

LA PROBLEMÁTICA EN LA TAXONOMÍA DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.) EN MÉXICO*

THE PROBLEMS IN THE TAXONOMY OF THE GENETIC RESOURCES OF TEJOCOTE (*Crataegus* spp.) IN MEXICO

Carlos Alberto Núñez-Colín^{1§} y Miguel Ángel Hernández-Martínez¹

¹Campo Experimental Bajío. INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, km 6.5. Celaya, Guanajuato, México. A. P. 112. C. P. 38110. (hernandez.miguel@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: nunez.carlos@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El género *Crataegus* (Rosaceae subtribu *Pyrinae*) es uno de los complejos taxonómicos más difíciles de tratar. Errores del pasado causan equivocaciones en la identificación de especies de este género, también existen nombres científicos que causan confusión en la determinación taxonómica. El presente trabajo tiene como objetivo describir la problemática, que existe en la taxonomía para este género y clarificar de la mejor manera la sistemática de los recursos genéticos del género *Crataegus* en México. Se plantea la posible identificación por zona geográfica el origen del tejocote (*Crataegus* spp.). El género *Crataegus* es complejo por sus distintos mecanismos reproductivos descritos como “el problema *Crataegus*”. En México, sólo existen dos tratados taxonómicos, uno a principios del siglo XX y el otro enfocado al norte y parte del centro de México, por lo que es conveniente efectuar estudios taxonómicos sobre este género para los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos y Chiapas, donde las claves existentes son insuficientes para la identificación de los especímenes.

Palabras clave: problema *Crataegus*, Rosaceae subtribu *Pyrinae*, sistemática.

ABSTRACT

The genus *Crataegus* (Rosaceae subtribe *Pyrinae*) is one of the most difficult to treat taxonomic complexes. Furthermore, past mistakes are being repeated today by publications misclassifying specimens of the genus *Crataegus*, just as there are scientific names that cause confusion when identifying taxonomic identities. Due to this, the present study aims to describe the problems that exist in published taxonomies of the genus, mainly in Mexico, and thus try to clarify the best way to systematize of systematic of the genetic resources of the genus *Crataegus*. It also attempts to identify the geographical origin of tejocote (*Crataegus* spp.). The genus *Crataegus* presents reproductive complications known as “the *Crataegus* problem”. Moreover, in Mexico, only two taxonomic treatments in this respect, one in the early twentieth century and the other only focused on the northern and part of central Mexico. A higher number of taxonomic studies on this genus are recommended, mainly for the states of Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos, and Chiapas, where the keys are insufficient to identify them.

Key words: Rosaceae subtribe *Pyrinae*, systematics, the *Crataegus* problem.

* Recibido: octubre de 2009
Aceptado: febrero de 2011

INTRODUCCIÓN

El género *Crataegus* pertenece a la familia Rosaceae subtribu *Pyrinae*, lo que formalmente constituye la subfamilia Maloideae. Está constituido aproximadamente por 140 especies dispersas en todo el mundo, dividido en 40 series, de las cuales dos terceras partes se encuentran en norteamérica y el resto en Europa y Asia. La taxonomía de este género ha sido reportada como una de las más complejas entre las plantas superiores a nivel mundial (Phipps *et al.*, 2003).

En México, el nombre más común para las especies del género *Crataegus* es el “tejocote”, derivado del Náhuatl “te-xocotl” que significa fruta dura y agria (Cabrera, 1992). El tejocote ha sido aprovechado desde la época prehispánica en México y está íntimamente ligado a la cultura tradicional mexicana (Leszczyńska-Borys y Borys, 2004); desde el punto de vista cultural y comercial, se utiliza en las celebraciones de “todos santos” y en Navidad para la elaboración de ponches y llenado de piñatas (Borys y Leszczyńska-Borys, 1994; Núñez-Colín, 2009a) y se ha demostrado que el fruto tiene alto contenido de vitaminas, minerales y pectinas (Núñez-Colín, 2009a).

En México, las colectas botánicas de los principales herbarios (MEXU= herbario nacional de México, UNAM, IEB= herbario Instituto de Ecología *campus* Bajío, XAL= herbario Instituto de Ecología *campus* Xalapa, ENCB= herbario Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN, BANGEV= Banco de Germoplasma UACH, XALU= herbario Universidad Veracruzana, entre otros) y los ejemplares conservados en el banco de germoplasma *ex situ* e *in vivo* de tejocote (*Crataegus* spp.) de la Universidad Autónoma Chapingo (BGT-UACH), México, instaurado en 1981 por el Dr. Michal Borys (Nieto-Ángel y Borys, 1992), presentan serios problemas de identificación.

Por ejemplo, Borys y Vega-Cuen (1984) reportaron que las determinaciones taxonómicas de las colectas (accesiones) del BGT-UACH, efectuadas en el herbario del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas (CP), mostraron que la mayoría de los ejemplares correspondieron a la especie *C. pubescens* (H. B. K.) Steud. y posiblemente a *C. nelsoni* Eggl. en algunas accesiones originarias de Chiapas. De acuerdo con la fecha de ésta publicación, el nombre científico con el que se les identificó era correcto, pero a partir del estudio de Phipps *et al.* (1990) quienes descubrieron una homonimia de esta especie de México con una especie de Europa, lo que

INTRODUCTION

The genus *Crataegus* belongs to the Rosaceae family, subtribe *Pyrinae*, formerly the subfamily Maloideae. They are constituted of approximately 140 species worldwide, and are divided into 40 series, of which two thirds are found in North America and the rest are found in Europe and Asia. It is reported as a one of the genus with most complicated taxonomy of the higher plants around the world (Phipps *et al.*, 2003).

In Mexico, “tejocote” is the most common name for the species of the genus *Crataegus*. This word comes from the Nahuatl word “te-xocotl” which means hard and sour fruit. (Cabrera, 1992). The tejocote has been used since Pre-Hispanic times in Mexico and is linked to the traditional Mexican culture (Leszczyńska-Borys and Borys, 2004); from a cultural and commercial point of view, it has been used in the “all saints” and Christmas celebrations, mainly to make fruit punch and to fill piñatas (Borys and Leszczyńska-Borys, 1994; Núñez-Colín, 2009a), and it has been proven to contain important amounts of vitamins, minerals, and pectin (Núñez-Colín, 2009a).

In Mexico, the botanical collections of mainly Mexican herbaria (MEXU= Herbario Nacional de México, UNAM, IEB= Herbario Instituto de Ecología *campus* Bajío, XAL= Herbario Instituto de Ecología *campus* Xalapa, ENCB= Herbario Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN, BANGEV= Banco de Germoplasma UACH, XALU= Herbario Universidad Veracruzana, etc.) and the accessions that were stored in the Germplasm Bank *ex situ* and *in vivo* of tejocote (*Crataegus* spp.) in the Universidad Autónoma Chapingo (BGT-UACH), Mexico, established in 1981 by Dr. Michal Borys (Nieto-Ángel y Borys, 1992), have serious identification problems.

