



Cosmos chocolate (*Cosmos atrosanguineus* Sherff): una especie ornamental endémica y poco valorada en México

Gómez Pedraza, Diana Erika; Cruz Álvarez, Oscar; Martínez Damián, María Teresa
Cosmos chocolate (*Cosmos atrosanguineus* Sherff): una especie ornamental endémica y poco valorada en México
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 31, 2024 | e240
Ciencias Naturales y Agropecuarias
Universidad Autónoma del Estado de México, México
Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Gómez Pedraza, D. E., Cruz Álvarez, O. y Martínez Damián, M. T. (2024). Cosmos chocolate (*Cosmos atrosanguineus* Sherff): una especie ornamental endémica y poco valorada en México. CIENCIA *ergo-sum*, 31. <http://doi.org/10.30878/ces.v31n0a25>

Cosmos chocolate (*Cosmos atrosanguineus* Sherff): una especie ornamental endémica y poco valorada en México

Chocolate Cosmos (*Cosmos atrosanguineus* Sherff): An Endemic and Undervalued Ornamental Species in Mexico

Diana Erika Gómez Pedraza

Universidad Autónoma Chapingo, México

diana251193@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-9986-6442>

Recepción: 10 de noviembre de 2022

Aprobación: 14 de marzo de 2023

Oscar Cruz Álvarez

Universidad Autónoma de Chihuahua, México

ocruz@uach.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-3069-5483>

María Teresa Martínez Damián*

Universidad Autónoma Chapingo, México

teremd13@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-7204-2133>

RESUMEN

Se busca promover la difusión y conocimiento de la planta de cosmos chocolate (*Cosmos atrosanguineus* Sherff) mediante la recopilación, análisis y resumen de la información disponible en libros, artículos científicos (Web of Science y Scopus), páginas web, manuales y folletos de manejo agronómico, así como memorias de congresos y eventos científicos sobre el estatus, métodos de propagación, manejo agronómico y variedades disponibles. La información generada en México sobre Cosmos chocolate es limitada, incluyendo su manejo agronómico y mejoramiento genético. Es necesario implementar programas públicos y privados de mejoramiento genético y comercialización que permitan a floricultores, investigadores y público en general incrementar su importancia como planta ornamental endémica de México.

PALABRAS CLAVE: propagación, recursos fitogenéticos, diversidad, mejoramiento genético.

ABSTRACT

This paper seeks to promote the dissemination and knowledge of the chocolate cosmos plant (*Cosmos atrosanguineus* Sherff), through the collection, analysis and summary of the information available in books, scientific articles (Web of Science and Scopus), web pages, manuals and brochures on agronomic management, as well as reports of congresses and scientific events on the status, propagation methods, agronomic management and available varieties. The information generated in Mexico on cosmos chocolate is limited, including its agronomic management and genetic improvement. It is necessary to implement public and private programs for genetic improvement and commercialization, which allow flower growers, researchers and the general public to increase its importance as an endemic ornamental plant in Mexico.

KEYWORDS: propagation, plant genetic resources, diversity, genetic improvement.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con mayor diversidad de flora a nivel mundial (alrededor de 22 000 especies), incluyendo 4 000 con características para uso ornamental, alimenticio o ambas (Martínez-Damián *et al.*, 2021).

*AUTORA PARA CORRESPONDENCIA

teremd13@gmail.com

Muchas de estas especies son aprovechadas en el extranjero; sin embargo, son poco conocidas y valoradas a nivel nacional. Un caso particular lo constituye *Cosmos atrosanguineus* (comúnmente llamada *Cosmos chocolate*), la cual a pesar de ser endémica, no existe registro de manejo comercial, generación de variedades y se encuentra entre las especies amenazadas por las actividades antropogénicas en su hábitat natural.

Cosmos chocolate se ha considerado como una especie extinta en su hábitat silvestre debido a que la última colecta data de 1860 y no se le había reencontrado hasta 2007, cuando un grupo de investigadores de la Universidad de Guadalajara, liderados por el botánico Aarón Rodríguez, registró pequeñas poblaciones en San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro (Hind y Fay, 2003; Oku *et al.*, 2008; Rice, 2017). La planta de *Cosmos chocolate* posee alto potencial ornamental que ha sido mejorada genéticamente y comercializada (planta para maceta, jardín o flor de corte) en Nueva Zelanda, Japón, Estados Unidos de América y algunos países de Europa (Jelitto, 2016; Poulter y Butler, 2019; Rice, 2017). Sin embargo, en México es poco conocida y aún más su manejo agronómico, por lo cual no se tiene registro de su comercialización. Por ello, el objetivo de este artículo es recopilar, analizar y resumir la información de *Cosmos chocolate* disponible en libros, artículos científicos (Web of Science y Scopus), páginas web, manuales y folletos de manejo agronómico, así como actas de congresos y eventos científicos con el propósito de promover la difusión y conocimiento de este recurso fitogenético endémico de México.

1. HISTORIA DE COSMOS EN EL MUNDO

En 1861 la sociedad del Reino Unido se maravilló con la llegada de plantas de *Cosmos chocolate* provenientes de México. Durante muchos años se ofrecieron semillas al público por Thompson & Morgan Seed Company, una de las casas semilleras más importantes de esa nación. Sin embargo, la fascinación y precio por esta planta decreció, lo que sugería un exceso en la producción de semillas o que se buscaba liquidar las existencias durante la austeridad en los tiempos de guerra en 1942 ya que a que al año siguiente desapareció de los catálogos de la compañía semillera (Rice, 2017). Debido a la posterior inexistencia de *Cosmos chocolate* en el mercado, incluso se llegó a pensar que se había extinguido de su hábitat natural en México y que el único material vegetal disponible era un clon estéril que se conservaba en el Royal Botanic Garden, Kew en Inglaterra. No obstante, ahora se sabe que ejemplares de esta especie han seguido creciendo y desarrollándose en distintos sitios de México y que no han perdido su capacidad para producir semillas (Gómez-Pedraza *et al.*, 2019b; Hind y Fay, 2003).

En 1997, en colaboración con la Royal Botanic Garden, Kew, dio inicio un programa de reintroducción del material vegetal a México a través de la Universidad Nacional Autónoma de México. Para este fin, se repatriaron plantas *in vitro* de un clon estéril, donde se continuó con su propagación y miras a la posible reintroducción al medio silvestre (Hind y Fay; 2003; Rice, 2017).

La propagación, mejoramiento genético e investigación integral son claves para la preservación de esta especie, por lo cual en la Universidad Autónoma Chapingo, puso en marcha un programa de propagación, mejoramiento genético y uso de varias especies del género *Cosmos*, incluyendo *C. atrosanguineus*. En esta línea, con el objetivo de resguardar el material vegetal se ha llevado a cabo su traslado al Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales *in vitro* del Centro Nacional de Recursos Genéticos de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

En México la planta es conocida casi en exclusivo por los grupos de investigadores que la estudian y que buscan la reintroducción a su medio o que están haciendo mejoramiento genético para colocarla en el mercado. A pesar de ser endémica en territorio nacional, es muy conocida en Bélgica y Países Bajos, donde se encuentra en venta en mercados de flores (figura 1).

