantas aromáticas en Puebla y Veracruz están cultivando algunas especies locales de *Tagetes*, particularmente pericón (*T. lucida*), lo cual requiere de inventariarse y revisar si otros productores, en otros estados, están haciendo algo parecido. También se tiene referencia de que en San Cristóbal de las Casas, Chiapas se intenta producir plantas de *T. nelsonii* utilizando poblaciones nativas de la zona, idea que la Red Cempoalxóchitl planteó para impulsarse en 2010-2011, pero sin éxito. Las pocas experiencias logradas por la Red Cempoalxóchitl indican que el disponer de un destilador con capacidad de procesamiento de 100 o más kilogramos de planta fresca es factor indispensable para que los agricultores fijen su interés en la conservación *in situ* la cual básicamente debe concentrarse en establecer un huerto comunitario que conserve la variabilidad local y regional de la especie en cuestión, preferentemente las de naturaleza perenne; impulsar el cultivo en una hectárea para realizar, mediante talleres, una prueba piloto de extracción de aceites esenciales y de preparación de bioplaguicidas. Con excepción de las especies *T. erecta* y *T. patula*, que son cultivadas comúnmente en el huerto familiar o en la parcela en forma tradicional, las demás especies de este género crecen naturalmente en distribución específica, algunas excesivamente recolectadas para consumo familiar o para venta y otras amenazadas por prácticas de manejo de cultivos o por la apertura de caminos. Estos aspectos se abordarán a continuación.

1. Áreas de distribución real y potencial del género

Considerando que la información relacionada con la distribución de especies se encontraba dispersa en datos pasaporte de especímenes de herbario, se hizo una primera elaboración digital de mapas que mostraran la distribución de las especies del género (Serrato, 2010), pero la amplia información de campo recabada durante 2000 a 2012 en exploraciones de colecta de semillas apoyadas por la UACH y el SINAREFI (datos de 3,000 accesiones) han posibilitado una mejor visualización de la presencia del recurso natural *Tagetes* en México. En forma concentrada, en la Figura 2 y Cuadro 3 se muestra la distribución de especies de *Tagetes* según región y estados del país, también la riqueza de especies (Figura 3). A continuación se presenta un importante adelanto del procesamiento de datos de herbario y de los obtenidos por la Red Cempoalxóchitl de SINAREFI. Para ello se empleó el programa DIVA-GIS.

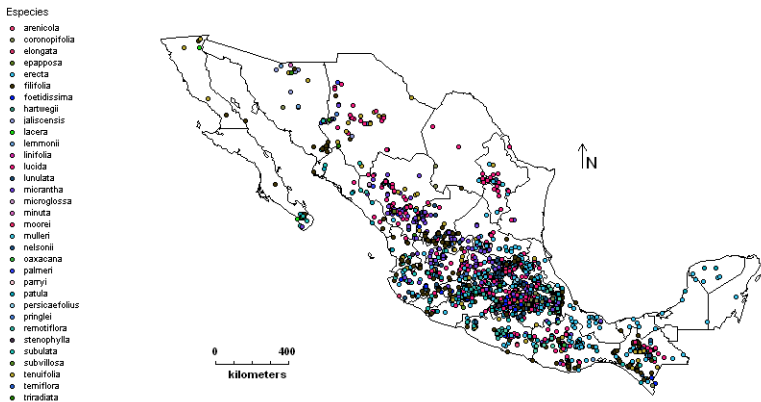


Figura 2. Distribución de especies de *Tagetes* basada en referencias de herbarios nacionales y en trabajo de campo de 2000 a 2012.

Cuadro 3. Distribución de especies de *Tagetes* por regiones y entidades considerando información de herbarios nacionales y del trabajo de campo auspiciado por SINAREFI y la UACH.

Región / Estados	Especies
Norte	
Baja California	<i>T. filifolia</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. lacera</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i>
Sonora	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. palmeri</i> , <i>T. lemmonii</i> , <i>T. minuta</i> , <i>T. subulata</i>
Chihuahua	<i>T. filifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. palmeri</i> , <i>T. pringlei</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. triradiata</i>
Coahuila	<i>T. coronopifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i>
Nuevo Leon	<i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. mulleri</i>
Tamaulipas	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. foetidissima</i>
Sinaloa	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. palmeri</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. triradiata</i>
Durango	<i>T. erecta</i> , <i>T. eppaposa</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. pringlei</i> , <i>T. elongata</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. subulata</i>
Zacatecas	<i>T. filifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. microglossa</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. pringlei</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. triradiata</i>
Centro Sur	
San Luis Potosí	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. parryi</i> , <i>T. tenuifolia</i>
Aguascalientes	<i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. pringlei</i>
Guanajuato	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. tenuifolia</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. pringlei</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. subulata</i>
Nayarit	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. hartwegii</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. subulata</i>

Jalisco	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. heterocarpa</i> , <i>T. hartwegii</i> , <i>T. jaliscensis</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. persicaefolius</i> , <i>T. pringlei</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. stenophylla</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. triradiata</i>
Colima	<i>T. filifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. tenuifolia</i>
Michoacán	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. heterocarpa</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. persicaefolius</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. pringlei</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. stenophylla</i> , <i>T. subvillosa</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. tenuifolia</i> , <i>T. triradiata</i>
Guerrero	<i>T. arenicola</i> , <i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. heterocarpa</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. stenophylla</i> , <i>T. subulata</i>
Oaxaca	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. linifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. oaxacana</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. tenuifolia</i> , <i>T. triradiata</i>
Veracruz	<i>T. coronopifolia</i> , <i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. linifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. tenuifolia</i>
Puebla	<i>T. coronopifolia</i> , <i>T. erecta</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. linifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. subvillosa</i> , <i>T. triradiata</i> , <i>T. tenuifolia</i>
Tlaxcala	<i>T. coronopifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. linifolia</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i>
México	<i>T. coronopifolia</i> , <i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. persicaefolius</i> , <i>T. pringlei</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. stenophylla</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. triradiata</i>
Distrito Federal	<i>T. coronopifolia</i> , <i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. patula</i>
Morelia	<i>T. coronopifolia</i> , <i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. stenophylla</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. subvillosa</i> , <i>T. triradiata</i>
Hidalgo	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. persicaefolius</i>
Querétaro	<i>T. erecta</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. lunulata</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. moorei</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. persicaefolius</i> , <i>T. pringlei</i> , <i>T. remotiflora</i>

Sur-Sureste	
Chiapas	<i>T. erecta</i> , <i>T. elongata</i> , <i>T. filifolia</i> , <i>T. foetidissima</i> , <i>T. lucida</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>T. microglossa</i> , <i>T. nelsonii</i> , <i>T. remotiflora</i> , <i>T. subulata</i> , <i>T. tenuifolia</i> , <i>T. terniflora</i>
Campeche	<i>T. patula</i>
Yucatan	<i>T. erecta</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. tenuifolia</i>
Tabasco	<i>T. erecta</i> , <i>T. patula</i> , <i>T. lucida</i>

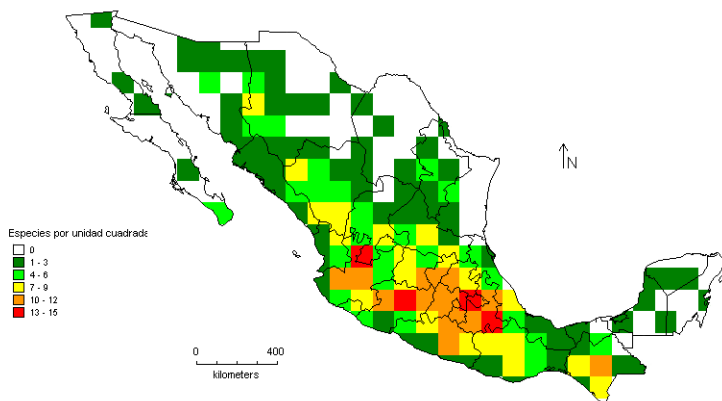


Figura 3. Mapa de riqueza de especies elaborado mediante la metodología DIVA-GIS a partir de datos de herbarios nacionales y de exploraciones de campo.

Las regiones con más riqueza de especies se localiza en el centro sur y centro occidente del país, en áreas de intersección entre los sistemas montañosos de la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur y entre el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, pero principalmente en la región montañosa del Eje Neovolcánico Transversal, zona en la que otros taxa vegetales también se encuentran en abundancia; de manera aislada, la Sierra Madre de Chiapas es otro punto de riqueza del taxa (Figura 3). *Tagetes* no prospera en

áreas cálidas húmedas ni áridas tal como Turner y Nesom (1993) lo señalan, esas zonas corresponden a planicies costeras y desiertos, las áreas en blanco en el mapa de riqueza de especies así lo confirma. Un aspecto faltante en el mapeo de *Tagetes*, es el trabajo limitado de colectas en Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Colima, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Yucatán. Por otra parte, se tiene claro que aunque se ha logrado detectar (mediante la colecta) lo más posible de las especies de cada entidad, pocas especies y sus poblaciones siguen sin estar representadas en los mapas. También es importante tener en cuenta que se han detectado posibles nuevas especies como en Jalisco, Zacatecas, Puebla y Chihuahua, lo que sumado a la situación de coexistencia de varias especies en el mismo hábitat (simpatria), podría dinamizar el panorama de riqueza de *Tagetes* de México.

La distribución de cada especie se presentará en dos grupos: nativas (subacuáticas, terrestres herbáceas y terrestres perennes) y posiblemente introducidas.

T. arenicola

Posiblemente se derivó de una mutación en *T. lucida* ocasionada por baja temperatura que pudo expresarse en un ambiente templado frío como el hábitat del área de Paxtle, en Chilapa, Guerrero que corresponde al bosque de pino donde se le encontró por primera vez (Panero y Villaseñor, 1993). En 2010, un colaborador de la Red Cempoalxóchitl, originario de Tlapa, Guerrero, detectó una población de *Tagetes* con morfología parecida a *T. arenicola* (*Tagetes* sp. aff. *arenicola*) en la comunidad de Moyotepec; debido a esta referencia, en el mapa (Figura 4) aparecen dos puntos con los cuales, mediante la incorporación de capas de clima y suelo en el programa DIVA-GIS, se proyectaron áreas potenciales de presencia de *T. arenicola* (Figura 5), entre las que destacan: el filo mayor de la Sierra Madre del Sur en los estados de Guerrero y de Oaxaca.



Figura 4. Distribución de *Tagetes arenicola* Panero y Villaseñor.

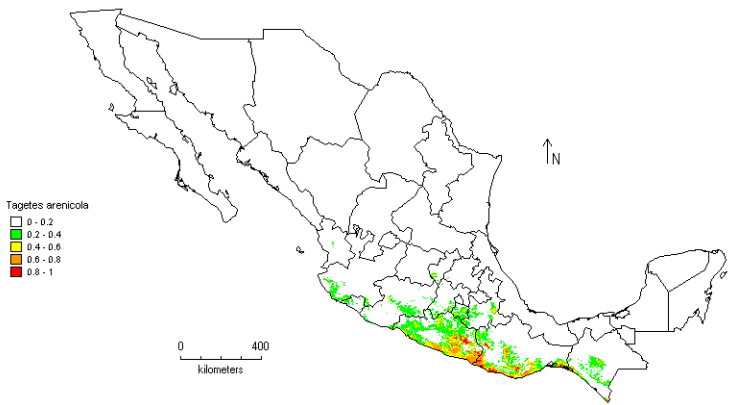


Figura 5. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes arenicola* Panero y Villaseñor.

T. coronopifolia

Tiene buena distribución en el Eje Neovolcánico, alrededor de los volcanes Popocatepetl, Ixtaccihuatl, Malinche y Pico de Orizaba de clima templado frío (Figuras 6, 7). Llama la atención que esta especie se encuentre en Coahuila, Sonora y Chiapas (Figuras 6 y 7); especialmente en estas dos últimas entidades se debe corroborar su presencia. Posiblemente las poblaciones de esta especie correspondan a categorías infraespecíficas, como es el caso *T. coronopifolia* var. *coahuilensis* Soule. Otros puntos probables son las zonas altas de Michoacán y Oaxaca (Figura 8), poco exploradas.



Figura 6. Mapa de distribución de *Tagetes coronopifolia* Willd.

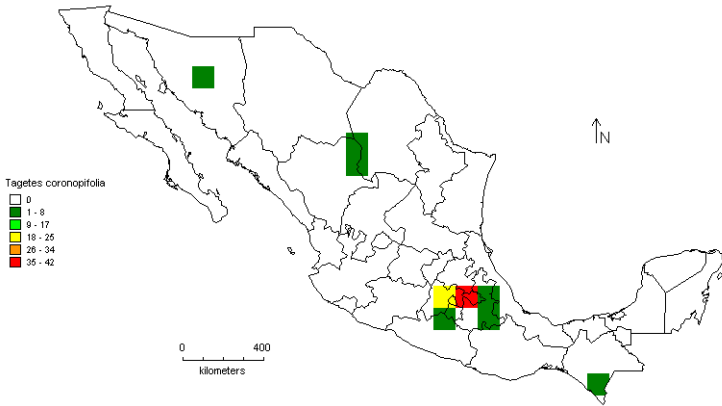


Figura 7. Mapa de incidencia de *Tagetes coronopifolia* Willd.

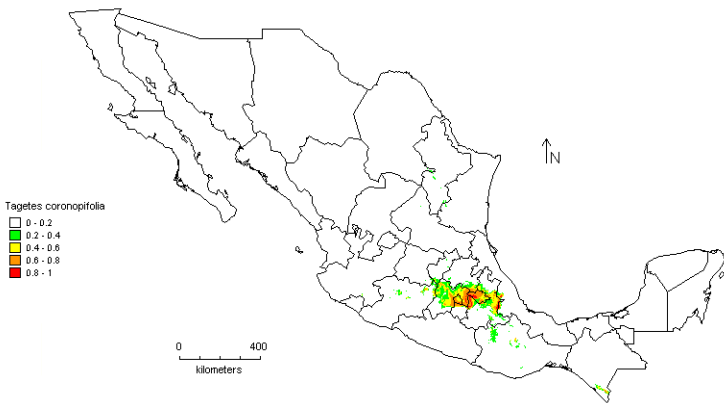


Figura 8. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes coronopifolia* Willd.

T. elongata

Se encuentra como endémica de Chiapas (Figura 9) con probable incidencia en otras áreas, principalmente en las zonas de transición climática de Guerrero y de Oaxaca (Figura 10) en sotavento.



Figura 9. Mapa de distribución de *Tagetes elongata* Willd.

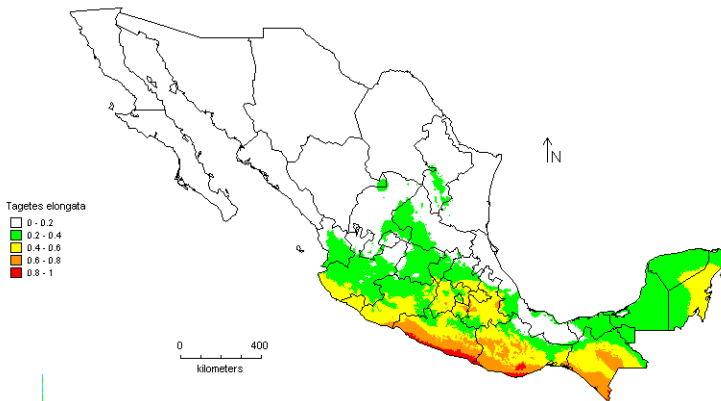


Figura 10. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes elongata* Willd.

T. eppaposa

Es endémica de Durango (Figura 11), restringida al área de El Salto, una region de bosque de pino con parajes de agua estancada por periodos largos que al parecer no hay en otros lugares, aunque el mapa de zonas potenciales indica lo contrario (Figura 12), especialmente en areas colindantes de Sinaloa, Durango y Nayarit donde no es muy seguro hacer exploraciones en campo.



Figura 11. Mapa de distribución de *Tagetes eppaposa* B. L. Turner.

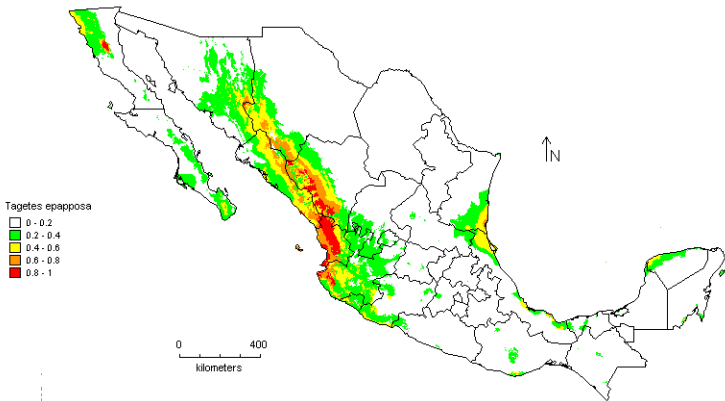


Figura 12. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes eppaposa* B. L. Turner.

T. erecta

Es de las especies cultivadas más distribuidas, principalmente en el centro y sur del país (Figura 13), muy asociada a grupos humanos de origen indígena y mestizo en la zona mesoamericana de México.

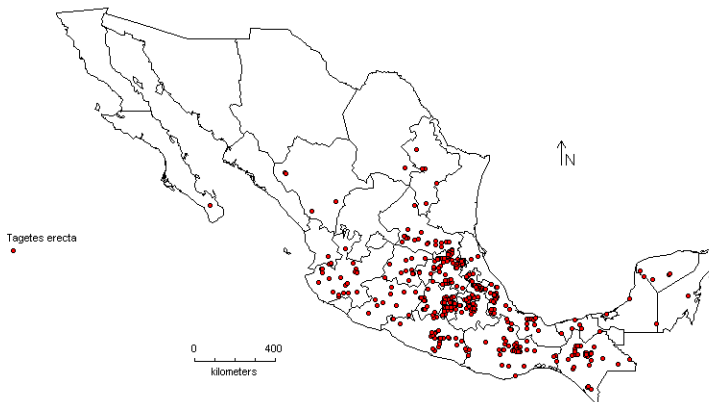


Figura 13. Mapa de distribución de *Tagetes erecta* L.

Los mapas de incidencia y de zonas potenciales (Figuras 14 y 15) coinciden, lo cual refuerza continuar con las acciones de colecta, en tanto que los grupos humanos presentes en comunidades siguen cultivando esta especie y no todos han sido contactados.

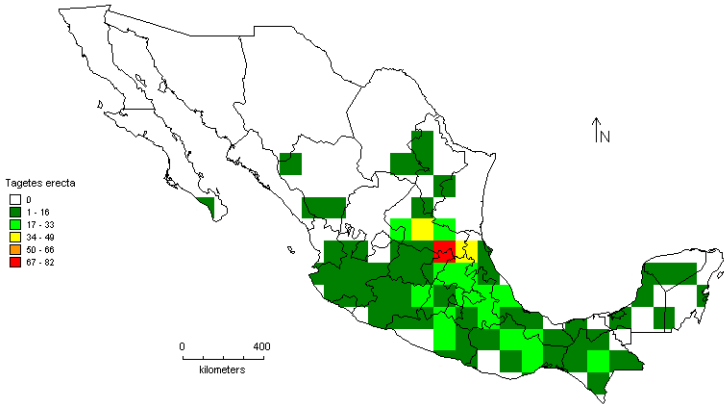


Figura 14. Mapa de incidencia de *Tagetes erecta* L.

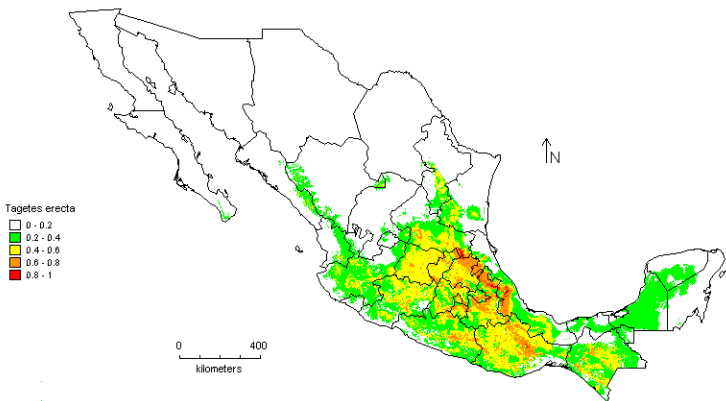


Figura 15. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes erecta* L.

T. filifolia

Está distribuida en los principales sistemas montañosos, en casi todas las latitudes (19 a 32° N) (Figura 16); con más exploración en Chiapas y San Luis Potosí (Figura 17) y de acuerdo con el mapa de zonas potenciales (Figura 18), más necesidad de exploración en campo.

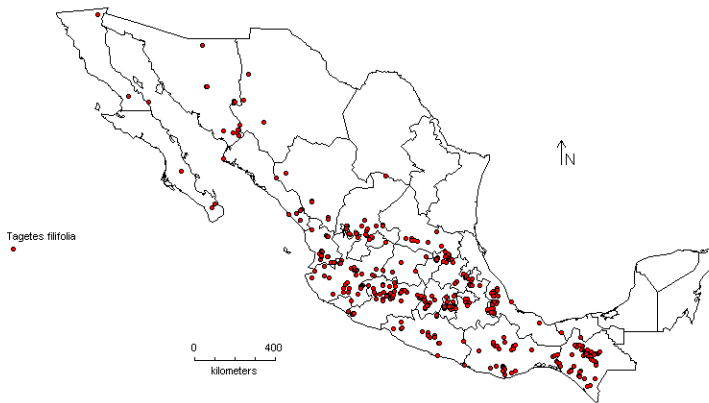


Figura 16. Mapa de distribución de *Tagetes filifolia* Lag.

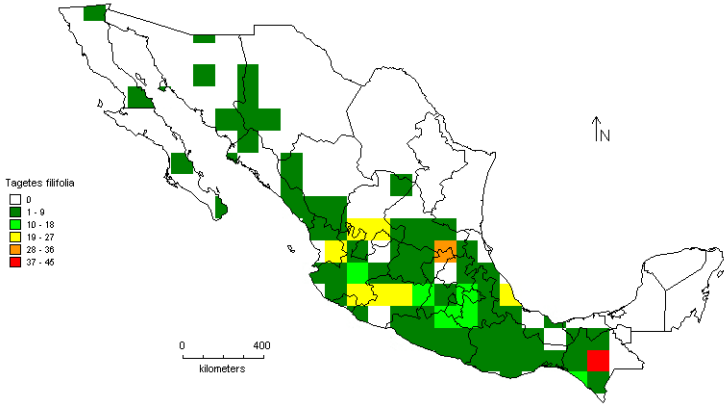


Figura 17. Mapa de incidencia de *Tagetes filifolia* Lag.

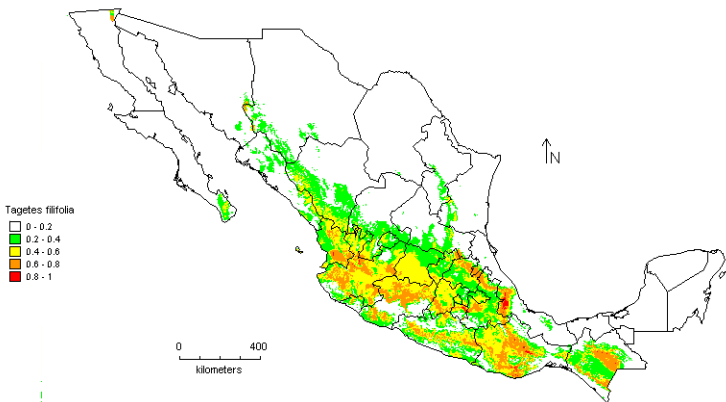


Figura 18. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes filifolia* Lag.

T. foetidissima

Es de distribución localizada en el Eje Neovolcánico, por lo que es distintivo que se encuentre en otros sistemas montañosos, como la Sierra Madre Occidental (Durango), Sierra Madre del Sur (San Andrés Chichauxtla) y Sierra Madre de Chiapas (Los Altos de Chiapas) (Figuras 19).