For example, Borys and Vega-Cuen (1984) reported that the taxonomic identities of the collections (accessions) of the BGT-UACH, which were carried out in the herbarium of the Colegio de Posgraduados herbarium, show that most of the specimens belong to species *C. pubescens* (H. B. K.) Steud. and possibilities of finding *C. nelsoni* Eggl. in some accessions from Chiapas. Depending on the year of publication, the scientific name used to identify these specimens was correct, but from the study by Phipps *et al.* (1990), who found an homonymy between this Mexican species and an European one, which resulted in Phipps

condujo a Phipps (1997) que renombrara esta especie como *C. gracilior* Phipps, para ciertos ejemplares, o bien puede tratarse de *C. mexicana* DC., por lo que deben ser identificados correctamente (Phipps, 1997; Phipps *et al.*, 2003; Núñez-Colín, 2008); por lo tanto, el nombre *C. pubescens* dejó de ser correcto para cualquier ejemplar de este género.

No obstante lo anterior, la mayoría de los registros de ejemplares de herbario en México, los del BGT-UACH, los archivos electrónicos del consejo nacional del estudio y uso de la biodiversidad de México (CONABIO), así como publicaciones recientes sobre el tema, continúan considerando a la mayoría de las especies de tejocote de México como *C. pubescens* (H. B. K.) Steud, lo cual es un error serio de identificación.

La presente revisión tiene como objetivos describir la problemática que existe en la taxonomía publicada para el género *Crataegus*, principalmente para México y de esta forma clarificar la sistemática de los recursos genéticos del género para su identificación por zona geográfica el origen del tejocote.

El problema *Crataegus*

Camp (1942a; 1942b) acuñó el término y definió el “*Crataegus* problem” y fue el primer autor que comentó algo sobre el concepto “real” de especie para el género *Crataegus*. Según éste autor, 75% de las especies de este género son triploides, 16% diploides y 9% tetraploides y gran cantidad de los triploides pueden ser apomícticos. De acuerdo a lo anterior, se asume que las especies, sobre todo las originarias de América, incluyen de manera relativa, pocas especies diploides sexuales básicas sobre las que se ha superpuesto una población altamente compleja de triploides difícil de estudiar; que aunque florecen y producen fruto, son realmente apomícticas asexuales. Los comparativamente pocos tetraploides pueden o no ser apomícticos.

Aunque frecuentemente se describen “nuevas especies” de este género, no se han reportado intentos por parte de los taxónomos, por lo menos desde la década de los 40 hasta el día de hoy, para reconocer solamente una porción de esas especies, muchas de las cuales han sido ejemplares simples o sólo poblaciones locales de clones (Camp 1942a; Núñez-Colín, 2008). Sin embargo, también es probable que otros de estos clones hayan sido ecológicamente exitosos y se distribuyeron en forma similar a las de otras especies sin ser la original. Esto no significa necesariamente que

(1997) renamed this species as *C. gracilior* Phipps, for certain specimens, or it could be identified as *C. mexicana* DC; due to the above, it must be properly identified (Phipps, 1997; Phipps *et al.*, 2003; Núñez-Colín, 2008). Thus, the scientific name *C. pubescens* ceased to be correct for any specimen in this genus.

Conversely, most registers of specimens of Mexican herbaria, the registers of the BGT-UACH, the electronic files of the Mexican Council of the Study and Use of the Biodiversity (CONABIO), as well as recent published papers about this topic, still identified most Mexican specimens of tejocote as *C. pubescens* (H. B. K.) Steud., which is a serious identification mistake.

This is why the present research aims to describe the problems that exist in published taxonomies of this genus, mainly in Mexico, and, in this way, try to clarify the systematics of the *Crataegus* genetic resources, for possible identification by geographical area of origin of the tejocote.

The “*Crataegus* problem”

Camp (1942a; 1942b) coined the term and defined the “*Crataegus* problem”; likewise, he is the first author to comment about the “real” concept of species for genus *Crataegus*. According to this author, 75% of the species of this genus are triploids, 16% are diploids, and 9% are tetraploids; in addition, a very large part of the triploids could be apomictic. According to the above, it is assumed that the species, mainly the American ones, include relatively few basic sexual diploid species on which a highly complex triploid population overlaps that is difficult to study. Although they blossom and produce fruit, they are actually asexual and apomictic. The comparatively few tetraploids can or cannot be apomictic.

Although it frequently described “new species” of this genus, no attempts by taxonomists, at least since the 1940’s, have been made to recognize even a portion of the species, which overload the taxonomic literature; most of them have been no more than simple specimens, or even local populations of clones (Camp 1942a; Núñez-Colín, 2008). Nevertheless, it is also likely that other specimens of these clones have been ecologically successful and distributed in comparable way to many natural species, which were not the original. This does not necessarily mean that they deserve the category of “new” taxonomic species, although

ameriten la categoría de especies taxonómicas “nuevas”. Aunque, estos individuos clonales pueden permanecer biológicamente individuales en comparación a la especie original, considerándose “especies” diferentes (Camp 1942a; Phipps *et al.*, 2003; Núñez-Colín, 2008).

Aún existe controversia sobre la taxonomía del género *Crataegus*. Al cual se le han detectado las siguientes complicaciones reproductivas: diferentes niveles de ploidía ($2x$, $3x$, $4x$, $5x$, y $6x$; con $x=17$) (Talent y Dickinson, 2005), agamospermia estéril masculina, hibridismo (Grant, 1989, Talent y Dickinson, 2007b), apomixis, que en el caso del género está controlada genéticamente, ésta es aposporea, o raramente diplosporea (Muniyamma y Phipps, 1979a; Talent y Dickinson, 2007a, 2007b), pseudogamia y autoincompatibilidad gametofítica, como en el caso del manzano (*Malus spp.*) (Phipps *et al.*, 2003).

Longley (1924) por primera vez reportó la poliploidía del género *Crataegus*, refiriéndose a diploides, triploides y tetraploides; después, Talent y Dickinson (2005) reportaron también hexaploides y algunos, aunque pocos, pentaploides. Estos datos complican aún más la taxonomía del género, sobre todo para las especies de América debido a los reportes existentes sobre la complicación de la poliploidía en el sistema reproductivo del género (Muniyamma y Phipps, 1979b).

Según Phipps (1984), existen numerosas especies de *Crataegus* diploides sexuales. Por ejemplo, la especie de Norteamérica *C. punctata* Jacq., presenta una variación clínica; es decir, una variación mínima y puntual; en contraste, *C. monogyna* Jacq., también se caracteriza por ser diploide sexual y nativa de Europa, sumamente promiscua y puede generar híbridos con individuos incluso de otras series taxonómicas; entre ellas, muchas especies de América; como resultado, varios de estos híbridos entre padres de series taxonómicas distantes presentan características intermedias entre los padres por lo que personas con poca experiencia en el género pueden confundirlas fácilmente con “especies nuevas” (Camp, 1942a; Phipps, 1984).