En algunos países del lejano oriente, como Japón, se sabe que ha sido usada en bodas como ramo para novias. Incluso, un manga (historietas japonesas) lleva por nombre *Cosmos chocolate* y está inspirado en el aroma a chocolate de esta flor (NovelCool, 2022).



FIGURA 1

Plantas de Cosmos chocolate en venta

Fuente: fotografía tomada en un mercado de flores, Gante, Bélgica, 2015.

2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Cosmos chocolate (*C. atrosanguineus*) es una especie que pertenece al género *Cosmos*. Su nombre se debe a su fragancia similar al chocolate, la cual desprenden las flores durante la producción de polen. Es endémica en México y se distribuye en zonas de bosque pino-encino en los estados de Hidalgo, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí con altitudes de 1 800 msnm a 2 450 msnm (figura 2) (Castro-Castro *et al.*, 2014; Rice, 2017).

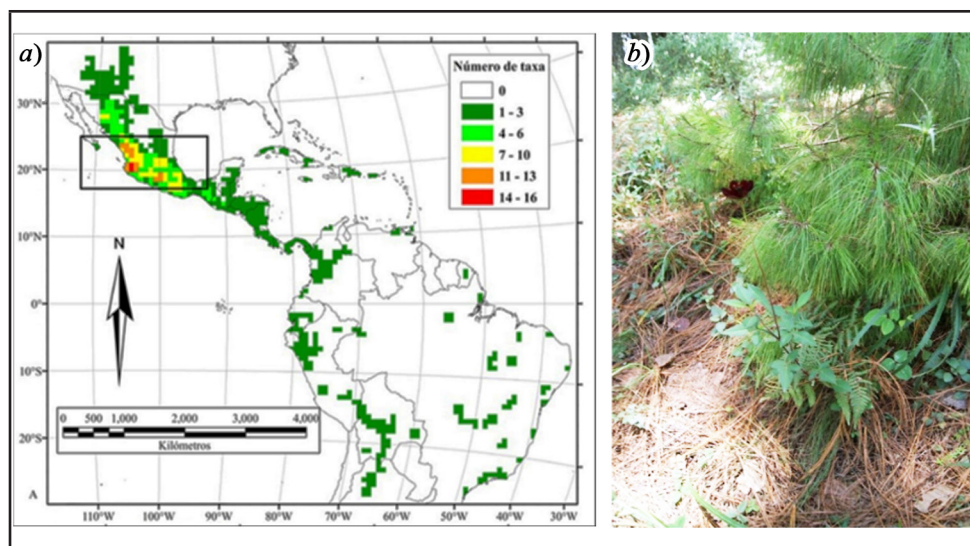


FIGURA 2

Distribución y hábitat silvestre de Cosmos chocolate

Fuente: a) Vargas *et al.* (2013), b) fotografía tomada en Sierra de Zimapán, Hidalgo, México.Nota: a) Distribución del género *Cosmos*. b) Hábitat silvestre de Cosmos chocolate (*C. atrosanguineus*).

El género *Cosmos* se encuentra conformado por 35 especies, las cuales se encuentran distribuidas desde el suroeste de Estados Unidos de América hasta el norte de Argentina. En el mapa de la figura 2 se observa la distribución y la riqueza en el número de taxones de las especies del género *Cosmos* por área geográfica. Este mapa se obtuvo a partir de

una base de datos construida con la información contenida en los diferentes herbarios físicos y electrónicos de diversas instituciones en Estados Unidos de América, Centroamérica y Sudamérica. En este sentido, con el uso de programas de cómputo, SIG y cartografía digital se logró determinar la distribución y riqueza de estas especies.

Se encuentra dividido en tres secciones (C. sección *Cosmos*, C. sección *Mesinenia* y C. sección *Discopoda*), categorizadas de esta manera por el hábito de crecimiento. En la sección *Cosmos* se agrupan ocho especies con la característica de ser hierbas anuales con altura entre 0.5 y 2.5 m, presencia de flores liguladas de color naranja, amarillo, rosa o blanco. En la sección *Mesinenia*, se agrupan cinco especies, son hierbas sufrútices perennes, erectas de 0.6-1.3 m de altura, base leñosa y engrosada, de raíces adventicias robustas al igual que la sección *Cosmos*, las flores liguladas presentan varios colores. En la sección *Discopoda* se agrupan 22 especies. Se trata de hierbas perennes de 0.3-1.5 m, de altura, con raíces tuberosas fasciculadas con el potencial de producir plantas independientes, suelen presentar variación foliar y las flores liguladas en su mayoría rosadas, violetas, lilas, púrpuras o atropurpúreas. Esta sección es extremadamente variable, ya que las características vegetativas y reproductivas se sobreponen y hacen difícil establecer los límites de cada especie (Castro-Castro *et al.*, 2013; Castro-Castro *et al.*, 2014; Vargas-Amado *et al.*, 2013).

C. atrosanguineus está clasificada como parte del género *Cosmos* en la sección *Discopoda*. Sin embargo, cuando fue colectada por primera vez en México se le clasificó dentro de otros géneros como *Bidens* y *Dahlia*, por lo que ha tenido diferentes nombres científicos como *Dahlia zimapani*, *C. diversifolius* var. *atrosanguineus* y *Bidens atrosanguineus* (Oku *et al.*, 2008; Rice, 2017; Sherff, 1932).

Hind y Fay (2003) y Sherff (1932) describen la morfología de la especie *C. atrosanguineus* de la siguiente forma: es una planta perenne que desarrolla raíces tuberosas con una longitud de 3 cm y entre 1.5-3 cm de diámetro (figura 3a).

a) Inflorescencia: capítulos terminales y axilares solitarios sobre pedicelos alargados de 35-50 cm de largo, 2-4 mm de diámetro, por lo general escaposo rara vez con una o dos brácteas muy reducidas, muy estrechamente lanceoladas, hasta 1.5 cm de largo \times 3 mm de ancho, de color púrpura oscuro, excepto hacia el ápice donde se vuelve verdoso. Los capítulos radiados, heterógamos, de 4 cm de diámetro, conspicuos por las flores liguladas que se extienden casi sin tubos y la columna central de flores del disco erectas rodeadas por un anillo de páleas de color marrón rojizo completamente oscuro (figura 3c, d).

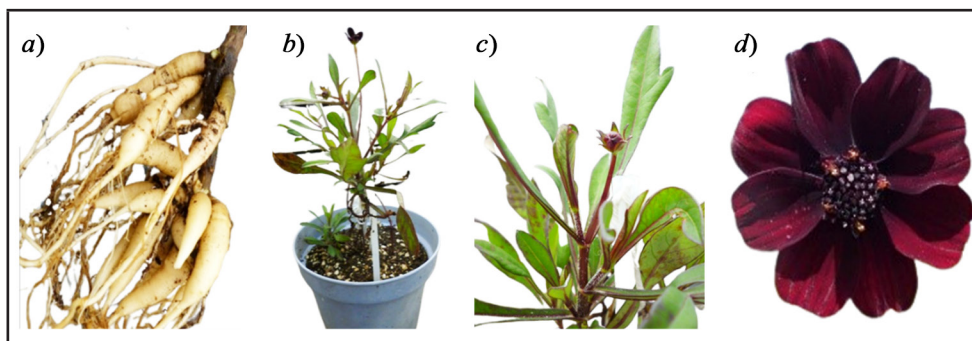


FIGURA 3

Morfología de *C. atrosanguineus*

Fuente: fotografías propias tomadas en los invernaderos.