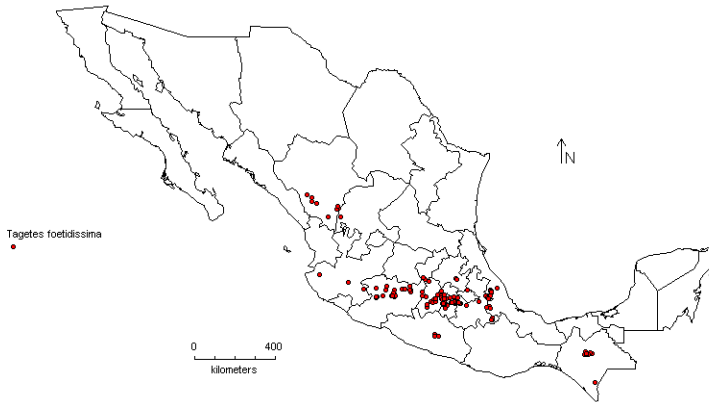


Figura 19. Mapa de distribución de *Tagetes foetidissima* D. C.

El trabajo de colecta ha sido intenso en el estado de México y Distrito Federal (Figura 20) aunque hay más zonas potenciales por explorar (Figura 21), especialmente en las cordilleras vertientes al Océano Pacífico.

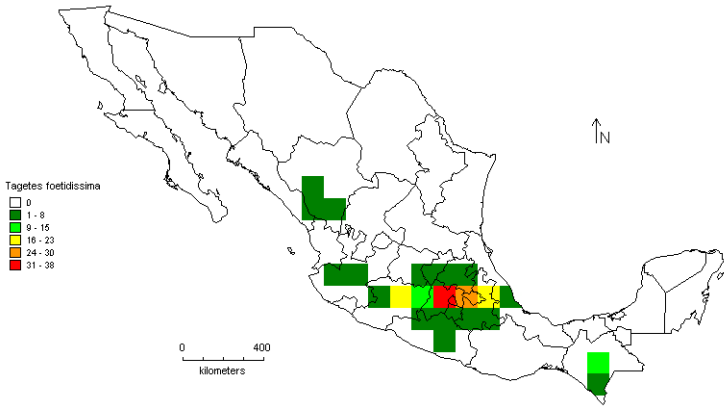


Figura 20. Mapa de incidencia de *Tagetes foetidissima* D. C.

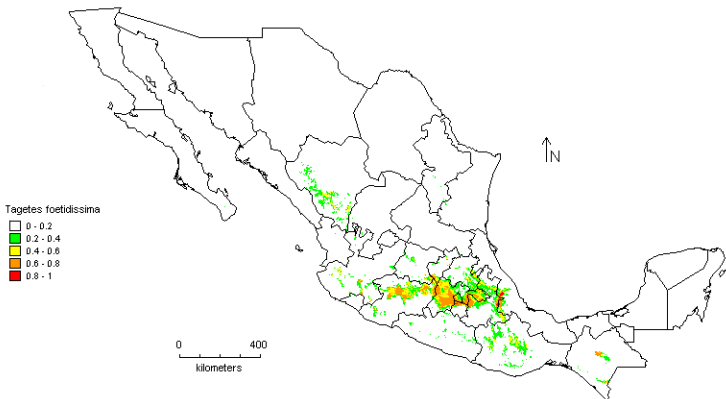


Figura 21. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes foetidissima* D. C.

T. hatwegii

Es otra endémica, en este caso enclavada en la Sierra Madre Occidental, en la Sierra de Bolaños, Jalisco en colindancia con Zacatecas y Nayarit (Figura 22). Por tener un solo punto geográfico de referencia en la colecta de especímenes y semillas de esta especie, no se generaron otros mapas.



Figura 22. Mapa de distribución de *Tagetes hartwegii* Greenm.

T. jaliscensis

Se encuentra como una especie regional, hacia el norte de la Sierra Madre Occidental (Figura 23).

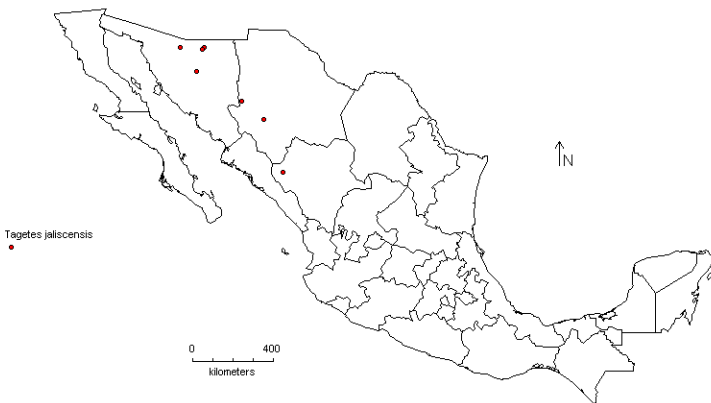


Figura 23. Mapa de distribución de *Tagetes jaliscensis* Greenm.

El mapa de zonas potenciales (Figura 24) hace reflexionar en la revisión del estatus taxonómico de este material ya que no se le ha encontrado en campo en exploraciones recientes. Tanto en Sonora como en Chihuahua, las especies *T. subulata* y *T. trirradiata* son las que, por sus características, se acercarian un poco a la descripción de *T. jaliscensis*, pero es necesario un exámen mas cuidadoso de cotejo.

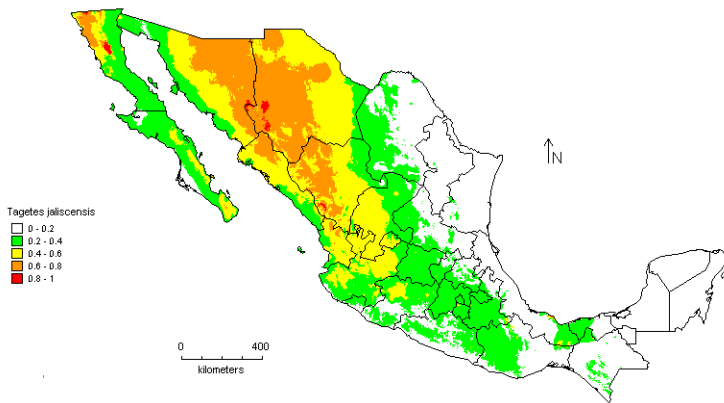


Figura 24. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes jaliscensis* Greenm.

T. lacera

Es otra especie endémica, perenne, en este caso de Baja California Sur (Figura 25), localizada en la zona de bosque de encino-pino de la Sierra de la Laguna. Aunque el mapa de zonas potenciales indica otros lugares para el desarrollo de *T. lacera* (Figura 26), parece que solamente se encuentra en la sierra referida. En condiciones de Chapingo, México esta especie desarrolla vigorosamente.



Figura 25. Mapa de distribución de *Tagetes lacera* Brandegeae.

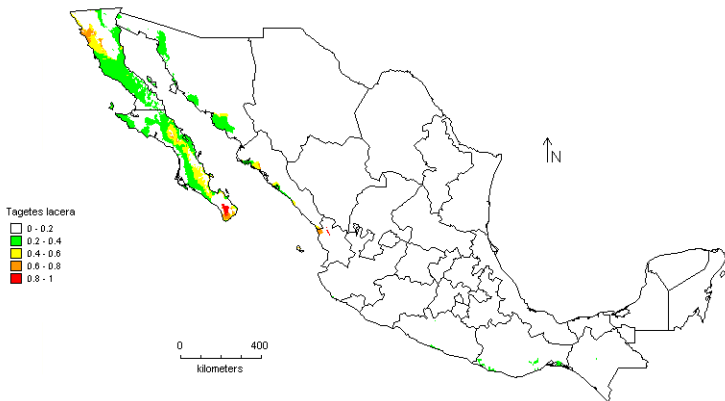


Figura 26. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes lacera* Brandegeae.

T. lemmonii

Es de distribución regional ubicada claramente en algunos lugares de Sonora y otros en colindancia con Chihuahua (Figura 27); aunque potencialmente se le puede encontrar en otras partes de la Sierra Madre Occidental, e incluso en la Sierra de la Laguna (Figura 28), las evidencias no lo confirman.

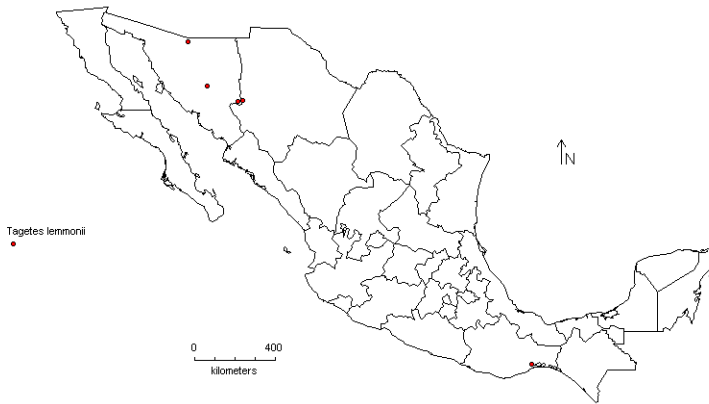


Figura 27. Mapa de distribución de *Tagetes lemmonii* A. Gray.

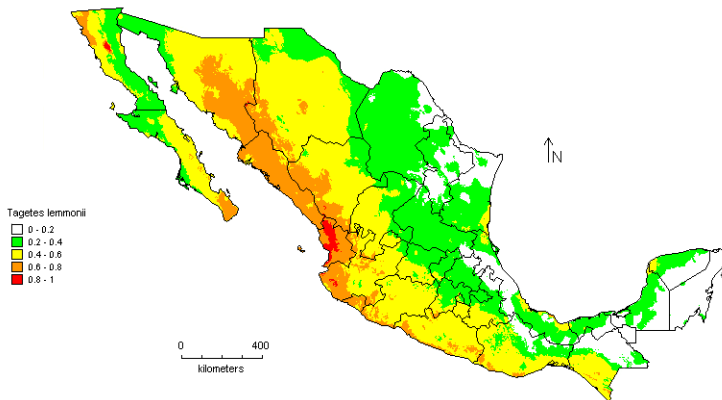


Figura 28. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes lemmonii* A. Gray.

T. linifolia

Es una especie localizada en partes específicas de Puebla (Figura 29), en el Eje Neovolcánico. De encontrarse en otras zonas como se observa en el mapa de zonas potenciales (Figura 30), debe hallarse en forma rala pues su búsqueda, por ejemplo en el estado de Oaxaca no ha sido exitosa.



Figura 29. Mapa de distribución de *Tagetes linifolia* Seaton.

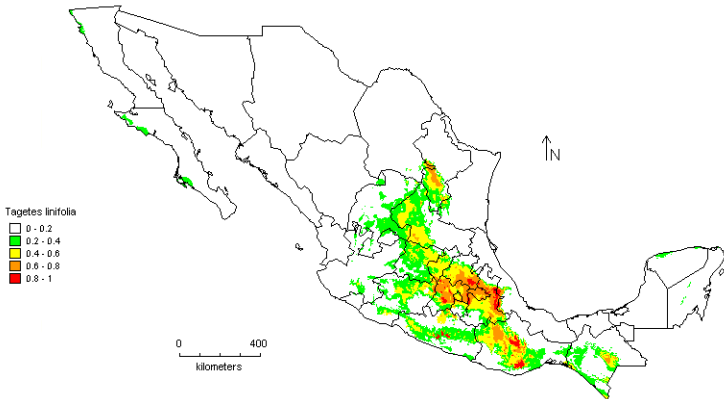


Figura 30. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes linifolia* Seaton.

T. lucida

Está bien representada en el centro-occidente, centro-sur y sur del país (Figura 31). Considerando que observaciones en campo indican que la morfología y aroma de la planta presentan amplia variabilidad según el área geográfica, los mapas de incidencia de la especie (Figura 32) y de las áreas potenciales para su localización (Figura 33) pueden guiar las futuras colectas.

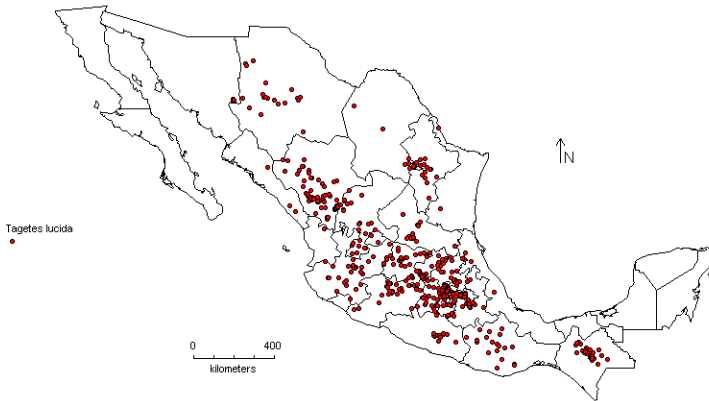


Figura 31. Mapa de distribución de *Tagetes lucida* Cav.

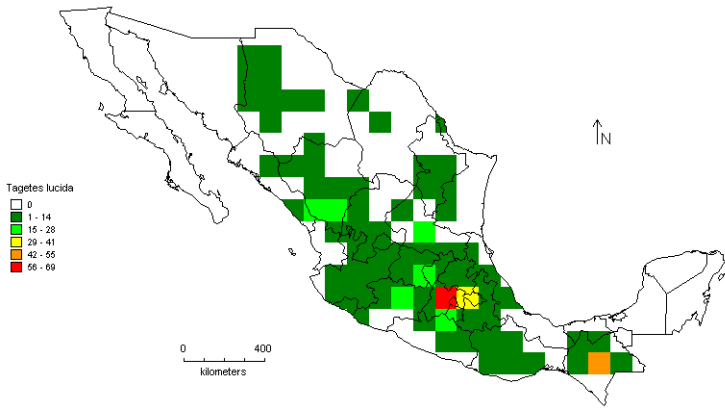


Figura 32. Mapa de incidencia de *Tagetes lucida* Cav.

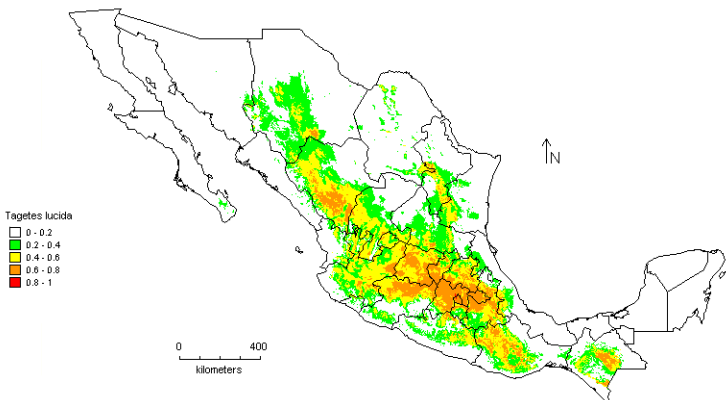


Figura 33. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes lucida* Cav.

T. lunulata

Se ubica hacia el centro del país y hacia el centro norte (Figura 34) en áreas templadas y no necesariamente montañosas como el altiplano en el centro norte. Lo variable del ambiente se asocia con variantes morfológicas, por lo que los mapas de incidencia (Figura 35) y de zonas potenciales (Figura 36) son una referencia útil para guiar las exploraciones en campo.

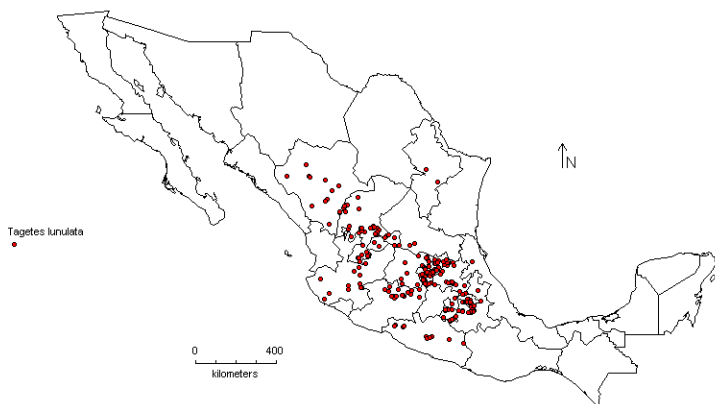


Figura 34. Mapa de distribución de *Tagetes lunulata* Ort.

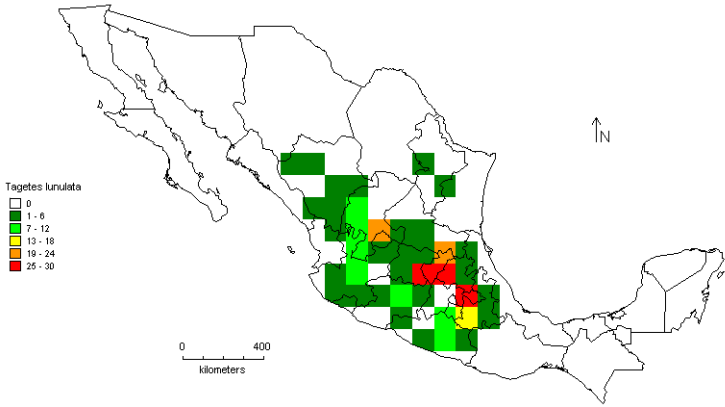


Figura 35. Mapa de incidencia de *Tagetes lunulata* Ort.

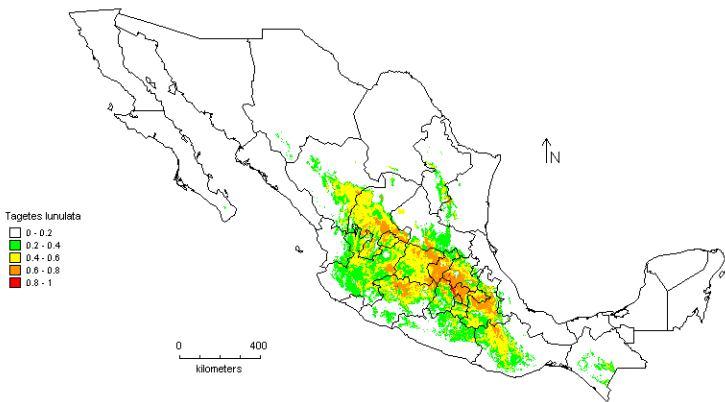


Figura 36. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes lunulata* Ort.

T. micrantha

Tiene una distribución geográfica (Figura 37) parecida a la de *T. filifolia*, crece en áreas templado frías de los diferentes sistemas montañosos, mientras que *T. filifolia* prospera en ambientes menos fríos. Hay lugares en los que ambas especies están compartiendo el espacio, situación que junto con la variabilidad tan grande que expresa esta especie en los hábitats donde se le ha encontrado, permiten reconocer la valía de los mapas de incidencia (Figura 38) y de riqueza (Figura 39) como eje conductor de la colecta en campo, sobre todo porque hace falta conseguir muestras de semillas.

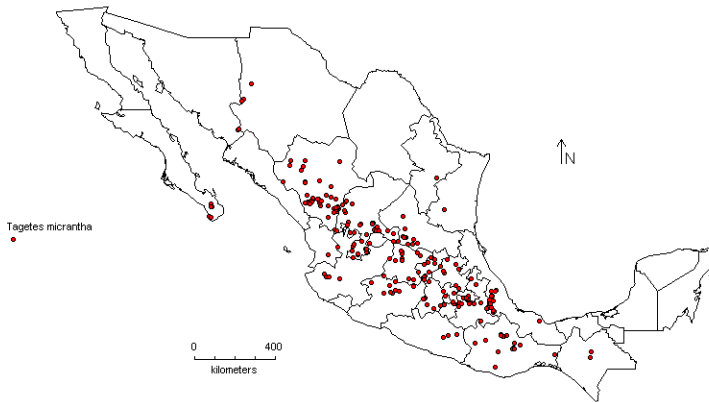


Figura 37. Mapa de distribución de *Tagetes micrantha* Cav.

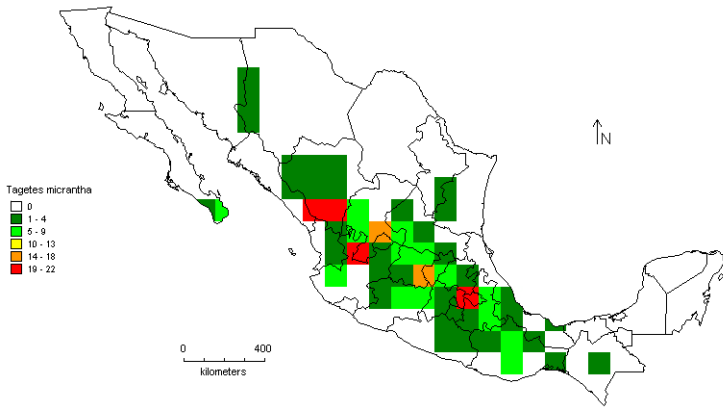


Figura 38. Mapa de incidencia de *Tagetes micrantha* Cav.

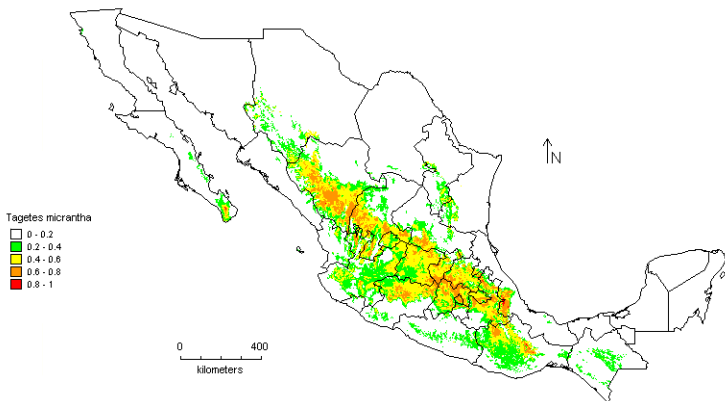


Figura 39. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes micrantha* Cav.

T. microglossa

Con representantes encontrados al sur de Zacatecas, Durango (Figura 40) y recientemente en Chihuahua, es una especie aparentemente introducida a México, ya que su origen geográfico se le ha ubicado en Guatemala, o bien, se podría tratar de un relicto.



Figura 40. Mapa de distribución de *Tagetes microglossa* Benth.

Por la importancia que reviste *T. microglossa* desde el punto de vista biológico en su interacción con otras especies, como se ha visto en la Sierra Tarahumara, o simplemente por la presencia misma de esta especie en México, el mapa de zonas potenciales (Figura 41) debe ser la referencia básica para dirigir las futuras colectas; en el mapa figuran algunas zonas de Chiapas donde se tiene el antecedente de haberse detectado a esta especie.

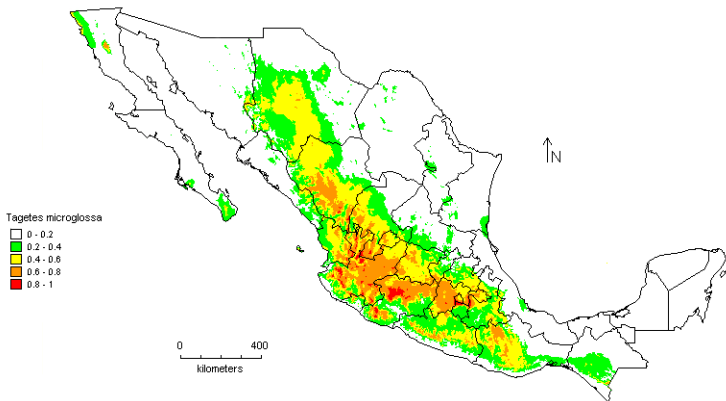


Figura 41. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes microglossa* Benth.

T. minuta

Aparentemente es otra especie introducida que puede provenir de America del Sur, donde se distribuye ampliamente, como ejemplo en Argentina, entre otros países. La presencia de la especie en la Sierra Madre Occidental en Sonora (Figura 42), en áreas naturales al parecer poco transitadas y difíciles, despiertan la sospecha de que la presencia de *T. minuta* en el noroeste de México puede tratarse de un relictos. El mapa de zonas potenciales (Figura 43) permite apreciar que esta especie podría estar distribuida principalmente en una amplia zona de la Sierra Madre Occidental en Sonora.



Figura 42. Mapa de distribución de *Tagetes minuta* L.

