

NOTA CIENTÍFICA

MORFOLOGÍA DE ESTRUCTURAS FLORALES RELACIONADAS CON LA DISPERSIÓN ANTITELÉCORA DE FRUTOS EN *Tagetes moorei* H. Rob. var. *breviligulata* Villarreal

MORPHOLOGY OF FLORAL STRUCTURES RELATED TO ANTITELECHORY DISPERSAL OF FRUITS IN *Tagetes moorei* H. Rob. var. *breviligulata* Villarreal

Miguel Á. Serrato Cruz[†]; Teresa Cervantes Martínez

Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5, Carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

Correo-e: serratocruz@gmail.com ([†]Autor para correspondencia).

RESUMEN

Tagetes moorei var. *breviligulata* (Asteraceae-Tageteae) es una especie endémica de Querétaro, México. La especie se encuentra en algunos lugares semiáridos y crece en suelos calizos. Hay pocos antecedentes sobre la biología y ecología de esta especie. En este trabajo se describen algunos aspectos de la morfología vegetal de *T. moorei*, particularmente de la cabezuela floral, relacionados con un mecanismo especial de dispersión de semillas clasificado como autócoro-antitelécoro. En este mecanismo, los aquenios formados en el involucre no caen directamente al suelo durante la deshidratación y secado de la cabezuela, como ocurre en la mayoría de las especies de *Tagetes*. En este caso, el pedicelo se desintegra y se separa del involucre, y entonces los aquenios se deslizan por dentro del pedúnculo hueco. Este mecanismo de dispersión de aquenios en ambientes semiáridos es poco común en las formas de adaptación de Asteraceae.

Recibido: 22 de noviembre de 2010
Aceptado: 18 de enero de 2012
doi:10.5154/r.rchscfa.2010.11.122
<http://www.chapingo.mx/revistas>

PALABRAS CLAVE: Asteraceae, endemismo, dispersión de semillas, anatomía, pedicelo, pedúnculo.

ABSTRACT

Tagetes moorei var. *breviligulata* (Asteraceae-Tageteae) is an endemic species from Queretaro, Mexico. This species is found in some semiarid areas and grows on calcareous soils. Biological and ecological background of this species is scarce. This paper describes some aspects of the plant morphology of *T. moorei*, particularly at the flower head level, related to a special mechanism for seed dispersal classified as autochore-antitelechore. In this mechanism, the achenes formed in the involucre do not fall directly to the ground during dehydration and flower head drying, as with most *Tagetes* species. In this case, flower pedicel is collapsed and separates from the involucre; then achenes slid inside the peduncle. This seed dispersal mechanism in semiarid environments is uncommon for Asteraceae.

KEYWORDS: Asteraceae, endemism, anatomy, seeds dispersion, pedicel, peduncle.

INTRODUCCIÓN

Las regiones montañosas de México se consideran los mayores centros de diversidad de Asteraceae debido a las numerosas especies, géneros y tribus que ahí se encuentran (Turner & Nesom, 1993). La tribu Tageteae, nativa de América (Strother, 1977), se distribuye principalmente en la región centro-sur de México (Neher, 1965; Turner, 1996; Turner & Nesom, 1993). El género *Tagetes* se integra por alrededor de 58 especies endémicas del continente americano (Neher, 1965; Panero & Villaseñor, 1993; Soule, 1993; Turner, 1996). De éstas, 36 están presentes en México; la mayoría en áreas montañosas con diferentes grados de humedad, con excepción de *T. moorei* que crece en cañadas en

INTRODUCTION

The Mexican mountain areas are considered the major centers of Asteraceae diversity because of its numerous species, genus and tribes that are found in this region (Turner & Nesom, 1993). The Tageteae tribe native from the Americas (Strother, 1977), is mainly distributed in the south-central region of Mexico (Neher, 1965; Turner, 1996; Turner & Nesom, 1993). The *Tagetes* genus is comprised of about 58 endemic species from the Americas (Neher, 1965; Panero & Villaseñor 1993; Soule, 1993, Turner, 1996). A total of 36 species are found in Mexico, most of them in mountainous areas with different degrees of humidity, with the exception of *T. moorei* that grows on ravines under semiarid conditions

condiciones semiáridas (Robinson, 1973; Villarreal, 2003) en la provincia llanuras y sierras de Querétaro-Hidalgo (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2004). La Sierra Madre Oriental surgió en el Cretácico proporcionando hábitats en tierras altas para el desarrollo de vegetación. En el Eje Neovolcánico durante el Terciario Temprano (Ferrusquía, 1993), se estima que ocurrieron fluctuaciones climáticas y fisiográficas, especialmente durante el Pleistoceno, que contribuyeron a la diversificación de la flora de México (Rzedowski, 1993). Recientemente, nuevas especies se han encontrado (Carranza, Zamudio, & Murguía, 1998; Espejo, López, & Ramírez, 2008; Zamudio, 1999) en las cañadas de la región de sierras y llanuras de Querétaro-Hidalgo (Eje Neovolcánico) colindante con el Carso Huasteco (Sierra Madre Oriental).

Entre los estados de Hidalgo y Querétaro, se encuentra la especie *T. moorei* (Robinson, 1973) y la variedad *breviligulata* (Villarreal & De la Rosa, 2002), que son parte de las cinco especies de *Tagetes* con distribución endémica en México (Turner & Nesom, 1993). *T. moorei* se ha encontrado en la Barranca de Tolimán en Zimapán, Hidalgo, y la var. *breviligulata* en La Tinaja (Cañada de la Culebra) y Puerto Tepozán, en Cadereyta, Querétaro (Villarreal, 2003). Estos lugares están insertos en un área de convergencia entre el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre Oriental (Sierra Gorda); los climas característicos son semiseco semicálido y semiseco templado, colindando con climas templado y seco semicálido, topografía de sierras, lomeríos con cañadas y llanuras (INEGI, 2004).

