REPRODUCCIÓN SEXUAL Y ASEXUAL EN ZARZAMORA (*Rubus* spp.) Y SU RELACIÓN CON ESTABILIDAD CROMOSÓMICA

SEXUAL AND ASEXUAL REPRODUCTION IN BLACKBERRY (*Rubus* spp.) AND ITS RELATIONSHIP WITH CHROMOSOME STABILITY

Fanny Lisette Julián-Ramírez[1], Luis Antonio Flores-Hernández[2], Marcelina Vélez-Torres[3]*, Tarsicio Corona-Torres[4], Guillermo Calderón-Zavala[3] y Ricardo Lobato-Ortiz[4]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. [3]Colegio de Postgraduados (COLPOS), Campus Montecillo, PREGEP-Fruticultura, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. [4]COLPOS, Campus Montecillo, PREGEP-Genética, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

**Autor de correspondencia* (velez.marcelinas@colpos.mx)

RESUMEN

La zarzamora (*Rubus* spp.) se reproduce vía sexual y asexual, la forma de propagación puede modificar la estabilidad cromosómica en su genoma, lo cual es indeseable en el mantenimiento de germoplasma, uso de variedades comerciales y mejoramiento genético. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el número y longitud de cromosomas en genotipos silvestres y cultivados de zarzamora reproducidos sexual y asexualmente a fin de analizar si la forma de propagación se relaciona con la estabilidad cromosómica. La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero y en el Laboratorio de Citogenética del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México. Se emplearon las variedades Kiowa, Apache, Cheyenne, Shawnee, Ebano, Choctaw y dos poblaciones procedentes de Teziutlán, Puebla y Jalacingo, Veracruz, México. La propagación se realizó mediante semilla y acodos aéreos de meristemo apical. Para el análisis cromosómico se usó pretratamiento en frío (4 °C) y la técnica "squash". Se realizó conteo de cromosomas y se obtuvieron datos de longitud, mismos que fueron sometidos a análisis de varianza con un diseño experimental completamente al azar, seguido de una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se encontró variabilidad en los números cromosomicos y niveles de ploidía: Kiowa 4x = 28 y 3x = 21, Shawnee 4x = 28, Cheyenne 4x = 28, Apache 4x = 28, Ebano 4x = 28, Choctaw 4x = 28, Teziutlán 2x = 14, y Jalacingo 3x = 21. La variación en longitud de cromosomas fue altamente significativa para variedades o poblaciones, las diferencias estadísticas fueron evidentes entre aquellas variedades reproducidas asexualmente; en cambio, no hubo diferencias entre las variedades o poblaciones reproducidas sexualmente. La reproducción por semilla mostró relación con estabilidad en número y longitud de cromosomas; contrariamente, la propagación asexual mostró relación con inestabilidad cromosómica.

Palabras clave: *Rubus* spp., acodos aéreos, mejoramiento genético, ploidía, poliploidía, propagación.

SUMMARY

Blackberry (*Rubus* spp.) reproduces sexually and asexually, the form of propagation can modify the chromosomal stability in its genome, which is undesirable for the maintenance of germplasm, use of commercial varieties and breeding. Therefore, the objective of this study was to determine the number and length of chromosomes in wild and cultivated genotypes of blackberry reproduced sexually and asexually in order to analyze whether the form of propagation is related to chromosomal stability. The research was carried out under greenhouse conditions and at the Cytogenetics Laboratory of Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Mexico. The varieties used were Kiowa, Apache, Cheyenne, Shawnee, Ebano, Choctaw and two populations from Teziutlán, Puebla and Jalacingo, Veracruz, Mexico. Propagation was carried out by seed and aerial layering of apical meristem. Cold pretreatment (4 °C) and the squash technique were used for chromosomal analysis. Chromosomes were counted and length data were obtained, which were subjected to analysis of variance under a completely randomized experimental design, followed by a Tukey test ($P \leq 0.05$). Variability was found in chromosome number and ploidy level: Kiowa 4x = 28 and 3x = 21, Shawnee 4x = 28, Cheyenne 4x = 28, Apache 4x = 28, Ebano 4x = 28, Choctaw 4x = 28, Teziutlán 2x = 14 and Jalacingo 3x = 21. The variation in chromosome length was highly significant for varieties or populations, statistical differences were evident among those varieties reproduced asexually; in contrast, there were no differences between varieties or populations reproduced sexually. Reproduction by seed was associated with chromosome stability in number and length; asexual propagation on the other hand, was related to chromosomal instability.

Index words: *Rubus* spp., aerial layering, plant breeding, ploidy, polyploidy, propagation.

INTRODUCCIÓN

La zarzamora (*Rubus* spp.) produce un fruto muy valorado debido a su sabor atractivo, a la cantidad de nutrientes que contiene, como carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, además de ácidos fenólicos, flavonoides y antocianinas; así mismo, por los beneficios que ofrece como antioxidante, antimicrobiano y antipirético (Chauhan y Chauhan, 2022), atributos que le han otorgado la clasificación de alimento funcional; es decir, además de su valor nutricional, posee componentes que ofrecen beneficios a la salud (Sik *et al*., 2024).

El número cromosómico básico en el género *Rubus* es reconocido como x = 7, los niveles de ploidía que se conocen oscilan desde 2x hasta 14x, y posiblemente 18x, incluyendo números de cromosomas impares (3x, 5x, 7x, etc.) y aneuploides (Thompson, 1995; 1997), por lo

Recibido: 25 de agosto de 2024
Aceptado: 18 de enero de 2025

DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2025.1.57

que se destaca la complejidad y la variabilidad genética existente dentro del género. Se han realizado conteos de cromosomas en 387 especies, que representan el 40 % de las que se conocen (Thompson, 1997); no obstante, *Rubus* es uno de los géneros más diversos que presenta un amplio espectro de especies silvestres y cultivadas.

La zarzamora se propaga de forma sexual mediante semillas, o asexual a través de divisiones de la corona, acodos aéreos, acodos subterráneos, estacas de tallo subterráneo, y mediante técnicas de propagación *in vitro* (Orozco-Rodríguez *et al.*, 2011). La forma de propagación de las plantas puede provocar modificaciones en el nivel de ploidía (Vallejo-Marín, 2014), factor que estimularía la pérdida de identidad genética en variedades comerciales y la dificultad del uso de germoplasma para el mejoramiento genético por hibridación; además, la progenie con números de cromosomas desequilibrados puede reducir su fertilidad (Poehlman y Allen, 2003; Thompson, 1995) o ser genéticamente inestable (Vélez-Torres y Fernández-Pavía, 2023).