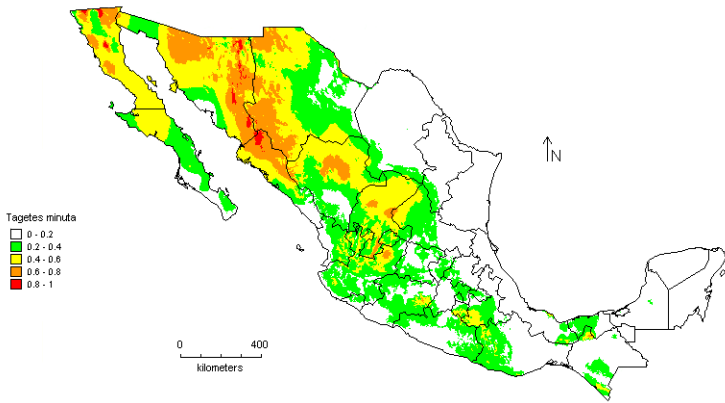


Figura 43. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes minuta* L.

T. moorei

Es endémica de Cadereyta, Vizarrón y San Joaquín en Querétaro y de Zimapán, Hidalgo (Figura 44) en cañadas semicálidas y suelos regosoles, situadas donde inicia la Sierra Gorda hacia la Sierra Madre Oriental. Aunque el mapa de zonas potenciales (Figura 45) marca áreas extensas, solamente la exploración en cañadas que se forman entre el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental podría favorecer un mejor conocimiento de su distribución.



Figura 44. Mapa de distribución de *Tagetes moorei* H. Rob.

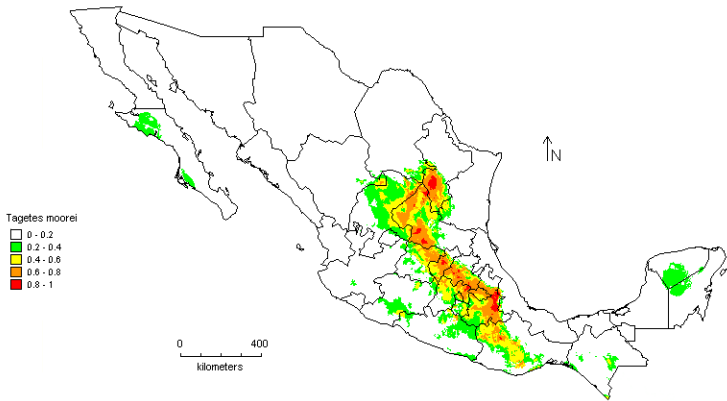


Figura 45. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes moorei* H. Rob.

T. mulleri

Se distribuye como endémica de Monterrey, Montemorelos y Rayón en Nuevo León (Figura 46), creciendo en las cumbres mayores a 2000 m; sin embargo, su colecta no ha sido posible.



Figura 46. Mapa de distribución de *Tagetes mulleri* Blake.

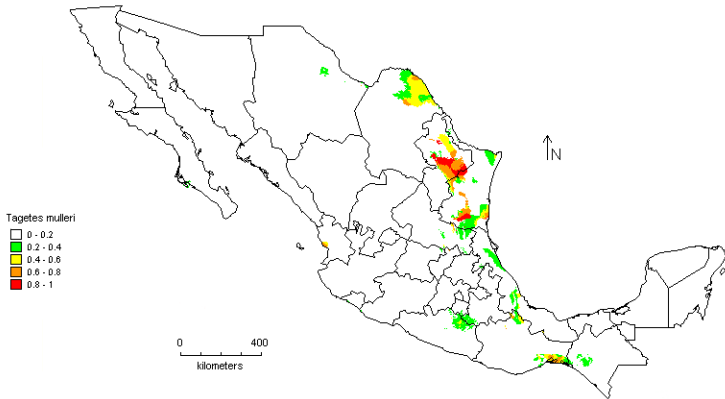


Figura 47. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes mulleri* Blake.

La importancia de esta especie, al parecer perenne, es el aroma a menta, muy diferente de los aromas del género. Su hallazgo puede contribuir al entendimiento de los endemismos de *Tagetes* y a la filogenia de las perennes, por ello, el mapa de zonas potenciales debe tomarse como buena referencia para las exploraciones, que debe ser meticulosas, porque posiblemente se trate de una especie en riesgo (Figura 47).

T. nelsonii

Es endémica de la región de los Altos de Chiapas y de otros puntos parecidos (Figura 48) en áreas de montaña, las zonas potenciales (Figura 49) para encontrar a la especie son más viables hacia las montañas que se proyectan hacia Guatemala, entre la selva y el bosque templado.



Figura 48. Mapa de distribución de *Tagetes nelsonii* Greenm.

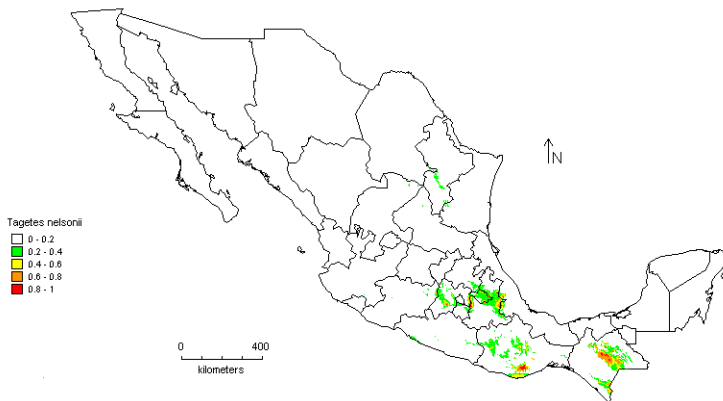


Figura 49. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes nelsonii* Greenm.

T. oaxacana

Es endémica de la zona suroeste de Tlaxiaco, Oaxaca (Figura 50) en habitat montañoso, de clima templado, bosque de pino encino, en suelos degradados; el mapa de zonas potenciales (Figura 51) es un excelente auxilio para la búsqueda en el propio Tlaxiaco, pero no fuera de ahí, ya que no resulta sencillo encontrar a esta especie que quizá también se encuentre en riesgo.



Figura 50. Mapa de distribución de *Tagetes oaxacana* B. L. Turner.

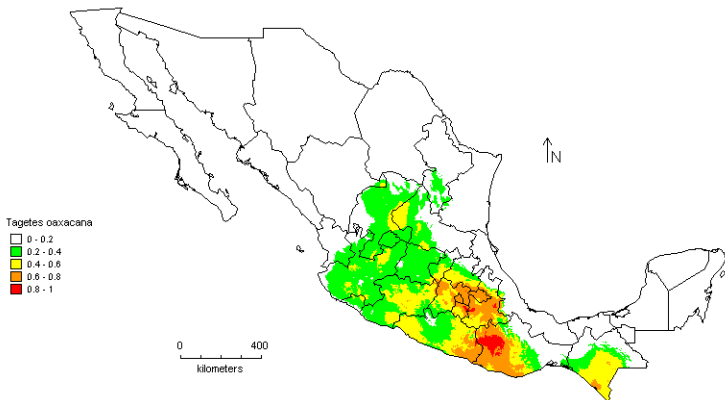


Figura 51. Mapa de zonas potencial de *Tagetes oaxacana* B. L. Turner.

T. palmeri

Ocupa puntos parecidos a los de *T. lemmonii*, su distribución es regional en Sonora y Chihuahua, también se encuentra en Durango (Figura 52), crece en áreas pedregosas o que aseguran filtración de agua de lluvia; las zonas potenciales (Figura 53) también son semejantes a las de *T. lemmonii* de tal manera que conviene se revisen aspectos de sinonimia.



Figura 52. Mapa de distribución de *Tagetes palmeri* A. Gray.

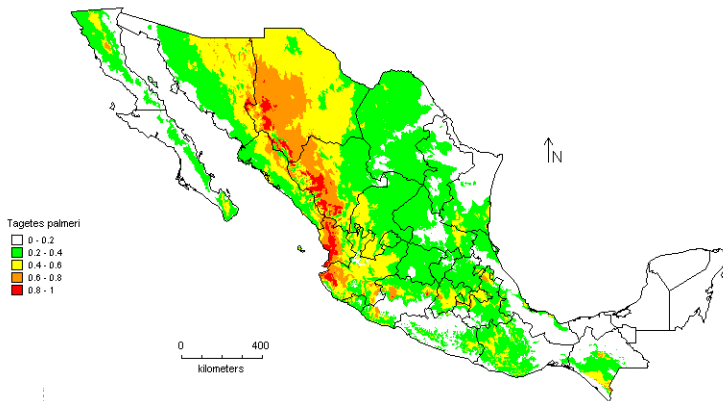


Figura 53. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes palmeri* A. Gray.

T. parryi

Es endémica de San Luis Potosí, como el Valle de los Fantasmas, Las Rusias y La Cantera (Figura 54) en la Sierra de Álvarez donde la geología es de placas verticales sedimentarias porosas. De acuerdo con el mapa de zonas potenciales (Figura 55), es recomendable seguir explorando la Sierra de Álvarez.



Figura 54. Mapa de distribución de *Tagetes parryi* A. Gray.

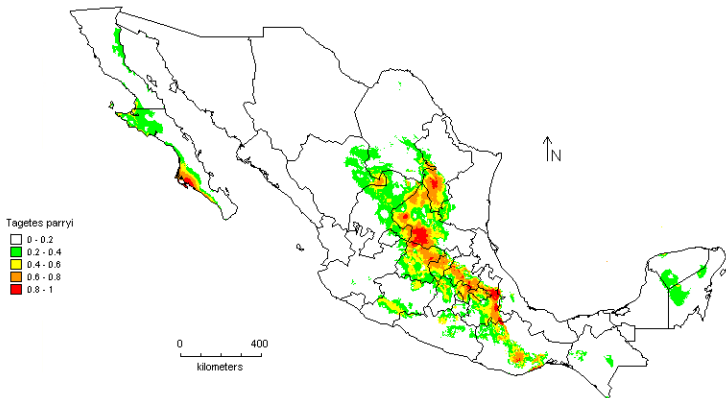


Figura 55. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes palmeri* A. Gray.

T. patula

Es la segunda especie domesticada que tiene como principal región de su distribución, el centro de México (Figura 56); los mapas de zonas de incidencia (Figura 57) y potenciales (Figura 58) sugieren continuar explorando esa zona por la posible participación humana en la domesticación; la especie tetraploide fue resultado de cruzamientos entre especies diploides.

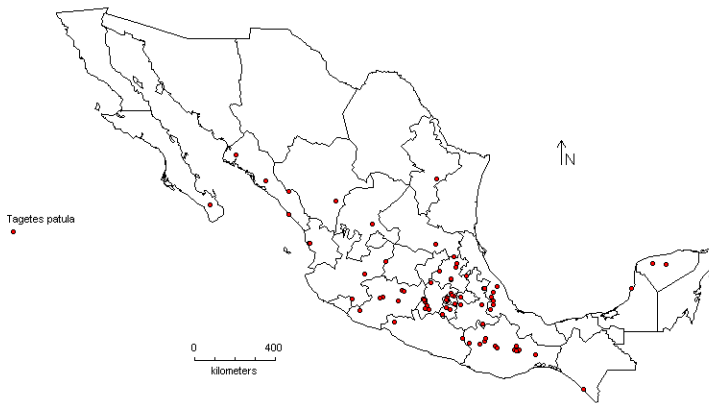


Figura 56. Mapa de distribución de *Tagetes patula* L.

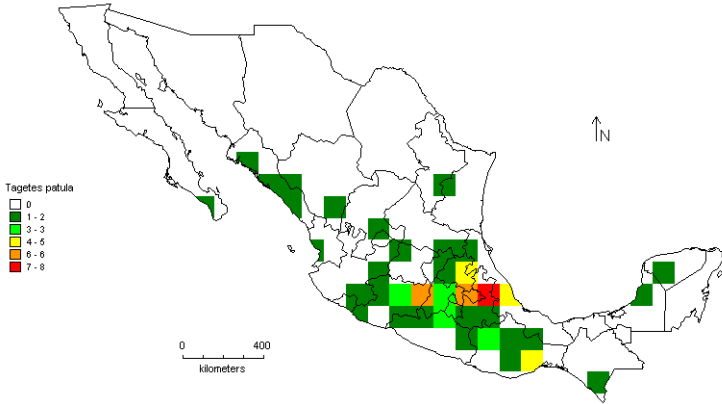


Figura 57. Mapa de incidencia de *Tagetes patula* L.

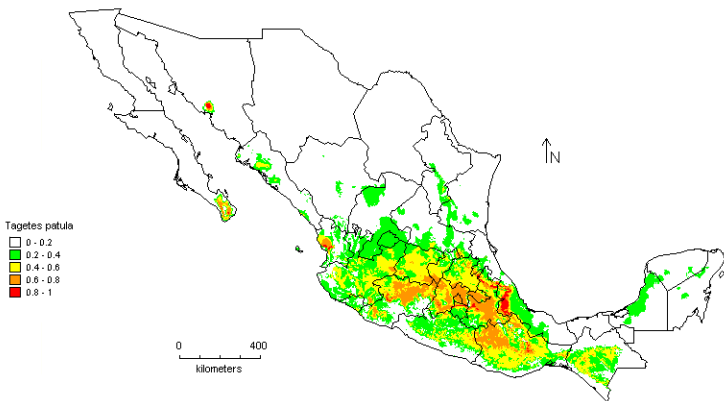


Figura 58. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes patula* L.

T. persicaefolius

Es una perenne subacuática que se distribuye en planicies de clima templado y lluviosas de Jalisco, Michoacán y Querétaro (Figura 59) con zonas potenciales en planicies o altiplanos del Eje Neovolcánico (Figura 60), donde se acumula agua por periodos largos o en márgenes de arroyos intermitentes de poco caudal.



Figura 59. Mapa de distribución de *Tagetes persicaefolius* (Benth.) B. L. Turner.

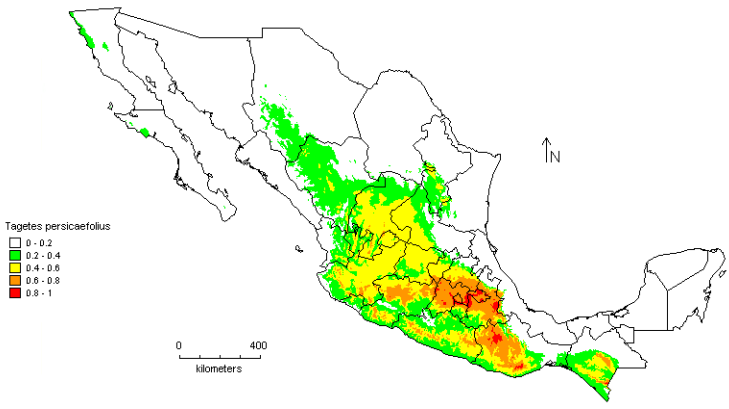


Figura 60. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes persicaefolius* (Benth.) B. L. Turner.

T. pringlei

Otra especie subacuática que prospera en áreas de acumulación estacional de agua de lluvia de poca profundidad, como las distribuidas no de forma abundante en los lomeríos suaves de Cd. Cuautemoc, Chihuahua, sureste de Durango y de Zacatecas, parte norte de Jalisco, sierras y bajíos michoacanos, zonas de pino en el norte de Juventino Rosas, Guanajuato y en la zona occidental del estado de México (Figura 61); su incidencia (Figura 62) y zonas potenciales (Figura 63).

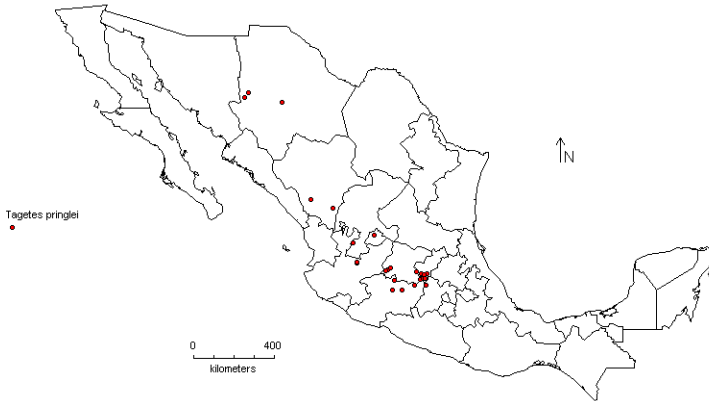


Figura 61. Mapa de distribución de *Tagetes pringlei* S. Watts.

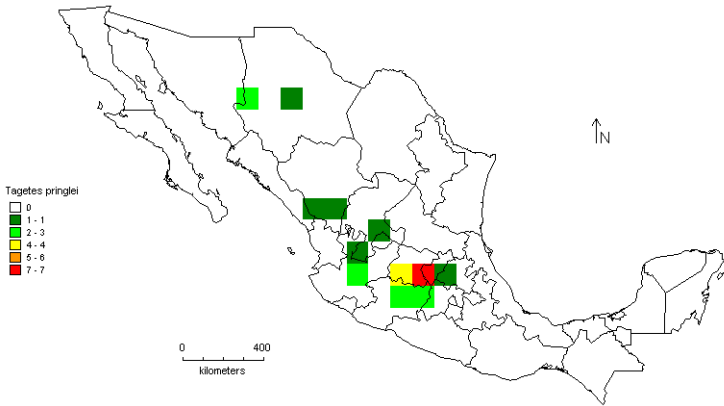


Figura 62. Mapa de incidencia de *Tagetes pringlei* S. Watts.

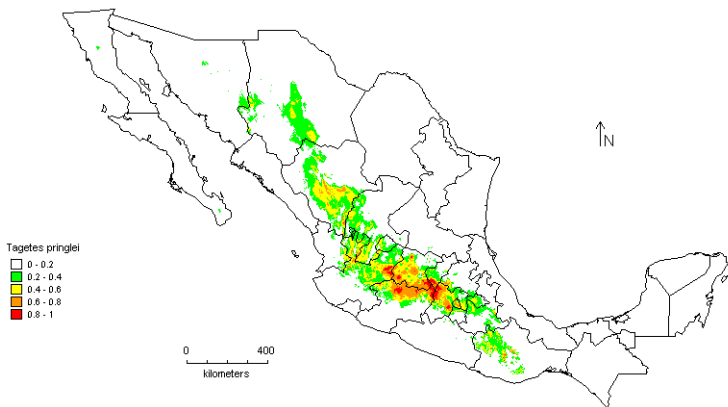


Figura 63. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes pringlei* S. Watts.

T. remotiflora

Se distribuye en las zonas: centro, centro sur, centro oriente y centro occidente, también en puntos localizados de Durango y Sinaloa, y en Chiapas (Figura 64), principalmente en áreas de transición climática, no hacia los climas templados frío o los cálidos.

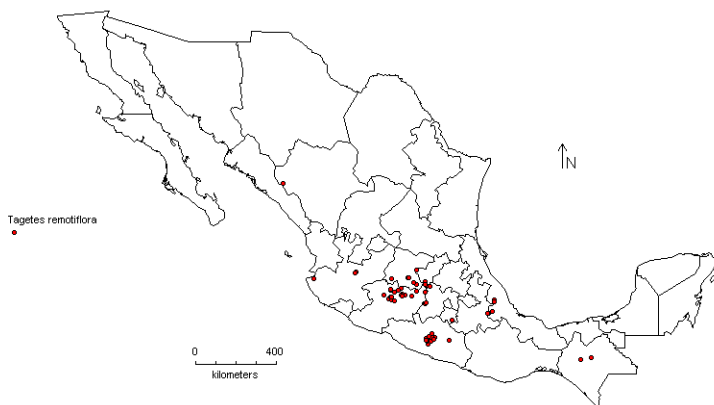


Figura 64. Mapa de distribución de *Tagetes remotiflora* Kunze.

En estas zonas de transición, *T. remotiflora* frecuentemente crece junto a otras de *Tagetes*, por lo regular más de dos. Tanto su incidencia (Figura 65) como las zonas potenciales (Figura 66) indican que la radiación de la especie se ubica en el Eje Neovolcánico y puntos de encuentro con las Sierras Madre del Sur, Occidental y Oriental.

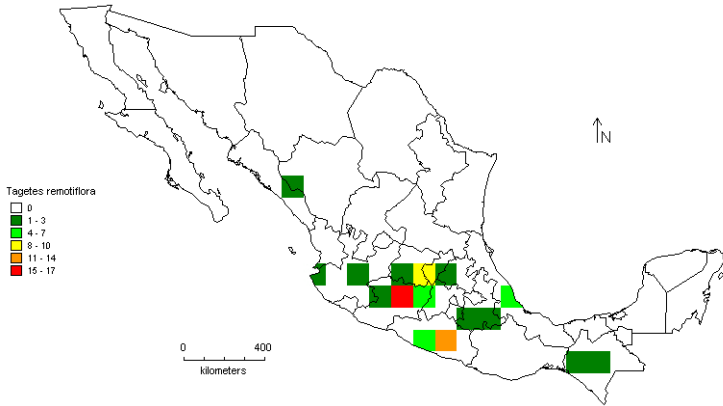


Figura 65. Mapa de incidencia de *Tagetes remotiflora* Kunze.

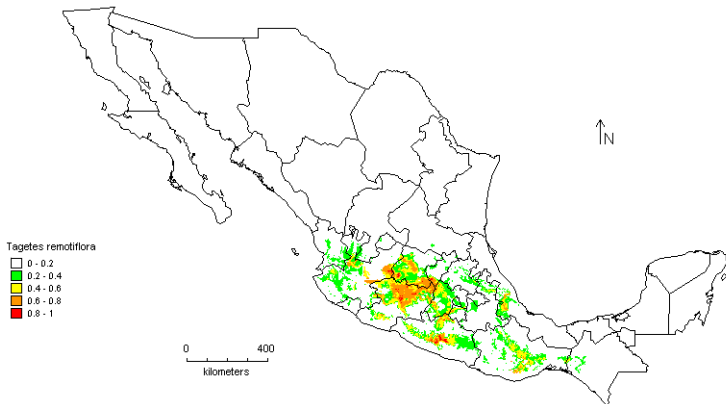


Figura 66. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes remotiflora* Kunze.

T. stenophylla

Es una perenne asociada con el bosque de pino, casi siempre húmedo; se distribuye en forma rala hacia el occidente, aunque en Chiapas también se le ha encontrado (Figura 67); el bajo número de lugares donde crece y su presencia no muy abundante requiere de mayor exploración en campo; las zonas potenciales (Figura 68) corresponden a las áreas entre el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur o La Sierra Madre Occidental.



Figura 67. Mapa de distribución de *Tagetes stenophylla* B. L. Rob.

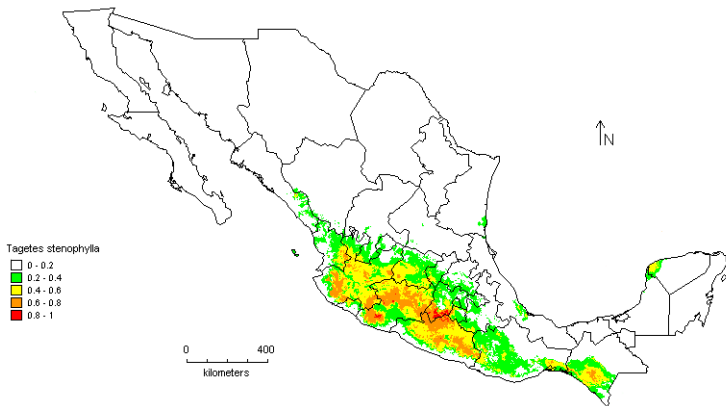


Figura 68. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes stenophylla* B. L. Rob.

T. subulata

Se le encuentra en las cadenas montañosas del occidente de México (Figura 69) en amplias condiciones climáticas siempre asociada al bosque de pino y de pino encino. La información de su incidencia (Figura 70) y de las zonas potenciales (Figura 71) es valiosa porque al parecer se encuentra relacionada con la formación de otras especies.