Nota: a) raíz tuberosa, b) planta en floración, c) botón floral, d) inflorescencia de *Cosmos chocolate*. Por lo general pubescentes en la parte inferior y en las ramas florales, pero glabros en la parte superior de la mayoría. Con frecuencia poseen brotes vegetativos y florales jóvenes con hojas pecioladas simples, hojas posteriores conspicuamente pinnadas con dos o tres pares de folíolos sobre un raquis estrechamente alado y con un lóbulo terminal conspicuo simple, o a veces lobulado, ápice del lóbulo obtuso a redondeado, de 5 cm de largo \times 2 cm de ancho (figura 3b).

b) Involucro: al principio ancho y superficialmente ciatiforme que se convierte eventualmente en pateliforme o casi plano de 2 cm de diámetro (figura 4).

c) Filarias: biseriadas, 10 filarias externas de 9 mm de largo \times 2.8-3 mm de ancho, extendidas, uniformemente verdes, filarias internas 10, de 9-11 mm de largo \times 3.5-4 mm de ancho, verdes en la base y violáceas hacia los ápices, márgenes enteros, ápices agudos, a menudo redondeados, con las mitades superiores recurvadas hacia las filarias externas, receptáculo plano a ligeramente convexo, pálido.

d) Flores liguladas, generalmente 8, uniseriadas, eventualmente deciduas dejando la columna central de las flores del disco, extremidad radial de 15-20 mm de largo \times 10 mm de ancho, obovadas, lóbulos muy variables, comúnmente con dos o tres; si tienen dos lóbulos, los lóbulos son poco profundos; si tienen tres lóbulos, entonces el lóbulo central es ligeramente más largo que los dos externos, con un intenso color marrón rojizo oscuro (mucho más oscuro que el color de la carta de colores RHS CC Greyed-Purple 187A, pero con un toque de marrón rojizo), márgenes enteros excepto por el ápice ligeramente bilobulado, de escasa a moderada pubescencia sobre la nervadura y generalmente más denso hacia la base de las venas, tres venas prominentes (una para cada lóbulo), con varias venas menores prominentes a través del limbo, lámina del limbo glabra, el limbo al principio aparece negro arriba pero con toques de rojo oscuro, tubo de la corola de 0.5 mm de largo, moderadamente pubescente con largos pelos multicelulares uniseriados, aquenio rudimentario (figura 3d).

e) Flores del disco: 40, hermafroditas, presumiblemente fértiles en el material original, pero aparentemente estéril en todo el material cultivado, tubo de la corola de 2 mm de largo, verde, la porción inferior glabra luego de escasa a moderadamente pubescente, cuello de la corola de 4-4.5 mm de largo, ensanchándose gradualmente hasta la base de los lóbulos desde 0.8-1.5 mm de diámetro, verdoso en la base que pasa rápidamente de rosa a marrón rojizo oscuro en la mitad superior, muy escasamente pubescente por fuera, lóbulos de la corola de 1 mm de largo \times 1 mm de ancho, anchamente triangulares, ápices agudos, al principio pubescentes y glabros en la madurez, cilindro de la antera parcialmente extraído del tubo de la corola, teca de la antera de color marrón negruzco, apéndices apicales de la antera estrechados en la base y expandidos en un apéndice ondulado con márgenes de color marrón rojizo con un centro sólido de color marrón negruzco, filamentos de la antera adheridos a la base del tubo de la corola, glabros en la base, pero pubescente moderadamente en el tercio medio, glabros en el tercio superior y constreñidos debajo del collar de la antera, base del estilo glabra y rodeada por un nectario en forma de collar, eje del estilo glabro, verde amarillento en la base que se torna marrón rojizo oscuro a aparentemente negruzco en el ápice, brazos del estilo extendidos, de color marrón rojizo oscuro.

f) Aquenios: inmaduros e infértiles/estériles en material cultivado, cuerpo de 13 a 20 mm de largo, papus de 2-3, polen abundante, amarillo (Hind y Fay, 2003).

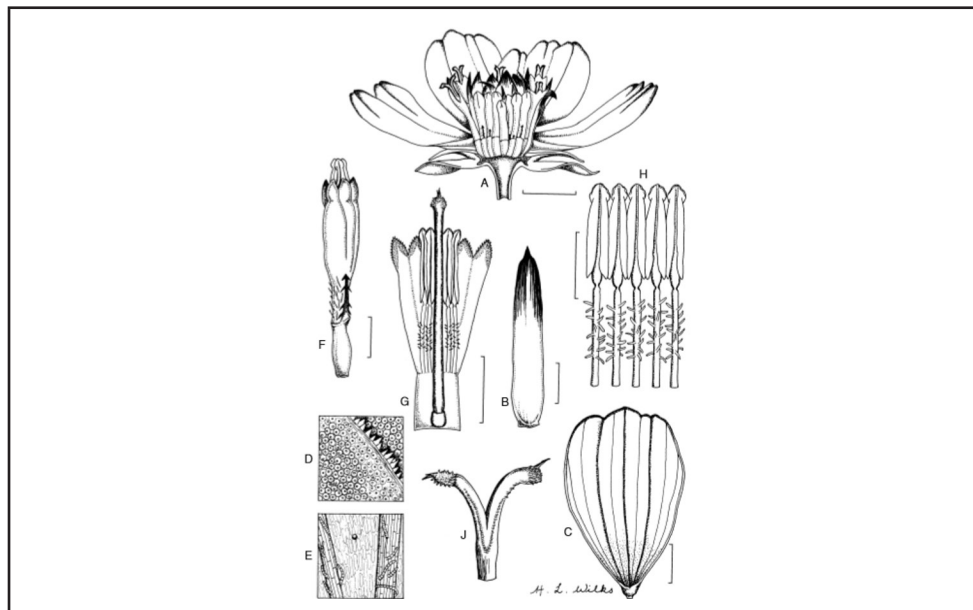


FIGURA 4

Morfología floral de *C. atrosanguineus*

Fuente: Hind y Fay (2003).

Nota: A = capítulo, B = pálea, C = flor ligulada, D, E = superficie superior e inferior respectivamente de la flor ligulada, F = flor tubular, G = corola abierta de la flor tubular, H = cilindro de la antera abierto, J = brazos de estilo.

3. GENERACIÓN DE VARIEDADES

En 1860 se realizó la primera colecta de semilla en Zimapán, Hidalgo, que llegaría a manos de William Thompson, el fundador de Thompson & Morgan Seed Company, Ipswich, Inglaterra, y a Eduard Ortgies del Botanical Garden de la Universidad de Zurich, donde comenzó la siembra y más tarde su comercialización (Hind y Fay, 2003; Poulter y Butler, 2019; Rice, 2017).