La alteración de la ploidía manifiesta inestabilidad cromosómica, que puede ser dada por cambios expresados como euploidía (aumento o disminución del conjunto completo de cromosomas) o aneuploidía (pérdida o ganancia de cromosomas individuales) (Garber, 1975; Vélez-Torres y Fernández-Pavía, 2023). La poliploidía es un tipo de euploidía que puede afectar la estabilidad cromosómica (Matos, 2014) porque se asocia con una rápida y extensa reestructuración del genoma, que incluye cambios en el número cromosómico y en la estructura cromosómica debido a translocaciones o eliminaciones (De Storme y Mason, 2014). Vallejo-Marín (2014) ha reportado que la reproducción asexual facilita el establecimiento de la poliploidía, la cual evoluciona más en las especies diploides que se reproducen asexualmente, y raramente en las diploides sin reproducción asexual; por lo tanto, concluye que la reproducción asexual permite la persistencia de genotipos poliploides y plantea que la poliploidía y la reproducción asexual están fuertemente correlacionadas; sin embargo, son escasos los estudios que han investigado tal asociación.

Por lo anterior, es importante estudiar el papel de la reproducción sexual y asexual en su interacción con el nivel de ploidía y la estructura cromosómica, lo cual, estaría directamente relacionado con el efecto sobre la estabilidad cromosómica; por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el número y longitud de cromosomas en genotipos silvestres y cultivados de zarzamora reproducidos sexual y asexualmente a fin de analizar si la forma de propagación se relaciona con la estabilidad cromosómica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se emplearon los cultivares introducidos de uso libre de zarzamora denominados Kiowa, Shawnee, Cheyenne, Apache, Ébano y Choctaw, una población silvestre recolectada en la localidad de Mexcalcuautla, municipio de Teziutlán, Puebla, México, a una altitud de 2200 msnm, 19° 43' 00'' latitud N y en el meriadiano 97° 38' 42'' de longitud O, además de una variedad de uso común adquirida en un vivero ubicado en la localidad de Ahuacatán, municipio de Jalacingo, Veracruz, México, a una altitud de 1864 msnm, a 19° 46' 55'' N y en el meridiano 97° 17' 11'' de longitud O.

Reproducción sexual y asexual

Para evaluar la reproducción sexual, se recolectaron raíces de plantas silvestres de zarzamora en el municipio de Teziutlán, Puebla, México; asimismo, raíces de la variedad Kiowa propagada bajo condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México, a través de la siembra de semilla en sustrato peat moss, utilizando como agente escarificante Agrophon®. Para evaluar la reproducción asexual, las variedades Shawnee, Cheyenne, Apache, Ébano, Choctaw, y la variedad de uso común de Jalacingo se propagaron mediante acodos aéreos de meristemo apical usando como sustrato peat moss y se mantuvieron bajo condiciones de invernadero hasta recolectar las raíces, 15 días después del establecimiento de acodos aéreos.

Preparación del material vegetal y preparaciones cromosómicas

En frascos con agua destilada se recolectaron los ápices de raíz durante la mañana, pero con temperaturas soleadas, específicamente entre las 10:00 y 11:00 am, ya que en horas posteriores, la cantidad de células en mitosis disminuye. Se procedió a la aplicación de un pretratamiento que consistió en colocar los frascos del material recolectado en frío (4 °C aproximadamente) durante 24 h, con la finalidad de acumular las células en metafase; a continuación, se realizó la fijación en solución Farmer (etanol 96° y ácido acético glacial, 3:1 v/v). Se llevó a cabo la hidrólisis con HCl 1N en estufa durante 15 min, a una temperatura de 60 ± 1 °C. De inmediato, se realizó la tinción con el reactivo de Schiff durante 15 min a 60 ± 1 °C, también en la estufa. Las muestras se dejaron en reposo a temperatura ambiente durante 20 min, después de este tiempo se efectuó el aplastado de los ápices, para lo cual se añadió una gota de acetocarmín 1 %.

Conteo, medición de cromosomas y análisis

Se hicieron observaciones de los meristemos apicales de raíz teñidos, bajo microscopio (Zeiss, Carl Zeiss AG, Jena, Alemania) con objetivos de 63 y 100x. Se eligieron las cuatro mejores metafases por cada variedad y se realizó el conteo de los cromosomas. Se determinó la longitud total de los cromosomas de manera individual en µm, procesando las metafases seleccionadas con el software ImageJ 1.54g; estos datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el modelo lineal general de un diseño experimental completamente al azar con el PROC GLM de SAS V9 (SAS Institute, 2002), donde se emplearon como repeticiones el número de cromosomas totales encontrados por variedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recuento cromosómico para identificar niveles de ploidía

Los resultados de las observaciones cromosómicas mostraron variación en el nivel de ploidía para las variedades evaluadas, se encontraron niveles desde diploides (2x = 14), triploides (3x = 21), hasta tetraploides (4x = 28) (Cuadro 1), este último fue el nivel que prevaleció con mayor frecuencia en las muestras observadas. La diversidad en los niveles de ploidía observada concuerda con los estudios realizados por Thompson (1995; 1997), quien reportó que el número básico de cromosomas en *Rubus* es siete, con niveles de ploidía desde diploides 2x = 14 hasta dodecaploides 12x = 84.

Cuadro 1. Niveles de ploidía observados bajo microscopio en variedades y recolectas de zarzamora (*Rubus* spp.) reproducidas en forma sexual o asexual, tratadas con baja temperatura.

Variedad	Reproducción	Nivel de ploidía
Kiowa	Sexual	4x = 28
Kiowa	Asexual	3x = 21
Choctaw	Asexual	4x = 28
Shawnee	Asexual	4x = 28
Cheyenne	Asexual	4x = 28
Apache	Asexual	4x = 28
Ébano	Asexual	3x = 28
Teziutlán	Sexual	2x = 14
Jalacingo	Asexual	3x = 21

La ploidía identificada en la variedad Kiowa propagada de forma sexual fue tetraploide (4x = 28), mientras que el nivel de ploidía observado en la misma variedad, pero propagada de forma asexual, fue triploide (3x = 21) (Figura 1).