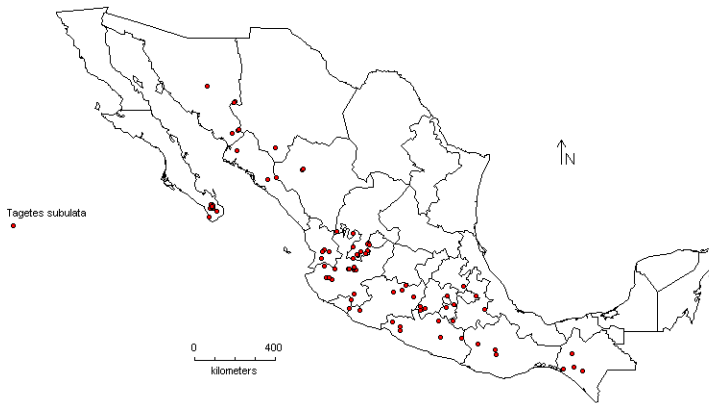


Figura 69. Mapa de distribución de *Tagetes subulata* Cerv.

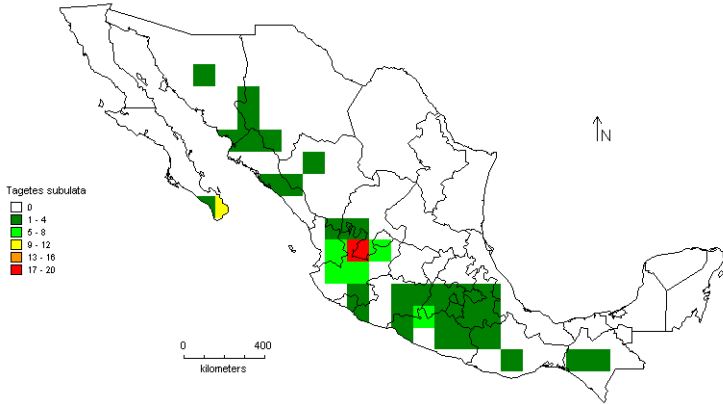


Figura 70. Mapa de incidencia de *Tagetes subulata* Cerv.

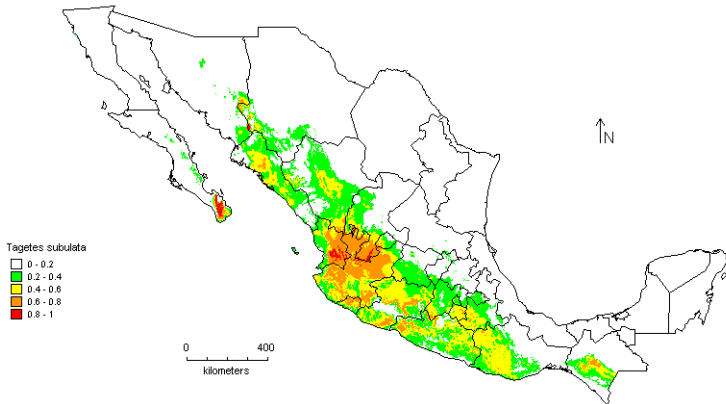


Figura 71. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes subulata* Cerv.

T. subvillosa

Es de localización restringida en los estados de México y Michoacán (Figura 72), debido a su escasa representación en herbarios y la falta de accesiones, hacen que el mapa de zonas potenciales (Figura 73) sea un documento importante en la tarea de su localización, especialmente entre Oaxaca y Puebla.



Figura 72. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes subvillosa* Lag.

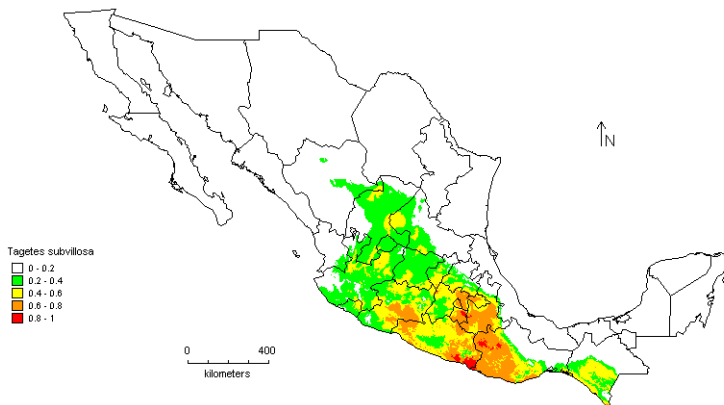


Figura 73. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes subvillosa* Lag.

T. tenuifolia

Como se aprecia en el mapa de distribución (Figura 74), es una especie que se distribuye casi a lo largo del país, sin embargo, debe hacerse una revisión detallada de todos los ejemplares de herbario, de donde proviene la información que se retomó para la elaboración del mapa (Figura 75), ya que es muy probable haya una profunda confusión con la especie *T. lunulata* la cual, de acuerdo con la experiencia de campo, sí corresponde con los puntos marcados. En las exploraciones en campo, a *T. tenuifolia* principalmente se le ha encontrado en Oaxaca (Figura 76).

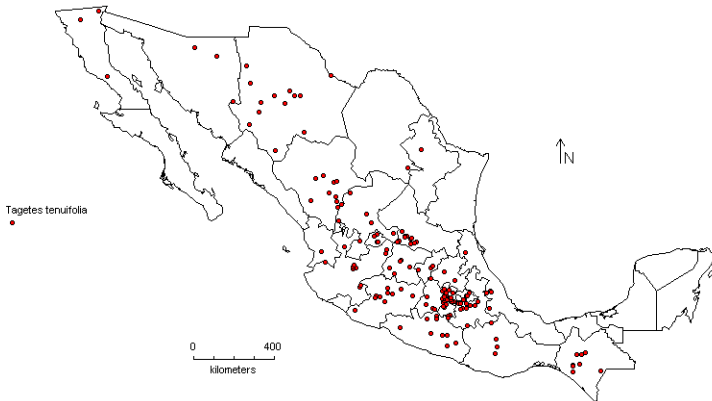


Figura 74. Mapa de distribución de *Tagetes tenuifolia* Cav.

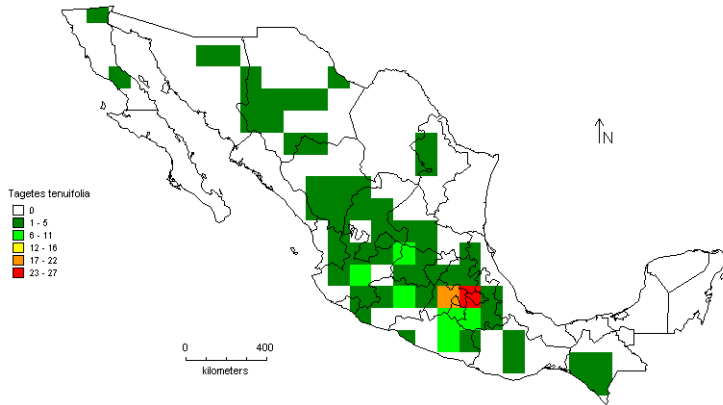


Figura 75. Mapa de incidencia de *Tagetes tenuifolia* Cav.

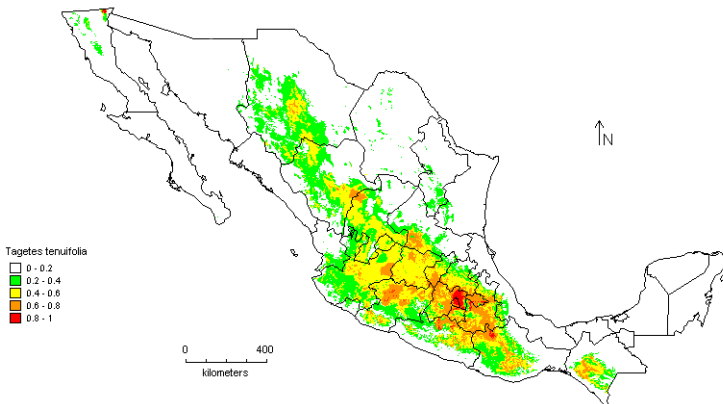


Figura 76. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes tenuifolia* Cav.

T. terniflora

Es una especie que crece en orillas de las parcelas en San Cristóbal de las Casas, Chiapas (Figura 77), su localización puntual puede confirmar que la especie se introdujo al país. Su presencia en la zona mixte de Oaxaca detectada en recorridos de campo genera un poco de confusión porque se trata de un lugar muy aislado.



Figura 77. Mapa de distribución de *Tagetes terniflora* H. B. K.

T. triradiata

Está representada en pocos puntos y distantes en Sonora, Chihuahua, sureste de Zacatecas, Jalisco, Michoacán y México (Figura 78); la baja incidencia de la especie (Figura 79) y las zonas potenciales donde se le puede encontrar (Figura 80) indican que la exploración en campo aún puede mejorar.

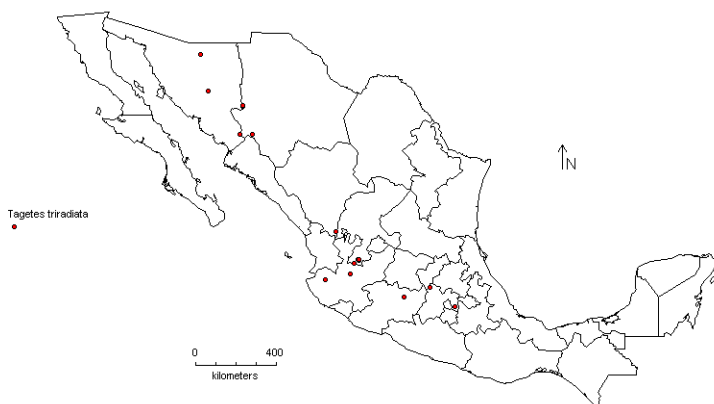


Figura 78. Mapa de distribución de *Tagetes triradiata* Greenm.

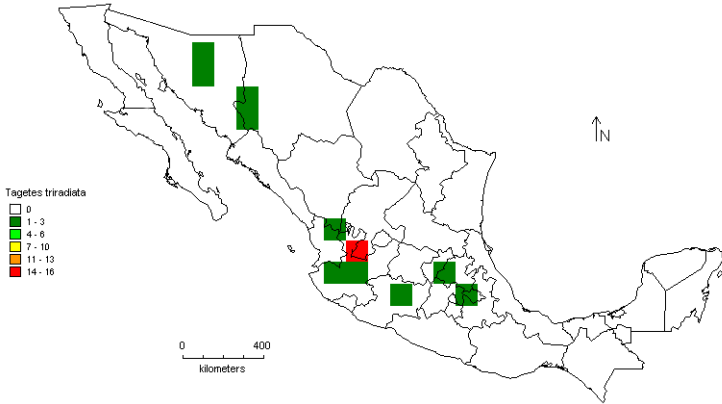


Figura 79. Mapa de incidencia de *Tagetes triradiata* Greenm.

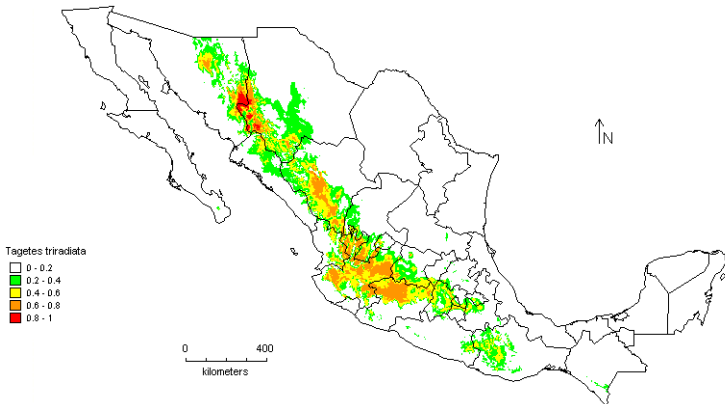


Figura 80. Mapa de zonas potenciales de *Tagetes triradiata* Greenm.

2. Especies, razas o variedades locales amenazadas

Considerando información básica referida por Turner y Nesom (1993) y de Serrato (2010), sobre el estatus del género en México, complementado con información de Turner (1996) y exploraciones en campo durante 2000 a 2012 con auspicio de la UCh y del SINAREFI, se tiene la situación siguiente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Situación de las especies de *Tagetes* de México con modificaciones a documento publicados.

Situación de las especies	Situación de conservación
Extranjeras (2)	
<i>T. minuta</i>	Crece en puntos localizados de Sonora en la montaña y hasta ahora no parece ser un problema como maleza, como se ha reportado en otros países. Se desconoce su abundancia. Hay duda sobre cómo llegó esta especie o si se trata de poblaciones con endemismo especial que pudieron haberse dispersado hacia América del Sur.
<i>T. terniflora</i>	Se le reportó en 1996 en San Cristóbal de las Casas, Chiapas y es de difícil localización, lo cual indica que existe algún tipo de control de su dispersión; se requiere mayor exploración en campo para verificar la situación.
Nativas (30)	
<i>T. arenicola</i>	Principalmente crece ruderal y el área de su endemismo parece no ser grande. Tiene aprovechamiento local que no se ha estudiado, como tampoco la densidad de población.
<i>T. coronopifolia</i>	En recorridos de campo con regular abundancia donde se le encuentra, pero no es frecuente su hallazgo.
<i>T. elongata</i>	Pocas referencias de su localización, por lo que se conoce poco.

<i>T. erecta</i>	Existencia de razas de esta especie según grupos indígenas y grupos culturales filiados con el cultivo y uso ceremonial de la especie en Días de Muertos. En la región del Bajío, hay remanentes de germoplasma que las industrias dejaron después de su salida a otros países en 2001. Desde 2001 se está incrementando la demanda de variedades de origen extranjero para maceta.
<i>T. eppaposa</i>	No se tiene información de esta especie endémica.
<i>T. filifolia</i>	Por el uso como saborizante y remedio, la cosecha de esta planta se hace durante la época de lluvia en diferentes regiones de México.
<i>T. foetidissima</i>	En algunos lugares de México, Tlaxcala y Chiapas se le emplea como té, por lo que las poblaciones naturales de plantas a veces se ve afectada.
<i>T. jaliscensis</i>	Pocas referencias de su localización, por lo que se conoce poco.
<i>T. hartwegii</i>	Pocas referencias de su localización en la Sierra de Bolaños en Jalisco y colindancia con Nayarit, por lo que se conoce poco.
<i>T. lacera</i>	Material silvestre endémico que por su aislamiento geográfico no parece encontrarse en riesgo. Se desconoce sobre problemas por incendio en la Sierra de la Laguna BCS y su impacto en la planta que es perenne. Se encuentra en un área protegida.
<i>T. lemmonii</i>	Aparentemente sin problema de sobrevivencia en las zonas montañosas de Sonora donde se distribuye como endémica, pero hace falta tener registro de su abundancia. Se desconoce el impacto de los ranchos en el establecimiento de las poblaciones naturales.

T. linifolia

Su escaso registro hace suponer que no es fácil de encontrar, en consecuencia, no se conoce mucho de esta especie.

T. lucida

Muy usada en forma tradicional, tanto en herbolaria comercial como en consumo casero y uso ceremonial, por lo que la cosecha puede representar algún problema en la disminución de las poblaciones naturales, como se aprecia en el área del centro ceremonial mazahua en estado de México donde se detecta dificultad para su colecta durante el 14 de agosto cuando se le emplea con motivos religiosos. Se requiere estudio sobre la explotación libre de esta especie; puede considerársele amenazada. En la Red *Tagetes* de SINAREFI-SAGARPA se tiene un proyecto de conservación *in situ* en Morelos. NOM-059-SEMARNAT-2001.

T. lunulata

Utilizada en remedios domésticos y al parecer como ruderal y viaria, a veces arvense, no parece con problemas de sobrevivencia aunque en Morelos, en el área de Tepoztlán, cada vez es menor la población local de esta especie debido al uso ornamental.

T. micrantha

También se cosecha en la temporada de lluvias como *T. filifolia*, por su sabor a anís. Principalmente se encuentra en el norte del país y no parece tener problemas. Se le encuentra en áreas protegidas donde desarrolla vegetación pino-encino.

T. moorei

Crece endémica en cañadas de poca superficie y presenta mecanismo de dispersión de semillas único en Asteraceae, por lo que se recomienda protección especial.

T. moorei var.
breviligulata

Crece endémica en cañadas de poca superficie y presenta mecanismo de dispersión de semillas único en Asteraceae, por lo que se recomienda protección especial.

- T. mulleri* Se le reporta endémica, pero durante 2008-2009 se han realizado exploraciones a lugares cercanos a Monterrey y Montemorelos NL, pero no se han localizado plantas. Se considera que su permanencia está en riesgo.
- T. nelsonii* Su distribución local en Chiapas y su uso intenso en herbolaria comercial y su consumo doméstico en tratamiento de enfermedades digestivas, amerita se estudie su población; puede considerarse amenazada.
- T. oaxacana* Por las pocas referencias de su localización y las posibilidades de incendio en las áreas boscosas de Tlaxiaco, Oaxaca donde es endémica, lo seguro es que se trate de una especie en peligro. En el área de Tlaxiaco no se conoce bien a la planta y en reciente expedición en 2009 (Red *Tagetes*-SINAREFI) fue difícil colectarla.
- T. palmeri* Poca información de los lugares donde prospera, difícilmente se puede inferir sobre su situación, por lo que se requiere estudiar su abundancia.
- T. patula* Asociada con la festividad de Días de Muertos, en el área de Morelos la variabilidad morfológica es amplia pero no se tiene bien registrada; es posible que algunos tipos se estén perdiendo. Puede considerarse como amenazada.

<i>T. parryi</i>	Se encuentra sin problemas de sobrevivencia considerando su presencia abundante durante expediciones de colecta en 2008 (Red <i>Tagetes</i> -SINAREFI); tal vez la falta de uso tradicional contribuya a este estatus, además de encontrarse en lugares no comunes y favorecidos por la geología que asegura el nivel de humedad en periodos secos. Su endemismo y mecanismo de dispersión de semillas parecido al de <i>T. moorei</i> y <i>T. lacera</i> , además de su potencial biopesticida, sugieren se le considera para protección.
<i>T. persicaefolius</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. pringlei</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. remotiflora</i>	Al parecer sin problemas de sobrevivencia, pero se requiere información precisa.
<i>T. subulata</i>	Abundante en áreas protegidas, pero amenazadas en áreas como el Bajío.
<i>T. subvillosa</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. stenophylla</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. tenuifolia</i>	En las áreas de distribución parece abundante.
<i>T. triradiata</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
Restringidas a México (20)	
<i>T. arenicola</i>	Principalmente crece ruderal y el área de su endemismo parece no ser grande. Tiene aprovechamiento local que no se ha estudiado, como tampoco la densidad de población.
<i>T. coronopifolia</i>	En recorridos de campo con regular abundancia donde se le encuentra, pero no es frecuente su hallazgo.

<i>T. elongata</i>	Pocas referencias de su localización, por lo que se conoce poco.
<i>T. eppaposa</i>	No se tiene información de esta especie endémica.
<i>T. hartwegii</i>	Pocas referencias de su localización en la Sierra de Bolaños en Jalisco y colindancia con Nayarit, por lo que se conoce poco.
<i>T. lacera</i>	Material silvestre endémico que por su aislamiento geográfico no parece encontrarse en riesgo. Se desconoce problemas por incendio en la Sierra de la Laguna BCS y su impacto en la planta que es perenne. Se encuentra en un área protegida.
<i>T. lemmonii</i>	Aparentemente sin problema de sobrevivencia en las zonas montañosas de Sonora donde se distribuye como endémica, pero hace falta tener registro de su abundancia. Se desconoce el impacto de los ranchos en el establecimiento de las poblaciones naturales.
<i>T. linifolia</i>	Su escaso registro hace suponer que no es fácil de encontrar, en consecuencia, no se conoce mucho de esta especie.
<i>T. moorei</i> var. <i>breviligulata</i>	Crece endémica en cañadas de poca superficie y presenta mecanismo de dispersión de semillas único en Asteraceae, por lo que se recomienda protección especial.
<i>T. moorei</i>	Crece endémica en cañadas de poca superficie y presenta mecanismo de dispersión de semillas único en Asteraceae, por lo que se recomienda protección especial.
<i>T. mulleri</i>	Se le reporta endémica, pero durante 2008-2009 se han realizado exploraciones a lugares cercanos a Monterrey y Montemorelos NL, pero no se han localizado plantas. Se considera que su permanencia está en riesgo.

<i>T. oaxacana</i>	Por las pocas referencias de su localización y las posibilidades de incendio en las áreas boscosas de Tlaxiaco, Oaxaca donde es endémica, lo seguro es que se trate de una especie en peligro. En el área de Tlaxiaco no se conoce bien a la planta y en reciente expedición en 2009 (Red <i>Tagetes</i> -SINAREFI) fue difícil colectarla.
<i>T. palmeri</i>	Poca información de los lugares donde prospera, difícilmente se puede inferir sobre su situación, por lo que se requiere estudiar su abundancia.
<i>T. parryi</i>	Se encuentra sin problemas de sobrevivencia considerando su presencia abundante durante expediciones de colecta en 2008 (Red <i>Tagetes</i> -SINAREFI); tal vez la falta de uso tradicional contribuya a este estatus, además de encontrarse en lugares no comunes y favorecidos por la geología que asegura el nivel de humedad en periodos secos. Su endemismo y mecanismo de dispersión de semillas parecido al de <i>T. moorei</i> y <i>T. lacera</i> , además de su potencial biopesticida, sugieren se le considera para protección.
<i>T. persicaefolius</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. pringlei</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. remotiflora</i>	Al parecer sin problemas de sobrevivencia, pero se requiere información precisa.
<i>T. subvillosa</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. stenophylla</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. trirradiata</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.

Amplia distribución (14)*T. coronopifolia*

En recorridos de campo con regular abundancia donde se le encuentra, pero no es frecuente su hallazgo.

T. erecta

Existencia de razas de esta especie según grupos indígenas y grupos culturales filiados con el cultivo y uso ceremonial de la especie en Días de Muertos. En la región del bajío, hay remanentes de germoplasma que las industrias dejaron después de su salida a otros países en 2001. Desde 2001 se está incrementando la demanda de variedades de origen extranjero para maceta.

T. filifolia

Por el uso como saborizante y remedio, la cosecha de esta planta se hace durante la época de lluvia en diferentes regiones de México.

T. jaliscensis

Pocas referencias de su localización, por lo que se conoce poco.

T. lucida

Muy usada en forma tradicional, tanto en herbolaria comercial como en consumo casero y uso ceremonial, por lo que la cosecha puede representar algún problema en la disminución de las poblaciones naturales, como se aprecia en el área del centro ceremonial mazahua en estado de México donde se detecta dificultad para su colecta durante el 14 de agosto cuando se le emplea con motivos religiosos. Se requiere estudio sobre la explotación libre de esta especie; puede considerársele amenazada. En la Red *Tagetes* de SINAREFI-SAGARPA se tiene un proyecto de conservación *in situ* en Morelos. NOM-059-SEMARNAT-2001.

<i>T. lunulata</i>	Utilizada en remedios domésticos y al parecer como ruderal y viaria, a veces arvense, no parece con problemas de sobrevivencia aunque en Morelos, en el área de Tepoztlán, cada vez es menor la población local de esta especie debido al uso ornamental.
<i>T. micrantha</i>	También se cosecha en la temporada de lluvias como <i>T. filifolia</i> , por su sabor a anís. Principalmente se encuentra en el norte del país y no parece tener problemas. Se le encuentra en áreas protegidas donde desarrolla vegetación pino-encino.
<i>T. patula</i>	Asociada con la festividad de Días de Muertos, en el área de Morelos la variabilidad morfológica es amplia pero no se tiene bien registrada; es posible que algunos tipos se estén perdiendo. Puede considerarse como amenazada.
<i>T. persicaefolius</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. pringlei</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. remotiflora</i>	Al parecer sin problemas de sobrevivencia, pero se requiere información precisa.
<i>T. stenophylla</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
<i>T. subulata</i>	Abundante en áreas protegidas, pero amenazadas en áreas como el bajío.
<i>T. tenuifolia</i>	En las áreas de distribución parece abundante.
<i>T. triradiata</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
Distribución regional (7)	
<i>T. elongata</i>	Pocas referencias de su localización, por lo que se conoce poco.
<i>T. jaliscensis</i>	Pocas referencias de su localización, por lo que se conoce poco.