También pueden existir problemas de identificación por complejos de poliploides apomícticos con variación de poblaciones locales parecidas pero finamente separadas; por ejemplo, la serie *Crus-galli* (Loud.) Rehder, que se encuentra distribuida desde Canadá hasta México, lo que ha causado que se describan especies diferentes para cada región en la amplia área de distribución (Phipps, 1983a; Phipps, 1984; Dickinson, 1985; Phipps, 1988; Phipps, 1997).

these clonal individuals may remain biologically single in comparison to the original species, because of which they are considered “different species” (Camp 1942a; Phipps *et al.*, 2003; Núñez-Colín, 2008).

Controversy on the taxonomy of the genus *Crataegus* still exists, in which the follow reproductive complications have been found: different level of ploidy ($2x$, $3x$, $4x$, $5x$, y $6x$; with $x=17$) (Talent and Dickinson, 2005), sterile male agamospermy, hybridism (Grant, 1989, Talent and Dickinson, 2007b), apomixes, which in the case of this genus is genetically controlled, and this can be aposporous or rarely diplosporous (Muniyamma and Phipps, 1979a; Talent and Dickinson, 2007a, 2007b), pseudogamy and gametophytic self-incompatibility, such as apple (*Malus spp.*) (Phipps *et al.*, 2003).

Longley (1924) was the first who indicated the polyploidy in the genus *Crataegus*, referring to diploid, triploid and tetraploid, followed by Talent and Dickinson (2005) who also found hexaploids and some, though few, pentaploids. These data further complicate the taxonomy of the genus, especially in the American species, due to the existing reports on the complications of polyploidy in the reproductive system of the genus (Muniyamma and Phipps, 1979b).

According to Phipps (1984), there are several known *Crataegus* species that are sexual diploids. Such as the North American species *C. punctata* Jacq., which have a clinical variation, i.e., a minimal and punctual variation, but, on the other hand, *C. monogyna* Jacq., is also a sexual diploid and is native to Europe, highly promiscuous and can generate hybrids with individuals even of other taxonomic series, among which are many American species. Most of these hybrids among parents of the distant taxonomic series showed intermediate traits of both parents because people with little experience in this genus could be easily confused with “new species” (Camp 1942a; Phipps, 1984).

But identification problems could exist for apomictic polyploid complexes with variation of local populations that are similar but finely separated. As an example, the series *Crus-galli* (Loud.) Rehder, which is distributed from Canada to Mexico. In this sense, this series has led to description by taxonomists of different species for each part of its distribution (Phipps, 1983a; Phipps, 1984; Dickinson, 1985; Phipps, 1988; Phipps, 1997).

El periodo de floración en la mayoría de las especies de *Crataegus* es corto; típicamente, todas las flores abren en una semana, lo que restringe la polinización (Phipps *et al.*, 2003). Esto ocasiona que muchas de las especies no produzcan semilla aunque exista fruto formado y desarrollo de endocarpio (Nieto-Ángel *et al.*, 2009).

Se ha reportado que el género *Crataegus*, incluye numerosas especies (se mencionan microespecies) fuertemente interrelacionadas morfológicamente, lo que hace muy difícil un tratamiento taxonómico satisfactorio (Grant, 1989). Además, Lo *et al.* (2007) reclasificaron el género *Mespilus* como parte del género *Crataegus* por su parecido en la secuencias de genes conservados lo que complicó aún más la taxonomía de este género.

Phipps (1983b) propuso dividir el género *Crataegus* en secciones y series para facilitar su sistemática. Al respecto, Phipps *et al.* (1990) efectuaron un recuento de las especies en la subfamilia Maloideae y describieron la clasificación taxonómica de *Crataegus* que se mantiene casi sin cambios hasta la actualidad. Sin embargo, Phipps (1997) modificó parte de la taxonomía del tejocote del centro y norte de México y describió nuevas especies; no obstante, la clasificación de las especies de México, sobre todo en cuanto a las series a las que pertenecen, continúa cambiando (Phipps *et al.*, 2003) y se siguen incluyendo “nuevas especies” en otras partes del mundo (Dönmez, 2005; Dönmez y Dönmez, 2005; Phipps, 2006; Phipps, 2007; Phipps y O’Kennon, 2007).

Taxonomía del género *Crataegus* en México

La taxonomía de este género en México no es clara debido a que sólo existen dos tratados taxonómicos al respecto. El primero fue realizado a principios del siglo XX por Eggleston (1909) y el más reciente, que es exclusivo del norte y parte del centro del país, fue propuesto por Phipps (1997).

Eggleston (1909) describió siete especies mexicanas y una que existe tanto en México como en Guatemala: 1) *Crataegus pubescens* (H. B. K.) Steud.; en los estados de Veracruz e Hidalgo; 2) *C. mexicana* Moc. & Sessé, que correctamente debería ser referido como *C. mexicana* DC. debido que De Candolle fue el que puso el epíteto e hizo la descripción, y no Mociño y Sessé quienes fueron los colectores (McVaugh, 2000); reportada en los estados de México, Puebla, Hidalgo, Morelos, Michoacán, Guerrero, Veracruz, San Luis Potosí y Distrito Federal; 3) *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud.; encontrada en Guatemala y en Chiapas, México; 4) *C. rosei* Eggl.; en los

Moreover, the flowering season in most of the *Crataegus* species is extremely short; typically all flowers mature in one week, which complicates pollination (Phipps *et al.*, 2003). This event leads to many species not producing seeds, although they produce normal fruit and endocarps (Nieto-Ángel *et al.*, 2009).

Therefore, the genus *Crataegus* includes numerous species (micro species) with a strong morphological relation which leads to difficulties in the successful taxonomic treatment (Grant, 1989). In addition, Lo *et al.* (2007) reclassified the genus *Mespilus* as a part of the genus *Crataegus* due to their similarities in conserved genes sequences, which complicate the taxonomy of this genus even further.

Phipps (1983b) proposed away to divide the genus *Crataegus* in sections and series to facilitate its system. In this sense, Phipps *et al.* (1990) recounted all species of the Maloideae subfamily and described the taxonomical classification of *Crataegus*, which remains almost intact until today. However, Phipps (1997) modified part of the taxonomy of tejocote from central and northern Mexico, where he described new species; nonetheless, the classification of the Mexican species, especially regarding the series to which they belong, still change (Phipps *et al.*, 2003), and continue to include “new species” in other parts of the world (Dönmez, 2005; Dönmez and Dönmez, 2005; Phipps, 2006; Phipps, 2007; Phipps and O’Kennon, 2007).

Taxonomy of the genus *Crataegus* in Mexico

The taxonomy of this genus in Mexico is un clear, since only two taxonomical treatments in this respect exist. The first of them was made in early 20th. Century by W. W. Eggleston (1909), and the most recent, which only included the northern and part of central Mexico, was proposed by J. B. Phipps (1997).