El resultado del conteo cromosómico en la variedad Kiowa propagada en forma sexual coincide con lo reportado por Rodríguez *et al.* (2018), quienes también identificaron a esta variedad con un nivel de ploidía tetraploide (4x = 28). Moore y Clark (1996) señalaron que Kiowa fue el resultado de una cruza entre progenitores tetraploides y en su ascendencia completa, en la cual intervienen cultivares como Comanche, Rosborough, Thornfree, Brazos y Wells Beauty, también se muestra su origen tetraploide; sin embargo, el hecho de que se encontró triploidía (3x = 21) en el material propagado asexualmente indica la alteración en la estabilidad cromosómica de la variedad, pues la disminución de cromosomas significa inestabilidad cromosómica mediante cambios en el nivel de ploidía (Vélez-Torres *et al*., 2024). Al respecto, Thompson (1997) mencionó que esta variante puede representar la unión de un gameto no reducido con un gameto reducido, un fenómeno común en el género *Rubus*, que da lugar a individuos ocasionales con diferente nivel de ploidía.

El conteo de cromosomas realizado en la variedad Choctaw propagada de forma asexual, mostró un nivel de ploidía tetraploide (4x = 28) (Figura 2).

El conteo de cromosomas coincide con los resultados de Thompson (1995), quien señala que la ancestría de Choctaw corresponde a ARK 526 (Darrow × Brazos) × Rosborough, y el número de cromosomas que reporta es 28 basado en el número de cromosomas de los progenitores, en lugar de contarse. Esto concuerda con los registros de Moore y Clark (1989) sobre el pedigrí de Choctaw integrado por progenitores tetraploides.

La variedad de zarzamora Shawnee propagada de forma asexual presentó un nivel de ploidía tetraploide (4x = 28) (Figura 3).

El resultado del conteo de cromosomas coincide con Thompson (1995), ya que reporta un número cromosómico de 28 para Shawnee con base en el número de cromosomas de los progenitores directos [Cherokee × AR. 586 (Thornfree × Brazos)] en lugar de contarse; asimismo, en el pedigrí de la variedad registrado por Moore *et al*. (1985) se incluyen otros cultivares, entre ellos Merton Thornless, Darrow y los cultivares viejos Lawton y Eldorado, los cuales se han reportado como tetraploides (Thompson, 1995).

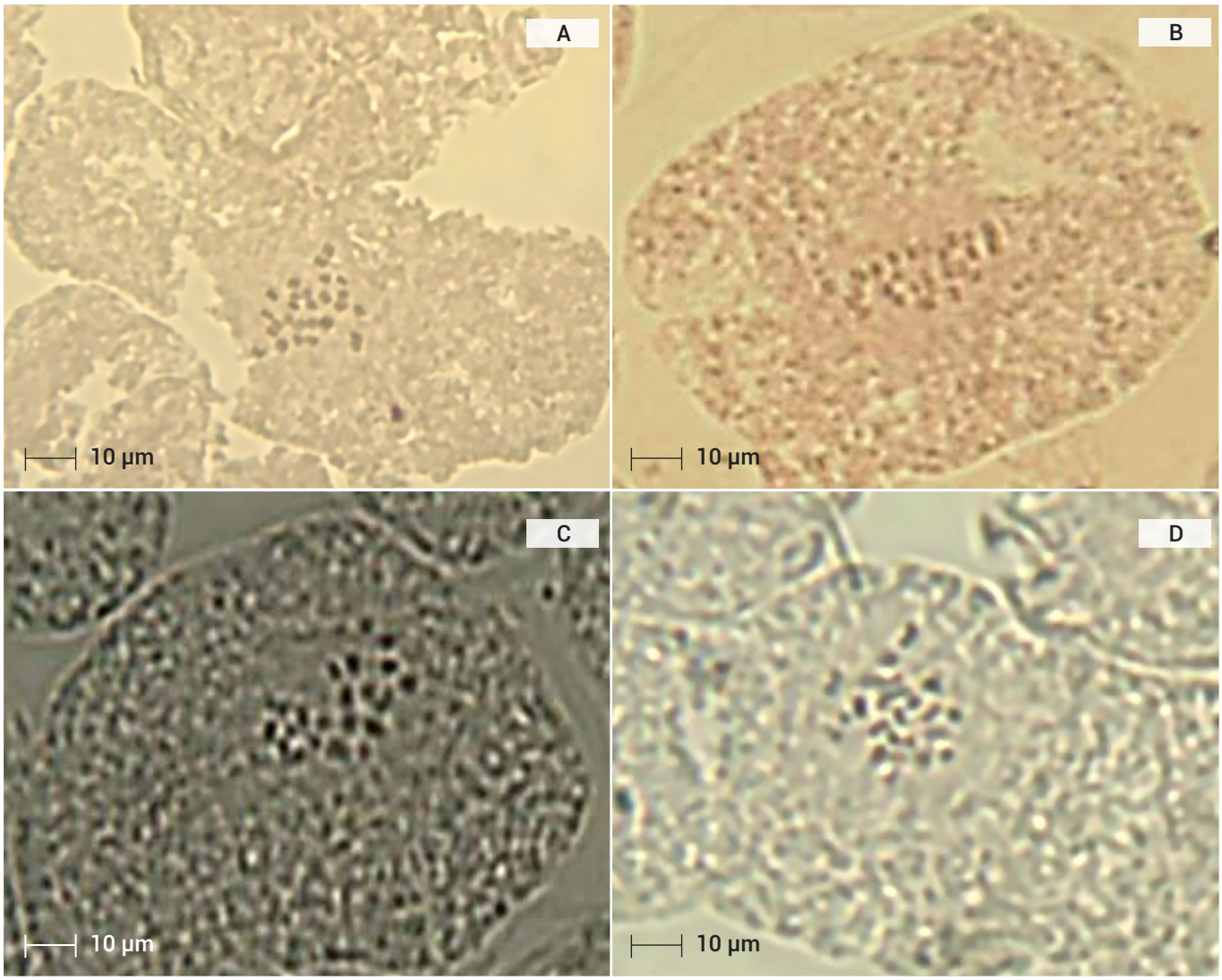


Figura 1. Observaciones citológicas en zarzamora (*Rubus* spp.) variedad Kiowa propagada en forma sexual (A y B), conteo de cromosomas 4x = 28; y propagada en forma asexual (C y D), conteo de cromosomas 3x = 21, escala 10 µm.

La variedad Cheyenne propagada de forma asexual presentó un nivel de ploidía tetraploide (4x = 28) (Figura 4) en las células analizadas.

El resultado del conteo de cromosomas coincide con Thompson (1995), quien reporta el número cromosómico de 28 para Cheyenne, basado en el número de cromosomas de los progenitores directos (Brazos × Darrow) en lugar de contarse. En el pedigrí de la variedad, registrado por Moore *et al*. (1977), también se encuentra ascendencia tetraploide, como los cultivares Lawton y Hedrick.

Los conteos cromosómicos realizados en la variedad Apache propagada de forma asexual mostraron un nivel de ploidía tetraploide (4x = 28) (Figura 5).