<i>T. linifolia</i>	Su escaso registro hace suponer que no es fácil de encontrar, en consecuencia, no se conoce mucho de esta especie.
<i>T. lemmonii</i>	Aparentemente sin problema de sobrevivencia en las zonas montañosas de Sonora donde se distribuye como endémica, pero hace falta tener registro de su abundancia. Se desconoce el impacto de los ranchos en el establecimiento de las poblaciones naturales.
<i>T. nelsonii</i>	Su distribución local en Chiapas y su uso intenso en herbolaria comercial y su consumo doméstico en tratamiento de enfermedades digestivas, amerita se estudie su población; puede considerarse amenazada.
<i>T. palmeri</i>	Poca información de los lugares donde prospera, difícilmente se puede inferir sobre su situación, por lo que se requiere estudiar su abundancia.
<i>T. subvillosa</i>	No se cuenta con información para valorar su situación de conservación.
Distribución local (9)	
<i>T. arenícola</i>	Principalmente crece ruderal y el área de su endemismo parece no ser grande. Tiene aprovechamiento local que no se ha estudiado, como tampoco la densidad de población.
<i>T. eppaposa</i>	No se tiene información de esta especie endémica.
<i>T. hartwegii</i>	Pocas referencias de su localización en la Sierra de Bolaños en Jalisco y colindancia con Nayarit, por lo que se conoce poco.
<i>T. lacera</i>	Material silvestre endémico que por su aislamiento geográfico no parece encontrarse en riesgo. Se desconoce problemas por incendio en la Sierra de la Laguna BCS y su impacto en la planta que es perenne. Se encuentra en un área protegida.

T. moorei Crece endémica en cañadas de poca superficie y presenta mecanismo de dispersión de semillas único en Asteraceae, por lo que se recomienda protección especial.

T. moorei var. *brevistilata* Crece endémica en cañadas de poca superficie y presenta mecanismo de dispersión de semillas único en Asteraceae, por lo que se recomienda protección especial.

T. mulleri Se le reporta endémica, pero durante 2008-2009 se han realizado exploraciones a lugares cercanos a Monterrey y Montemorelos NL, pero no se han localizado plantas. Se considera que su permanencia está en riesgo.

T. oaxacana Por las pocas referencias de su localización y las posibilidades de incendio en las áreas boscosas de Tlaxiaco, Oaxaca donde es endémica, lo seguro es que se trate de una especie en peligro. En el área de Tlaxiaco no se conoce bien a la planta y en reciente expedición en 2009 (Red *Tagetes*-SINAREFI) fue difícil colectarla.

T. parryi Se encuentra sin problemas de sobrevivencia considerando su presencia abundante durante expediciones de colecta en 2008 (Red *Tagetes*-SINAREFI); tal vez la falta de uso tradicional contribuya a este estatus, además de encontrarse en lugares no comunes y favorecidos por la geología que asegura el nivel de humedad en periodos secos. Su endemismo y mecanismo de dispersión de semillas parecido al de *T. moorei* y *T. lacera*, además de su potencial biopesticida, sugieren se le considera para protección.

Amenazadas (3)

T. lucida

Muy usada en forma tradicional, tanto en herbolaria comercial como en consumo casero y uso ceremonial, por lo que la cosecha puede representar algún problema en la disminución de las poblaciones naturales, como se aprecia en el área del centro ceremonial mazahua en estado de México donde se detecta dificultad para su colecta durante el 14 de agosto cuando se le emplea con motivos religiosos. Se requiere estudio sobre la explotación libre de esta especie; puede considerársele amenazada. En la Red *Tagetes* de SINAREFI-SAGARPA se tiene un proyecto de conservación *in situ* en Morelos. NOM-059-SEMARNAT-2001

T. moorei y *var brevistylata*

Crece endémica en cañadas de poca superficie y presenta mecanismo de dispersión de semillas único en Asteraceae, por lo que se recomienda protección especial.

Peligro de extinción (2)

T. mulleri

Se le reporta endémica, pero durante 2008-2009 se han realizado exploraciones a lugares cercanos a Monterrey y Montemorelos NL, pero no se han localizado plantas. Se considera que su permanencia está en riesgo.

T. oaxacana

Por las pocas referencias de su localización y las posibilidades de incendio en las áreas boscosas de Tlaxiaco, Oaxaca donde es endémica, lo seguro es que se trate de una especie en peligro. En el área de Tlaxiaco no se conoce bien a la planta y en reciente expedición en 2009 (Red *Tagetes*-SINAREFI) fue difícil colectarla.

3. Áreas o regiones donde se realiza conservación *in situ* del género

Con excepción de los proyectos iniciales contemplados en la Red Cempoalxóchitl sobre: promoción del pericón como una forma de conservación *in situ* en Ocuituco, Morelos para obtención de bioplaguicidas realizada en 2008-2010; promoción del pericón en Teposcolula, Oaxaca en 2010-2011; y promoción de la rudilla en Imuris, Sonora en 2010-2012, no hay antecedentes sobre prácticas de conservación *in situ* de especies del género *Tagetes* realizadas por agricultores o por instituciones. En 2012 se tuvo referencia de que *T. arenicola*, una especie endémica, se está cultivando en el área de Tlapa, Guerrero. De San Cristóbal de las Casas, Chiapas también se tiene noticia de intentos para producir plantas de *T. nelsonii* utilizando poblaciones nativas de la zona, idea que la Red Cempoalxóchitl planteó para impulsarse en 2010-2011, pero sin éxito. También se ha recibido información de que algunos productores de plantas aromáticas en Puebla y Veracruz están cultivando algunas especies locales de *Tagetes*, particularmente pericón (*T. lucida*), lo cual requiere se documenten esas experiencias y se revise, hasta donde sea posible, si otros productores, en otros estados, están haciendo algo parecido. Con excepción de las especies *T. erecta* y *T. patula*, que comúnmente son cultivadas en el huerto familiar o en la parcela en forma tradicional (lo cual es una forma de conservación *in situ*), las demás especies de este género crecen naturalmente en áreas de distribución específica, algunas excesivamente recolectadas para consumo familiar o para venta, otras, amenazadas por prácticas de manejo de cultivos o por la apertura de caminos, o tan sólo porque son relictos naturales, como al parecer es el caso de *T. mulleri*; prácticamente no hay acciones institucionales que promuevan la conservación *in situ* de *Tagetes*, especialmente de las especies perennes.

4. Participación de agricultores y de organizaciones locales de agricultores, bancos de germoplasma y comunitarios

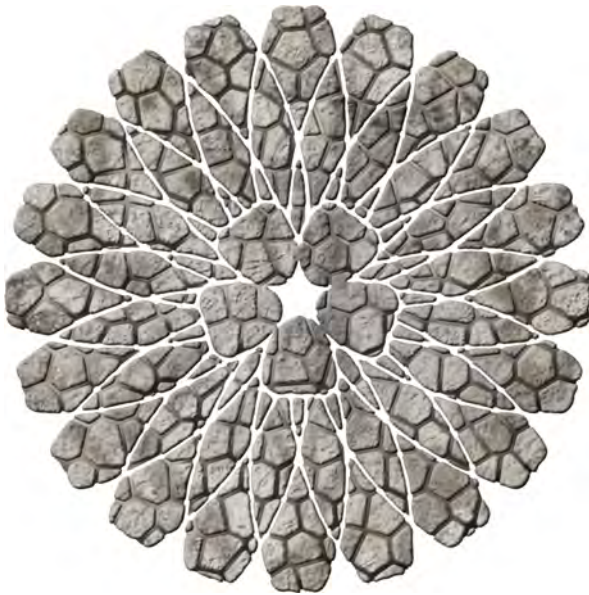
Durante 2008-2010, en Ocuituco, Morelos se incorporaron estudiantes y profesores del CBTA 190 para realizar una evaluación de la dinámica de crecimiento de una población de pericón naturalmente establecida en terrenos de cultivo abandonados hasta por 15 años por lo incosteable de la producción agrícola, además de estudiar aspectos de manejo agronómico para el cultivo inicial del anisillo (*T. filifolia*); también se implementaron demostraciones de destilación a estudiantes y al público (agricultores, asociación de productores, grupo de mujeres) convocados por el plantel. En Teposcolula, Oaxaca el grupo de agricultores denominados Los Hinchados, participaron en 2010 a 2011 en el establecimiento de pericón en 1,000 m² y en un taller de capacitación sobre destilación semi industrial. Las pocas experiencias logradas por la Red Cempoalxóchitl indican que disponer de un destilador en la comunidad, municipio o región, con capacidad de procesamiento de 100 o más kilogramos de planta fresca, es factor indispensable para que los agricultores fijen su interés en la conservación *in situ*, ya que estas especies no tienen un claro aprovechamiento comercial y por lo tanto, no se tiene atención a este recurso natural más que para recolectar partes de la planta con propósitos de uso doméstico, entre ellos el consumo de infusiones en caso de malestares estomacales o como relajante. La posibilidad de generar bioplaguicidas, de obtener esencias para aromaterapia, industria de la perfumería, elaboración de aromatizantes o saborizantes, incluso germicidas, todos productos con valor agregado, es lo que despierta el interés de agricultores por estas especies, lo que a su vez puede facilitar otras acciones directamente relacionadas con la conservación *in situ* como: 1) establecer huertos comunitarios para conservar la variabilidad local y regional de la especie en cuestión, preferentemente las de naturaleza perenne, además de incorporar especies extraregionales, e 2) impulsar el cultivo en una hectárea para realizar, mediante talleres, pruebas piloto de extracción de aceites esenciales y de preparación de bioplaguicidas ejecutada por agricultores. En forma estricta, por



ahora no se cuenta con experiencia sólidas de participación de agricultores y de organizaciones locales de agricultores, conformación de bancos de germoplasma establecidos y huertos comunitarios; se hace necesario plantear un enfoque industrial y sostenible para impulsar eficientemente la conservación *in situ*, especialmente en conexión para producir bioplaguicidas de uso local.



Capítulo III



Conservación *ex situ*

III. Conservación *ex situ*

1. Colecciones *ex situ* existentes

Durante el periodo de 1960 al 2000, quienes probablemente hicieron recolecta y conservación de semillas de *Tagetes* en México fueron las empresas mexicanas dedicadas a la explotación del cempoalxóchitl (*T. erecta*) como planta industrial, ya que enfrentaban la necesidad de generar variedades mejoradas para la producción en campo, materiales de color anaranjado y con resistencia a enfermedades, esta última característica no la tenían las variedades extranjeras introducidas; se tienen pocos datos al respecto y convendría recuperar esa parte de historia. El Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán probablemente desarrolló la experiencia de recolecta de semillas pero tampoco se conoce bien esa experiencia, también sería el caso del CINVESTAV-Irapuato, la escuela de Roque Guanajuato y quizá de INIFAP Campo Celaya, Gto. Actualmente nadie más, sino el SINAREFI, a través de la Red Cempoalxóchitl es quien ha dado apoyo a la conformación de un banco de germoplasma nacional de *Tagetes*. El trabajo de recolecta realizado desde 2005 a 2012 con apoyo financiero del SINAREFI y complementado por la UACH, solamente ha cubierto 27 especies, no incluidas *T. elongata*, *T. eppaposa*, *T. excelsa*, *T. mulleri*, *T. oaxacana*, *T. palmeri*, *T. queretana* y *T. subvillosa*. Durante el periodo de recolecta antes indicado, la Red Cempoalxóchitl ha logrado alrededor de 3,000 accesiones (Cuadro 5) que se encuentran depositadas en los bancos de germoplasma siguientes: BAGEM Salvador Miranda Colín, Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Conservación-Región Occidente (CUCBA-U. de G.), Centro de Conservación-Región Norte (UAAAN) y en el Centro de Conservación-Región Sur Sureste (CRUS-UACH). Existen algunos inconvenientes relacionados con la identidad y representatividad de algunas accesiones:

- La cantidad de semillas es poca, lo cual requerirá se hagan incrementos.

- Varias accesiones están ingresadas como *Tagetes* spp. y pocas con la indicación *aff.*, lo cual requiere trabajo taxonómico para precisar la identidad de la especie, o bien, para determinar el estatus de posibles categorías específicas e infraespecíficas.

- Las accesiones en el BAGEM deben revisarse en cuanto a los datos pasaporte para cotejo, así como la cantidad de semillas de cada accesión; al respecto, las accesiones en los centros de conservación se han analizado detalladamente.

Se considera que en los centros de conservación se cuenta con personal capacitado para realizar pruebas necesarias para la conservación de semillas y con el acervo de semillas suficiente para la conservación, además de que es completa la información contenida en las fichas pasaporte.

Los estados donde son escasas las recolectas o donde aún no se realizan son: Aguascalientes, Baja California, Campeche, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Nayarit, Nuevo León, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Quintana Roo, Yucatán (Cuadro 5). Se destaca que las recolectas corresponden a sitios referidos en las fichas pasaporte de ejemplares de herbario, pero en gran medida a nuevos lugares; por lo tanto, las accesiones obtenidas superan el número de localidades indicadas en los herbarios.

Cuadro 5. Recolectas de *Tagetes* spp. de México realizadas por la Red Cempoalxóchitl desde 2005 hasta 2012.

Entidad	No. Especies	No. Accesiones
Aguascalientes	2	8
Baja California	3	5
Chiapas	12	123
Coahuila	1	3
Durango	3	40
Guanajuato	9	636

El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)

Guerrero	10	285
Hidalgo	7	226
Jalisco	12	113
México	11	237
Michoacán	10	83
Morelos	3	15
Nayarit	1	5
Nuevo León	1	1
Oaxaca	12	389
Puebla	4	38
Querétaro	10	144
San Luis Potosí	4	133
Sinaloa	4	9
Sonora	5	12
Tlaxcala	6	176
Veracruz	11	108
Zacatecas	10	65

Aunque de varias entidades se tienen recolectadas la mayoría de las especies reportadas en herbarios, al menos una hace falta; por otro lado, las especies recolectadas por entidad no se tienen de todos los sitios referidos en los herbarios, es decir, hace falta recolectar poblaciones de las especies en cada entidad.

2. Protocolo de colecta: muestreo y obtención de la muestra

Con base en la consulta de herbarios de los estados de la república mexicana se definen las áreas donde se pretende la exploración en campo para obtención de semillas, especialmente se considera visualizar las especies y su localización, esta última mediante coordenadas y referencias de lugares muestreados para obtención de especímenes. Simultáneamente se contacta al taxónomo del herbario para entever la factibilidad de apoyo para el trabajo de campo. Con esta referencia introductoria que guía el desplazamiento en campo, existen otros criterios para elegir los sitios de recolección, como la visita a los mercados, en particular a los puestos o estanquillos donde se ofrecen plantas medicinales, con énfasis en asistir los días de mercado grande. También es útil seleccionar áreas donde hay transición repentina en altitud o donde se presenta un cambio en el paisaje, comúnmente de planicie a montaña, siempre acompañado este cambio por variación en el clima, casi siempre de cálido a templado, muy asociado con la presencia de vegetación de encino, pino, pino encino y encino pino, indicadores del paisaje altamente funcionales para encontrar plantas de *Tagetes*, así como en áreas perturbadas o sin establecimiento de plantas. Estos criterios complementarios son de gran ayuda para lograr hasta 20 muestras por día. El período para coleccionar corresponde al finalizar septiembre y durante el mes de octubre en el norte de México, en el centro del país es en octubre y noviembre, mientras que en el sur y sureste del país se puede recolectar semillas en noviembre y diciembre. La semilla es lo que interesa en un trabajo de colecta, sin embargo, en *Tagetes* las semillas (aquenios) están contenidas en el capítulo o cabezuela y por lo tanto, básicamente se obtienen muestras de semillas cosechando cabezuelas secas o semi secas; cuando se encuentran parcialmente frescas se dejan secar en invernadero o a intemperie. También se llega a cosechar inflorescencias o con partes de la planta, incluso, en especies pequeñas se cosechan las plantas completas y maduras. El número de plantas de las que se toma la muestra debe ser aproximada a 20, cuidando que se tomen de sitios retirados en el punto de colecta; a veces, hay sitios con

pocas plantas pero por algunos atributos morfológicos o características ambientales especiales, vale la pena tomar lo disponible y la muestra entonces, es pequeña. Las muestras se introducen a bolsas de papel gruesas y se anotan datos de posicionamiento geográfico y referencias del lugar como nombre de la carretera o camino, distancia con respecto a una ciudad o poblado, además de indicar otras especies de *Tagetes* presentes en el sitio de recolecta y describir el tipo de vegetación. Las bolsas que contienen la muestra se numeran tomando en cuenta la secuencia temporal de cada recolecta durante el periodo de trabajo de colecta. Se toman fotografías del lugar y de las plantas muestreadas, preferentemente usando el zoom para tener detalles de la morfología, especialmente la reproductiva o bien, partes vegetativas distintivas. Es muy recomendable preparar especímenes para herbario. Una vez secas las cabezuelas, se desprenden de la rama y se procede a extraer manualmente los aquenios, sea sacudiendo y presionando la cabezuela seca o simplemente desmenuzando la cabezuela. Debido a que no todas las semillas están formadas es necesario separar las mejores, es decir, separando las vanas de las completas. Para asegurar que las semillas sean las convenientes, cada semilla se debe tomar entre los dedos y se tense o presione para discriminar si la semilla es dura o blanda; también se puede hacer la selección usando pinzas de disección. Esta operación es obligada ya que si una semilla tiene testa negra, no equivale que esté formada.

3. Instituciones que participan en la conservación *ex situ*

La Universidad Autónoma Chapingo como centro coordinador de la Red Cempoalxóchitl desde 2008 y en particular del proyecto de conservación *in situ* de *Tagetes* de México, que previamente inició en 2004 con la colecta y aprovechamiento de *T. filifolia*, ha promovido y sigue promoviendo la participación de varias instituciones nacionales para acopiar germoplasma de *Tagetes*, resolviendo con ello la necesidad imperiosa de saber sobre la existencia de este recurso en México y tenerlo disponible a la sociedad mexicana.

Entre las instituciones que han colaborado en distintos momentos y niveles de participación se encuentran: Herbario, CIIDIR-Durango, IPN; Herbario de la Universidad Autónoma de Sonora, Hermosillo, Sonora; Facultad de Agronomía de la UAS, Culiacán, Sinaloa; Herbario CUCBA-U de G, Jalisco; Herbario, CIBNOR-CONACYT, La Paz, B. C. Sur; ITVO-SEP ex Hacienda El Nazareno, Oaxaca; Herbario, UNICACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Herbario IIZA, UASLP, San Luis Potosí; Herbario, Ciencias Químicas-UAG, Chilpancingo, Guerrero; Facultad de Estudios Superiores, Campus Cuautitlán, UNAM; Herbario Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, Juriquilla, Querétaro; Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, Coatepec de Harinas, México; Universidad Politécnica Francisco I. Madero, Mixquiahuala, Hidalgo; Facultad de Agronomía de la UAZ, Zacatecas; Herbario de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua; Herbario del Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología A. C, Pátzcuaro, Michoacán; Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

4. Protocolo de regeneración y/o incremento de semilla

La falta de representatividad de las accesiones en el banco de germoplasma debido a poca disponibilidad de semillas durante la actividad de recolecta, o bien, la necesidad de incrementar la muestra por razones de renovación de semilla o simplemente para usarla en más cantidad, son circunstancias que justifican el empleo de protocolos de multiplicación de propágulos.

Dado que *Tagetes* principalmente se propaga por semilla y que el grado de alogamia en *Tagetes*, al parecer es alto, además de limitaciones de espacio y recursos financieros en las instituciones, el establecimiento de numerosas accesiones en campo para su incremento resulta un problema práctico.

Para evitar el riesgo de contaminación por polen extraño de otras especies de *Tagetes* y así conservar la identidad original, se sugieren algunos pasos.

Aislamiento en tiempo

1. Considerando que el periodo natural de floración de *Tagetes* es septiembre y noviembre, los meses de enero hasta julio pueden aprovecharse para establecer plantas en campo, toda vez que no haya algún factor climático de riesgo. Tomar en cuenta que desde el trasplante hasta floración pueden transcurrir 4 meses, o menos, si las plántulas se inducen a floración en condiciones de día corto o se aplican reguladores del crecimiento como B9.

2. El establecimiento de las accesiones en campo (trasplante) se puede realizar en fechas diferentes para evitar floración simultánea (hasta donde sea posible distanciar en tiempo). Se recomienda un lapso mínimo de 15 días.

Aislamiento en espacio

1. Para una superficie de terreno de 1,000 m² se recomienda establecer 20 parcelas de 4 m² (2.25 m x 1.7 m) distribuidas equidistantemente. Cada parcela con surcos de 75 cm, entre plantas dentro de surco, un distanciamiento de 30 cm y una planta por mata (6 plantas por surco); es decir, alrededor de 24 plantas por parcela.

2. Entre las parcelas de *Tagetes* establecer plantas de brócoli o de maíz enano, con la finalidad de tener barreras o trampas para insectos. De otro modo, las plantas de *Tagetes* serían las únicas para atraer insectos. El trasplante del brócoli o la siembra de maíz se hace simultánea al trasplante de *Tagetes*. Las plantas de brócoli o de maíz tienen diferente altura y se utilizarán según la altura de las especies de *Tagetes*. Para las especies de *Tagetes* de porte bajo se utilizaría brócoli como barrera, pero para las de porte alto, usar las de maíz.

Aislamiento mecánico

1. Al momento de iniciar la floración (aparición de las primeras flores liguladas o apertura del botón floral), proceder a cubrir dos surcos de las parcelas utilizando semi túneles de malla antiáfidos de color blanco. Los semitúneles consisten de tres arcos de aluminio que se anclan al suelo y con adecuaciones para fijar la malla, y con una cobertura de dos surcos. Con este tipo de semitúnel se impide la entrada de insectos pequeños y se facilita la maniobra de la instalación de la cubierta.

2. Diariamente sólo una de las parcelas quedará expuesta a intemperie, sin cubrir. Las parcelas se expondrán rotativamente. De esta manera se inducirá la polinización por insectos.

3. Las plantas bajo cubierta se sacudirán entre sí dos veces al día: 10:30 a. m. y 12:30 p. m. La remoción temporal de la cubierta es necesaria para propiciar la polinización.

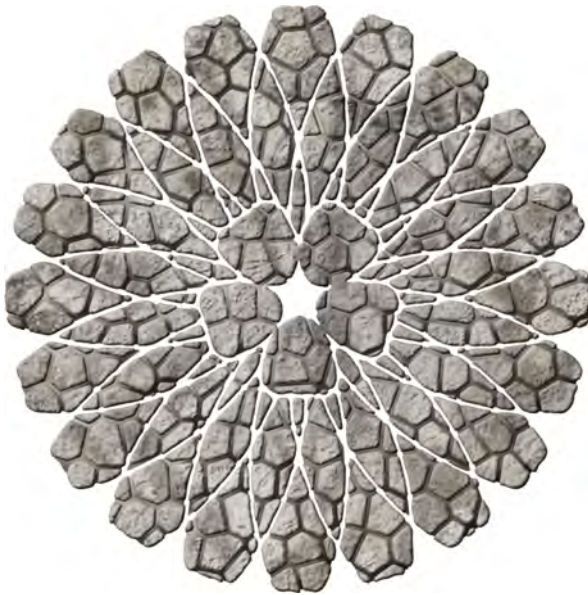
A partir de la polinización transcurren 20 días para formación completa de aquenios (semillas) y la cantidad de ellas, por cabezuela y según la especie, varía desde 40 hasta 500 aquenios. Para asegurar 1,000 semillas maduras se requerirían de 8 a 50 cabezuelas considerando que no todos los aquenios pudieran estar totalmente formados.