T. moorei H. Rob. var. *breviligulata* Villarreal se distingue por tener un número menor de flores y un tamaño menor de flores radiales. Las cabezuelas son solitarias, terminales y se encuentran en las axilas superiores en pedúnculos engrosados de 4 a 8 cm de largo y de 1 a 2 mm de grueso, desnudos, ligeramente ensanchados en la porción apical, tan anchos como las ramas. Los involucros son subcilíndricos de 12 a 14 mm de largo y 4 a 7 mm de ancho, con un engrosamiento anular basal y con glándulas lineares submarginales. Las flores son liguladas (5 a 6) y amarillo-anaranjadas, y las flores del disco (10 a 20) son tubulares y amarillas. Los aquenios son lineares de 6 a 8 mm de largo, estriados, glabros y negros. El vilano tiene cinco escamas erosas de 0.4 a 0.5 mm de largo en el ápice, una segunda serie de tres escamas erosas de 1.5 a 2 mm en el ápice, y una o dos escamas lanceoladas de 4 a 6 mm de largo (Villarreal, 2003). En general, la información sobre la biología y ecología de *T. moorei* es nula; particularmente, no se conoce el mecanismo de dispersión de semillas considerando el ambiente semiárido en el que prospera. El fenómeno de dispersión de aquenios de *Tagetes* tampoco es claro.

(Robinson, 1973; Villarreal, 2003) in plateau province and the Sierras of Queretaro-Hidalgo (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2004). The Sierra Madre Oriental arose in the Cretaceous period providing habitats in highlands for vegetation development. It is estimated that physiographic and climatic fluctuations occurred, in the Neovolcanic Axis during the Early Tertiary (Ferrusquía, 1993), especially during the Pleistocene period, which contributed to the diversification of the Mexican flora (Rzedowski, 1993). Recently, new species have been found (Carranza, Zamudio, & Murguía, 1998; Espejo, López, & Ramírez, 2008; Zamudio, 1999) on ravines of the Sierras and plateau of Queretaro-Hidalgo (Neovolcanic Axis) adjacent to the Carso Huasteco (Sierra Madre Oriental).

Between Hidalgo and Queretaro states, the species *T. moorei* (Robinson, 1973) and the variety *breviligulata* (Villarreal & De la Rosa, 2002) have been found, forming part of the five species of *Tagetes* with endemic distribution in Mexico (Turner & Nesom, 1993). *T. moorei* has been found in the Barranca de Tolimán in Zimapán, Hidalgo, and the var. *breviligulata* in La Tinaja (Cañada de la Culebra) and Puerto Tepozán, in Cadereyta, Queretaro (Villarreal, 2003). These places are located in an area of convergence between the Transversal Neovolcanic Axis and the Sierra Madre Oriental (Sierra Gorda) the climate is semidry semi-warm and semidry temperate, adjoining with temperate and dry semi-warm climate, topography of mountains, hills with ravines and plains (INEGI, 2004).

T. moorei H. Rob. var. *breviligulata* Villarreal is distinguished by having a low number of individual florets and small radial florets. Flower heads are solitary, terminal and are found in the upper axils in thickened peduncles of 4-8 cm (length), 1-2 mm (width), naked, slightly widened in the apical, as wide as the branches. Involucres are subcylindrical, with a size of 12 to 14 mm long and 4-7 mm wide, with basal annular thickening and submarginal glands. Flowers are ligulated (5-6) and yellow-orange, and the disk flowers (10-20) are tubular and yellow. Archenes are linear, 6-8 mm long, stretched, glabrous and black. The pappus has five erose scales of 0.4 to 0.5 mm length located in the apex, a second set of three erose scales of 1.5-2 mm in the apex, and one or two lanceolate scales of 4-6 mm length (Villarreal, 2003). In general, the information on biology and ecology of *T. moorei* is scarce; particularly, the seed dispersal mechanism is not known considering the semiarid environment in which it thrives. The phenomenon of dispersal of *Tagetes* achenes is also unclear.

There are plants with autonomous mechanisms for seed dispersal, that is, they do not required other agents such as wind, water or animals; as the case

Hay plantas que presentan mecanismos autónomos para la dispersión de semillas, es decir, no requieren de otros agentes como el viento, agua o animales; es el caso de la autocoria, conocida también como engicoria (Sánchez-Gómez, Carrión-Vilches, & Hernández-González, 2011), la cual es frecuente en plantas de zonas áridas (Granados, 1994; Van & Van, 1999). Este mecanismo puede favorecer la dispersión de semillas a grandes distancias (telecoria) o también limitar la dispersión (antitelecoria). La autocoria puede darse por turgencia (telecoria), inhibición (telecoria y antitelecoria) o por cohesión (antitelecoria). Este último consiste en que las paredes de la célula, que son activas en este mecanismo, usualmente son delgadas y permiten el colapso de las células cuando se deshidratan (Granados, 1994). De esta manera, la dispersión limitada también puede proteger a las semillas de los depredadores, sequía u otro tipo de daño externo (Van & Van, 1999). Existen antecedentes sobre antitelecoria en Asteraceae (Van & Van, 1999). La dispersión de los aquenios es favorecida por el viento o por los animales en la mayoría de las especies de *Tagetes* distribuidas en áreas de clima templado (Neher, 1965; Turner, 1996), como regularmente ocurre en Asteraceae (Burt, 1977).