Eggleston (1909) described seven Mexican species and one that grows both Mexico and Guatemala: 1) *Crataegus pubescens* (H. B. K.) Steud., found in the states of Veracruz and Hidalgo; 2) *C. mexicana* Moc. & Sessé, which is correctly referred to as *C. mexicana* DC., since De Candolle made the epithet and the description, and not Mociño and Sessé who were the collectors (McVaugh, 2000); it is found in the states of Mexico, Puebla, Hidalgo, Morelos, Michoacán, Guerrero, Veracruz, San Luis Potosí, and Federal District; 3) *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud., found in Guatemala and

estados de Durango y Chihuahua; 5) *C. parryana* Eggl.; en el estado de San Luis Potosí; 6) *C. greggiana* Eggl.; reportada en el estado de Coahuila; 7) *C. baroussana* Eggl.; reportada en el estado de Coahuila; y 8) *C. nelsoni* Eggl.; descrita mediante un sólo ejemplar del estado de Chiapas.

Dado que muchas de las especies descritas en el tratado de Eggleston (1909) fueron nuevas, la mayoría de ejemplares de tejocote eran considerados *C. pubescens* (H. B. K.) Steud. Algo interesante, fue que Eggleston (1909) reconoció que *C. pubescens* (H. B. K.) Steud., era una especie diferente a *C. mexicana* DC., desde el principio del siglo XX y es curioso que este hecho fue pasado por alto por los taxónomos mexicanos hasta años recientes (Phipps *et al.*, 2003; Núñez-Colín, 2008).

Al parecer el trabajo de Eggleston (1909) no fue muy difundido en México, ya que Phipps (1997) desechó el nombre de *C. pubescens*, éste se continúa apareciendo en publicaciones importantes hasta años recientes (Borys y Leszczyńska-Borys, 2004; Borys *et al.*, 2004.; Vivar Vera *et al.*, 2007).

La descripción taxonómica de Eggleston (1909) no es clara para las especies del sur de México. Núñez-Colín (2008) describió dos especies y concluyó que no existe seguridad de que los materiales de Chiapas y Guatemala reportados por Eggleston (1909) como *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud., sean la misma especie que originalmente fue descrita por Humboldt *et al.* (1824) con ejemplares de Ecuador como *Mespilus stipulosa* y que más tarde Steudel (1841) reclasificó como *Crataegus stipulosa* y que Phipps *et al.* (2003) consideraron como una sinonimia de *C. mexicana* DC., al revisar los ejemplares de Perú y Ecuador. Sin embargo, Eggleston describió ejemplares con este nombre y consideró que eran de una especie diferente tanto a *C. pubescens* (H. B. K.) Steud., como a *C. mexicana* DC. y a las otras especies mexicanas descritas en su trabajo, lo que fue demostrado en parte por Núñez-Colín *et al.* (2008a) y Núñez-Colín (2008) ya que se demostró que los ejemplares del sur de México no son *C. mexicana* DC.

La otra especie reportada para el sur de México es *C. nelsoni* Eggl. que según Phipps *et al.* (1990) pertenece a la serie *Mexicanae* (Loud.) Rehder. y que Eggleston (1909), describió con un único material de herbario. Debido que no se han efectuado estudios taxonómicos posteriores en esta zona, la variabilidad y distribución no se conoce.

En el estado de Chiapas; 4) *C. rosei* Eggl., found in Durango and Chihuahua; 5) *C. parryana* Eggl., found in San Luis Potosí; 6) *C. greggiana* Eggl., reported in Coahuila; 7) *C. baroussana* Eggl., reported in Coahuila and finally; 8) *C. nelsoni* Eggl., only one specimen from Chiapas was described.

Since many species described in Eggleston's treatment (1909) were new, most of the specimens of tejocote were considered as *C. pubescens* (H. B. K.) Steud., one interesting point was that Eggleston (1909) recognized that *C. pubescens* (H. B. K.) Steud., was a different species to *C. mexicana* DC., since the early 20th Century, and also interesting is that this fact was overlooked by Mexican taxonomists until recently (Phipps *et al.*, 2003; Núñez-Colín, 2008).

Apparently Eggleston's treatment (1909) was not published in Mexico, because although Phipps (1997) rejected the name of *C. pubescens*, this name still used in important journals until nowadays (Borys and Leszczyńska-Borys, 2004; Borys *et al.*, 2004; Vivar Vera *et al.*, 2007).

Certainly, Eggleston's (1909) taxonomic treatment was not clear for species from southern Mexico, where this author described two species, mainly from Chiapas. In this sense, there is no guarantee that the Chiapas and Guatemala specimens reported by Eggleston as *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud., were the same species originally described by Humboldt *et al.* (1824) with specimens of Ecuador as *Mespilus stipulosa* and then reclassified by Steudel (1841) as *Crataegus stipulosa*, and which Phipps *et al.* (2003) considered a synonym of *C. mexicana* DC., in which they revised the specimens of Peru and Ecuador. Nevertheless, Eggleston described specimens with this name and he considered that both *C. pubescens* (H. B. K.) Steud., *C. mexicana* DC., and other Mexican species described in his treatment were different species, and this was proven in part by Núñez-Colín *et al.* (2008a) and Núñez-Colín (2008) since it is proven that southern Mexican specimens were not *C. mexicana* DC.

The other reported species from southern Mexico was *C. nelsoni* Eggl., which, according to Phipps *et al.* (1990), belong to series *Mexicanae* (Loud.) Rehder., but Eggleston (1909) described only one herbarium specimen. Because no recently taxonomical studies were carried out, mainly in this area, its variability, distribution, etc., were not known.

Phipps (1997), basado en el estudio de Eggleston (1909), reportó que en el norte de México existen 13 especies y reclasificó a la especie *C. parryana* Eggl., como una subespecie de *C. rosei* (*C. rosei* ssp. *parryana* [Eggl] Phipps); además, mencionó que la serie *Mexicanae* (Loud.) Rehder (*C. mexicana* sensu lato) está restringida a México y centroamérica, con puntos atípicos en Perú y Ecuador. Tres especies encontradas en el norte de México (*C. uniflora* Muench., *C. greggiana* Eggl. y *C. tracyi* Ashe ex Eggl.) también existen en el sur de Estados Unidos de América y las nueve especies restantes descritas por Phipps (1997) son endémicas de México (*C. grandifolia* Phipps, *C. sulfurea* Phipps, *C. johnstonii* Phipps, *C. cuprina* Phipps; *C. baroussana* Eggl., *C. serratissima* Phipps, *C. aurescens* Phipps, *C. rosei* Eggl. y *C. gracilior* Phipps). También reportó que ninguna de las especies que presentan hojas profundamente lobuladas en brotes cortos y hojas con venas a los senos lobulares se encuentran en México, aún cuando muchas de éstas se encuentran en el sur de Estados Unidos de América.

Por lo tanto, con base en los estudios de Eggleston (1909), Phipps *et al.* (1990), Phipps (1997), McVaugh (2000) y Phipps *et al.* (2003), la taxonomía más actual del género para ejemplares mexicanos es de la siguiente manera.