El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)



Capítulo IV



Utilización de los recursos fitogenéticos

IV. Utilización de los recursos fitogenéticos

1. Caracterización del germoplasma

Aunque instituciones como CICY, CINVESTAV-Irapuato, Universidad de Sonora, Escuela de Agricultura de Roque Guanajuato o INIFAP-Celaya y empresas de pigmentos como PIVEG, BIOQUIMEX, FLORAFIL, BACHOCO, ALCOSA, PRODEMEX (entre las importantes en México tiempo atrás), en algún momento realizaron trabajos de caracterización de la especie *T. erecta* por los pigmentos florales que contiene, pero no se tienen disponibles esos registros o son escasos. Una de las tareas importantes de la Red Cempoalxóchitl, además de validar germoplasma nacional mediante la recolecta de semillas de las especies y su ingreso a bancos de germoplasma, debe consistir en generar conocimiento de las propiedades de ese germoplasma, entre las que destacan: morfología, atributos agronómicos, perfil de aceites esenciales, pigmentos, azúcares, perfil genético-molecular, entre otros.

a. Morfología

Con respecto a caracterización morfológica de accesiones se ha avanzado parcialmente con algunas de ellas. Siguiendo criterios UPOV (Guía para la Descripción Varietal de *Tagetes*), se llegaron a caracterizar 300 accesiones de tres especies utilizando 33 variables de la guía (Serrato, 2007); trabajo complicado considerando que cada accesión se compone de 10 plantas, demandante de mano de obra especializada para el trabajo de campo, por ello, es conveniente reducir el número de variables, las de más distinción, para describir eficientemente y crear una base de datos representativa. Este trabajo puede conducir a seleccionar materiales valiosos para prepararlos como variedades de uso ornamental, industrial (pigmentos o aceite esencial) o medicinal, para registro en el Catálogo Público de Variedades Vegetales de SNICS.

b. Perfil de aceites esenciales

Se han obtenido perfiles de compuestos químicos del aceite esencial de 11 especies (*T. arenicola*, *T. coronopifolia*, *T. erecta*, *T. filifolia*, *T. foetidissima*, *T. lacera*, *T. lucida*, *T. micrantha*, *T. parryi*, *T. remotiflora*, *T. terniflora*) y de sus poblaciones, en particular de *T. erecta*, *T. filifolia* y *T. lucida*. De las especies restantes se ha avanzado en la extracción de aceite esencial, muestras que se encuentran en espera del análisis respectivo en cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas debido a que el equipo utilizado, propiedad del IPN, ha tenido varias descomposturas. El análisis de los componentes químicos en el aceite es de los trabajos que merecen un poco más atención, ya que falta mucho por procesar, especialmente poblaciones de cada especie. En la mayoría de las especies analizadas, los componentes químicos no se habían reportado, lo que representa un importante resultado porque se mejora la comprensión de la evolución química del género y se registran nuevas moléculas mayoritarias en el taxa, la mayoría con efectos biológicos contra organismos nocivos detectados en estudios toxicológicos realizados en otras especies. A continuación se muestran moléculas mayoritarias en especies de *Tagetes* depositadas en el banco de germoplasma (Cuadro 6) y un ejemplo de cromatograma de compuestos químicos en el aceite esencial de una especie con compuestos nuevos para el género (Figura 81).

Cuadro 6. Perfil de metabolitos secundarios mayoritarios en el aceite esencial de especies de *Tagetes* como accesiones en el banco de germoplasma.

Especies	Compuestos en el aceite
<i>T. arenicola</i>	Alilanol, propenil anisol
<i>T. coronopifolia</i>	2,7,7-trimetil-biciclo[3.1.1]heptan- 2-ol (100 %), verbenol, (1S)-6,6-dimetil-2-metilen- biciclo[3.1.1]heptan-3-ona, verbenona, 2-oxo-decanoato de metilo, crisantenona
<i>T. erecta</i>	careno, dihidrotagetona, E-tagetona

<i>T. filifolia</i>	Anetol, alil anisol
<i>T. lucida</i>	eugenol, anisol
<i>T. foetidissima</i>	Óxido de aloaromandreno; 1H-ciclopropa (3,4) benceno (1,2-e) azuleno-4a.5,7b,9,9a (1aH)-pentol,3 (acetilometoxi) metil-1b,4, 5,7a,8,9-hexahidro-9-hidroxi-10-(hidroximetil)-1,1,3,5,7,7 hexametil (1a.alfa,3.alfa,3a. alfa,5a.alfa,8aR, 9.beta,12.alfa,12a.alfa)
<i>T. lacera</i>	E-tagetona, crisantenona, verbenona α -thujeno
<i>T. micrantha</i>	Alil anisol
<i>T. parryi</i>	4-isopropil-1-metil-2-ciclohexenol; 3, 6, 6-trimetil-2-norpinanol, cineol, anisol, canfeno, α -terpineol, eugenol
<i>T. remotiflora</i>	Benceno 1-metoxi-4-(propenil)-anisol, p-propenil, 3-Careno biciclo (4.1.0) hepta-3-eno, 3,7,7 trimetil
<i>T. terniflora</i>	limoneno, cis- β -ocimeno, dihidrotagetona, Z-tagetona, trans- β -ocimeno, E-tagetona, alil anisol, cis-tagetenona, trans-tagetenona

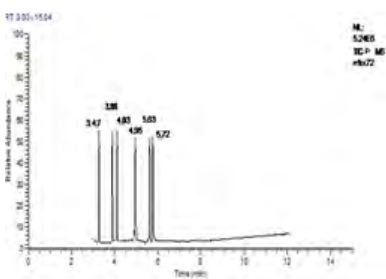


Figura 81. Cromatograma de compuestos mayoritarios en el aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación de plantas de la especie endémica *T. lacera* de la Sierra de la Laguna, Baja California Sur.

c. Pigmentos

Considerando la importancia económica de los pigmentos de la especie *T. erecta* y que la mayor parte de las recolectas corresponden a esa especie (cerca de 1,000), se ha intentado la caracterización del contenido de carotenoides mediante un método indirecto, diferente de la determinación química, que puede representar ahorro en tiempo y en recursos (Sánchez-Millán *et al.*, 2007). Mediante tal metodología se ha explorado una parte de las accesiones (Figura 82), concluyendo que solamente se debe analizar poblaciones, o individuos dentro de poblaciones, con cabezuelas de lígulas anaranjadas (carácter asociado con alto contenido de carotenoides) y que hay gran variabilidad en el contenido de carotenoides totales (Figura 82) en la pequeña muestra de accesiones de *T. erecta* analizada (Serrato-Cruz *et al.*, 2008); algunos individuos presentaron alrededor de 20 g de carotenoides por kg de harina deshidratada, dato de suma importancia porque las variedades comerciales extranjeras pueden llegar a rendir 25 g.

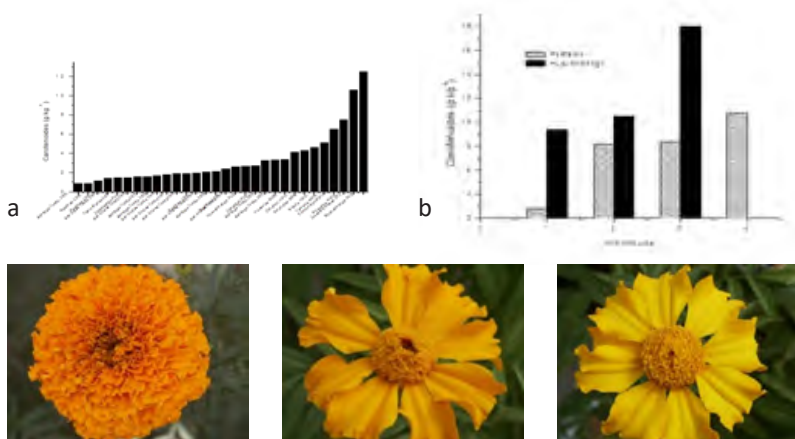


Figura 82. Variabilidad de carotenoides en accesiones (a) e individuos de dos accesión (b) de *T. erecta* determinados mediante el método Raman y tonalidades de color anaranjado de lígulas.

Ante el inminente retorno a México de empresas mexicanas dedicadas a la industria de pigmentos de cempoalxóchitl y en consecuencia, la necesidad de variedades nacionales para cubrir esa demanda, en el futuro cercano se tendrá el reto de satisfacer la generación de variedades nacionales de alto rendimiento de carotenoides, por lo que un trabajo básico por realizar consistirá en continuar la caracterización por contenido de carotenoides de las accesiones de *T. erecta* de color anaranjado.

d. Azúcares

Particularmente en *T. erecta* es importante la presencia de azúcares en las lígulas de la cabezuela, ya que esto se relaciona directamente con la posibilidad de desarrollar variedades hortícolas con alto rendimiento de pigmentos, de cabezuelas grandes (20 cm de diámetro) y con lígulas dulces, la finalidad es usarlas para preparar quesadillas u otro uso en la cocina, como un producto hortícola de alto valor nutracéutico (por los carotenoides que contiene la flor, sustancia antioxidante, preventiva de incidencia de cáncer) y de bajo costo. Se cuenta con una caracterización inicial de accesiones que presentan lígulas de color anaranjado seleccionadas por su sabor dulce (Cuadro 7), cualidad que se expresa en una amplia variabilidad en contenido de azúcares (Cuadro 8). En pruebas realizadas de degustación de quesadillas de flor de cempoalxóchitl, los degustantes han dado una alta calificación a esta forma de elaboración que supera en preferencia a las quesadillas de flor de calabaza; otros productos como el atole de cempoalxóchitl, jugo de zanahoria con pétalos de cempoalxóchitl, tortitas de pollo con cempoalxóchitl, y otros platillos que se podrían elaborar, son resultados que estimulan el trabajo de mejoramiento genético para desarrollar variedades dulces y nutracéuticas. La caracterización por azúcares y carotenoides debe realizarse simultáneamente para accesiones de *T. erecta*, que son abundantes en el banco de germoplasma (alrededor de 1,000 accesiones).

Cuadro 7. Accesiones de *T. erecta* (n=96) y porcentaje de cada muestra que presentan variabilidad en el color anaranjado (claro, medio, intenso) de las lígulas y en sabores (insípido, dulce, amargo, muy amargo).

		PORCENTAJE	SABOR			
			INSÍPIDO	DULCE	AMARGO	MUY AMARGO
COLOR	NARANJA INTENSO	0-20	6, 7, 10, 11, 12, 15, 23, 24, 33, 35, 36, 37, 40, 43, 45, 47, 52, 54, 57, 58, 59, 60, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 87, 91, 93, 95	6, 7, 12, 23, 24, 33, 35, 36, 37, 40, 43, 45, 50, 51, 52, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 76, 77, 80, 81, 91, 95	7, 10, 11, 12, 15, 23, 40, 44, 47, 50, 52, 57, 58, 64, 72, 77, 80, 83, 91, 93	6, 10, 24, 47, 51, 57, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 71, 73, 74, 77, 78, 79, 82, 85, 91, 93, 95
		21-40	62, 66	9, 13, 39, 49, 53, 62	2, 32, 39, 42, 48, 49, 53, 62	9, 13, 14, 21, 39, 53, 66, 75, 86
		41-60	-	-	8, 85, 89, 90	3, 16, 26, 29, 41, 88, 92
		61-80	-	-	-	28, 31
		81-100	-	94	-	30, 38, 96
	NARANJA MEDIO	0-20	15, 16, 20, 22, 23, 24, 28, 30, 38, 39, 40, 45, 46, 49, 55, 57, 58, 72, 83, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96	16, 22, 23, 24, 28, 30, 38, 40, 45, 46, 50, 55, 57, 58, 72, 74, 89, 90, 91, 92, 96	15, 16, 22, 23, 29, 30, 38, 40, 44, 50, 57, 58, 72, 83, 91, 92, 93, 94, 96	20, 24, 49, 57, 74, 83, 91, 93, 94
		21-40	62, 66, 71	47, 53, 62, 79, 88	1, 4, 5, 26, 33, 42, 48, 53, 54, 59, 62, 65, 68, 71	1, 14, 35, 53, 54, 59, 66, 68, 84, 85, 86
		41-60	-	11, 63	6, 8, 13, 27, 67, 95	3, 27, 32, 37, 41, 69, 70
		61-80	-	-	-	-
		81-100	77	-	-	-
	NARANJA CLARO	0-20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 13, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 38, 41, 46, 48, 49, 52, 55, 56, 67, 75, 76, 78, 84, 85, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96	1, 2, 3, 4, 5, 6, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 38, 41, 46, 48, 51, 52, 55, 56, 67, 75, 76, 77, 84, 85, 90, 91, 92, 95, 96	22, 29, 30, 31, 38, 52, 77, 88, 91, 92, 94, 96	6, 20, 49, 51, 67, 73, 77, 78, 91, 94, 95
		21-40	61, 62, 63, 64	39, 53, 62	24, 33, 37, 39, 42, 43, 53, 59, 61, 62, 63, 70, 81	11, 14, 23, 36, 39, 40, 53, 58, 59, 81, 86
		41-60	-	17, 65, 93	17, 35, 66, 79, 89	45, 69, 80
		61-80	-	-	-	7, 15
		81-100	-	-	-	-

Nota: La población 94 presentó más de 81 % de plantas con cabezuelas dulces-naranja intenso. Las poblaciones 9, 13, 39, 49, 53 y 62 tuvieron 21-40 % de plantas dulce-naranja intenso. Las poblaciones 62 y 66 con 21-40 % de plantas insípido-naranja intenso.

Cuadro 8. Variabilidad de azúcares totales, fructuosa y glucosa en accesiones (Acce, n=32) de lígulas anaranjadas de *T. erecta*.

Acce	Azúcares mg 100 g ⁻¹			Acce	Azúcares mg 100 g ⁻¹		
	Glucosa	Fructosa	Sacarosa		Glucosa	Fructosa	Sacarosa
1	6.49	5.83	1.49	17	4.34	4.28	0.65
2	5.62	6.86	1.28	18	2.36	4.28	0.46
3	4.37	4.46	0.95	19	2.54	3.36	0.45
4	3.65	2.91	0.51	20	1.34	1.14	0.22
5	6.04	5.75	1.18	21	3.13	2.53	0.38
6	3.58	5.01	0.79	22	4.21	3.99	0.53
7	7.22	8.55	1.35	23	4.94	4.31	0.32
8	0.27	0.20	0.00	24	3.79	2.05	0.31
9	6.51	6.90	0.72	25	3.21	2.51	0.31
10	4.80	3.48	0.34	26	3.49	3.33	0.47
11	7.24	7.96	0.98	27	3.53	2.91	0.48
12	4.33	3.97	0.73	28	2.86	3.57	0.53
13	4.05	4.20	0.80	29	3.40	4.27	0.62
14	2.78	3.84	0.55	30	5.18	5.68	0.45
15	5.25	4.60	0.78	31	3.27	1.96	0.25
16	2.83	3.18	0.43	32	4.22	3.78	0.46

e. Marcadores moleculares

El CICY, en colaboración con la desaparecida empresa de pigmentos BIOQUIMEX, fue la institución pública pionera en hacer análisis de ADN de muestras de *T. erecta*; entre otros logros, obtuvo una biblioteca de c-ADN. Actualmente, aunque de manera limitada, sigue realizando trabajos más específicos de tipo básico. El CIN-VESTAV-Irapuato ha sido la institución que hasta ahora también ha estado realizando intensa investigación sobre *T. erecta*, y casi todos sus temas están relacionados con la posibilidad de desarrollar plantas que sobreexpresen pigmentos (cantidad y tipos). Por lo que concierne a trabajos emprendidos por la Red Cempoalxóchitl, éstos

se distinguen porque se busca la caracterización de las accesiones de *Tagetes*, actividad que hasta ahora se ha cubierto en tres etapas: 1) huella genética de cinco especies mediante la técnica ITS (se registraron secuencias de bases en el NCBI), 2) huella genética mediante ITS de todas las especies de *Tagetes* de México y 3) huella genética de accesiones mediante técnicas ITS (registro de secuencias en el NCBI) e ISSR. En las dos últimas etapas “se procesaron 2,400 plántulas de las diferentes colectas realizadas, las muestras incluyen 550 materiales de especies identificadas, 1,400 materiales clasificados como especies del género *Tagetes* sin identificar y 450 materiales correspondientes a la especie *T. erecta* de diferentes localidades. Se aisló DNA de 620 muestras para su análisis molecular. Para el análisis se utilizaron dos tipos de marcadores, los de tipo ITS para la identificación y registro de los materiales en el banco de datos del NCBI (Figura 83), y para la amplificación de microsatélites útiles en la determinación de estos marcadores en los diferentes materiales” (Figura 84) (Campos *et al.*, 2013).

En el caso de los marcadores ITS, se generó un árbol filogenético con los materiales analizados (Figura 85) utilizando el programa Mega 5; basado en UPGMA, se incluyó la secuencia de ITS de *Strotheria gypsophila*, un género hermano a *Tagetes* que lo precede en la escala evolutiva (Lockerman *et al.*, 2003). Se identificaron dos grupos principalmente entre las especies, en el primer caso se agruparon *T. coronipifolia*, *T. parryi*, *T. moorei*, *T. stenophylla*, *T. patula*, *T. persiceaeifolius*, *T. terniflora*, *T. linifolia*; en el otro grupo se agruparon *T. filifolia*, *T. multiflora*, *T. lunulata*, *T. minuta*, *T. laxa*, *T. lucida*, *T. arenicola*. En cuanto a microsatélites, se han analizado las secuencias de seis oligonucleótidos distintos, se han organizado los materiales colectados en tres grupos principales, organizando de acuerdo con su identidad y clasificación. Los grupos de amplificación fueron diseñados para crear combinaciones eficientes de los tamaños de fragmentos esperados de los productos de la reacción de PCR y el etiquetado de los iniciadores. Los geles de los materiales amplificados han sido registrados en un densitómetro para registrar el polimorfismo entre los diferentes materiales (Campos *et al.*, 2012).

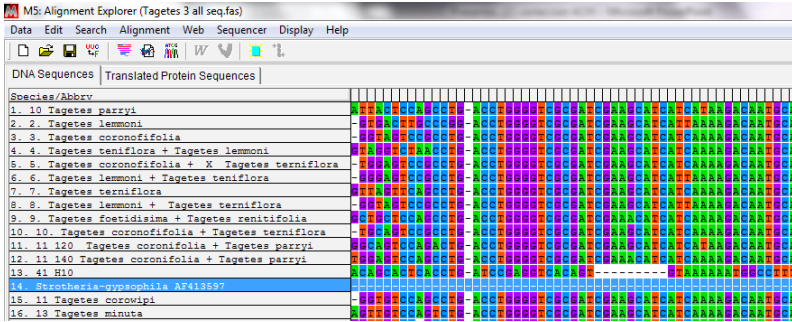


Figura 83. Alineamiento de secuencias de bases de las muestras analizadas de *Tagetes* mediante ITS (Campos *et al.*, 2012).

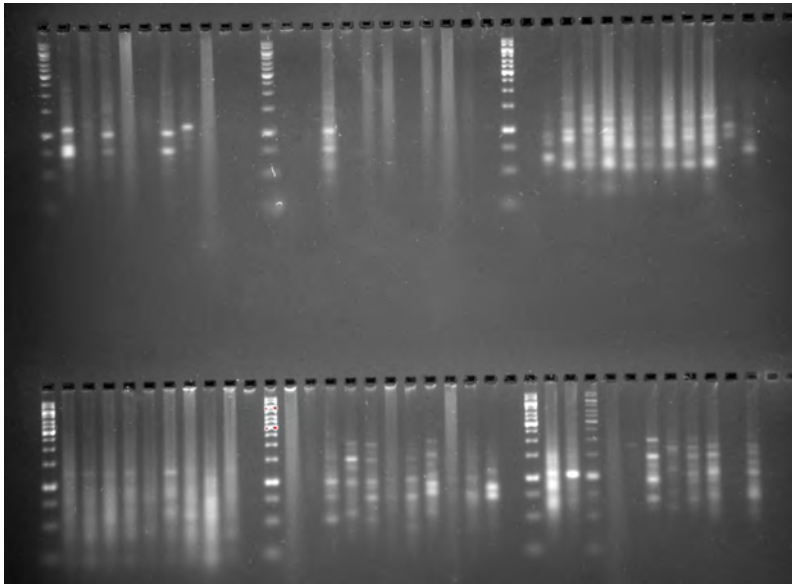


Figura 84. Análisis de PCR de los microsatélites de las especies del género *Tagetes* (Campos *et al.*, 2012).

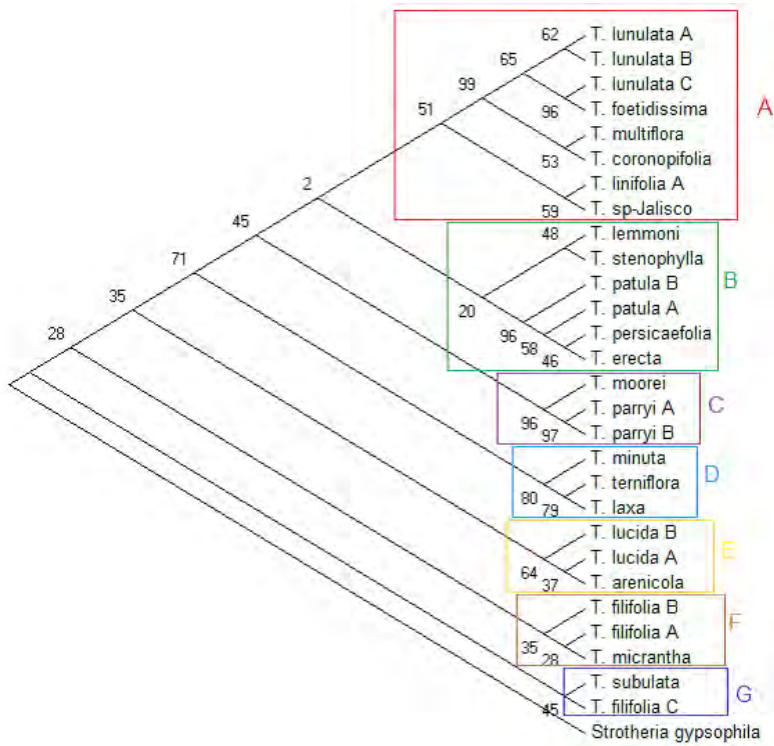


Figura 85. Alineamiento filogenético mediante marcadores ITS de especies del género *Tagetes* (Campos, 2013).

El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)

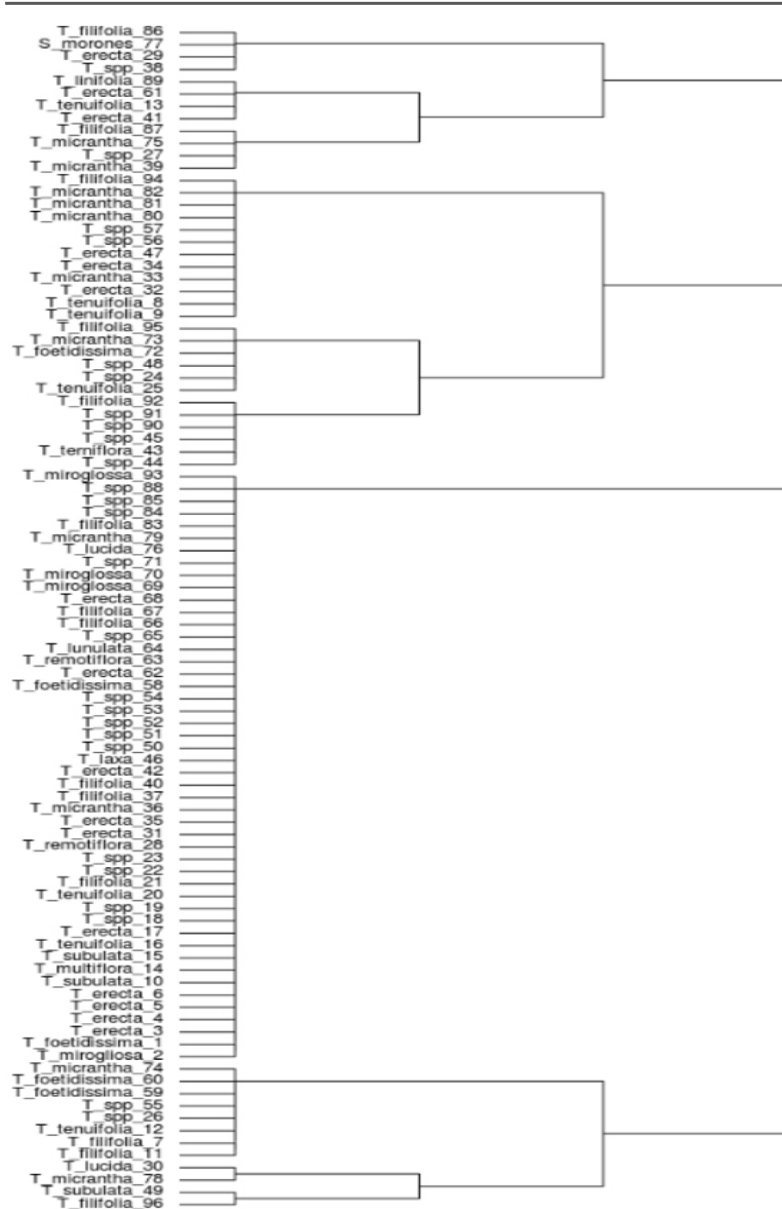


Figura 86. Dendrograma del cebador OPM4: 5' GGCGTTGTC. En este árbol se pueden observar 6 cladros principales, que agrupan un total de 10 ramificaciones. (Campos, 2013).