Entre 1885 y 1942 se mantuvo en el catálogo de Thompson & Morgan la venta de semillas de la especie bajo el nombre de *C. diversifolius atrosanguineus* y de un cultivar llamado *King of the Blacks*. Posterior a 1942, desaparecieron del catálogo, e incluso se dejaron de cultivar (Poulter y Butler, 2019; Rice, 2017).

Más adelante, Russell Poulter, un genetista de la Universidad de Otago, Nueva Zelanda, cultivó un pequeño lote de plantas del clon comercial estéril. En 1990 reportó la producción de semillas de una planta que dio lugar a dos plantas más, las cuales servirían para empezar un programa de cruzamiento que le permitió en 1995 seleccionar y someter a registro la variedad *pinot noir* a la oficina de registro y protección de variedades vegetales (Plant Variety Rights Protection) de Nueva Zelanda (Poulter y Butler, 2019).

En 2006, Chocamocha fue la siguiente variedad que desarrolló Thompson & Morgan, producto de una hibridación con otra especie desconocida (figura 5). Esta variedad fue ampliamente cultivada y aceptada en Europa y Estados Unidos de América, ya que presentaba características sobresalientes como un hábito mejorado, floración consistente y mantenía la fragancia a chocolate y el color característico de la especie (Amamiya e Iwashina, 2016; Rice, 2017).



FIGURA 5
Aspecto visual de la inflorescencia de *C. atrosanguineus* Chocamocha
Fuente: Rice (2017).

Las plantas del genetista Poulter se emplearon como base para Keith Hammett, otro mejorador neozelandés, para desarrollar tres variedades a través de la selección y cruzamiento de individuos con miras en la propagación comercial por cultivo de tejidos en 2008 y que han sido introducidos recientemente al mercado. Tales variedades son Dark Secret (designación en Estados Unidos de América; Coco Chanel, en Nueva Zelanda, seleccionada en 2009 e introducida en 2015) (figura 6), Eclipse (la variedad con el pedúnculo floral más largo, 80 cm, y vigor excepcional, considerada la mejor variedad para flor de corte, fue introducida en 2016) y Spellbound (de las selecciones de Hammett, es la que presenta la fragancia más intensa a chocolate, fue introducida al mercado en 2015). Mystique es la designación comercial de una cuarta selección del mejorador Hammett que aún no ha sido protegida ni liberada (Poulter y Butler, 2019; Rice, 2017).

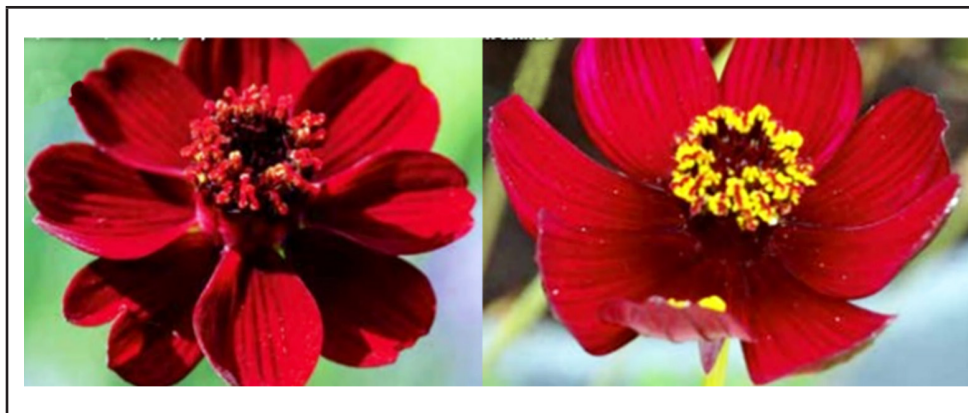


FIGURA 6

Inflorescencias de *C. atrosanguineus*

Fuente: Rice (2017).

Nota: a) Dark Secret y b) Spellbound.

En 2004, Georg Uebelhart, el gerente general de la compañía Jelitto, recibió una cabezuela con semillas fértiles de un jardín privado de Nueva Zelanda (supuestamente no relacionado con *pinot noir*). Con este material emprendió un programa de cruces que llevaron a la generación de la variedad Black Magic (figura 7) y a su registro y colocación en el catálogo de la empresa en 2016, mismo año en el que la organización Fleuroselect escogió a Cosmos como la planta del año en el Reino Unido. Las flores de esta gama son variables, es decir, la forma y cantidad de pétalos no es homogénea; sin embargo, se consideró lo suficientemente única para ser registrada (Jelitto, 2016; Rice, 2017).

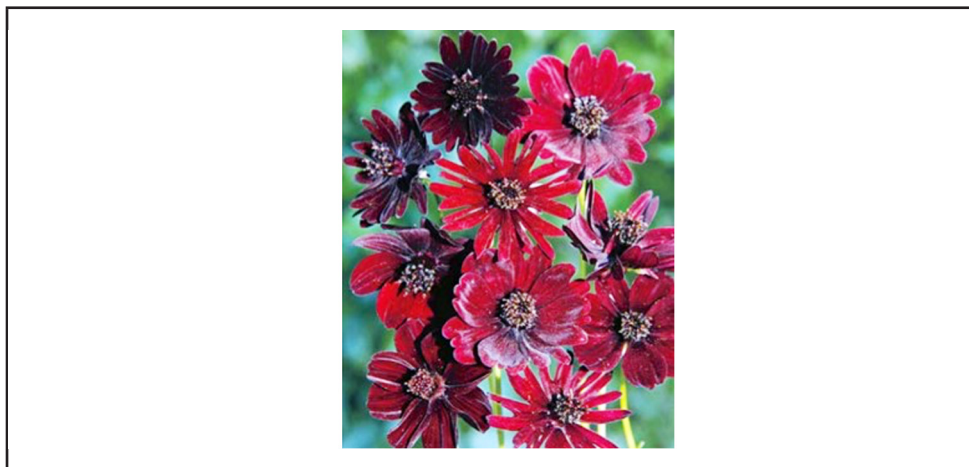


FIGURA 7

Inflorescencias de *C. Atrosanguineus* Black Magic

Fuente: Rice (2017).

C. atrosanguineus New Choco es una variedad obtenida a partir de la polinización abierta con flores de cosmos amarillos (*C. sulphureus*) que hizo Takayoshi Oku en 2003 en Japón, y que posteriormente se liberó en 2008. Para lograrlo, fue necesario el rescate y cultivo de embriones. Entre las características destacables de esta variedad, se encuentra su moderada fragancia a chocolate, flores rojo carmesí (figura 8), presencia de raíces tuberosas como *C. atrosanguineus* y es relativamente tolerante a la cenicilla como lo es *C. sulphureus* (Mii, 2012; Oku *et al.*, 2008; Shaw, 2015).



FIGURA 8

Inflorescencia de *C. atrosanguineus* × *C. sulphureus* New Choco

Fuente: Oku *et al.* (2008).