- 1) Serie *Parvifoliae* (Loudon) Rehder.
 1. *C. uniflora* Müenchhausen (Tamaulipas).
- 2) Serie *Mexicanae* (Loudon) Rehder.
 2. *C. mexicana* De Candolle (Estado de México, Hidalgo, Puebla, Michoacán, Jalisco, Guanajuato y Veracruz).
 3. *C. stipulosa* (Humboldt, Bonpland & Kunth) Steudel (Entendida como la especie descrita por Eggleston [1909] con este nombre y que podría cambiar de nombre porque esta especie es considerada como una sinonimia de *C. mexicana* DC) (Chiapas y probablemente en Guerrero, Oaxaca y Veracruz).
 4. *C. nelsoni* Eggleston (Chiapas).
- 3) Serie *Crus-galli* (Loudon) Rehder.
 5. *C. gracilior* J. B. Phipps (Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Michoacán, Estado de México, Oaxaca y Veracruz).
 6. *C. rosei* Eggleston, presenta 2 subespecies:
 - 6A. *C. rosei* subesp. *parryana* (Tamaulipas, San Luis Potosí, Nuevo León e Hidalgo).
 - 6B. *C. rosei* subesp. *rosei*, presenta tres variedades botánicas:
 - 6Ba. *C. rosei* subesp. *rosei* var. *rosei* (Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nayarit, Nuevo León,

On the other hand, Phipps (1997), based on Eggleston's treatment (1909), found Mexico that there are 13 species in Northern Mexico, and also reclassified the species *C. parryana* Eggl., as one subspecies of *C. rosei* (*C. rosei* ssp. *Parryana* [Eggl] Phipps). He also mentioned that the series *Mexicanae* (Loud.) Rehder (*C. mexicana* sensu lato) was restricted to Mexico and Central America with outlier points in Peru and Ecuador. Three species found in Northern Mexico (*C. uniflora* Muench., *C. greggiana* Eggl., and *C. tracyi* Ashe ex Eggl.) are also found in southern USA while the remaining nine species described by Phipps (1997) are endemic of Mexico (*C. grandifolia* Phipps, *C. sulfurea* Phipps, *C. johnstonii* Phipps, *C. cuprina* Phipps; *C. baroussana* Eggl., *C. serratissima* Phipps, *C. aurescens* Phipps, *C. rosei* Eggl. and *C. gracilior* Phipps). Phipps (1997) also mentioned that there are no species in Mexico with deeply lobed short shoots leaves and leaves with veins to the sinuses, even though several of these are found in southern USA.

Therefore, based on the works of Eggleston (1909), Phipps *et al.* (1990), Phipps (1997), McVaugh (2000), and Phipps *et al.* (2003), the most recent taxonomy of this genus for Mexican specimens is as follows:

- 1) Series *Parvifoliae* (Loudon) Rehder.
 1. *C. uniflora* Müenchhausen (Tamaulipas).
- 2) Series *Mexicanae* (Loudon) Rehder.
 2. *C. mexicana* De Candolle (State of Mexico, Hidalgo, Puebla, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, and Veracruz).
 3. *C. stipulosa* (Humboldt, Bonpland & Kunth) Steudel (Understanding the species described by Eggleston [1909] with this name, and it will undergo a change of name because this name is considered a synonym of *C. mexicana* DC.) (Chiapas and probably in Guerrero, Oaxaca, and Veracruz).
 4. *C. nelsoni* Eggleston (Chiapas).
- 3) Serie *Crus-galli* (Loudon) Rehder.
 5. *C. gracilior* J. B. Phipps (Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Michoacán, State of Mexico, Oaxaca, and Veracruz).
 6. *C. rosei* Eggleston, has two subspecies:
 - 6A. *C. rosei* subesp. *parryana* (Tamaulipas, San Luis Potosí, Nuevo León, and Hidalgo).
 - 6B. *C. rosei* subesp. *rosei*, has three botanical varieties:
 - 6Ba. *C. rosei* subesp. *rosei* var. *Rosei* (Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nayarit, Nuevo Leon, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa,

Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa y Tamaulipas).

6Bb. *C. rosei* subesp. *rosei* var. *mahindae* (San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas).

6Bc. *C. rosei* subesp. *rosei* var. *amoena* (Coahuila y Nuevo León).

4) Serie *Madrenses* J. B. Phipps.

7. *C. tracyi* Ashe ex Eggleston, presenta tres variedades botánicas:

7a. *C. tracyi* var. *tracyi* (sólo presente en Texas, EUA).

7b. *C. tracyi* var. *coahuilensis* (Coahuila).

7c. *C. tracyi* var. *madrensis* (Coahuila y Nuevo León).

8. *C. aurescens* J. B. Phipps (Coahuila y Nuevo León).

5) Serie *Greggiana* J. B. Phipps.

9. *C. greggiana* Eggleston, presenta dos variedades botánicas:

9a. *C. greggiana* var. *greggiana* (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Texas, EUA).

9b. *C. greggiana* var. *pepo* (Coahuila y Nuevo León).

10. *C. serratissima* J. B. Phipps (Hidalgo y probablemente Querétaro, San Luis Potosí y Nuevo León).

11. *C. sulfurea* J. B. Phipps (Coahuila y Nuevo León).

12. *C. grandifolia* J. B. Phipps, presenta dos variedades botánicas:

12a. *C. grandifolia* var. *grandifolia* (Coahuila).

12b. *C. grandifolia* var. *potosina* (Nuevo León).

6) Serie *Baroussanae* J. B. Phipps.

13. *C. baroussana* Eggleston, presenta dos variedades botánicas:

13a. *C. baroussana* var. *baroussana* (Coahuila y Nuevo León).

13b. *C. baroussana* var. *jamensis* (Coahuila).

14. *C. cuprina* J. B. Phipps (Nuevo León).

15. *C. johnstonii* J. B. Phipps (Coahuila).

Cabe mencionar que esta clasificación es parcial debido a la falta de colecta e inventario de este género en los estados de Chiapas, Veracruz, Guerrero, Morelos y Oaxaca.

Recientemente, Núñez-Colín *et al.* (2008b) determinaron que el género *Crataegus* se desarrolla en tres diferentes regiones eco-climáticas. La región que abarca los estados del sur y sureste de México no presenta estudios taxonómicos y al parecer contienen especies pertenecientes principalmente a las series *Mexicanae*, *Crus-galli* y *Baroussanae*. Además Núñez-Colín (2009b) reportó que ésta es una de las tres áreas con mayor diversidad en México y que son prioritarias para la colecta de germoplasma.

and Tamaulipas).

6Bb. *C. rosei* subesp. *rosei* var. *Mahindae* (San Luis Potosí, Nuevo León and Tamaulipas).

6Bc. *C. rosei* subesp. *rosei* var. *amoena* (Coahuila and Nuevo León).

4) Serie *Madrenses* J. B. Phipps.

7. *C. tracyi* Ashe ex Eggleston, has three botanical varieties:

7a. *C. tracyi* var. *tracyi* (found only in Texas, USA).