Serrato-Cruz y Cervantes-Martínez (2008) presentan pruebas iniciales de una forma de adaptación reproductiva relacionada con la dispersión por autocoria de aquenios de *T. moorei* var. *breviligulata*. Sin embargo, se trata de un estudio poco analizado en cuanto a aspectos anatómicos y posibles implicaciones en el endemismo. En el presente escrito se brinda información complementaria al trabajo citado, describiendo aspectos morfológicos relacionados con el mecanismo de dispersión de propágulos y comentando aspectos del endemismo de la var. *breviligulata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una colecta de plantas de *T. moorei* var. *breviligulata* (Figura 1) se realizó en octubre de 2007, en N' Tsiinti (en otomí o ña' ñuu) (1,700 m) en el paraje de La Cañada de la Culebra (20° 56' 14" LN, 99° 41' 59" LO) de la comunidad de La Tinaja, al noreste de Cadereyta de Montes, Querétaro (Villarreal, 2003). El sitio de colecta se ubica en la cartografía de INEGI (2004) dentro de la provincia del Carso Huasteco, cerca de llanuras y sierras del Norte de Guanajuato, y de llanuras y sierras de Querétaro-Hidalgo. El lugar presenta rocas calizo-lutitas del Jurásico y Cretácico, climas semiseco semicálido y semiseco templado, suelo regosol calizo de textura media y rendzina de textura media.

Los trabajos de Villarreal y De la Rosa (2002) y de Villarreal (2003) se tomaron en cuenta para cotejar

of the autochory, also known as engichory (Sánchez-Gómez, Carrión-Vilches, & Hernández-González, 2011), which is common in arid plants (Granados, 1994; Van & Van, 1999). This mechanism can contribute to long-distance seed dispersal (telechory) or also limit dispersal (antitelechory). The autochory may be due to turgor (telechory), inhibition (telechory and antitelechory) or cohesion (antitelechory). In the case of cohesion, cell walls, active in this mechanism, usually are thin and allow the collapse of the cells when they are dehydrated (Granados, 1994). Thus, limited dispersal may also protect seeds from predator, drought or other type of external damage (Van & Van, 1999). There are precedents on antitelechory in Asteraceae (Van & Van, 1999). Seed dispersal is favored by wind or animals in most *Tagetes* species distributed in temperate areas (Neher, 1965; Turner, 1996), as usually occurs in Asteraceae (Burt, 1977).

Serrato-Cruz and Cervantes-Martínez (2008) show initial evidences of a reproductive adaptation related to autochory dispersal of achenes of *T. moorei* var. *breviligulata*. However, this study has been poorly studied regarding anatomical and possible implications for endemism. The present paper provides complementary information to the work cited, describing morphological aspects related to the dispersal mechanism of propagules and discussing aspects of endemism var. *breviligulata*.

MATERIALS AND METHODS

T. moorei var. *breviligulata* plants (Figure 1) were collected on October 2007, in N' Tsiinti (in Otomi language or ña' ñuu) 1,700 m in La Cañada de la Culebra (20° 56' 14" N, 99° 41' 59" W) of the Tinaja community, northeast of Cadereyta de Montes, Querétaro (Villarreal, 2003). The collection site can be located on the INEGI map (2004), Carso Huasteco province, close to the plains and Sierras to the north of Guanajuato, and plateau and Sierras of Querétaro-Hidalgo. The area has limestones-shale rocks of the Jurassic and Cretaceous periods, the climate is semidry semi warm and semi dry temperate, with regosol calcareous soil of medium texture and medium textured rendzina.

Studies conducted by Villarreal and De la Rosa (2002) and Villarreal (2003) were taken into account to compare the description of plants and to identify species. The study material was obtained from the same place where these authors found *T. moorei* var. *breviligulata*. Plants collected for this study were in the flowering and maturation period. These plants were removed from the soil, transplanted into pots and were stored in a greenhouse at Chapingo, Texcoco, Mexico, up to the maturity stage. In this way, the plant material was available at all development stages.

la descripción de las plantas e identificación de la especie. El material de estudio se obtuvo en el mismo lugar donde estos autores hallaron a *T. moorei* var. *breviligulata*. Las plantas colectadas se encontraban en floración y maduración. Éstas se sacaron del suelo, se trasplantaron en macetas y se mantuvieron hasta la etapa de madurez en un invernadero en Chapingo, Texcoco, México. De esta forma, el material vegetal estuvo disponible en todas las fases de desarrollo.



FIGURA 1. Plantas de *T. moorei* var. *breviligulata*

FIGURE 1. *T. moorei* var. *breviligulata* plants

Para fines del estudio anatómico, fue seccionada y fijada únicamente la zona de unión entre el pedúnculo y la base del involucre; a nivel floral, esta es la zona de mayor interés en el presente trabajo. Las flores se clasificaron en cuatro estadios de desarrollo (Figura 2) preservándolas durante 48 h a 4 °C con dos cambios de solución de formaldehído-ácido acético-alcohol (FAA) (Ruzin, 1999). Posteriormente, las flores se deshidrataron con etanol a diferentes gradientes, durante 30 min en cada uno hasta llegar a dos cambios de etanol al 100 %. Después, se hizo un cambio en etanol:xilol y dos cambios de una hora en xilol puro. Finalmente, las flores se sumergieron en parafina a 56 °C durante cinco días, haciendo cambios diariamente hasta alcanzar la solidificación. Los pedicelos se cortaron en secciones de 12 μm de espesor con navajas desechables empleando un micrótopo de rotación Hyrax M25 (marca Carl Zeiss). Los cortes se tiñeron con safranina O y verde rápido (Ruzin, 1999). Las secciones se observaron en un microscopio Axio Imager D1 (marca Carl Zeiss) y se analizaron en Adobe PhotoShop 8.0. Por último, la información morfológica y anatómica obtenida se relacionó con la información documental sobre aspectos ambientales geológicos, para abordar posibles significados evolutivos de la estrategia de dispersión de frutos o aquenios de la var. *breviligulata*.