El resultado del conteo de cromosomas coincide con Clark y Moore (1999), quienes señalaron que Apache fue el resultado de una cruza entre progenitores tetraploides, y su pedigrí así lo demuestra, ya que incluye los cultivares Navaho, Comanche, Thornfree, Brazos, Cherokee, Darrow, Merton Thornless y Eldorado, todos ellos reportados como tetraploides por Thompson (1995).

La variedad Ébano propagada de forma asexual presentó un nivel de ploidía tetraploide (4x = 28) en las células analizadas (Figura 6).

El resultado del conteo de cromosomas coincide con Thompson (1995), ya que reporta el número cromosómico de 28 para Ebano, pero se asumió con base en los números de los padres [F_2 de Comanche × (Thornfree × Brazos)] en

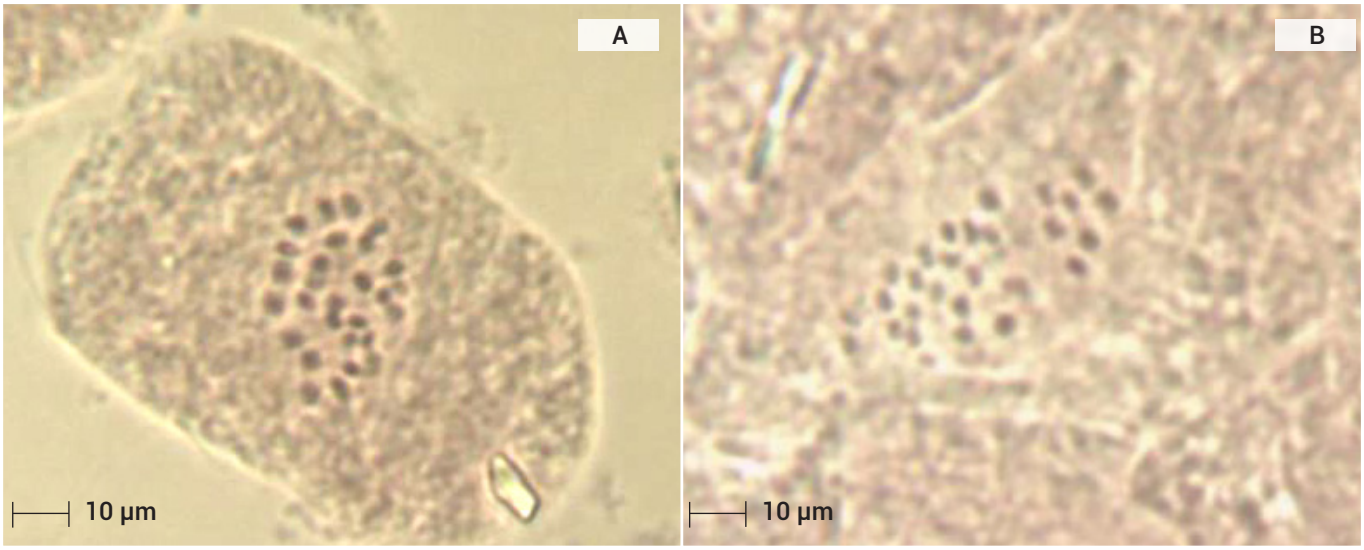


Figura 2. Observaciones citológicas en zarzamora *(Rubus* spp.) variedad Choctaw propagada en forma asexual (A y B). Conteo de cromosomas 4x = 28. Escala 10 µm.

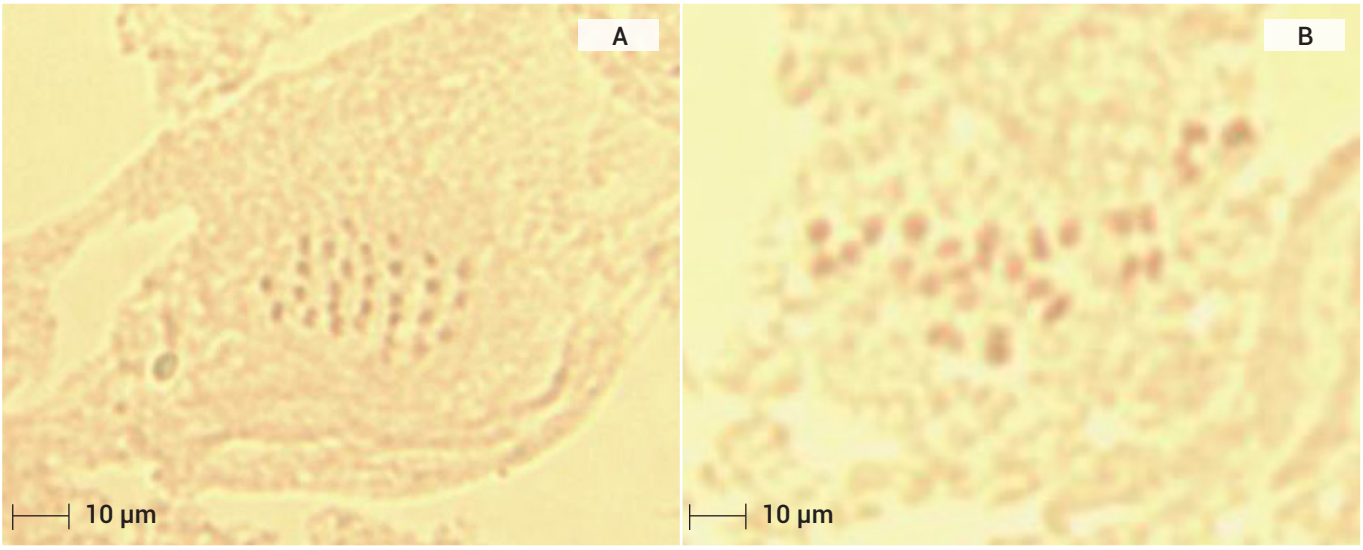


Figura 3. Observaciones citológicas en zarzamora *(Rubus* spp.) variedad Shawnee propagada en forma asexual (A y B). Conteo de cromosomas 4x = 28. Escala 10 µm.

lugar de contarse, Bassols y Moore (1981) registraron la misma ascendencia, en su totalidad tetraploide.

La ploidía encontrada en la población de zarzamora silvestre proveniente de Teziutlán tuvo un nivel diploide (2x = 14) (Figura 7).

Spies y du Plessis (1985) afirmaron que la ocurrencia de especies diploides en el genero *Rubus* indica reproducción sexual. Este genotipo presentó el menor número de cromosomas en comparación con las demás variedades evaluadas, lo cual puede atribuirse a su naturaleza silvestre, ya que la poliploidía es considerada una característica importante en la domesticación y es un fenómeno más frecuente en las plantas cultivadas que en especies silvestres (Salman-Minkov *et al*., 2016). En el mismo tenor, en zarzamoras es más común que el proceso de domesticación se realice a través de la propagación asexual que de manera sexual.