2. Instituciones que intervienen en la caracterización y evaluación

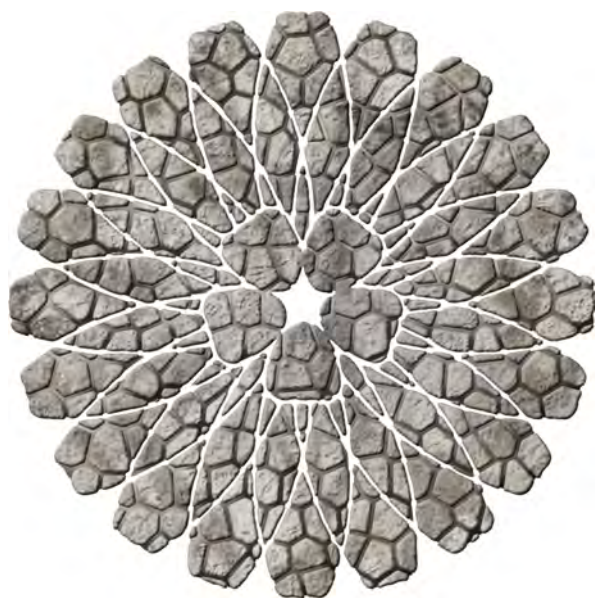
Los análisis químicos de los componentes en el aceite esencial se han realizado en el Laboratorio de Química Orgánica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, Distrito Federal. En el caso de la determinación de la presencia de carotenoides el trabajo se efectuó en el Instituto de Química de la UNAM, Distrito Federal. El análisis de azúcares se implementó en el Laboratorio de Farinología del INIFAP-CEVAMEX, Chapingo, México. La caracterización de la huella genética se ha realizado en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Naturales de la UAQ, Juriquilla, Querétaro y en el Laboratorio de Biología Molecular, Departamento de Fitotecnia, UACH, Chapingo, México. Las evaluaciones toxicológicas en el CIATEJ-CONACYT, Guadalajara, Jalisco, en el Instituto de Entomología del CP Campus Montecillo, Texcoco, México, en los Laboratorios de Nematología y de Fitopatología del Departamento de Parasitología en la UACH y en la Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, Coatepec Harinas, México. La evaluación morfológica en el Campo Agrícola Experimental de Fitotecnia, UACH, Chapingo México.

3. Usos actuales y potenciales del género

Actualmente varias de las especies de *Tagetes* que se utilizan en México son para uso en medicina tradicional, como ceremonial, ornato, escasamente de uso agrícola como controlador de nemátodos, cultivos trampa, y para obtención de pigmento vegetal. Entre otros usos potenciales de *Tagetes*, destaca el aprovechamiento de extractos de aceite esencial y acuosos (hidrolatos) de la destilación de tejido fresco para obtención de bioplaguicidas y repelentes, y como materia prima en procesos industriales para obtener aromatizantes, saborizantes y productos médicos. En el caso de bioplaguicida y repelente, los metabolitos secundarios en el aceite esencial y en el hidrolato tienen efectos biológicos; por ejemplo, los hidrolatos de algunas especies controlan hongos del suelo, destacando el control de la tristeza del aguacatero (*Phytophthora cin-*

namomi) o si aplicado foliarmente al durazno controla la cenicilla (*Sphaeroteca panosa*). Otro ejemplo es el efecto de mortalidad que ocasionan los extractos óleos de dos especies de *Tagetes* contra *Diaphorina citri*, insecto que transmite la enfermedad bacteriana que está devastando plantaciones de cítricos. También la aplicación de formulaciones con aceite puede controlar la incidencia de mosquita blanca, lepidópteros, pulgones y trips en invernadero. La destilación industrial de plantas de *Tagetes* origina residuos (tejido hidrolizado) en cantidad importante, los cuales se pueden utilizar para desarrollar subproductos como vermicomposta y fertilizantes líquidos (de la fermentación anaeróbica de la vermicomposta), obtención de biogás (metano), obtención de azúcares y de etanol. Otros productos potenciales son la obtención de aceites esenciales para uso en aromaterapia, o como materia base en la elaboración de saborizantes o de aromatizantes, elaboración de té o infusión en presentación comercial con una rica gama de sabores nuevos, toda vez que varias de las especies tienen propiedades de relajación nerviosa, de mejora de la digestión y para malestares estomacales. Las propiedades germicidas de la mayoría de las especies aromáticas del género abren posibilidades para elaborar productos de limpieza en hospitales. El desarrollo de mieles medicinales de especies de *Tagetes* es otro posible aprovechamiento. Varias de las especies perennes son un valioso material genético para cruzamientos e injertos que se pueden encausar al desarrollo de nuevas variedades industriales u ornamentales.

Capítulo V



Creación de capacidades

V. Creación de capacidades

Aunque la Red Cempoalxóchitl se creó en 2008 para coordinar la participación de investigadores nacionales, empresas, agricultores y público general, interesados en realizar trabajos con plantas de *Tagetes* en las diferentes áreas de la conservación, la potenciación del recurso natural y el análisis y diseño de actividades para la investigación y difusión sobre los temas de colecta, caracterización y aprovechamiento del cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.), en forma parcial ya se habían iniciado trabajos desde 2004 con apoyo de SINAREFI y tiempo atrás con financiamiento a proyectos por la UCh. Durante todo ese tiempo, los lazos de participación poco a poco se han estado dando y no todos han prevalecido. A continuación se presenta un listado de participantes, en diferentes niveles de colaboración en los distintos trabajos de la Red (y antes de su conformación), las disposiciones legales con respecto al género *Tagetes* y una propuesta de Plan Estratégico que regulará las acciones de Red, al menos hasta 2018.

1. Directorio de investigadores, productores, instituciones y organizaciones que han participado en la red

En los diferentes momentos y trabajos que la Red Cempoalxóchitl ha realizado, varios investigadores han participado en diferente forma: en reuniones para exposición de ideas dentro y fuera del contexto de la Red, apoyando para realizar trabajos, actividades en campo y herbarios, acondicionamiento de semillas, elaboración de informes o de proyectos, etc. Hasta ahora han sido 20 instituciones que han colaborado y alrededor de 30 participantes.

Nombre	Dirección	E-mail
Anducho Reyes Miguel Ángel, Dr.	Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo	anducho@hotmail.com
Arana Cuenca Ainhoa, Dra.		ainhoa@upp.edu.mx

Téllez Jurado Alejandro,
Dr.

Alejandro Rodríguez
Ortega, Dr.

Universidad Politécnica
Francisco I. Madero,
Hidalgo

alexrodor@hotmail.com

Arenas Ocampo Martha
Lucía, Dra.

Centro para el Desarrollo
de Productos Bióticos

mlarenas@ipn.mx

del Villar Martínez Alma
Angélica, Dra.

(CEPROBI-IPN). Km 8.5
carretera Yautepec-

adelvillarm@ipn.mx

Evangelista Lozano
Silvia, Dra.

Jojutla, Yautepec,
Morelos, 62730.

sevangel@ipn.mx

Jiménez Aparicio Anto-
nio Ruperto, Dr.

(55) 57296000
ext. 82526

arjaparicio@gmail.com

Venegas Espinoza Pablo
Emilio, Dr.

pevanegas@ipn.mx

González Rodríguez
Henry, Mc.; Arellano Cle-
ment, Pilar, Mc., Campos
Muñiz Moisés, Ing.

CBTA 190 SEP, Ocuituco,
Morelos

henrystrong75@yahoo.
com.mx
pilarellanoc@colpos.mx

Díaz Cedillo Francisco,
Dr.

Escuela Nacional de
Ciencias Biológicas IPN.
Prolongación de Carpio y
Plan de Ayala s/n, Casco
de Santo Tomás, 11340,
Distrito Federal.
01 5557296000 ext.
62413

stybium@yahoo.com

García Jiménez Federi-
co, Dr.

Instituto de Química,
UNAM

fedgar@servidor.unam.
mx

León de la Luz José Luis,
Dr.

Centro de Investiga-
ciones Biológicas del
Noroeste (CIBNOR-CO-
NACYT)

jilleon04@cibnor.mx

Monroy Sáis Sofía, Mc.

Instituto de Ecología,
Pátzcuaro, UNAM.
Instituto de Botánica,
Universidad de Guada-
lajara

sofia.monsais@gmail.
com

El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)

Ortega Arenas Laura Delia, Dra.	Postgrado Fitosanidad, Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.	ladeorar@colpos.mx
Pérez-Farrera Miguel Ángel, Dr.	Herbario Eizi Matuda Escuela de Biología, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.	perezfarreram@yahoo.com.mx
Revuelta Arreola Milagros, Mc.	Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ). Avenida Normalistaas 800. Guadalajara, Jalisco. 44270, AP. 2-191. Tels. (0133) 3345200	mrevuelta@ciatej.net.mx
Rincón Enríquez Gabriel, Dr.	Jalisco (CIATEJ). Avenida Normalistaas 800. Guadalajara, Jalisco. 44270, AP. 2-191. Tels. (0133) 3345200	grincon@ciatej.net.mx
Sánchez Escalante Salvador Jesús, Mc.	Herbario de la Universidad Autónoma de Sonora	jsanchez@guayacan.unson.mx
Sánchez Millán José Luis, Dr.	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM	milpixqui@gmail.com
Vázquez Dávila Marco Antonio, Dr.; Ramírez Luis Ignacio Josué, Mc.	Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca	marcoantoniov@yahoo.com josueramirez81@yahoo.com.mx
Catañeda González Elba Lidia, Dra.	Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Ignacio Zaragoza no. 6, Colonia Centro. Coatepec Harinas, México. 01 723 1450160, 01 723 1450224	cgelidia@hotmail.com
Pérez Leal Ramona, Dra.	Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus I, s/n C.P. 31310 Chihuahua, Chihuahua, tel: 614 4391844 ext 3129, cel: 614 1816509	real@uach.mx perezleal@hotmail.com

Cruz Hernández Andrés, Dr.	Laboratorio Microbiología. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro.	andrex1998@hotmail.com
Maldonado Pacheco Josefina, Mc.	Herbario de la Unidad Académica de Ciencias Químicas Biológicas Chilpancingo, Guerrero Universidad Autónoma de Guerrero	mcjmpacheco@yahoo.com.mx
Serrano Cárdenas Valentina, Mc.	Facultad de Ciencias Naturales. Herbario de Querétaro "Dr. Jerzy Rzedowski" (QMEX), UAQ	vaseherb@uaq.mx
Aguilar Patiño José M. Mc. Vega Rito, Dr.	Facultad de Agronomía Culiacán, Universidad Autónoma de Sinaloa	jaguilar58@hotmail.com rvega@uas.uasnet.mx
Miguel Castellanos Isaura, Arq.	Desarrollo Ecológico, Municipio de Juchipila, Zacatecas	isamc70@hotmail.com
Serrato Cruz Miguel Ángel, Dr.	Departamento de Fitosanidad, Universidad Autónoma Chapingo	serratocruz@gmail.com

2. Disposiciones legales

2.1. Marco legal

Hasta el momento en que se elabora este documento, en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (última versión) no aparece en la lista de especies vegetales que merecen atención, alguna del género *Tagetes*. Por otra parte, en los diferentes áreas protegidas hay disposiciones generales para regular las actividades de recolecta, tanto semillas como de partes de la plantas. De acuerdo con la experiencia que se ha tenido en las exploraciones de campo por parte de los participantes de la Red Cempoalxóchitl, especies como *T. mulleri*, *T.*

oaxacana, *T. eppapossa*, *T. moorei* y *T. stenophylla* posiblemente deban tener mayor protección o recuperación ya de de ellas no ha sido posible su recolecta, o bien, son escasos los ejemplares y lugares, además de la amenaza inminente de nuevos caminos. El desarrollo de variedades y su protección está normado por SNICS, tanto para el registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales como para el registro de Derecho de Obtentor, lo cual es ventajoso porque varias de las especies, que se encuentran en condición ruderal o silvestre, potencialmente son susceptibles de mejorarlas como variedades aromáticas.

3. Legislaciones federales, estatales y locales respecto al usufructo

Aún no se cuenta con legislación sobre regulaciones específicas a productos derivados de las especies de *Tagetes*; sin embargo, la posibilidad de desarrollar bioplaguicidas, productos saborizantes o aromatizantes, productos para infusiones, obtención de alcohol, aceite esencial formulado, mieles medicinales, entre otros, van a requerir protecciones especiales, sobre todo para el aprovechamiento local de estos recursos para comercializar productos de valor agregado. En lo general, SENASICA y COFEPRIS tendrían participación en lo concerniente al desarrollo de bioplaguicidas, incluso el IMPI.

4. Propuesta del plan estratégico de trabajo para la conservación y aprovechamiento de *Tagetes* (2013-2018)

Durante el periodo 2013 a 2018 solamente es posible cubrir actividades en el corto y mediano plazos. Las especies son numerosas pero sólo tres son las mayormente utilizadas, destacando *T. erecta* (cempoalxóchitl) que tiene importancia ornamental e industrial y con una mayor utilización y potenciación inmediata de su germoplasma; de las demás especies aromáticas, la mayoría como accesiones, existe un potencial considerable con aplicaciones locales, principalmente como fuente de bioplaguicida y otros productos de valor agregado, pero se carece de información en cuanto a la con-

servación, potenciación y uso, y creación de capacidades, especialmente de las endémicas y de distribución regional.

CONSERVACIÓN <i>IN SITU</i>		
Líneas de acción	Indicadores	Actividades
1. Estudio e inventario	1. Documento de especies amenazadas identificadas. Índices de abundancia.	Estudio en campo de poblaciones para identificar el estatus de las especies endémicas
	2. Mapas de áreas prioritarias identificadas para conservación donde se encuentran las endémicas	Mapas de distribución y diversidad para conservación <i>in situ</i>
	3. Mapas de áreas de distribución y diversidad de especies a nivel de municipio	Mapas de centros de diversidad por estado
2. Apoyo a la ordenación y mejoramiento participativo	4. Agricultores e instancias involucradas	Grupos organizados en Oaxaca, SLP, Jalisco, Zacatecas, Chihuahua, Tlaxcala, Morelos, México
	5. Documentos de estudios socioculturales asociados al mejoramiento	Conocimientos tradicionales sobre el uso de las especies regionales
	6. Marcas colectivas y denominaciones de origen registrados	Desarrollo de variedades locales, regionales por agricultores Perfil de aceites esenciales de variedades locales. Bioplaguicidas locales



El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)

3. Promoción de la conservación <i>in situ</i> de las especies silvestres	7. Estrategias aplicadas para la conservación de especies	Talleres de destilación para obtención de aceites esenciales y formulación de productos de valor agregado
	8. Plantas silvestres con uso, identificadas y atendidas	Identificar usos de algunas especies
	9. Comunidades, familias involucradas en la conservación de plantas silvestres de interés	Establecimiento de huertos en comunidades
	10. Plantas silvestres conservadas en zonas naturales protegidas	Estudio de dinámica de poblaciones en zonas con alta diversidad

CONSERVACIÓN EX SITU

Línea de acción	Indicadores	Actividades
4. Regeneración de las muestras	11. Muestras regeneradas	Programa de regeneración o recolecta de las mismas
5. Recolección planificada y selectiva	12. Muestras y especies selectas, colectadas para ampliar la base genética	Plan de recolecta planificada de especies y lugares específicos y limitados
6. Ampliación de las actividades de conservación <i>ex situ</i>	13. Instituciones involucradas en la conservación	Incorporación de investigadores de las diferentes disciplinas a la Red Cempoalxóchitl
	14. Colecciones de trabajo, jardines botánicos y arboretos participantes	Establecimiento de huertos de trabajo para caracterización y evaluación especialmente perennes



UTILIZACIÓN Y POTENCIACIÓN		
Línea de acción	Indicadores	Actividades
7. Caracterización, evaluación de accesiones y colecciones núcleo	15. Accesiones caracterizadas y evaluadas	<p>Caracterización de las accesiones mediante criterios UPOV (10 características)</p> <p>Caracterización de accesiones por perfil de aceite esencial</p> <p>Caracterización molecular de accesiones selectas</p> <p>Caracterización citogenética de las accesiones</p> <p>Caracterización de azúcares y pigmentos de accesiones de <i>T. erecta</i></p> <p>Evaluación toxicológica de accesiones</p>
	16. Variedades de uso común registradas	Caracterización con criterios UPOV para registro al CN-VV-SNICS
8. Aumento de la potenciación genética	17. Demandas de empresas y productores identificadas	Generación de Tecnología para obtención de bioplaguicidas de <i>Tagetes</i>
	18. Programas de mejoramiento operando	Identificación de ecotipos y selección, desarrollo de variedades



	19. Características y compuestos específicos identificados	Evaluación de la composición química del aceite esencial en experiencias piloto de extracción de aceite esencial. Evaluación de sub-productos: azúcares, alcohol, miel, infusiones, esencias
9. Promoción de una agricultura sustentable mediante la diversificación	20. Programas establecidos para el uso de una mayor diversidad (nivel de parcela y jardines familiares)	Incorporación de variedades con registro en el CNVV, variedades con registro de obtentor o de germoplasma local de especies cempoalxóchitl como cultivos trampa, abono verde, para control de nematodos y como materia vegetal hidrolizada (residuo de la destilación) para obtener fertilizante orgánico
10. Promoción del desarrollo y comercialización de los cultivos y las especies infrautilizados	21. Protocolos de transformación del producto para su consumo	Recetarios para consumo de flor de cempoalxóchitl como hortaliza Elaboración de bioplaguicidas Elaboración de aceites esenciales para aromaterapia Elaboración de aromatizantes Elaboración de infusiones



CREACIÓN DE CAPACIDADES		
Línea de acción	Indicadores	Actividad
11. Creación de Redes y programas nacionales sólidos	22. Instituciones, ONGs, asociaciones, agricultores participando en el SISTEMA NACIONAL DE RECURSOS FITOGENÉTICOS	Priorizar incorporación de organizaciones agrícolas y de productores
	23. Dependencias del gobierno federal y estatal involucradas	Búsqueda de colaboración con otras dependencias
12. Promoción de redes sobre los recursos fitogenéticos	24. Redes funcionando por temática o cultivo	Impulso a temáticas de pigmentos, aceites esenciales y subproductos
	25. Líneas del Plan de Acción Nacional atendidas por red	Principalmente a Uso y Potenciación, seguida de las líneas de conservación
	26. Investigadores de disciplinas diversas participando en las redes, así como productores	Fortalecimiento de la Red Cempoalxóchitl con la participación multidisciplinaria y una coordinación rotativa de la red; fomento de subgrupos por entidad
13. Creación de sistemas amplios de información	27. Redes con planes de trabajo a corto, mediano y largo plazo	Conformar el Plan Estratégico de largo Plazo
	28. Mantenimiento y actualización del Sistema de Información	Actualización e intensificación del ingreso de información a la página web de la Red
14. Incremento y mejoramiento de la enseñanza y la capacitación	29. Cursos/talleres en actividades de conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> y utilización	Participación en Cursos/talleres



El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)

15. Fomento de la sensibilización de la opinión pública

30. Inserciones de cláusulas en radio, televisión, periódico, etc. enfocados a la sensibilización

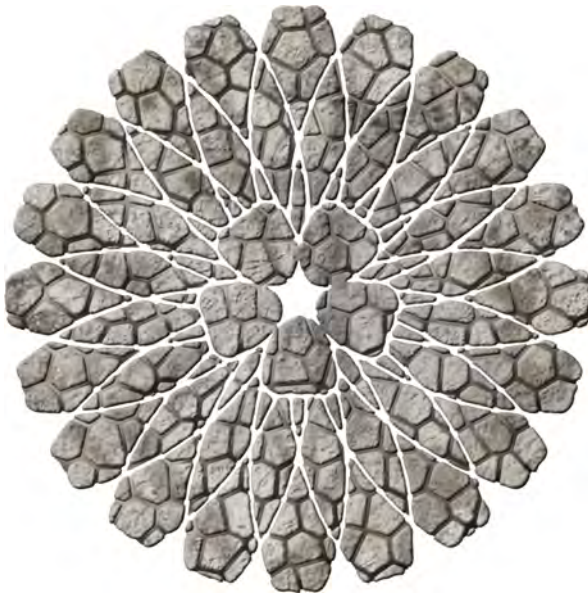
Difusión de la Red Cempoalxóchitl

31. Documentos elaborados y distribuidos para la sensibilización de la opinión pública

Folletos, Trípticos, Libros



Capítulo VI



Conclusiones

VI. Conclusiones

La mayoría de las especies de *Tagetes* no son muy conocidas, pero potencialmente pueden ser nuevos cultivos para la agricultura, la industria o la medicina, y con posibilidades de desarrollar productos de valor agregado, por lo que habrán de realizarse trabajos básicos y aplicados para su aprovechamiento, así como incorporar, participativamente, a productores y grupos organizados, sin descuidar la participación de funcionarios y empresarios, interesados todos en reinventar nuevas aplicaciones de la especie cempoalxóchitl y procurar la conservación del recurso natural. Esta visión sobre el presente y el futuro de las especies cempoalxóchitl será una etapa diferente en la historia relacionada con los conocimientos que se hasta ahora se han generado en nuestro país, sea en forma tradicional como hasta ahora, o como resultado de la investigación científica como se ha estado haciendo para la especie *T. erecta* (útil por los pigmentos que contiene) en el marco de actividades de la Red Cempoalxóchitl del SINAREFI. Un resultado de este diagnóstico es ayudar a dar rumbo a las acciones de la Red Cempoalxóchitl en el presente y el futuro inmediato, por lo que conviene puntualizar hacia dónde dirigir las actividades en el corto y mediano plazos en las cuatro líneas básicas de trabajo que marca el SINAREFI.

Conservación *in situ*

Un aspecto de diagnóstico fundamental sobre *Tagetes* es el conocimiento del sistema reproductivo en la mayoría de las especies, en tanto que es limitado el conocimiento sobre este aspecto biológico, muy útil para la discusión sobre las implicaciones que puede tener una posible introducción de organismos genéticamente modificados, o simplemente como información de referencia para entender la distribución de las especies y su evolución. Otro aspecto necesario, es recabar la información etnobotánica planificada según áreas culturales y geográficas donde se encuentre este recurso natural, tema poco cuidado pero toral, si se desea implementar trabajos.

Aunque la georeferenciación en mapas digitalizados sobre la distribución de las especies de *Tagetes* en México sea útil porque se visualiza la existencia de este recurso natural y su riqueza, es necesario recurrir a un mapeo más detallado, a nivel de estado y sus municipios, con la finalidad de planificar colectas, mapear la distribución de endémicas y su abundancia, así como un mapeo ecogeográfico que arroje información básica de referencia para otros estudios, realizar acciones de conservación y finalmente para monitorear la permanencia de las especies a largo plazo. Esta información será de alta utilidad en la planificación de uso de este recurso natural a nivel estatal o municipal, especialmente por la posibilidad de su aprovechamiento para desarrollar bioplaguicidas y repelentes.