Only the area between the peduncle and the base of the involucre was sectioned and fixed for anatomical study purposes; at floral level, this is the area of interest in this work. Flowers were classified into four stages of development (Figure 2) preserving them for 48 h at 4 °C with two solution changes of formaldehyde-alcohol-acetic acid (FAA) (Ruzin, 1999). Subsequently, flowers were dehydrated with different ethanol gradients for 30 min each, until reaching two changes of ethanol at 100 %. Then, a change of ethanol:xylol and two changes of pure xylol (one hour) were conducted. Finally, flowers were dipped in paraffin at 56 °C for five days, with daily changes to achieve solidification. Pedicels were cut into sections of 12 μm thick with disposable razors using a rotation microtome Hyrax M25 (Carl Zeiss trademark). Sections were stained with the safranin O and the fast green technique (Ruzin, 1999). Sections were observed with an Axio Imager D1 microscope (Carl Zeiss trademark) and analyzed using Adobe Photoshop 8.0. Finally, morphological and anatomical information obtained was related to the documentary information on geological environmental aspects, to address possible evolutionary meanings of the dispersal strategy of fruits or achenes of var. *breviligulata*.

RESULTS AND DISCUSSION

Serrato-Cruz and Cervantes-Martínez (2008) refer that from the beginning of the opening of the capitulum up to anthesis of *T. moorei* var. *breviligulata*, a full pedicel can be seen, which disintegrates as the flower head matures. Figure 3A shows a cross section of the pedicel area in the first stage of development of the capitulum or flower head. No great differences were observed at tissue level that comprises it, predominating parenchymal tissue and several vascular bundles. However, it is a relevant condition because as the capitulum or flower head matures, the large and turgid cells of parenchyma collapse due to moisture loss. This promotes anthesis and dehydration of the tissue of the peripheral zone which involves the pedicel; process that end with its disintegration and seed release by means of sliding seeds through the flower stem (Figure 3C and 3D). It is important to note that during this process, there is synchrony between flower head and changes in the pedicel-peduncle bond area, culminating in the subsequent disintegration of them, calling this stage "stage three". Figure 3B shows a cross section of the pedicel in morphological development process, prior to the complete dehydration and exterior drying. Figure 3C, which corresponds to a cross-section of the flower head, shows completely sclerified cell groups as last vestiges of the bond between the floral pedicel and peduncle, in

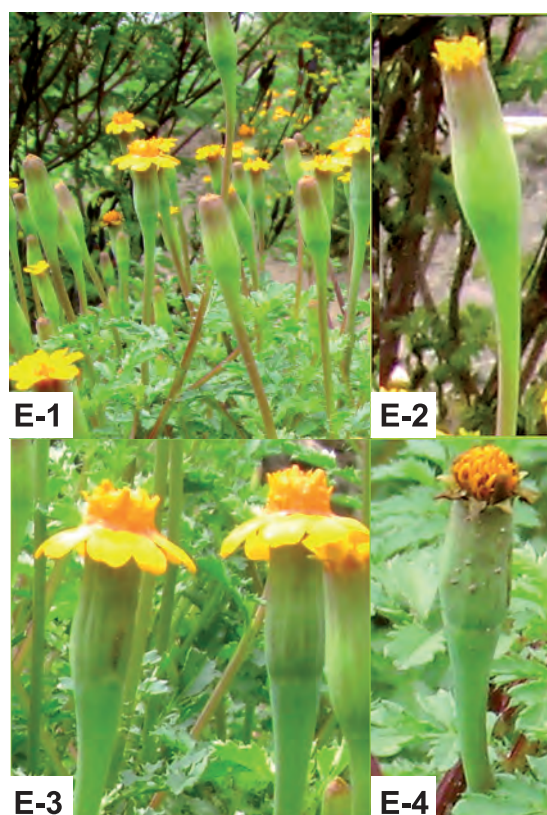


FIGURA 2. Estadios de desarrollo de inflorescencias de *T. moorei* var. *breviligulata*. *E-1: Capítulo cerrado; el pedúnculo es relativamente corto (0.5-1.0 cm). E-2: El capítulo se abre parcialmente dejando salir los primeros pétalos (ligulas), con un pedúnculo entre 1.5 a 3.0 cm. E-3: El capítulo se encuentra en plena floración, pudiéndose ver los pétalos tanto en flores individuales liguladas como en tubulares. El pedúnculo mide entre 3.5 a 5.0 cm. E-4: El capítulo se empieza a marchitar sin llegar a secarse.