De modo opuesto, en la accesión proveniente de Jalacingo se encontró un nivel de ploidía triploide (3x = 21) (Figura 8).

Al respecto, Thompson (1997) mencionó que no es raro que las especies diploides den lugar a un individuo triploide, el cual mediante reproducción vegetativa o semillas apomícticas puede propagarse para formar poblaciones

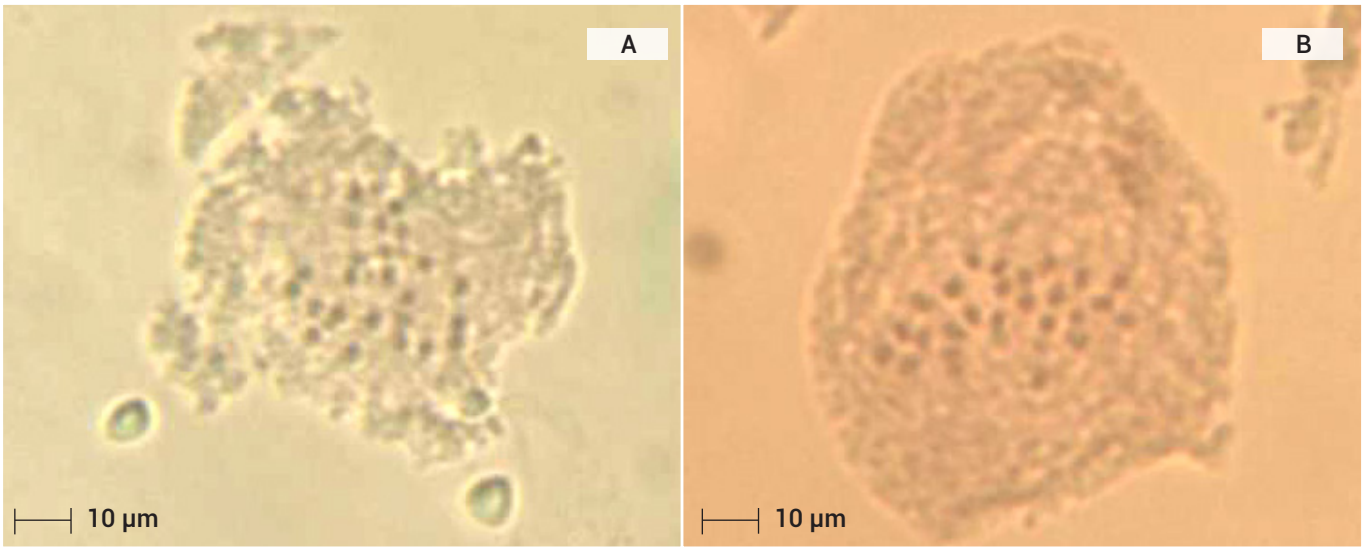


Figura 4. Observaciones citológicas en zarzamora *(Rubus* spp.) variedad Cheyenne propagada en forma asexual (A y B). Conteo de cromosomas 4x = 28. Escala 10 µm.

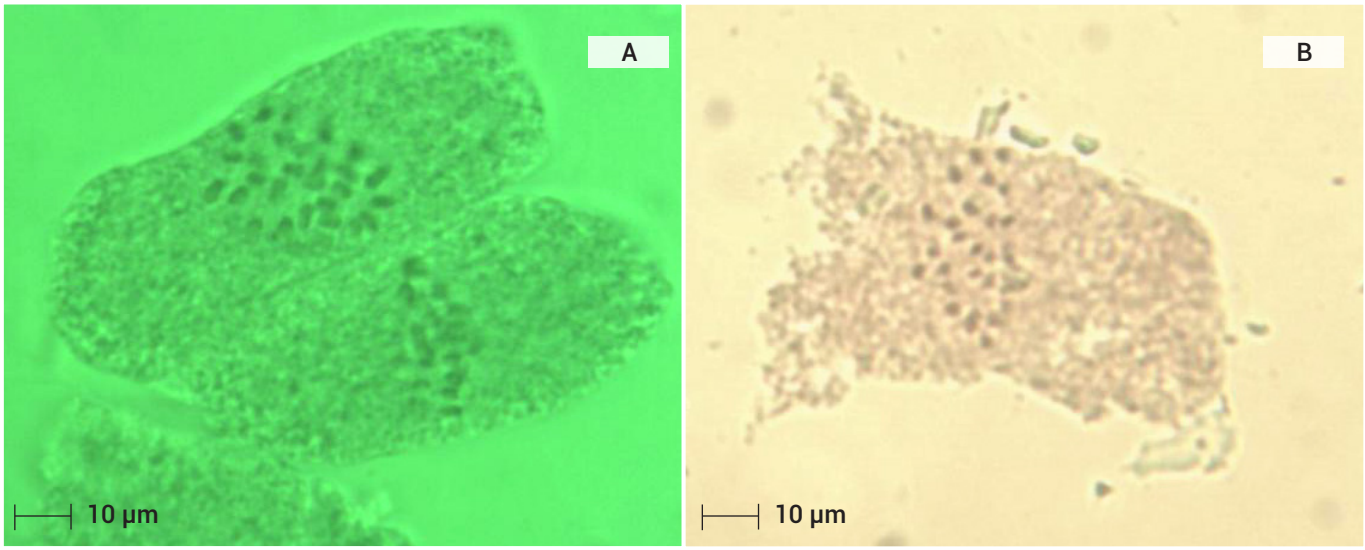


Figura 5. Observaciones citológicas en zarzamora *(Rubus* spp.) variedad Apache propagada en forma asexual (A y B). Conteo de cromosomas 4x = 28. Escala 10 µm.

de medida razonable. Esto coincide al considerar que el germoplasma de esta recolecta representa una variedad de uso común.

La variación encontrada en los niveles de ploidía exige la identificación y selección del germoplasma apto para su uso en mejoramiento genético. Thompson (1995) señaló que la no concurrencia del número de cromosomas de cultivares con sus especies progenitoras hace necesario el conteo de cromosomas, debido principalmente a que los gametos no reducidos y la poliploidía espontanea son muy comunes en *Rubus*. Bajo esta consideración, la hibridación puede ser afectada, lo cual ha sido señalado por Poehlman y Allen (2003) y explicado por Vélez-Torres y Fernández-Pavía (2023). Por otra parte, la propagación asexual manifestó relación con los cambios en el nivel de ploidía, lo que debe tomarse en cuenta en el mantenimiento de germoplasma y el uso de variedades para la producción agrícola, aspectos en los que está implícita la identidad genética.