Las zonas del centro norte y norte del país, donde se ubican los sitios de endemismo de varias de las especies de *Tagetes* (*T. hartwegii*, *T. lacera*, *T. mulleri*, *T. stenophylla*, *T. parryi* y *T. moorei*) en las que además es intensa la recolección de algunas especies como *T. lucida*, o bien, la amenaza que representa el uso de herbicidas, o simplemente la escases de poblaciones, requiere de acciones de conservación *in situ*. En el caso de las regiones del centro sur y sur de México, *T. lucida*, *T. oaxacana* y *T. nelsonii*, son las especies que merecen atención, porque su incidencia es escasa (*T. oaxacana*) o hay una fuerte recolección (*T. lucida* y *T. nelsonii*) y porque pueden constituir la materia prima para elaborar bioplaguicidas y otros productos de valor agregado (*T. coronopifolia*, *T. filifolia*, *T. foetidissima*, *T. linifolia*, *T. lucida*, *T. nelsonii* y *T. stenophylla*), opciones económicas para las cuales se deberá intensificar trabajos de promoción de las especies mediante talleres demostrativos sobre extracción semi industrial de aceite esencial y formulación de bioplaguicidas, en cuyo proceso, la participación de agricultores será fundamental. Una vez cubierta esta fase, los trabajos de conservación *in situ* de *Tagetes*, o de cualquier otra aromática, serán más viables, conclusión a la que se ha llegado en los proyectos sobre conservación *in situ* que se han implementado hasta ahora por esta red. Las posibilidades de desarrollar productos de valor agregado

de especies poco conocidas o con usos no advertidos hasta ahora, se relacionan estrechamente con la idea de certificado de origen en tanto que las especies son endémicas, locales o regionales y con propiedades químicas distintivas y específicas.

Conservación *ex situ*

La recolecta de semillas de 27 especies de *Tagetes*, y en muchos ellas de sus poblaciones, ahora representadas como accesiones (alrededor de 3,000) en bancos de germoplasma mexicanos, representan un valioso logro que va a favorecer todo tipo de estudios, preferentemente direccionados hacia su aprovechamiento. La información correspondiente de las accesiones complementa grandemente las referencias que se tenían disponibles en los herbarios y conforman una rica base de datos de *Tagetes*. A la vez que se conformó el acervo genético de *Tagetes* de México basado en las referencias de herbario, el trabajo de campo y la experiencia adquirida en la identificación *in situ* de las poblaciones, facilitó discriminar nuevas formas de *Tagetes* que al parecer, conformarán nuevas especies u otras categorías infraespecíficas, por lo que varias de las accesiones se encuentran sin identificar. Todavía hace falta recolectar en algunas entidades y en la mayoría de ellas, al menos una especie está haciendo falta, o bien, en algunas regiones dentro de cada estado no se realizaron trabajos de recolecta. También es importante completar especies que hasta ahora no ha sido posible recolectar, por ejemplo, *T. mulleri*. Otro aspecto de señalar se refiere a la necesidad de incrementar algunas accesiones representadas con poca semilla, problema que se derivó de la falta de precisión en el protocolo de colecta, mismo que se está proponiendo en el presente documento; complementariamente a lo antes indicado, también se propone un protocolo para la regeneración de semillas. El planteamiento de creación de depositarios, especialmente de las especies perennes, es totalmente indispensable por el uso inmediato en la investigación sobre caracterización agronómico-química y mejoramiento genético, incluido el participativo; como colección de referencia y para la difusión al público. Al respecto, se tiene un

depositario en Chapingo, México pero la perspectiva que se tiene es la implementación de otros depositarios en diferentes sitios de México: instituciones, empresas, municipios y ejidos, con una base de autosostenimiento y con asesoramiento por la Red Cempoalxóchitl.

Uso y Potenciación

No obstante que a las accesiones de *Tagetes* se les ha sometido a algún tipo de caracterización, ésta no ha sido lo más rigurosa, en el sentido de avanzar en una caracterización sistemática, planificada, de todas accesiones. No sería tan sensato tener un banco de germoplasma sin que se tenga información sobre las accesiones, aspecto esencial en una perspectiva de futuro. Por ello, las caracterizaciones: morfológica con criterios UPOV (determinado número de caracteres), agronómicas (con los atributos más útiles), citogenética (mediante citometría de flujo para número de cromosomas y tamaño de núcleos), química (perfil de aceites esenciales), carotenoides (perfiles en *T. erecta*), azúcares (perfiles en *T. erecta*) y molecular (perfiles ITS e ISSR, ya avanzados para la mayoría de accesiones), deberán apearse a las accesiones registradas en los bancos de germoplasma. La evaluación toxicológica, poco avanzada en los trabajos que la Red Cempoalxóchitl ha hecho, deberá tomar un fuerte impulso en lo futuro porque los resultados hasta ahora observados en campo e invernadero sobre los efectos biológicos de los extractos de *Tagetes* obtenidos de la destilación, son altamente promisorios para controlar plagas y enfermedades, experiencias no sujetas a esquemas de experimentación formal pero sí de gran impacto empírico valorado por agricultores. El impulso a experiencias piloto sobre extracción de aceites esenciales y su caracterización química, formulación de bioplaguicidas y evaluación toxicológica o de repelencia contra plagas y enfermedades en campo o en invernadero, llevadas a diferentes regiones agrícolas, también debe promoverse en forma decidida. Un trabajo ligado con lo anterior es el registro de variedades al Catálogo Nacional de Variedades Vegetales y el desarrollo de variedades para obtención de Registro de

Obtenedor, mismo en el que se ha avanzado tratando para el primer caso, de mostrar un camino para la protección de germoplasma local y regional, y por otra parte, para explotar comercialmente variedades para aprovechamiento industrial para obtención de aceites esenciales, materia prima para elaborar bioplaguicidas y sin número de productos de valor agregado. Sin embargo, la orientación central en próximos trabajos será incorporar a grupos organizados de agricultores en proyectos de mejoramiento participativo que posibiliten el desarrollo de variedades con registros (CNVV y Obtenedor) a favor de ellos, y simultáneamente su explotación comercial para obtener productos de valor agregado, y diversas acciones que lo hagan posible: instalaciones, envases, certificaciones, etc. En el caso especial de enfocar los trabajos de potenciación del recurso *T. erecta*, convendrá definir trabajos conjuntos con empresarios, por un lado, los grandes viveristas de México interesados en productos ornamentales, y los grupos industriales que procesan pigmentos derivados de esta especie, quienes están regresando al país para invertir.

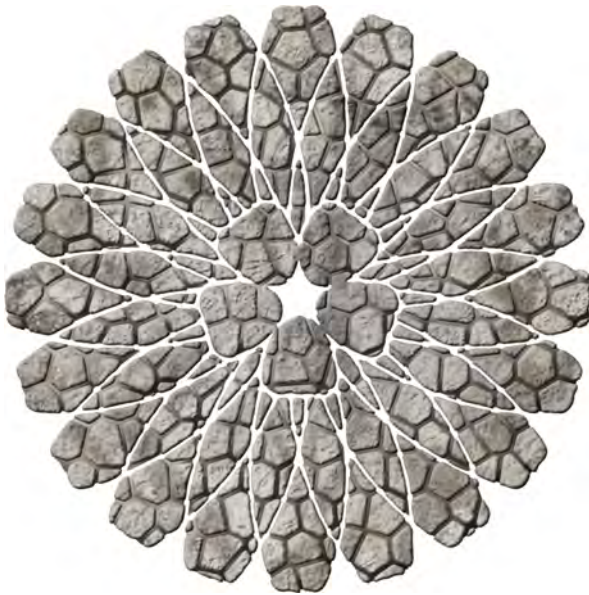
Finalmente, una línea emergente en la Red Cempoalxóchitl la conformará la investigación sobre el posible desarrollo de subproductos de las especies de *Tagetes* sometidas a procesos industriales (extracción de aceites esenciales y de pigmentos).

Creación de Capacidades

Por el alto número de instituciones relacionadas con la Red Cempoalxóchitl se esperaría un fuerte avance a la creación de capacidades, sin embargo, no se tiene un progreso notorio. No obstante, se tienen logros importantes en las otras líneas estratégicas. Hace mucha falta la difusión de los trabajos de la Red (talleres, cursos, congresos, radio televisión, periódico) y ya se advierte como necesaria una reestructuración en la organización de la propia red para entrar a una nueva etapa de funcionamiento. Al respecto, el Plan Estratégico de la Red Cempoalxóchitl servirá de punto de referencia para la reordenación y trabajo interno.



Capítulo VII



Literatura citada



VII. Literatura citada

Acosta de la L., L.; Rodríguez F., C.; Hechevarría S., I.; Milanés F., M. 2010. Determinación de la fecha de plantación en *Tagetes lucida* Cav. Revista Cubana de Plantas Medicinales 15 (4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962010000400007&script=sci_arttext

Anand N., and Mathur A. 2012. Occurrence of vivipary behavior in *Tagetes erecta* L. European Journal of Experimental Biology 2 (6):2317-2319. Disponible en: www.pelagiaresearchlibrary.com.

Arana T., R. A. 1993. Caracterización citogenética de plantas micropropagadas in vitro de *Tagetes erecta*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. México. 79 p.

Cáceres A., O. Cano, B. Samayoa and L. Aguilar. 1990. Plants used in Guatemala for the treatment of gastrointestinal disorders. I. Screening of 84 plants against enterobacteria. Journal Ethnopharmacology 30: 55-73.

Campos-Muñiz, M.; J. L. Medina-Pitalúa, y M. A. Serrato-Cruz. 2010. Aspectos agronómicos para la producción de anís de monte (*Tagetes filifolia* Lag.) en temporal en Ocuiluco, Morelos. Rev. Fitotec. Mex. 33(2): 97-105.

Campos-Guillén J, Martínez-Pastrana X, Bernal-Melo J, Cruz-Medina J, Serrato-Cruz M, Cruz-Hernández A. Análisis molecular del género *Tagetes* spp: análisis de materiales productores de aceite. Red *Tagetes* SINAREFI. 2012.

Campos-Guillén J. Análisis molecular del género *Tagetes* spp. 2013. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. 149 p.

Castro R., A E. 1994. Origen, naturaleza y usos del cempoalxóchitl. Revista Geografía Agrícola 20: 179-189.

Céspedes C. I., J. G. Avila, A. Martínez, B. Serrato, J. C. Calderón-Mujica, and R. Salgado-Garciglia. 2006. Antifungal and antibacterial activities of Mexican tarragon (*Tagetes lucida*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 3521-3527.

Chen, J. F., and Y. J. Lin. 1982. Chromosome pairing in interspecific hybrids of *Tagetes patula* and *T. erecta*. Cytologia 47: 737-742

CONABIO, 2009. *Tagetes coronopifolia* Willd. Ficha informativa. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tagetes-coronopifolia/fichas/ficha.htm> (15 Agosto 2013).

ESPACENET, 2009. *Tagetes*. <http://ep.espacenet.com/> (15 agosto 2009).

Estrada L., E. I. J. 1989. Códice Florentino. Su Información Etnobotánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 399 p.

Fátima García-Sánchez, Ma. Edith López-Villafranco, Silvia Aguilar-Rodríguez, Abigail Aguilar-Contreras. 2012. Etnobotánica y morfo-anatomía comparada de tres especies de *Tagetes* que se utilizan en Nicolás Romero, estado de México. Botanical Sciences 90 (3): 221-232.

García A., M. 1997. Posible apomixis en *Tagetes* (Asteraceae). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 71 p.

Gioanneto F. y Blas C., M. s/a. Etnobotánica y herbolaria purépecha. <http://bioagricoop.mx.tripod.com/etnobotanica.pdf> (15 Agosto 2013).

Hernández, Francisco, Historia Natural de Nueva España, t. II, vol. I. UNAM. México, 1959.

Hernández T., M. Canales, C. Flores, A. M. García, A. Durán, and J. G. Ávila. 2006. Antimicrobial activity of *Tagetes lucida*. Pharmaceutical Biology 44 (1): 19-22.

Heywood V. H., Harborne J. B., Turner B. I. (eds). 1977. The Biology and Chemistry of the Compositae. (Volumes I, II). Academic Press Inc., England.

Hilerio Cruz A. 2013. Diversidad de insectos plaga asociados a cinco especies del género *Tagetes* en Chapingo, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 100 p.

Jalil, R., T. N. Khoshoo, and M. Pal. 1974. Origin, nature and limit of polyploidy in marigolds. Curr. Sci. 43: 777-779

Kaplan L. 1960. Historical and ethnobotanical aspects of domestication in *Tagetes*. Econ. Bot. 14 (3): 200-202.

Kumar A., Singh S. K., Sharma, S. K., Raghava, P. S., Misra R. I. 2004. Comparison of seed-derived with micropropagated male-sterile plants of *Tagetes*

erecta L. for F1 hybrid seed production. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 79(2): 260-266.

Kunze, I; Herbers, K; Heim U. 2001. Production of transgenic plants of the *Tagetes* species. World Intellectual Property Organization. WO/2001/046445. <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=200104445> (15 Agosto 2009).

Linares, E. y Bye R. 2006. Las plantas ornamentales en la obra de Francisco Hernández: “21 preguntador del rey”. Arqueología Mexicana (Las Flores en el México Prehispánico) XIII (78): 48-57.

Loockerman D. J., Turner B. L., Jansen, R. K. 2003. Phylogenetic relationships within the *Tageteae* (Asteraceae) based on nuclear ribosomal ITS and chloroplast ndhF gene sequences. Systematic Botany 28 (1): 191-207.

López, M L, N E Bonzani, J A Zygadlo (2008) Allelopathic potential of *Tagetes minuta* terpenes by a chemical, anatomical and phytotoxic approach. Biochem. System. Ecol. 36 (12): 882-890.

Martínez-Quintero M. C. 1990. Producción de flor de cempazúchil (*Tagetes* spp) en los estados de Guanajuato, México, Michoacán, Puebla y Querétaro. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 70 p.

Mastalerz, J. W. and Holcomb, J. E. 1985. Bedding Plants III. Manual on the Culture of Bedding Plants as a Greenhouse Crop. Pennsylvania Flower Growers. USA.

Montúfar, Aurora, Leonardo López Luján y Jaime Torres. 2003. Los materiales constructivos del Templo Mayor de Tenochtitlán. Estudios de Cultura Náhuatl 34: 137-166.

Mc Vaugh, R. 1915. *Tagetes*. Flora Novo-Galiciana 12: 910-925.

Neher R., T. 1966. Monograph of the genus *Tagetes* (Compositae). Ph. D. Dissertation. Indiana University. Bloomington, Indiana, USA. 306 p.

Neher R., T. 1968. The ethnobotany of *Tagetes*. Econ. Bot. 22 (4): 317-325.

Panero J. L. y Villaseñor J. L. 1996. Novelty in Asteraceae from southern Mexico. Brittonia 48: 79-90.

Paz-Roman M. del P. 2009. Plaguicidas. Industria Fitosanitaria A. C. (AMIFAC). <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spivst/2012/plaguicidas> (20 octubre 20013).

Poli F, G Sacchetti, A Bruni (1995) Distribution of internal secretory structures in *Tagetes patula* (Asteraceae). Nordic J. Bot. 15 (2): 197-205.

Pushkar N. S., S. V. S. Rathore, and D. K. Upadhayay. 2008. Response of chemicals and biofertilizer on growth and yield of African marigold (*Tagetes erecta* L.) cv. Pusa Narangi Gaida. Asian J. Hort. 3:130-132.

Rodríguez F. 1884. La flor de cempoalxóchitl, algunas observaciones y experiencias sobre su naturaleza y composición. Tesis Especialidad en Farmacia. Facultad de Medicina y Farmacia de México. México.

Russin, W A, T F Uchytal, G Feistner, R D Durbin (1988) Developmental changes in content of foliar secretory cavities of *Tagetes erecta* (Asteraceae). American J. Bot. 75 (12):1787-1793.

Rydberg, P. 1915. *Tagetes*. North American Flora 34: 148-159.

Rzedowsky J. y de Rzedowsky G. C. 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México. Tomo II. ENCB e Instituto de Ecología. D. F. México.

SEMARNAT. 2006. *Tagetes lucida*. www.semarnat.gob.mx/pfnm/Tagetes-Lucida.html (15 Agosto 2013).

Strother J., L. 1977. *Tageteae*-systematic review. In Biology and Chemistry of the Compositae. Heywood V. H., Harborne J. B., Turner B. I. (eds). Academic Press Inc., England. (Volume II). pp. 769-783.

Sahagún, fray Bernardino de, Historia General de las Cosas de la Nueva España, Ángel Ma. Garibay K. (ed.), Editorial Porrúa, México, 1969; CONACULTA/Alianza Editorial, Cien de México, 2 vols. México, 1999.

Sánchez-Millán J. L., M. A. Serrato-Cruz, A. A. Del Villar-Martínez, P. E. Venegas-Espinosa, S. Evangelista-Lozano, A. Jiménez-Aparicio, A. G. Quintero-Gutiérrez, F. A. García-Jiménez. 2007. Espectroscopia RAMAN: herramienta rápida y no invasiva para determinar carotenoides en inflorescencias de *Tagetes erecta* L. Agrociencia 41 (8): 863-871.

Serrato C., M. A. 1999. Variabilidad genética del cempoalxóchitl (*Tagetes* spp). Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas,

Montecillo. México. 240 p.

Serrato C., M. A. 2004. Cempoalxóchitl y Días de Muertos. Arqueología Mexicana XII (68): 70-73 p.

Serrato C., M. A. 2007. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de *Tagetes*. SNICS-SAGARPA. 100 p.

Serrato C., M. A.; Rivera M., J. 2002. Densidad y fecha de trasplante para un genotipo de porte bajo de *Tagetes erecta* L. Revista Chapingo serie Horticultura 8: 197-203.

Serrato C., M. A. 2003. Aspectos del cultivo de dos especies de *Tagetes* productoras de aceites esenciales. Naturaleza y Desarrollo 1 (1): 15-22.

Serrato C., M. A. 2005. Efectos del ambiente de domesticación en dos especies silvestres del género *Tagetes* en México. Plant Genetic Resources Newsletter 142: 21-28.

Serrato-Cruz M A; Díaz-Cedillo F; Barajas-Pérez J S. 2005. Seasonal influence on phenology and essential oil content of *Tagetes filifolia* Lag. Annalen der Meteorologie 41 (1): 82-85.

Serrato-Cruz M A; Díaz-Cedillo F; Barajas-Pérez J S. 2006. Poblaciones silvestres de *Tagetes filifolia* Lag. en el centro-sur de México. Revista Fitotecnia Mexicana 29 (2): 7-12.

Serrato-Cruz M A; Díaz-Cedillo F; Barajas-Pérez J S. 2007. *Tagetes filifolia* Lag. y *T. lucida* Cav. De Oaxaca. II Simposio sobre Biodiversidad de Oaxaca.

Serrato C., M.A. 2010. Información documental sobre el taxa *Tagetes* para dimensionar su centro de origen y diversidad genética en México. https://www.google.com.mx/?gws_rd=cr&ei=IdJVUvSgKlqf2QX3g4DoCg#q=serrato+conabio+tagetes (15 de Agosto 2013).

Serrato C., M. A. 2011. Ensayos de extracción piloto de aceites esenciales de *Tagetes* y otras plantas aromáticas para obtención de bioplaguicidas. XXVII Presentación de Trabajos de Investigación, Producción y Servicio. Universidad Autónoma Chapingo.

Serrato-Cruz, M. A., J. S. Barajas-Pérez, y F. Díaz-Cedillo. 2007. Aceites

esenciales del recurso genético *Tagetes* para el control de insectos, nematodos, ácaros y hongos. In: Substancias Naturales contra Plagas. Agricultura Sostenible. López-Olguín, J. F., A. Aragón-García, C. Rodríguez-Hernández, M. Vázquez-García (eds.). Colegio de Postgraduados, México. pp: 192-200.

Serrato-Cruz M. A., J. L. Sánchez-Millán, J. S. Barajas-Pérez, F. A. García-Jiménez, A. A. del Villar-Martínez, M. L. Arenas-Ocampo, A. Aguirre-Gómez, R. Santiago-Díaz, S. E. Moreno-Paloalto, V. L. Barradas-Miranda, H. C. Gómez-Villar. 2008. Carotenoides y características morfológicas en cabezuelas de muestras mexicanas de *Tagetes erecta* L. Revista Fitotecnia Mexicana 31 (3): 67-7

Soule, J. 1993. Systematics of *Tagetes* (Asteraceae-*Tageteae*). Doctoral Thesis. The University of Texas, Austin. USA. 683 p.

Soule, J. A. 1993. Medicinal and beverage uses of *Tagetes* (*Tageteae*: Compositae). Am. J. Bot. 80(6):177 (Abstr.).

Soule, J. A. 1993. A potential new herbal product from a South American species of *Tagetes*. pp. 649-654. In: J. Janick, and J. Simon (eds.). New Crops. Wiley, New York. USA.

Torres G., L. A. 2011. Control químico de malesas en el cultivo de anís de monte (*Tagetes filifolia* Lag.). Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 57 p.

Towner, J. W. 1961. Cytogenetics studies on the origin of *Tagetes patula* L. Meiosis and morphology of diploid and allotetraploid *T. erecta* x *T. tenuifolia*. Am. J. Bot. 48: 743-751.

Towner, J. W. 1962. Cytogenetics of *Tagetes jaliscensis* x *T. erecta*. Am. J. Bot. 49: 1064-1067.

Turner B. L. 1977. Fossil history and geography. In The Biology and Chemistry of the Compositae. Heywood V. H., Harborne J. B., Turner B. L. (eds). Academic Press Inc., England. (Volume I). pp. 22-30.

Turner B. L. 1996. The Comps of Mexico-A systematic account of the family Asteraceae, Vol. 6, *Tageteae* and *Anthemideae*. Phytologia Memoirs 10: 1-93.





El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico)

El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.)
de México (Diagnóstico)

Esta edición consta de 1,000 ejemplares

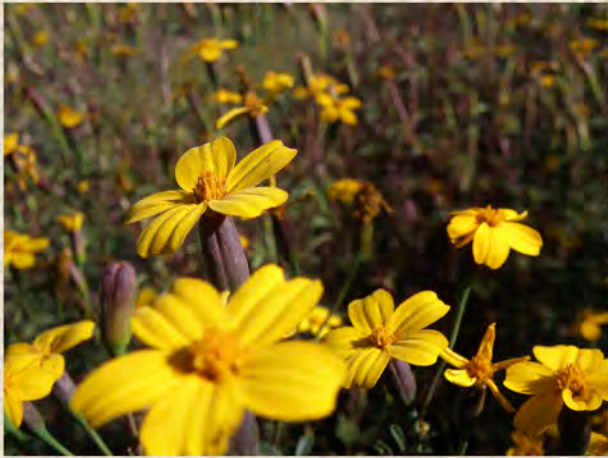
Se terminó de imprimir en Imagen Digital Edición e Impresión S. de R. L. de C. V.

Cda. San Cristóbal 13, Col. Tulantongo

Texcoco, Estado de México, CP: 56200

Diciembre, 2014.

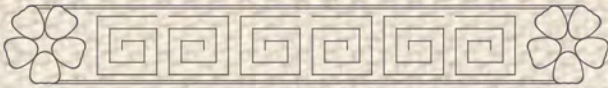




La historia natural de la tierra revela, mediante sus libros en la corteza terrestre, que hace 65 millones de años apareció una forma de vida vegetal, la familia Astaraceae a la que pertenece al género *Tagetes*, cuyo nacimiento ocurrió en el Continente Americano y México como una de las cunas principales.




Por otra parte, la historia de la evolución humana en Mesoamérica, nos dice que hace 3000 años varias de las especies de *Tagetes*, a las que los náhuatl llamaron cempoalxóchitl, fueron domesticadas y otras sólo recolectadas para sobrevivir, por ejemplo usadas como medicina. Para los grupos Mesoamericanos la historia se volvió difusa después de la invasión europea, pero persistiendo las plantas cempoalxóchitl como ceremoniales y medicinales, siempre mantenidas por los indígenas y mestizos. La historia sigue, pero en este documento se hace un alto para revisar la situación que tiene el recurso genético cempoalxóchitl en nuestro tiempo, que en otra época demandó de la actividad humana para cuidarlo y mejorarlo.

Ahora toca a la Red Cempoalxóchitl, formada en 2008 como un proyecto aprobado por el SINAREFI, la responsabilidad de ubicar el estatus de este recurso natural en México y a partir de ello proyectar sus acciones para su conservación y mejora en beneficio de nuestra gente: agricultores, consumidores y público en general, en una visión de sustentabilidad.



El SNICS es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, encargado de normar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales.

Sus actividades principales son:

-  Verificar y certificar el origen y la calidad de las semillas.
-  Proteger legalmente los derechos de quien obtiene nuevas variedades de plantas, a través de un derecho de obtentor.
-  Coordinar acciones en materia de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