FIGURE 2. Stages of development of inflorescences of *T. moorei* var. *breviligulata*. *E-1: Closed Capitulum; the peduncle is relatively short (0.5-1.0 cm). E-2: Capitulum partially open letting out the first petals (florets) with a stalk between 1.5 to 3.0 cm. E-3: Capitulum in full bloom, petals can be seen both in tubular and ligulate individual flowers. The stalk is between 3.5 to 5.0 cm. E-4: Capitulum starts to wither without drying.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Serrato-Cruz y Cervantes-Martínez (2008) refieren que desde el inicio de la apertura del capítulo hasta la apertura floral total de *T. moorei* var. *breviligulata*, se observa un pedicelo completo que se va desintegrando conforme madura la cabezuela. En la Figura 3A se muestra un corte transversal de la zona del pedicelo en el primer estadio de desarrollo del capítulo o cabezuela. No se aprecian grandes diferencias a nivel de los tejidos que la integran, predominando tejido parenquimático y varios haces vasculares. Sin embargo, es una condición relevante, dado que al avanzar el estado de madurez del

space 4. This condition is not appreciated in the early stage of development, so one might infer that there is a point of tension between the sclerified area and the rest of the parenchyma and vascular tissue, which initially integrate the inner region of the peduncle (Figure 3A). At the same time, tissues collapse when internal periphery of the outer wall of the bond point between the pedicel and flower stem and internal tissues completely break off. The result is the disintegration and detachment of the pedicel; therefore achenes become free to slide along the hollow peduncle into the stem up to the upper node of the first branch (Figure 3D). This situation is relevant because most of these characteristics are not present in other *Tagetes* species. The authors of this paper have noted that, when the capitulum or flower head dries in *Tagetes* species of temperate climate, achenes are released from the pedicel and leave the involucres with any vibration caused by wind or by contact with moving objects. In this process, the pappus achene has an essential function to allow the exit of the involucre, as it has already been documented in Asteraceae (Burt, 1977).

According to the above, achenes in the outer whorl of the pedicel (Villarreal & De la Rosa, 2002) of the ligulate flowers exposed to exogamous pollination (Serrato-Cruz, Miranda-Colín, García-Velásquez, & Castillo-González, 1998), would be the first to descend through the duct created due to tissue collapse and dehydration. Subsequently, achenes of tubular florets also would slide; the thinness of them and the presence of pappus of straight edges and curves (Villarreal & De la Rosa, 2002) would facilitate its sliding around the peduncle (Figure 4). Thus, when the plant dries, the protected seeds in the peduncle would remain at ground level; however, it is unknown how *in situ* germination and its relationship with the distance seed dispersal could occur. Apparently, the antitelechory mechanism by cohesion for seed dispersal-protection could have some function in the endemism of the var. *breviligulata* in Cañada de la Culebra, natural space that once served as a refuge during physiographic and climate change. Rezedowski (1993) notes that the endemic taxa of Asteraceae from Mexico are found in areas with dry climate and in other places such as the peninsula of Baja California, ecological peninsulas and islands such as the mountain ranges of Sierra Madre, depression of the Rio Balsas, high mountains peaks, limestone soil areas and space that served as a refuge during the Pleistocene climate change. Therefore, it is necessary to know the climate fluctuation of Cañada de la Vibora to associate the reviewed morphological changes.

Ravines of Tolimán in Zimapán, Hidalgo and the Cañada de la Vibora in Cadereyta, Queretaro, cover an area less than half a kilometer, especially where

capítulo, las células grandes y turgentes de parénquima se colapsan por la pérdida de humedad. Esto promueve la apertura floral y la deshidratación del tejido de la zona periférica que involucra al pedicelo; proceso que termina con la desintegración del mismo, así como con la liberación de las semillas por medio del deslizamiento a través del pedúnculo floral (Figura 3C y 3D). Es importante remarcar que durante dicho proceso, existe sincronía entre el desarrollo de la cabezuela y cambios en la zona de unión pedicelo-pedúnculo, culminando en la posterior desintegración de éstos, denominando esta fase como estadio tres. En la Figura 3B se aprecia un corte transversal del pedicelo en el proceso de desarrollo morfológico, previo a la completa deshidratación y secado exterior

populations are more frequent. In these places we found areas with 0.25 plants·m⁻² which correspond to the highest plant population density of var. *breviligulata*, an indicator of low abundance. A similar result was reported for a graminea from a semiarid area, whose engichory explains its microspatial distribution of limited dispersal (Sánchez-Gómez et al., 2011). On the other hand, seeds within the peduncle hollow could represent other adaptive mechanism that protects seeds from high temperatures (Baskin & Baskin, 1985) and the attack of organisms (Dalling, Davis, Schutte, & Arnold, 2011). This background generates interest in knowing about the behavior of latency and seed viability for their possible relationship with low rainfall and high temperature.