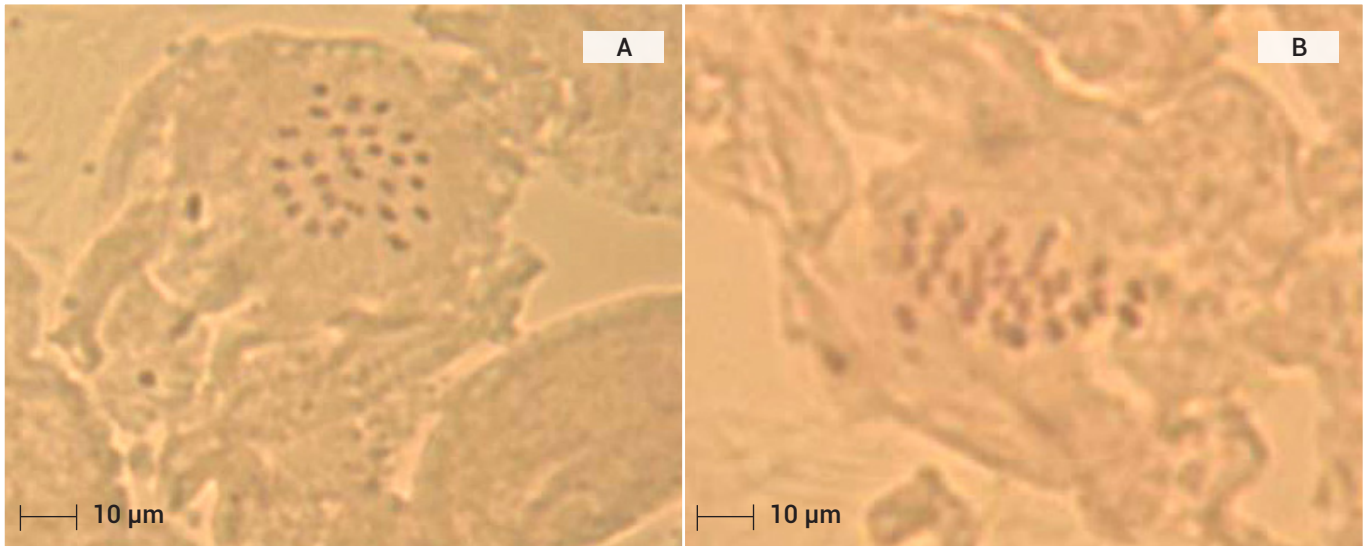


Figura 6. Observaciones citológicas en zarzamora *(Rubus* spp.) variedad Ébano propagada en forma asexual (A y B). Conteo de cromosomas 4x = 28. Escala 10 µm.

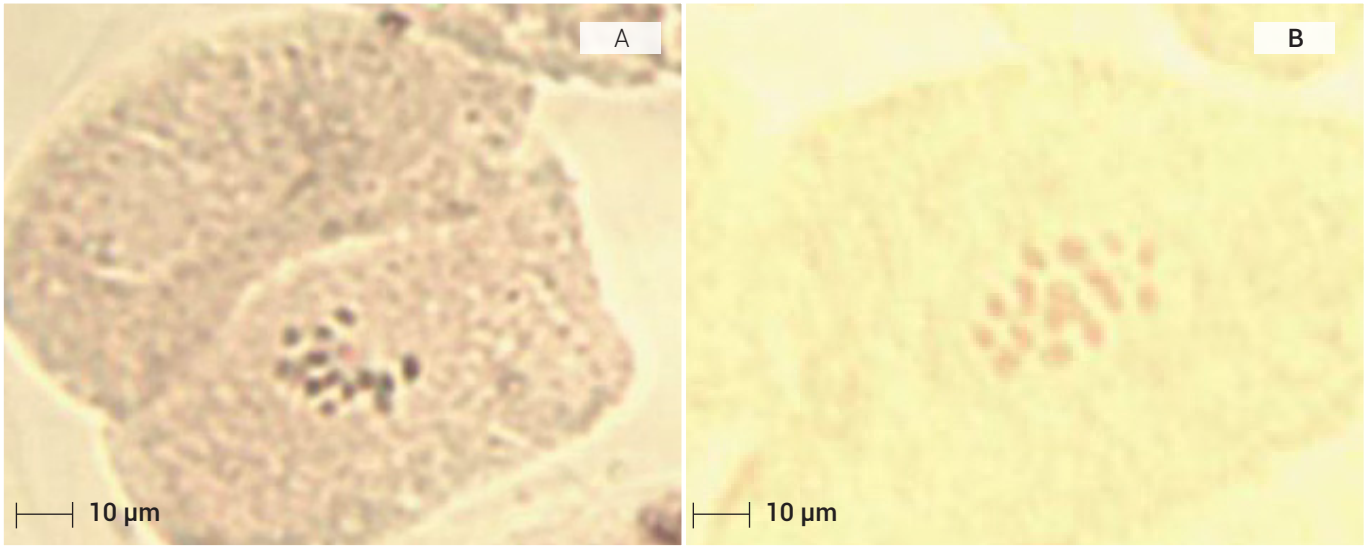


Figura 7. Observaciones citológicas en zarzamora *(Rubus* spp.) población de Teziutlán propagada en forma sexual (A y B). Conteo de cromosomas 2x = 14. Escala 10 µm.

Longitud de los cromosomas en los distintos niveles de ploidía

Kiowa

Cuando la variedad provino de propagación sexual y mostró niveles de ploidía tetraploíde, la longitud de los cromosomas varió de 0.82 a 2.78 µm; en cambio, cuando la variedad fue propagada de forma asexual y presentó un nivel de ploidía triploide, los valores de la longitud de los cromosomas fueron desde 0.8 hasta 2.80 µm.

Choctaw

Esta variedad propagada de forma asexual, que reveló un nivel de ploidía tetraploide, tuvo longitudes de los cromosomas que variaron de 0.76 a 2.74 µm.