Por su parte, Gómez-Pedraza *et al.* (2019b) lograron obtener semillas como resultado de la hibridación interespecífica entre *C. atrosanguineus* y *C. purpureus*. El individuo de la especie *C. atrosanguineus* era de un clon cultivado *in vitro* proveniente del Jardín Botánico de Kew. Los caracteres morfológicos corroboraron el intercambio genético entre las dos especies debido a que el color de la flor y la morfología foliar mostraron características intermedias a los dos progenitores. De igual manera, es muy interesante mencionar que los híbridos presentaron una bifurcación en el pedúnculo floral, característica presente en *C. purpureus* pero no en *C. atrosanguineus*.

4. PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS DEL GÉNERO COSMOS

Se han encontrado en distintas especies del género *Cosmos* propiedades nutraceuticas y medicinales, dado que es una fuente rica de flavonoides, carbohidratos, fenoles, minerales, proteínas, vitaminas, ácido ascórbico, quercitina, taninos y ácido clorogénico (Bunawan *et al.*, 2014; Cheng *et al.*, 2015). Estos compuestos han mostrado tener actividad antidiabética, antihipertensiva, antiinflamatoria, antimicrobial, antígenotóxica, anticancerígena y antioxidante. En la medicina tradicional se consumen principalmente para curar enfermedades infecciosas ictericia y fiebre; también presentan actividad larvicida, pupicida e insecticida (Jadav y Gowda, 2017; Jang *et al.*, 2008; Modise y Ashafa, 2016).

Por otro lado, Hernández-Pineda *et al.* (2018) reportan que al suplementar la dieta en vacas lecheras con dosis bajas de materia seca de plantas de *Cosmos* (0.5 kg de materia seca/vaca/día) se redujo la producción de metano ruminal y no se afectaron los parámetros de producción animal; esta propiedad se atribuye al alto contenido y al tipo de taninos totales que constituyen a las plantas de estas especies. Por su parte, Amamiya e Iwashina (2016) registran el aislamiento de algunas antocininas en flores liguladas de *C. atrosanguineus* Chocamocho, entre las que se incluyen cianidina (3-O-glucósido, 3-O-rutinósido), cianidina (3-O-malonilglucósido), pelargonidina (3-O-glucósido y 3-O-rutinósido) y flavanonas (apigenina 7-O-glucurónido, crisoeriol 7-O-glucurónido y luteolina 7-O-glucurónido). De forma adicional, estos mismos autores mencionan la presencia de chalcona en cuatro híbridos interespecíficos obtenidos de la cruce con *C. sulphureus*, pero no Chocamocho.

En la especie *C. atrosanguineus* y las variedades con flores en tonos más oscuros se ha constatado la mayor concentración de antocianinas totales, aunque como pigmentos menores (las antocianinas pelargonidina 3-O-glucósido y pelargonidina 3-O-rutinósido) que en el cultivar más anaranjado y mínima o nula concentración de chalcona (buteina 4'-O-glucósido). Sin embargo, en la variedad con coloración más anaranjada la concentración de chalcona (buteina 4'-O-glucósido) y flavonas (eriodictyol 7-O-glucósido y eriodictyol 7-O-glucurónido) fue mayor que

en las otras variedades; como ya es conocido en la especie *C. sulphureus*, este último compuesto es el principal pigmento en los pétalos amarillo-naranja de sus flores (Ahmad *et al.*, 2022; Amamiya e Iwashina, 2016). De esta manera, es como la concentración relativa de antocianinas y chalcona determinan el color de las flores debido a que la chalcona se encontró en los híbridos, pero no en la variedad Chocamocha, por lo que se concluye que se deriva de *C. sulphureus* y que una mayor concentración de antocianinas resultará en flores de colores más oscuros.

5. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

La propagación de cosmos chocolate se ha hecho principalmente por dos vías: el cultivo *in vitro* y la separación de las raíces tuberosas. La especie en cuestión presenta una buena respuesta al cultivo *in vitro*, por lo que diferentes autores han diseñado protocolos para la propagación que va desde la colecta, desinfección y aclimatación *ex vitro* del material vegetal (Hosoki *et al.*, 2003; Kozak *et al.*, 2016a). Por otro lado, se encuentran los métodos de propagación más tradicionales, ya que la planta desarrolla raíces tuberosas. Asimismo, hay quien recomienda la separación de raíces tuberosas como se hace en dalia para que cada raíz dé lugar a una nueva planta (Hind y Fay, 2003). No obstante, este método es lento y poco eficiente. A continuación, se describe el cultivo de tejidos, que es vía de propagación de Cosmos más desarrollado.

5.1. Cultivo de tejidos

En 1990 los laboratorios de cultivo *in vitro* del Royal Botanic Garden, Kew diseñaron un protocolo que contemplaba la multiplicación y el enraizamiento *in vitro*. Para la multiplicación se utilizó medio Murashige & Skoog (MS) con 0.5 mg l⁻¹ de 6-Bencilaminopurina (BA) y 0.01 mg l⁻¹ de Ácido 1-Naftalenacético (ANA). Sin embargo, Hind y Fay (2003) logran un enraizamiento de plantas en medio Murashige & Skoog, pero sin el uso de reguladores de crecimiento.

Por otra parte, Hosoki *et al.* (2003) diseñaron el siguiente protocolo: realizaron la desinfección superficial de brotes cosechados con longitud de 1 cm, lavados con agua del grifo, para después desinfectarlas con hipoclorito de sodio al 0.5% y Tween® 20 (Sigma-Aldrich, USA) al 0.1% durante 10 min y enjuagados dos veces con agua estéril. Para la fase de micropropagación, aplicaron una división repetida de brotes axilares y de brotes adventicios en medio Murashige & Skoog, vitaminas, 0.8% de agar y pH 5.6, suplementando con diferentes concentraciones de BA (0, 0.44, 0.88, y 4.4 µM). Los cultivos fueron incubados a 25 °C con fotoperiodo de 16 h provisto por lámparas fluorescentes frías (52 µmol s⁻¹ m⁻²) de 40 W. Después de cinco subcultivos en medio idéntico a cada concentración de BAP se encontró que la mejor concentración de BAP para obtener brotes sanos, vigorosos y sin vitrificación fue de 0.88 µM que corresponde a 0.2 mg l⁻¹ de BA, con una producción de 3.7 microesquejes en un intervalo de 17 días.

El enraizamiento de esquejes *in vitro* lo realizaron en medio MS suplementado con 0, 0.49, 0.98 y 4.9 µM de Ácido Indol-3-butírico (AIB), en donde se logró la mayor tasa de enraizamiento (60%) a una concentración de 4.9 µM que corresponde a 1 mg l⁻¹ de AIB (Hosoki *et al.*, 2003).

Por último, la aclimatación de las plantas enraizadas se llevó a cabo en macetas que contenían suelo de textura franco-arenosa y cubriéndolas con plástico para retener la humedad, colocadas en un ambiente a 20 °C para evitar la proliferación de enfermedades; más adelante, se fueron abriendo gradualmente las cubiertas de plástico para reducir la humedad hasta eliminarlas por completo para culminar la fase de aclimatación.