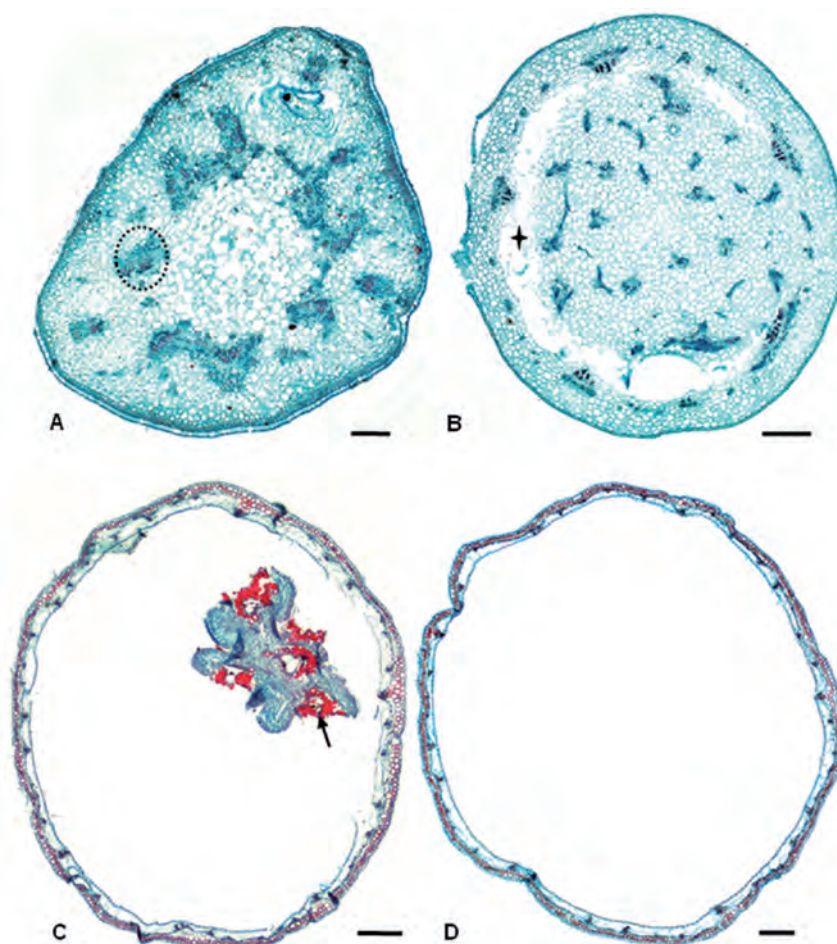


FIGURA 3. Cortes transversales de los pedicelos de cabezuelas de *T. moorei* var. *breviligulata*. Las microfotografías representan los cuatro diferentes estadios de desarrollo (A, B, C, D) y la desintegración de los tejidos internos. 3A) Zona de inserción de las flores integrada por parénquima y haces vasculares (- - -). 3B) Primer punto de desintegración de tejido (†). 3C) Presencia de esclerenquima en el último punto de unión (→). 3D) Hueco completo que permite el deslizamiento de las semillas. Las barras corresponden a 200 μ m.

FIGURE 3. Cross section of pedicels of *T. moorei* var. *breviligulata* flower head. Micrographs represent the four different development stages (A, B, C, D) and the disintegration of internal tissues. 3A) Insertion area of the flowers composed of parenchyma and vascular bundles (- - -). 3B) first point of tissue disintegration (†). 3C) Sclerenchyma presence in the last bond (→). 3D) Hollow that enables the sliding of the seeds. Bars correspond to 200 μ m.

del mismo. En la Figura 3C, que corresponde a un corte transversal de la cabezuela, en el espacio 4 se observan grupos de células completamente esclerificadas como últimos vestigios de unión entre el pedicelo y pedúnculo floral. Esta condición no se aprecia en los primeros estadios de desarrollo, por lo que se podría deducir que existe un punto de tensión entre la zona esclerificada y el resto de parénquima y tejido vascular, que en un inicio integrarían la región interna del pedúnculo (Figura 3A). Los tejidos, a su vez, se colapsan al ocurrir el desprendimiento total de los tejidos internos y la periferia de la pared externa del punto de unión entre el pedicelo y pedúnculo floral. El resultado es la desintegración y desprendimiento del pedicelo; por lo tanto los aquenios entonces quedan libres para deslizarse por el pedúnculo hueco hacia el tallo, hasta el primer nudo superior de la rama (Figura 3D). Dicha situación es relevante dado que la mayor parte de estas características no se presentan en otras especies de *Tagetes*. Los autores del presente trabajo han notado que, cuando el capítulo se seca en especies de *Tagetes* de clima templado, los aquenios se desprenden del pedicelo y salen del involucre con cualquier vibración propiciada por el viento o por el contacto de objetos en movimiento. En este proceso, el vilano del aquenio tiene una función esencial para permitir la salida del involucre, como ya se ha documentado ampliamente en Asteraceae (Burt, 1977).

De acuerdo con lo anterior, los aquenios dispuestos en el verticilo externo del pedicelo (Villarreal & De la Rosa, 2002) de las flores liguladas expuestas a la polinización exógama (Serrato-Cruz, Miranda-Colín, García-Velásquez, & Castillo-González, 1998), serían los primeros en descender por el conducto creado debido a la deshidratación y siguiente colapso de los tejidos. Posteriormente, los aquenios de las flores tubulares también se deslizarían; la delgadez de éstos y la presencia de vilano de aristas rectas y no curvas (Villarreal & De la Rosa, 2002) facilitarían su deslizamiento por el pedúnculo (Figura 4). De esta forma, al secarse la planta, las semillas protegidas dentro del pedúnculo lograrían quedar al ras del suelo; sin embargo, se desconoce cómo podría ocurrir la germinación *in situ* y su relación con la distancia de dispersión de semillas. Al parecer, el mecanismo de antitelecoria por cohesión para dispersión-protección de las semillas podría tener alguna función en el endemismo de la var. *breviligulata* en la Cañada de la Culebra, espacio natural que tal vez sirvió como refugio durante los cambios climáticos y fisiográficos. Rzedowski (1993) señala que los taxa de *Asteraceae* endémicos de México se encuentran en áreas con clima seco y en otros lugares como la península de Baja California, islas y penínsulas ecológicas como las cadenas montañosas de la Sierra Madre, depresión del Río Balsas, picos elevados montañosos, áreas con

Some characteristics of *T. moorei* such as very long peduncles and hollows, thickening of the base of the involucre where changes at pedicel level occur, aspects of radial flowers and floral disk, and perennial and semi-perennial condition also occur in other endemic species such as *T. lacera*, *T. parryi* and *T. mulleri* (Neher, 1965; Turner, 1996). This species are related to arid or semi-arid areas. The geological past of these species is of interest, especially to understand why herbaceous and annuals of *Tagetes* evolve. Therefore, a formal analysis is required showing their areas and mapping characters in phylogeny.