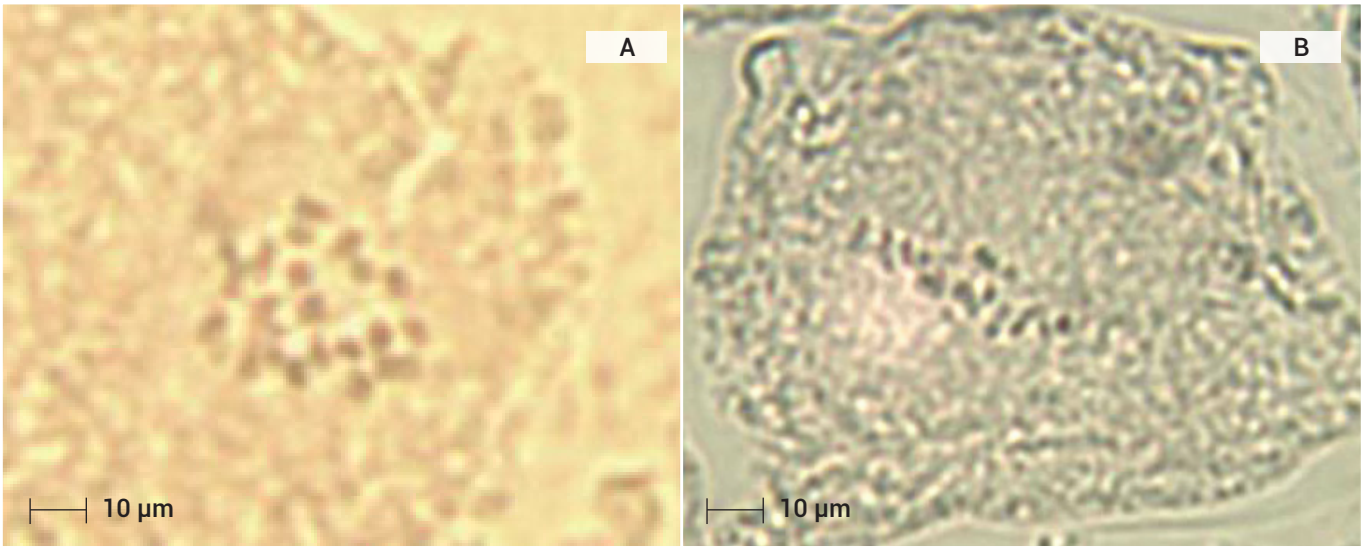


Figura 8. Observaciones citológicas en zarzamora *(Rubus* spp.) población de Jalacingo propagada en forma asexual (A y B) Conteo de cromosomas 3x = 21. Escala 10 µm.

Shawnee

Propagada de forma asexual y mostrando niveles de ploidía tetraploide, tuvo cromosomas con longitudes que oscilaron entre 0.90 y 2.12 µm.

Cheyenne

Proveniente de propagación asexual, con un nivel de ploidía tetraploide, exhibió longitudes de los cromosomas desde 0.63 hasta 2.35 µm.

Apache

Propagada de forma asexual y con niveles de ploidía tetraploide, presentó longitudes de los cromosomas que oscilaron desde 0.56 hasta 2.24 µm.

Ébano: En esta variedad propagada de forma asexual y con niveles de ploidía tetraploide no se encontaron longitudes menores de 1 µm y se observaron algunos cromosomas con longitud superior a 2 µm, siendo 2.61 µm la medición de mayor tamaño.

Teziutlán

Esta población silvestre, proveniente de reproducción por semilla, mostró un nivel de ploidía diploide, las medidas de sus cromosomas oscilaron desde 0.75 hasta 3.14 µm.

Jalacingo

Esta población, que procedió de propagación vegetativa, mostró niveles de ploidía triploide, la longitud de sus cromosomas varió de 0.90 a 2.69 µm.

De manera general, la variabilidad existente en la longitud total de los cromosomas encontrados en cada nivel de ploidía identificado se muestra en la Figura 9.

Se observa que destacó la variación en las medianas, así también, en los valores mínimos y máximos y en los rangos intercuartiles que mostraron la dispersión de los datos, incluso se presentaron datos atípicos, esto indica diferencias existentes en longitud de cromosomas, no únicamente entre variedades y recolectas, sino también entre los materiales tetraploides, no obstante que comparten ascendencia con este nivel de ploidía, o pese a que incluyen en su pedigrí a los mismos progenitores.

De manera detallada, mediante análisis de varianza, se comprobó que con un nivel de significancia del 5 % hubo diferencias altamente significativas entre las variedades analizadas; es decir, no presentaron las mismas longitudes de cromosomas, lo cual se muestra en el Cuadro 2.

La prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3) indicó que hubo diferencias significativas en longitud de cromosomas entre las variedades o recolectas reproducidas asexualmente; por el contrario, entre las variedades reproducidas por semilla (Teziutlán y Kiowa) no hubo diferencias. Estos resultados muestran indicios de que la propagación asexual tiene mayor relación con la inestabilidad cromosómica, en comparación con la reproducción sexual, lo cual coincide con lo señalado por Vallejo-Marín (2014).

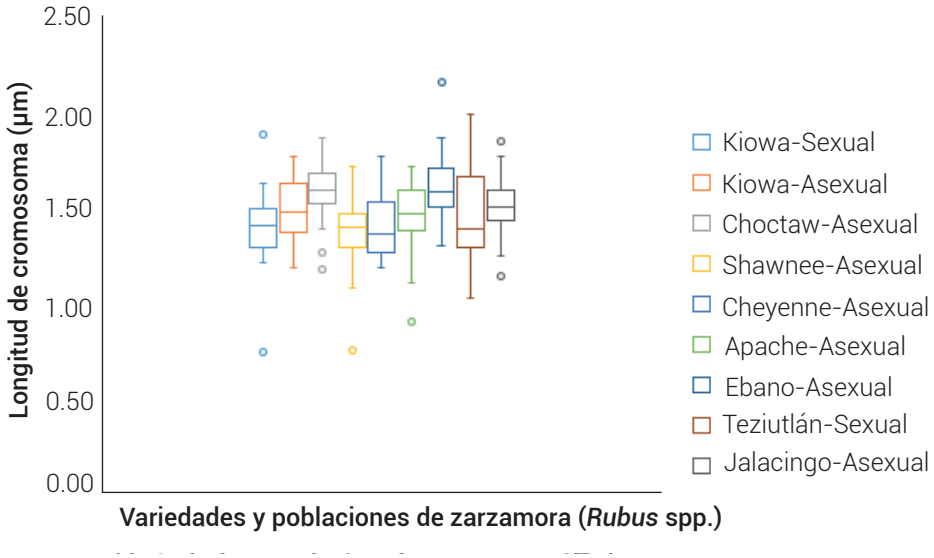


Figura 9. Variación de la longitud de cromosomas en distintos niveles de ploidía encontrados en variedades y poblaciones de zarzamora *(Rubus* spp.) reproducidas sexual y asexualmente.