7b. *C. tracyi* var. *coahuilensis* (Coahuila).

7c. *C. tracyi* var. *madrensis* (Coahuila and Nuevo León).

8. *C. aurescens* J. B. Phipps (Coahuila and Nuevo León).

5) Serie *Greggiana* J. B. Phipps

9. *C. greggiana* Eggleston, has two botanical varieties:

9a. *C. greggiana* var. *greggiana* (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, and Texas, USA).

9b. *C. greggiana* var. *pepo* (Coahuila and Nuevo León).

10. *C. serratissima* J. B. Phipps (Hidalgo and probably Querétaro, San Luis Potosí and Nuevo León).

11. *C. sulfurea* J. B. Phipps (Coahuila and Nuevo León).

12. *C. grandifolia* J. B. Phipps, has two botanical varieties:

12a. *C. grandifolia* var. *grandifolia* (Coahuila).

12b. *C. grandifolia* var. *potosina* (Nuevo León).

5) Series *Baroussanae* J. B. Phipps.

13. *C. baroussana* Eggleston, has two botanical varieties:

13a. *C. baroussana* var. *baroussana* (Coahuila and Nuevo León).

13b. *C. baroussana* var. *jamensis* (Coahuila).

14. *C. cuprina* J. B. Phipps (Nuevo León).

15. *C. johnstonii* J. B. Phipps (Coahuila).

This classification is partial because the collection and inventory of this genus are missing for Chiapas, Veracruz, Guerrero, Morelos, and Oaxaca.

Recently, Núñez-Colín *et al.* (2008b) reported that the genus *Crataegus* developed in three different eco-climatic areas. The area which covers the south and southeast of Mexico has no taxonomical studies and apparently has species belonging mainly to the series *Mexicanae*, *Crus-galli*, and *Baroussanae*. Moreover, Núñez-Colín (2009b) mentioned that this is one of the most diverse areas in Mexico and is also a priority for germplasm collection.

In this sense, Núñez-Colín *et al.* (2008a) showed that the accessions from Chiapas at the Germplasm Bank of Tejocote at the Universidad Autónoma Chapingo (BGT-UACH) were identified mainly as *C. stipulosa* (H. B. K.)

En este sentido, Núñez-Colín *et al.* (2008a) indicaron que las accesiones de Chiapas en el banco de germoplasma de tejocote de la Universidad Autónoma Chapingo (BGT-UACH) fueron identificadas principalmente como *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud [entendida ésta como la especie propuesta por Eggleston (1909) con este nombre] y *C. nelsoni* Eggl.; aunque también se encontraron dos ejemplares de *C. gracilior* Phipps y cuatro ejemplares de Chiapas y dos de Puebla que no pudieron ser identificadas con las claves existentes (Eggleston, 1909; Phipps, 1997) ni por el Dr. J. B. Phipps de la Universidad de Western Ontario y podrían ser especies, subespecies o variedades botánicas nuevas, probablemente de las series antes mencionadas o de otras que no fueron consideradas en el presente trabajo.

Además, Núñez-Colín *et al.* (2008a) determinó que estas especies del sur de México fueron diferentes (con 95% de confiabilidad estadística) a las del centro de México y concluyeron que se trata de acervos genéticos diferentes. Este resultado permite concluir que las accesiones de Chiapas no pueden ser identificadas como *C. mexicana* DC., tampoco como *C. gracilior* Phipps, a excepción de las cuatro accesiones de Chiapas que fueron identificadas como *C. gracilior*.

C. mexicana DC. y *C. gracilior* Phipps fueron las principales especies encontradas en el centro de México, y pueden considerarse acervos genéticos diferentes a las del sur de México, probablemente por contener variación morfológica diferencial (Núñez-Colín *et al.*, 2008a; Núñez-Colín, 2008; Núñez-Colín *et al.*, 2009).

DISCUSIÓN

Para la identificación de especies en estudios que incluyan ejemplares del género *Crataegus* de las regiones centro y norte de México se recomienda la utilización de la clave taxonómica de Phipps (1997) como lo han hecho en recientes trabajos de Rzedowski y Calderón de Rzedowski (2005) y Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez (2005). Incluso la obra de Phipps (1997) fue reseñada por Madrigal-Sánchez (1998) en una prestigiosa revista mexicana referente al tema, por lo que los taxónomos y curadores de herbarios en México deberían y utilizar esta clave taxonómica para re-determinar los ejemplares de *Crataegus* del norte y centro de México.

Steud. (understood as the species proposed by Eggleston [1909] with this name) and *C. nelsoni* Eggl.; although two specimens of *C. gracilior* Phipps were also found, along with four specimens from Chiapas and two from Puebla that cannot be identified using the current keys (Eggleston, 1909; Phipps, 1997) nor by Dr J. B. Phipps at the University of West Ontario and they could be new species, subspecies or botanical varieties, which probably belong to the series mentioned above, or others, which were not considered in this study.

In addition, Núñez-Colín *et al.* (2008a) also showed that this southern Mexican species was different (with 95% of statistical reliability) to central Mexican ones, and they concluded that they are different genetic pools. This result leads the authors to conclude that the accessions from Chiapas cannot be identified as *C. mexicana* DC nor *C. gracilior* Phipps, except for the four which were identified as *C. gracilior*.

C. mexicana DC., and *C. gracilior* Phipps were the main species found in accessions from central Mexico and these can be considered different genetic pools to the southern Mexican ones, probably since they contain different species, which have differential morphological variations (Núñez-Colín *et al.*, 2008a; Núñez-Colín, 2008; Núñez-Colín *et al.*, 2009).

DISCUSSION

To identify species in studies that include specimens of the genus *Crataegus* from northern and central Mexico, it is recommended to use the taxonomic key by Phipps (1997) as in recent works by Rzedowski and Calderón de Rzedowski (2005) and Villarreal-Quintanilla and Encina-Domínguez (2004). The treatment of Phipps (1997) was even reviewed by Madrigal-Sánchez (1998) in a prestigious Mexican journal on this topic, since the taxonomist and herbarium curators from Mexico must use this key so all Mexican herbaria could be re-identified as *Crataegus* specimens from northern and central Mexico.

It is noted that in several times the Phipps' key (1997) is insufficient to identify specimens from central and southern Mexico; mainly to specimens from Chiapas, Guerrero, and Veracruz, and others from Puebla, Morelos,

En muchas ocasiones la clave de Phipps (1997) es insuficiente para la identificación de ejemplares de la zona centro y sur de México, sobre todo para los ejemplares de Chiapas, Guerrero y Veracruz y algunos de Puebla, Morelos y Oaxaca, por lo que en este caso se recomienda utilizar la clave de Eggleston (1909) a pesar de que ésta sea parcial y carezca de detalles como el color del fruto de las especies del sur de México, característica que Phipps (1997) considera de mucha importancia en la identificación. Al parecer, en estos estados del centro y sur de México se pueden encontrar especies como *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud., [especie que Eggleston (1909) reportó con este nombre], *C. gracilior* Phipps, *C. mexicana* DC., y *C. nelsoni* Eggl., todas ellas pertenecientes a las series *Mexicanae* y *Crus-galli*, aunque por datos de algunas accesiones en el BGT-UACH originarias de Chiapas y Puebla podrían ser consideradas especies, subespecies o variedades botánicas nuevas (Núñez-Colín, 2008; Núñez-Colín *et al.*, 2008a; Núñez-Colín *et al.*, 2009).