Touristic expeditions to raviness, rivers and glens of Queretaro and Hidalgo are becoming more frequent, as occurs in Sierra Gorda de Queretaro. Considering the biological and ecological potential of *T. moorei* to understand the natural evolution of *Tagetes* as Mexican and World Heritage and shortage of stocks in Queretaro-Hidalgo glens; it is necessary to have more data on phylogeny and ecology to protect these natural areas.

CONCLUSIONS

T. moorei var. *breviligulata*, endemic species of the Neovolcanic-Sierra Madre Oriental- Central Highlands transitional area, has a seed dispersal mechanism classified as autochore-antitelechore. This is anatomically caused by the cohesion effect and, is functionally caused by sliding limiting seed dispersal, which is rare in Asteraceae.

End of English Version

suelo calizo y en espacios que sirvieron como refugio durante los cambios climáticos del Pleistoceno. Por lo tanto, es preciso conocer la fluctuación climática en la Cañada de la Víbora para asociar los cambios morfológicos revisados.

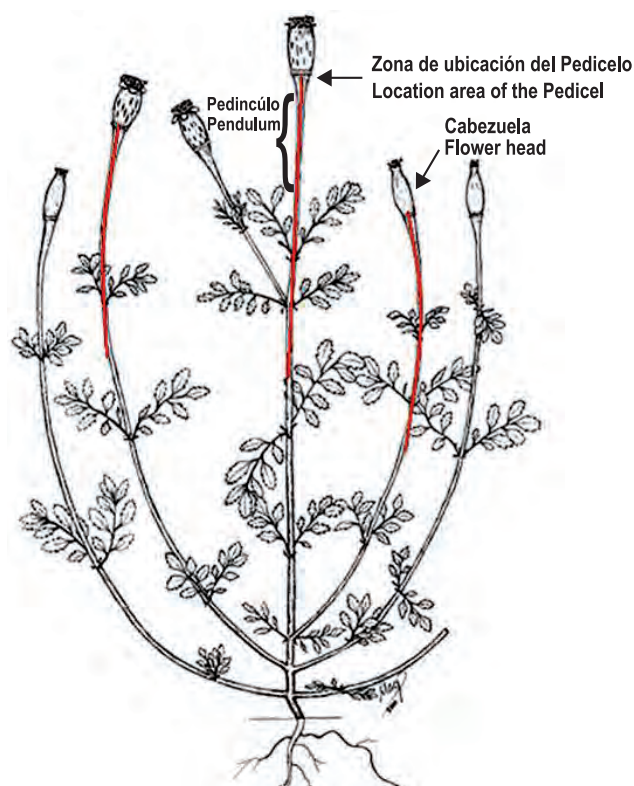


FIGURA 4. Trayectoria de los aquenios (color rojo) en pedúnculos de *T. moorei* var. *breviligulata*. Modificación a la representación de la planta elaborada por Villarreal y De la Rosa (2002).

FIGURE 4. Achenes pad (red) in peduncles of *T. moorei* var. *breviligulata*. Modification to the plant representation made by Villarreal and De la Rosa (2002).

Las cañadas de Tolimán en Zimapán, Hidalgo, y de la Víbora en Cadereyta, Querétaro, presentan extensiones menores de medio kilómetro, especialmente donde las poblaciones son más frecuentes. En estos lugares se localizan áreas con 0.25 plantas·m⁻² que corresponden a la mayor densidad de población de plantas encontradas de la var. *breviligulata*, pero en realidad es un indicador de poca abundancia. Un resultado similar se reporta para una gramínea de zonas semiáridas cuya engicoria explica su distribución microespacial o dispersión limitada (Sánchez-Gómez et al., 2011). Por otra parte, las semillas dentro de los pedúnculos huecos podrían representar otro mecanismo de adaptación que protege a las semillas contra las altas temperaturas (Baskin & Baskin, 1985) y el ataque de organismos (Dalling, Davis, Schutte, & Arnold, 2011). Estos antecedentes generan el interés por conocer el comportamiento de latencia y

viabilidad de las semillas por su posible relación con la lluvia escasa y temperatura alta.

Algunas características de *T. moorei* como pedúnculos muy largos y huecos, engrosamiento de la base del involucro donde se dan cambios a nivel del pedicelo, aspectos de las flores radiales y del disco floral, y la condición perenne o semiperenne, también se manifiestan en otras especies endémicas como *T. lacera*, *T. parryi* y *T. mulleri* (Neher, 1965; Turner, 1996). El entorno ambiental de éstas se relaciona con zonas áridas o semiáridas. El pasado geológico de dichas especies es de interés, sobre todo para comprender por qué surgieron las formas herbáceas y anuales de *Tagetes*. Para ello, se requiere de un análisis formal mostrando sus áreas y mapeando caracteres en la filogenia.