Kozak *et al.* (2013b) también micropropagaron esquejes con el objetivo de determinar la influencia que tiene el tipo y la orientación en el crecimiento y desarrollo de los explantes *in vitro* de Cosmos chocolate. La fase de desinfección se completó con una inmersión en agua más hipoclorito de sodio al 0.5% durante 30 minutos y tres enjuagues posteriores con agua estéril. Para la fase de multiplicación, probaron cuatro concentraciones

diferentes de BA (0.2, 1.0, 2.5 y 5 mg l^{-1}), donde la mejor tasa de multiplicación se obtuvo con la concentración de 1 mg l^{-1} . Sobre el tipo y orientación del explante, se probaron siete tratamientos: *a*) brotes apicales con hojas, *b*) brotes apicales con hojas sin ápice meristemático, *c*) brotes apicales defoliados, *d*) brotes apicales defoliados y sin ápice meristemático, *e*) brotes apicales después de la remoción del meristemo apical y las hojas, *f*) nudos con hojas y *g*) nudos defoliados, colocando repeticiones en posición horizontal y vertical. Los resultados del estudio demostraron que la mejor respuesta a ramificación axilar fue en el tratamiento en donde se removió el ápice de brotes apicales no defoliados.

Kozak *et al.* (2016b) precisaron el efecto que tiene el BA en diferentes concentraciones (0.2, 1.0, 2.5, 5.0 mg l^{-1}) sobre la inducción y el crecimiento de brotes axilares en dos tipos de explantes (brotes apicales y segmentos nodales). Según los resultados, determinaron que la concentración de 1.0-2.5 mg l^{-1} de BA es la mejor para la proliferación de brotes axilares (6.0 y 5.1 respectivamente) obtenidos de los brotes apicales. En el caso de los brotes axilares logrados de segmentos nodales notaron que la mayor concentración de BA (5.0 mg l^{-1}) tuvo la mejor respuesta con 9.2 brotes axilares por explante. Ambos tipos de tejidos (brotes apicales y segmentos nodales) son aptos para obtener brotes axilares. Sin embargo, a partir de los segmentos nodales se puede conseguir un mayor número de brotes axilares. Sobre el crecimiento de los brotes axilares obtenidos de los segmentos nodales hubo mejor respuesta en el medio sin BA, contrario a los brotes axilares sacados de los brotes apicales donde la concentración de 1.0 mg l^{-1} de BA produjo los brotes axilares más largos.

El efecto de la calidad de la luz sobre el crecimiento y desarrollo de brotes *in vitro* de *C. atrosanguineus* también ha sido evaluado. Kozak *et al.* (2016a) describieron el efecto de la aplicación de diferentes colores de luz (blanca, azul, amarilla y roja) sobre el crecimiento (longitud y peso fresco) de brotes primarios y en la iniciación y crecimiento de brotes axilares utilizando medio sin reguladores de crecimiento y medio suplementado con 1.0 mg l^{-1} de BA. Observaron que los brotes primarios más largos ocurrían en el medio sin reguladores de crecimiento y la luz amarilla y azul tenían los efectos positivos más fuertes sobre esta misma variable en presencia de BA (40.8 y 38.9 mm, respectivamente); por otro lado, la luz blanca y roja tuvieron los efectos más negativos sobre el crecimiento del brote primario en especial cuando el medio estaba suplementado con BA. Para la variable de número de brotes axilares por explante no hubo diferencias significativas entre la luz blanca, amarilla y azul en presencia de BA (5.1-5.8), a diferencia de la luz roja que tuvo el efecto más débil (3.1). Por el contrario, el efecto de los diferentes colores de luz en ausencia de BA es casi nulo. Para la variable longitud de brote axilar, la luz amarilla en presencia de BA tuvo el efecto positivo más fuerte (14.9 mm) y de nuevo la luz roja en ausencia de BA fue la más débil (1 mm).

Gómez-Pedraza *et al.* (2019a) definieron la variación morfogénica en la multiplicación y enraizamiento *in vitro* de clones silvestres de *C. atrosanguineus* siguiendo dos rutas diferentes: la organogénesis directa y la organogénesis indirecta (figura 9). En el caso de la organogénesis indirecta, segmentos de hoja se sembraron en medio de cultivo suplementado con diferentes concentraciones de 2,4-D (0, 0.5, 1, 2 mg l^{-1}) y segmentos nodales sin hojas sembrados en medio suplementado con diferentes concentraciones de BA (0.5, 1, 2, 3 mg l^{-1}). Para la organogénesis directa también utilizaron segmentos nodales sin hojas sembrados en medio de cultivo con diferentes concentraciones de BA (0.5, 1, 2, 3 mg l^{-1}). En la etapa de enraizamiento se evaluó el efecto de diferentes tratamientos de sacarosa (0, 3, 6 y 9 %) y fluoroglucinol (0, 25, 50, 75, 100 mg l^{-1}). Tratamientos de fotoperiodo también se evaluaron tanto en la etapa de multiplicación como en la de enraizamiento, con tratamientos de 8, 10, 12, 14 y 16 horas luz (70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Para organogénesis indirecta, en los segmentos nodales de los dos clones silvestres evaluados no hubo formación de callo, a diferencia de los segmentos de hoja donde hubo un 50% de formación de callo con 1 mg l^{-1} de 2,4-D. Para organogénesis directa, la mejor respuesta de crecimiento en longitud del brote fue a 0.5 y 1 mg l^{-1} de BA, aunque también en tres de los cinco clones silvestres evaluados, en la concentración de 1 mg l^{-1} de BA se produjo callo, por lo que esto mostró que los genotipos silvestres muestran diferentes respuestas a los fitorreguladores y que dependiendo el objetivo debe desarrollarse un protocolo especial para cada clon silvestre. En la etapa de enraizamiento, el incremento en la

concentración de sacarosa (6 y 9 %) aumentó el número de raíces por explante, pero disminuyó la longitud de las raíces, así como la longitud del brote, el tratamiento de 6% de sacarosa resultó en brotes de mejor vigor. El mejor tratamiento de fluoroglucinol fue de 50 mg l^{-1} , en el cual se obtuvo el triple número de raíces por explante (29.6), a diferencia del tratamiento sin fluoroglucinol (11.1 raíces). Los tratamientos de fotoperiodo no mostraron diferencias significativas en la etapa de multiplicación y enraizamiento.