Además, se debería de realizar un mayor número de colectas y claves de identificación para ejemplares del centro y sur de México, así como reconsiderar el cambio de nombre de la especie *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud., [como lo hizo Phipps con *C. pubescens* (H. B. K.) Steud.], debido que no se trata de ejemplares silvestres de *C. mexicana* DC. (Phipps *et al.*, 2003; Núñez-Colín *et al.*, 2008a), lo que causa confusión al identificar taxonómicamente ejemplares sobre todo del sur de México. También se debe reconocer las variantes de esta especie así como de *C. nelsoni* Eggl. e investigar sobre la existencia de especies no descritas para estas zonas.

CONCLUSIONES

Esta investigación evidencia la falta de una sistematización en este género, que por sí mismo es de difícil tratamiento taxonómico; sin embargo, la identificación podría facilitarse tomando en cuenta el área de origen del ejemplar, debido que este género presenta especies con distribución limitada, de esta manera se podría deducir su determinación taxonómica. Además, es conveniente evitar el uso de *Crataegus pubescens* (H. B. K.) Steud., para identificar al tejocote de México.

Las especies mencionadas son las que están reportadas en la literatura para México; sin embargo, podrían existir especies no descritas, por lo que se debe efectuar un estudio

and Oaxaca, because in this case it is recommendable to use Eggleston's key (1909) even though this key is partial and does not contain details such as fruit color of the southern Mexican species, a trait that Phipps (1997) considered extremely important to identify. Apparently, in the states of central and southern Mexico species such as *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud. (species that Eggleston [1909] reported with this name) could be found, along with *C. gracilior* Phipps, *C. mexicana* DC., and *C. nelsoni* Eggl., all of which belong to series *Mexicanae* and *Crus-galli*, although several accessions from BGT-UACH from Chiapas and Puebla could be considered as new species, subspecies, or botanical varieties (Núñez-Colín, 2008; Núñez-Colín *et al.*, 2008a; Núñez-Colín *et al.*, 2009).

Furthermore, more collections and identification keys could be created for specimens from central and southern Mexico. It is also worth reconsidering change in the name of species *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud. (as Phipps did with *C. pubescens* (H. B. K.) Steud.) since it is not wild a specimen of *C. mexicana* DC. (Phipps *et al.*, 2003; Núñez-Colín *et al.*, 2008a). This causes confusion, mostly in the taxonomic identification of specimens from southern Mexico. In addition, the varieties that could exist in this species and in *C. nelsoni* Eggl., must be recognized, and research carried out on whether there are any non described species exist in this area or not.

CONCLUSIONS

Due to the above, a well-performed systematization in this genus is still necessary, and is in itself of a difficult taxonomic treatment. However, the identification could be possible by origin of the tejocote specimen, because this genus has species with a limited distribution. In this way, it's possible taxonomic identity could be inferred, although it is recommendable that one expert collaborate in the identification, to avoid errors in identification. Moreover, it is not recommendable to used *Crataegus pubescens* (H. B. K.) Steud., to identify Mexican tejocotes.

The species described in this work were reported in the literature from Mexico. Nonetheless, still undescribed species could be found, since detailed taxonomic studies must be carried out to elaborate new identification keys, mainly for specimens from south and southeast Mexico, and

taxonómico más detallado para elaborar nuevas claves de identificación, sobre todo para los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos y Chiapas; así como, hacer colectas intensivas del género para lograr mayor representatividad.

especialmente en Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos, and Chiapas, as well as the creation of an intensive collection of this genus, in order to improve representability.

End of the English version



LITERATURA CITADA

- Borys, M. W. y Leszczyńska-Borys, H. 1994. Tejocote (*Crataegus* spp.) planta para solares, macetas e interiores. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 1:95-107.
- Borys, M. W. and Leszczyńska-Borys, H. 2004. Root attributes of Mexican *Crataegus* spp. trees. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 10:85-95.
- Borys, M. W.; Leszczyńska-Borys, H. and Galván, J. 2004. Relations between thorns and shooting of vegetative and flower buds in *Crataegus pubescens* (H. B. K.) Steud. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 10:219-228.
- Borys, M. W. y Vega-Cuen, A. 1984. Selección de tipos de tejocote (*Crataegus pubescens* H. B. K.) en los estados de Chiapas, Puebla y México. Revista Chapingo. 44-45:193-199.
- Cabrera, L. G. 1992. Diccionario de Aztequismos. Ediciones Colofón. Distrito Federal, México. 166 p.
- Camp, W. H. 1942a. Ecological problems and species concept in *Crataegus*. USA. Ecology. 23:368-369.
- Camp, W. H. 1942b. The *Crataegus* problem. Castanea. 7:51-55.
- Dickinson, T. A. 1985. The biology of Canadian weeds. 68. *Crataegus crus-galli* L. *sensu lato*. Can. J. Plant Sci. 65:641-654.
- Dörmne, A. A. 2005. A new species of *Crataegus* (Rosaceae) from Turkey. Bot. J. Linnean Soc. 148:245-249.
- Dönmez, A. A. and Dönmez, E. O. 2005. *Crataegus turcicus* (Rosaceae), a new specie from NE Turkey. Ann. Botanici Fennici. 42:61-65.
- Eggleston, W. W. 1909. The *Crataegi* of Mexico and Central America. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 36:501-514.
- Grant, V. 1989. Especiación vegetal. Traducido por Crabtree, E. Primera edición. Editorial LIMUSA. Distrito Federal, México. 587 p.
- Humboldt, F. H. A. Von Bonpland, A. J. A. G. and Kunth, C. S. 1824. Nova genera et species plantarum Lutetiae Parisiorum: sumtibus Librariae Graeco-Latino-Germanico. URL: <http://www.illustratedgarden.org/mobot/rarebooks>. Paris, Francia. Vol. 6. 602 p.
- Leszczyńska-Borys, H. and Borys, M. W. 2004. Horticulture in the Mexican culture. Acta Hort. 639:309-316.
- Lo, E. Y. Y.; Stefanovic, S. and Dickinson, T. A. 2007. Molecular reappraisal of relationships between *Crataegus* and *Mespilus* (Rosaceae, Pyraeae)-Two genera or one? Syst. Bot. 32:596-616.
- Longley, A. E. 1924. Cytological studies in the genus *Crataegus*. Am. J. Bot. 11:295-317.
- Madrigal-Sánchez, X. 1998. Reseña de libro "Phipps, J. B. 1997. Monograph of northern Mexican *Crataegus* (Rosaceae, subfam. Maloideae). SIDA Botanical Miscellany 15". Acta Botánica Mexicana. 43:69.
- McVaugh, R. 2000. Botanical results of the Sessé & Mociño expedition (1787-1803). VII. A guide to relevant scientific names of plants. Hunt Institute for Botanical Documentation and Carnegie Mellon University. Pittsburgh. 626 p.
- Muniyamma, M. and Phipps, J. B. 1979a. Cytological proof of apomixis in *Crataegus* (Rosaceae). Am. J. Bot. 66:149-155.
- Muniyamma, M. and Phipps, J. B. 1979b. Meiosis and polyploidy in Ontario species of *Crataegus* in relation to their systematics. Can. J. Genet. Cytol. 21:231-241.
- Nieto-Ángel, R. y Borys, M. W. 1992. Banco de germoplasma de tejocote (*Crataegus* spp.) de la república mexicana. Revista Chapingo. 77:126-130.
- Nieto-Ángel, R.; Pérez-Ortega, S. A.; Núñez-Colín, C. A.; Martínez-Solís, J. and González-Andrés, F. 2009. Seed and endocarp traits as marker of the biodiversity of regional sources of germoplasm of tejocote (*Crataegus* spp.) from central and southern Mexico. Sci. Horti. 121:166-170.