Cada vez son más frecuentes las expediciones turísticas a barrancas, ríos y cañadas de Querétaro e Hidalgo, como sucede en la Sierra Gorda de Querétaro. Considerando el potencial biológico y ecológico de *T. moorei* para comprender la evolución natural de *Tagetes* como patrimonio de México y de la humanidad, y la escasez de las poblaciones en las cañadas de Querétaro-Hidalgo; es necesario disponer de más datos sobre filogenia y ecología para la protección de estas áreas naturales.

CONCLUSIONES

T. moorei var. *breviligulata*, especie endémica de la zona transicional Eje Neovolcánico-Sierra Madre Oriental-Altiplanicie Central, presenta un mecanismo de dispersión de frutos del tipo autócoro-antitelócoro. Éste es propiciado anatómicamente por el efecto de cohesión y, funcionalmente por deslizamiento limitando la dispersión de semillas, lo cual es poco común en Asteraceae.

REFERENCIAS

- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (1985). The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. *BioScience*, 35(8), 492–498. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1309817>
- Burt, B. L. (1977). Diversification in the capitulum. In V. H. Heywood, J. B. Harborne, & B. L. Turner (Eds.), *The biology and chemistry of the Compositae*. UK, USA: Academic Press.
- Carranza, G. E., Zamudio, R. S., & Murguía, S. G. (1998). Una especie nueva de *Ipomea* (Convolvulaceae), de los estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo. *Acta Botánica Mexicana*, 35, 31–42. Obtenido de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57404502>
- Dalling, J. W., Davis, A. S., Schutte, B. J., & Arnold, A. E. (2011). Seed survival in soil: Interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology*, 99, 89–95. Obtenido de <http://arsweeds.cropsci.illinois.edu/DallingDavis2010.pdf>

- Espejo, S. A., López, F. A. R., & Ramírez, M. I. (2008). Dos nuevas especies de *Hechtia* (Bromeliaceae; Pitcairnioideae) del centro de México. *Acta Botánica Mexicana*, 83, 49–61. Obtenido de scielo.unam.mx/pdf/abm/n83/n83a5.pdf
- Ferrusquía, V. I. (1993). Geology of México: A synopsis. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution* (pp. 3–107). USA: Oxford University Press.
- Granados, S. D. (1994). *Ecología y dispersión de las plantas*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2004). Nota: Aspectos geográficos. Consultado 28-12-2011 en <http://www.queretaro.gob.mx/sedesu/desecco/esteco/perfeco/anuest/2004/PDF/c1.pdf>
- Neher, R. T. (1965). *Monograph of the genus Tagetes (Compositae)*. Ph. D. Dissertation, Indiana University, Bloomington, Indiana, USA.
- Panero, J. L., & Villaseñor, J. L. (1996). Novelty in Asteraceae from Southern Mexico. *Brittonia*, 48, 72–80. doi: 10.2307/2807667
- Robinson, H. (1973). Additions to the genus *Tagetes* (Helenieae, Asteraceae). *Phytologia*, 26(5), 378–380.
- Ruzin, S. E. (1999). *Plant microtechnique and microscopy*. USA: Oxford University Press.
- Rzedowski, J. (1993). Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution* (pp. 129–144). USA: Oxford University Press.
- Sánchez-Gómez, P., Carrión-Vilches, M. A., & Hernández-González, A. (2011). *Enneapogon persicus* Boiss. Atlas y libro rojo de flora vascular amenazada de España. Obtenido de www.marm.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/665_tcm7-149474.pdf
- Serrato-Cruz, M. A., & Cervantes-Martínez, T. (2008). *Tagetes moorei* H. Rob.: Un aporte en la adaptación a ambientes semiáridos. I Simposio Internacional sobre plantas silvestres de zonas áridas. La Paz, BCS, México.
- Serrato-Cruz, M. A., Miranda-Colín, S., García-Velázquez, A., & Castillo González, F. (1998). Aislamiento reproductivo en plantas de cempoalxóchitl (*Tagetes* spp). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 21, 127–138.
- Soule, J. (1993). Systematics of *Tagetes* (Asteraceae-Tageteae). Doctoral Thesis Ph. D. Disserrtation, The University of Texas, Austin, USA.
- Strother, J. L. (1977). *Tageteae*-sytematic review. In V. H. Heywood, J. B. Harborne, & B. L. Turner (Eds.), *Biology and chemistry of the Compositae*. (pp. 769–783). London: Academic Press.
- Turner, B. L. (1996). The Comps of Mexico. A systematic account of the family Asteraceae. Tageteae and Anthemideae. *Phytologia Memoirs*, 10, 1–93.
- Turner, B. L., & Nesom, G. L. (1993). Biogeography, diversity, and endangered or hreatened status of Mexican Asteraceae. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution* (pp. 559–575). USA: Oxford University Press.
- Van, R., & Van, R. M. W. (1999). *Adaptation of desert organisms*. Germany: Springer-Verlag.
- Villarreal, Q. J. A. (2003). *Familia Compositae. Tribu Tageteae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Pátzcuaro, Michoacán, México: Instituto de Ecología A. C.
- Villarreal, Q. J. A., & De la Rosa, M. (2002). A new variety of *Tagetes moorei* (Asteraceae) a poorly known species from central Mexico. *Brittonia*, 53 (3), 164–167. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3218395>
- Zamudio, S. (1999). *Pinguicola elizabethiae* una nueva especie de la sección *Ocheosanthus* (Lentibulariaceae) de los estados de Hidalgo y Querétaro, México. *Acta Botánica Mexicana*, 47, 15–22. Obtenido de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57404703>