Cuadro 2. Análisis de varianza para longitud de cromosomas en distintos niveles de ploidía encontrados en variedades y poblaciones de zarzamora (*Rubus* spp.) reproducidas sexual y asexualmente.

Fuente de variación	GL	SC	CM	p_value	SIG
Variedades	8	4.26	0.53	0.0001	**
Error	835	96.05	0.11		
Total	843	100.31			
CV (%)	23.02				

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, CV: coeficiente de variación, SIG: significancia, **: P ≤ 0.01.

Cuadro 3. Comparación de medias para longitud de cromosomas en distintos niveles de ploidía encontrados en variedades y poblaciones de zarzamora (*Rubus* spp.) reproducidas sexual y asexualmente.

Variedad - Propagación	Media (µm)
Ebano - Asexual	1.60 a
Choctaw - Asexual	1.58 ab
Jalacingo - Asexual	1.52 abc
Kiowa - Asexual	1.48 abc
Apache - Asexual	1.47 abc
Teziutlán - Sexual	1.44 abc
Kiowa - Sexual	1.42 bc
Shawnee - Asexual	1.40 c
Cheyenne - Asexual	1.39 c

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

Existe variación en la ploidía, desde el nivel diploide hasta tetraploide, en los genotipos de zarzamora *(Rubus* spp.) evaluados. Se identificaron poliploidías que indicaron inestabilidad cromosómica. Kiowa presentó tetraploidía cuando fue reproducida en forma sexual y triploidía al ser propagada vía asexual, lo que exhibió que la forma de propagación puede afectar la estabilidad cromosómica. La población silvestre Teziutlán presentó un número cromosómico diploide, probablemente al provenir de semilla, y fue indicativo de estabilidad cromosómica. En longitud de cromosomas, las variedades o poblaciones reproducidas asexualmente mostraron diferencias estadísticas entre ellas; contrariamente, las reproducidas sexualmente fueron iguales, lo cual indicó mayor inestabilidad en la propagación vegetativa que en la propagación por semilla. Por lo tanto, existe relación de la reproducción sexual con estabilidad cromosómica y de la reproducción asexual con inestabilidad cromosómica.

BIBLIOGRAFÍA

Bassols M. C. M. and J. N. Moore (1981) 'Ebano' thornless blackberry. *HortScience* 16:686-687, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.16.5.686

Clark J. R. and J. N. Moore (1999) 'Apache' thornless blackberry. *HortScience* 34:1291-1293, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.7.1291

Chauhan E. S. and U. Chauhan (2022) Nutritional and bioactive properties of *Rubus ulmifolius* Schott (blackberry): a review. *Asian Journal Of Dairy And Food Research* 41:249-255, https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1920

De Storme N. and A. Mason (2014) Plant speciation through chromosome instability and ploidy change: Cellular mechanisms, molecular factors and evolutionary relevance. *Current Plant Biology* 1:10-33, https://doi.org/10.1016/j.cpb.2014.09.002

Garber E. D. (1975) Introducción a la Citogenética. McGraw-Hill Company. México, D. F. 243 p.

Matos A. Á. (2014) Efecto de diferentes concentraciones y tiempos de exposición de la colchicina en plantas de zábila [*Aloe vera* (L.) Burm. f.] *in vivo*. *Multiciencias* 14:382-388.

Moore J. N. and J. R. Clark (1989) 'Choctaw' blackberry. *HortScience* 24:862-863, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.24.5.862

Moore J. N. and J. R. Clark (1996) 'Kiowa' blackberry. *HortScience* 31:286-288, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.2.286

Moore J. N., E. Brown and W. A. Sistrunk (1977) 'Cheyenne' blackberry. *HortScience* 12:77-78, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.12.1.77

Moore J. N., W. A. Sistrunk and J. B. Buckley (1985) 'Shawnee' blackberry. *HortScience* 20:311-312, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.20.2.311

Orozco-Rodríguez R., D. Flores-Mora and F. Argüello-Delgado (2011) Effect of various types of propagation on the yield of wine blackberries (*Rubus adenotrichus*). *Agronomía Mesoamericana* 22:91-97, https://doi.org/10.15517/am.v22i1.8671

Poehlman J. M. y D. S. Allen (2003) Mejoramiento Genético de las Cosechas. 2a edición. Limusa. México, D. F. 506 p.

Rodríguez B. G., S. D. Segura L., S. Cruz I., T. Corona T., J. López M., M. A. Gutiérrez E., … y L. M. Valenzuela N. (2018) Poliploidía en zarzamoras silvestres (*Rubus* spp L.). *Nova scientia* 10:1-16, https://doi.org/10.21640/ns.v10i21.1385

Salman-Minkov A., N. Sabath and I. Mayrose (2016) Whole-genome duplication as a key factor in crop domestication. *Nature Plants* 2:16115, https://doi.org/10.1038/nplants.2016.115

SAS Institute (2002) Base SAS 9.1 Procedures Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 1860 p.

Sik B., Z. Ajtony, E. Lakatos and R. Székelyhidi (2024) Wild blackberry fruit (*Rubus fruticosus* L.) as potential functional ingredient in food: ultrasound-assisted extraction optimization, ripening period evaluation, application in muffin, and consumer acceptance. *Foods* 13:666, https://doi.org/10.3390/foods13050666

Spies J. J. and H. du Plessis (1985) The genus *Rubus* in South Africa. I. Chromosome numbers and geographical distribution of species. *Bothalia* 15:591-596, https://doi.org/10.4102/abc.v15i3/4.1853

Thompson M. M. (1995) Chromosome numbers of *Rubus* cultivars at the National Clonal Germplasm Repository. *HortScience* 30:1453-1456, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.7.1453

Thompson M. M. (1997) Survey of chromosome numbers in *Rubus* (Rosaceae: Rosoideae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84:128-164, https://doi.org/10.2307/2399958

Vallejo-Marín M. (2014) La correlación entre la poliploidía y la reproducción asexual. *Ecosistemas* 23:78-82, https://doi.org/10.7818/ECOS.2014.23-3.10

Vélez-Torres M. y Y. L. Fernández-Pavía (2023) Selección *in vitro* de genotipos de *Haworthia* con estabilidad cromosómica a través de análisis citogenéticos. *Agro-Divulgación* 3:57-60, https://doi.org/10.54767/ad.v3i4.229

Vélez-Torres M., Y. L. Fernández-Pavía y H. González-Rosas (2024) Estabilidad e inestabilidad cromosómica *in vitro* en tejidos desdiferenciados y rediferenciados de *Haworthia*. *Revista Fitotecnia Mexicana* 47:35-42, https://doi.org/10.35196/rfm.2024.1.35