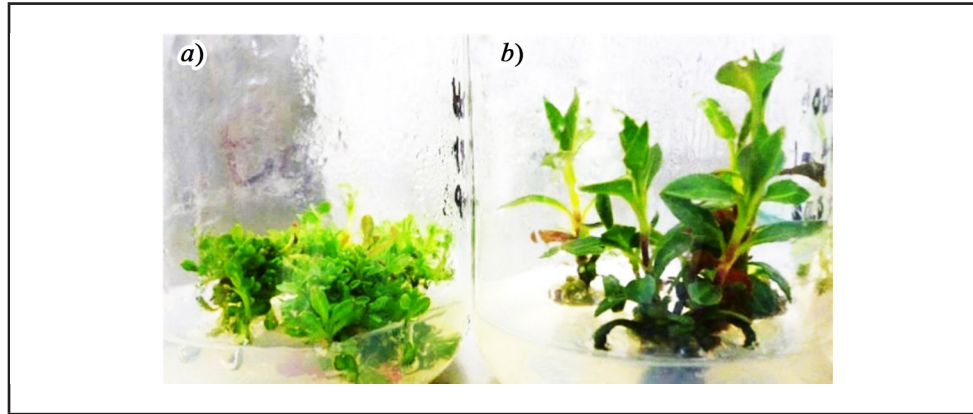


FIGURA 9

Variación morfofogenética *C. atrosanguineus*

Fuente: fotografía propia tomada en el laboratorio de cultivo de tejidos y células vegetales de la Universidad Autónoma Chapingo.

Nota: a) Organogénesis indirecta, b) organogénesis directa *in vitro* de *C. atrosanguineus*.

Kozak *et al.* (2013a) evaluaron el efecto de diferentes agentes de solidificación de medio de cultivo (Agar-Agar Sigma, Lab-Agar Biocorp, Bacto-Agar Difco y Gelrite) y medio de doble fase (adición de agua al medio de Agar-Agar a las 4 semanas) en el crecimiento y desarrollo de *C. atrosanguineus in vitro*. El medio con Gelrite fue el tratamiento que tuvo mejores resultados en el crecimiento y desarrollo tanto de los brotes primarios (30.4 mm de longitud) como del número y crecimiento de los brotes axilares (5.4 brotes axilares de 13.2 mm de longitud). En la comparación del medio con agar y el medio de doble fase hubo mayor crecimiento del brote principal de 27.8 mm con agar a 33 mm de longitud con medio de doble fase y del número de brotes axilares de 4.7 con agar a 7.4 con medio de doble fase. En cuanto al crecimiento de los brotes axilares fue similar; sin embargo, el peso fresco de los explantes en medio de doble fase se duplica. Por otra parte, también se han desarrollado metodologías para la criopreservación de brotes apicales (Wilkinson *et al.*, 2003) y para el rescate *in vitro* de embriones de cosmos chocolate (Oku *et al.*, 2008).

6. CONDICIONES AMBIENTALES Y MANEJO AGRONÓMICO

Algunos autores como Hind y Fay (2003) mencionan que la mejor forma de tratar esta especie es exactamente igual a como se trataría a una dalia. En una zona templada es posible dejar las raíces tuberosas en el suelo; sin embargo, para evitar pérdidas por pudrición o algún otro problema es mejor levantarlas del suelo en otoño antes de la primera helada, secarlas y almacenarlas en turba hasta plantarlas de nuevo en primavera.

6. 1. Luz: manejo del fotoperiodo

De *C. bipinnatus* se ha encontrado que es una planta facultativa de día corto con un fotoperiodo crítico entre 12 y 16 h. Es decir, es de día corto porque crece vegetativamente en días largos y florece cuando el periodo de luz diaria es acortado a menos de 14 h y es facultativa porque florecerá, ya sea en días cortos o largos, pero lo harán más rápido cuando se desarrollan en días cortos (Dole, 2015; Erwin y Warner, 2002; Mukesh y Brij, 2015).

La floración natural en *Cosmos* ocurre bajo condiciones de día largo relativamente a finales del verano (*C. bipinnatus* florece en el Valle de México a finales de agosto). El fotoperiodo para la floración óptima en *C. bipinnatus* es menor a 14 h por día (Halevy, 1985).

C. sulphureus es una planta obligada de día corto, es decir, que florecerán únicamente cuando los días sean más cortos que la noche (Kanellos y Pearson, 2000).

C. atrosanguineus, contrario a *C. bipinnatus* y *C. sulphureus*, es una planta facultativa de día largo (Kanellos y Pearson, 2000). Kanellos y Pearson (2000) mencionan al respecto que el fotoperiodo afecta de forma significativa a la floración, ya que las plantas al ser expuestas a fotoperiodo de 17 horas, florecieron a los 124 días, mientras que, con una exposición de solo 8 horas, la floración se presentó a los 157 días, siendo una diferencia de 33 días a floración entre los fotoperiodos corto y largo.

Se ha reportado una tendencia a aumentar la altura de las plantas con fotoperiodo largo, de 11.4 cm en fotoperiodo corto (8 h) a 25 cm en fotoperiodo largo (17 h). Este comportamiento de igual forma fue observado con respecto al peso fresco, el cual aumentó en siete veces en las plantas expuestas a fotoperiodo largo, de 12.4 g (8 h luz) a 95 g (17 h luz) (Kanellos y Pearson, 2000).

6. 2. Efecto de la temperatura sobre los procesos vegetativos y reproductivos

Para incrementar el porcentaje de germinación de *Cosmos*, se recomienda una temperatura del suelo entre 21 y 24 °C, donde se requieren de siete a catorce días para germinar. A temperaturas superiores a 27 °C o inferiores a 15 °C, la germinación se reduce de forma drástica (Hanse y Drost, 2020).

Kanellos y Pearson (2000), al evaluar el tiempo de emergencia de brotes de *C. atrosanguineus* a partir de la siembra y exposición de raíces tuberosas a diferentes tratamientos de temperatura, observaron que el tiempo puede ser disminuido mediante el uso de temperaturas altas, ya que las frías lo retrasan; es decir, a 27 °C la emergencia ocurrió a los seis días, mientras que a una temperatura de 11 °C ocurrió a los 23 días, una diferencia de 17 días. Sin embargo, las plantas que se expusieron a temperaturas más altas durante la emergencia disminuyeron su calidad, ya que se aumentó la altura de 10 a 14.1 cm, a 11.5 °C y 27.2 °C, respectivamente.

La temperatura tuvo un pequeño, pero significativo efecto en el tiempo a floración. A los 13 °C las plantas florecieron a los 89 días, mientras que a 21.5 °C florecieron a los 80 días; sin embargo, un incremento en la temperatura superior a los 21.2 °C provoca ligeros retrasos en la floración (Kanellos y Pearson, 2000).

En el caso del tamaño final de la flor se ve un efecto más directo de la temperatura. Las temperaturas altas tuvieron un efecto de disminución en el área floral, a 12.8 °C el área floral fue de 17.4 cm², mientras que a 25.7 °C el área fue de 8.8 cm² (Kanellos y Pearson, 2000).

El efecto que tuvo el aumento de la temperatura sobre la altura de la planta en la primera floración fue el efecto más llamativo, puesto que al aumentar la temperatura de 13 °C a 26 °C se duplicó la altura de la planta en floración de 12 cm a 26.5 cm. Sin embargo, las plantas de todos los tratamientos florecieron en el entrenudo 7-8 (Kanellos y Pearson, 2000). Esto indica que hay pocas ventajas en el uso de temperaturas altas. Kanellos y Pearson (2000) consideran que un sistema de producción en dos fases parece ser el más eficiente: durante la primera fase la temperatura debe ser templada, hasta la emergencia de los brotes, partiendo de la siembra de raíces tuberosas, y luego reducida junto con tratamientos de día largo para evitar la posterior pérdida de calidad final de la planta y la disminución del tiempo a floración.