- Núñez-Colín, C. A. 2008. Variabilidad inter e intra específica del germoplasma de tejocote (*Crataegus* spp.) del centro y sur de México. Tesis doctoral. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 120 p.
- Núñez-Colín, C. A. 2009a. The tejocote (*Crataegus* species): a Mexican plant genetic resources that is wasted. A review. *Acta Hort.* 806:339-346.
- Núñez-Colín, C. A. 2009b. Áreas prioritarias para colectar germoplasma de (*Crataegus* L.) en México con base en la diversidad y riqueza de especies. *Agríc. Téc. Méx.* 35:329-334.
- Núñez-Colín, C. A.; Nieto-Ángel, R.; Barrientos-Priego, A. F.; Sahagún-Castellanos, J.; Segura, S. and González-Andrés, F. 2008a. Variability of three regional sources of germplasm of tejocote (*Crataegus* spp.) from central and southern Mexico. *Genet. Res. Crop Evol.* 55:1159-1165.
- Núñez-Colín, C. A.; Nieto-Ángel, R.; Barrientos-Priego, A. F.; Segura, S.; Sahagún-Castellanos, J. y González-Andrés, F. 2008b. Distribución y caracterización eco-climática del género *Crataegus* (Rosaceae subfam. Maloideae) en México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 14:177-184.
- Núñez-Colín, C. A.; Sahagún-Castellanos, J.; González-Andrés, F.; Barrientos-Priego, A. F.; Segura, S. and Nieto-Ángel, R. 2009. Identification of morphometrics traits for screening of tejocote (*Crataegus* spp.) germplasm for better yield potential. *Fruits.* 64:35-44.
- Phipps, J. B. 1983a. Biogeographic, taxonomic, and cladistic relationships between East Asiatic and North American *Crataegus*. *Annals of the Missouri Botanical Garden.* 70:667-700.
- Phipps, J. B. 1983b. *Crataegus*: a nomenclator for sectional and serial names. *Taxon (Austria)* 32:598-604.
- Phipps, J. B. 1984. Problems of hybridity in the cladistics of *Crataegus* (Rosaceae). *In*: Grant, W. F. (ed). *Plant Biosystematics.* Academic Press Canada. Toronto, Canada. 417-438. pp.
- Phipps, J. B. 1988. Typification of *Crataegus crus-galli* L. (Rosaceae) and nomenclatural notes on some related species of hawthorns. *Bot. J. Linnean Soc.* 96:359-369.
- Phipps, J. B. 1997. Monograph of northern Mexican *Crataegus* (Rosaceae subfam. Maloideae). *SIDA Botanical Miscellany.* 15:1-94.
- Phipps, J. B. 2006 *Crataegus spes-aestatum*, a new species in series *Punctatae* (Rosaceae), and six new varietal names from the Missouri *Crataegus* flora. *Novon.* 16:381-387.
- Phipps, J. B. 2007. Miscellaneous typifications, new combinations and one new variety in North American *Crataegus* (Rosaceae). *J. Bot. Res. Inst. of Texas.* 1:1005-1010.
- Phipps, J. B. and O'Kennon, R. J. 2007. Hawthorns (*Crataegus*: Rosaceae) of the cypress hills, Alberta and Saskatchewan. *J. Bot. Res. Inst. of Texas.* 1:1031-1090.
- Phipps, J. B.; O'Kennon, R. J. and Lance, R. W. 2003. Hawthorns and medlars. Timber Press, Portland, USA. 139 p.
- Phipps, J. B.; Robertson, K. R.; Smith, P. G. and Rohrer, J. R. 1990. A checklist of the subfamily Maloideae (Rosaceae). *Can. J. Bot.* 68:2209-2269.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, G. 2005. Flora del Bajío y regiones adyacentes: Familia Rosaceae. Fascículo 135. Instituto de Ecología A. C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán, México. 157 p.
- Steudel, E. G. 1841. *Nomenclator botanicus, seu, Synonymia plantarum universalis: enumerans ordine alphabetico nomina atque synonyma, tum generica tum specifica, et a Linnaeo et a recentioribus de re botanica scriptoribus plantis phanerogamis imposita.* Stuttgartiae et Tubingae: typis et sumptibus J. G. Cottae. URL: <http://www.archives.org/details/nomebotanicus00steuoft>. Stuttgart, Alemania. 1689 p.
- Talent, N. and Dickinson, T. A. 2005. Polyploidy in *Crataegus* and *Mespilus* (Rosaceae, Maloideae): evolutionary inference from flow cytometry of nuclear DNA amounts. *Can. J. Bot.* 83:1268-1304.
- Talent, N. and Dickinson, T. A. 2007a. Endosperm formation in aposporous *Crataegus* (Rosaceae, Spiraeoideae, tribe Pyreae): parallels to Ranunculaceae and Poaceae. *New Phytol.* 173:231-249.
- Talent, N. and Dickinson, T. A. 2007b. Apomixis and hybridization in Rosaceae subtribe Pyrineae Dumort.: a new tool promises new insights. *In*: Hörandl, E.; Grossniklaus, U.; Van Dijk, P. J. and Sharbel, T. (eds). *Apomixis: evolution, mechanisms and perspectives.* International Association for Plant Taxonomy and Koeltz Scientific Books. Vienna, Austria. 301-316. pp.

- Villarreal-Quintanilla, J. A. y Encina-Domínguez, J. A. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botánica Mexicana*. 70:1-46.
- Vivar-Vera, M. A.; Salazar-Montoya, J. A.; Calva-Calva, G. and Ramos-Ramírez, E. G. 2007. Extraction, thermal stability and kinetic behavior of pectinmethylesterase from hawthorn (*Crataegus pubescens*) fruits. *LWT-Food Sci. and Tech.* 40:278-284.