6. 3. Sustratos

Cosmos chocolate se adapta a suelos bien drenados y poco fértiles, de ahí que no se requiere mucha preparación del suelo, es decir, simplemente rastrillar a través de la cama antes de la siembra para aflojar el suelo y eliminar malezas.

Por ende, puede proliferar en áreas secas del jardín y la floración se reduce si se riega en exceso, así que, una vez que emergen las plántulas, es necesario reducir el agua a una vez por semana, a profundidad. No se requiere fertilizar Cosmos. Suelos ricos en nutrientes producen plantas de tallo débil, floración tardía y escasa. Es primordial evitar sembrar en suelos con alto contenido de materia orgánica o con antecedentes de poseer nutrientes residuales de una alta fertilización (Hansen y Drost, 2020; Hind y Fay, 2003).

6. 4. Manejo agronómico

En general, el manejo agronómico que se debe dar a las plantas de Cosmos chocolate es el siguiente: plantar a pleno sol en suelos moderadamente fértiles y bien drenados, ya que son intolerantes a los suelos húmedos y arcillosos. Se recomienda aplicar riego de forma regular mientras la planta desarrolla sus raíces y luego ocasionalmente durante los meses de verano. En climas fríos, concluida la floración, es recomendable levantar y almacenar las raíces tuberosas en turba apenas húmeda en un lugar fresco y seco para evitar daños por bajas temperaturas o deshidratación (Hind y Fay, 2003).

Algunas empresas dedicadas a la venta de semillas y plantas como Thompson & Morgan Seed Company (Ipswich, Reino Unido) o Jelitto (Kentucky, Estados Unidos de América), proveen especificaciones para las variedades que ofertan. A continuación, se describen:

a) *C. atrosanguineus* Chocamocha de Thompson & Morgan: se recomienda como planta de pleno sol. Por lo tanto, es deseable establecer de forma previa a las plantas en macetas en condiciones cálidas y libres de heladas hasta que puedan alcanzar un desarrollo suficiente y puedan soportar su trasplante al aire libre. Al reducir de forma drástica el riesgo de heladas tardías, se sugiere aclimatar a las plantas gradualmente a condiciones exteriores entre siete y diez días previos al trasplante en camas de siembra, bordes o contenedores. Es determinante elegir una posición a pleno sol en cualquier suelo húmedo y bien drenado. Esta variedad es mucho más corta que otros cultivares, por lo que no requiere tutorio (Thompson y Morgan, 2022a).

b) *C. atrosanguineus* Dark secret de Thompson & Morgan: se recomienda como planta de sol o semisombra. Es una planta bastante tolerante a la sequía, ya que su cultivo es anual, pero en áreas muy templadas existe la posibilidad de que sea perenne. Se puede pasar el invierno si se cultiva en contenedores y se mantiene en condiciones libres de heladas. El sustrato se debe mantener apenas húmedo durante los meses de invierno (Thompson & Morgan, 2022b).

c) *C. atrosanguineus* Spellbound de Thompson & Morgan: se recomienda como planta de pleno sol. Plantar entre otras plantas perennes para sostener sus tallos, ya que es alta en comparación con otras variedades (Thompson & Morgan, 2022c).

d) *C. atrosanguineus* Black Magic de Jelitto es una planta de germinación rápida. Es vital mantener la semilla en humedad constante (sustrato no saturado) con temperaturas de alrededor de 20 °C, así como también mantener a las plántulas en condiciones más frescas después de la germinación (Jelitto, 2022).

6. 5. Plagas y enfermedades

En el Valle de México una de las enfermedades que se presenta con mayor frecuencia en Cosmos chocolate es la cenicilla y ocurre en condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa. Al respecto, Enciso-Maldonado *et al.* (2020) identificaron que el hongo causante de este tipo de cenilla en *C. atrosanguineus* es *Golovinomyces ambrosiae*.

Se han observado otros problemas de sanidad, pero el principal es causado por la mosquita negra llamada también *fungus nat*, *moscas esciáridas* o *mosquito del mantillo* (*Bradysia* spp.), que es la plaga más severa que ataca a Cosmos chocolate. Se desarrolla en espacios húmedos y prospera sobre todo en los invernaderos durante la propagación

y la producción de planta joven. Las larvas se alimentan de las raíces y los pelos radicales provocando la muerte de la planta, por lo que representan un mayor peligro que los adultos. Sin embargo, los adultos son capaces de transmitir enfermedades fúngicas como *Verticilium*, *Fusarium* y *Thielaviopsis*. Existen algunas otras plagas que no representan un problema grave para cosmos chocolate, como la mosquita blanca, trips, pulgones, y araña roja.

7. COMERCIALIZACIÓN

Se trata de una planta muy versátil, puesto que puede ser comercializada como planta para jardín, maceta o para flor de corte. Algunas casas semilleras establecidas en Reino Unido, Estados Unidos de América, Japón y Nueva Zelanda la tienen dentro de sus catálogos de venta plantas y semillas.

C. atrosanguineus Chocamocha de Thompson & Morgan tiene a la venta un set de tres plantas en cepellón por £7.99 (\approx 160 pesos mexicanos por cada planta en cepellón) (Thompson & Morgan, 2022a).

C. atrosanguineus Dark Secret de Thompson & Morgan ofrece una planta en maceta por £11.99 (\approx 270 pesos mexicanos por planta en maceta) (Thompson & Morgan, 2022b).

C. atrosanguineus Spellbound de Thompson & Morgan pone a disposición una planta en maceta por £10.99 (\approx 250 pesos mexicanos por planta en maceta) (Thompson & Morgan, 2022c).

C. atrosanguineus Black Magic de Jelitto propociona 1 g de semillas por €32 (1 g = 110 semillas) (1 g de semillas por aproximadamente 640 pesos mexicanos) (Jelitto, 2022).

PROSPECTIVA

El reconocimiento del potencial florístico de México es el primer elemento que se debe considerar para uso y conservación de los recursos fitogenéticos endémicos y no endémicos. No obstante, la escasa disponibilidad e información básica, las actividades antropogénicas (urbanización, deforestación, ganadería extensiva, minería, entre otros) y el cambio climático constituyen factores de riesgo para la pérdida o en extremos la extinción de la biodiversidad florística en México, incluyendo a Cosmos chocolate. A diferencia de lo que ocurre con otras especies ornamentales endémicas de nuestro país (dalia, flor de nochebuena, cempasúchil, entre otras), donde han surgido diversos programas de mejoramiento genético y de conservación (públicos y privados). En el caso particular de Cosmos chocolate, las perspectivas no son tan alagadoras y de continuar con esta tendencia se incrementa el riesgo de extinción. Una de las primeras estrategias para cambiar esta situación es el diseño de proyectos de inversión a largo y mediano plazo que impliquen la conservación *ex situ* e *in situ* con la participación conjunta tanto de organismos gubernamentales, privados y la población nativa de las regiones donde esta especie se desarrolla de forma natural. De forma subsecuente, se debe plantear la posibilidad de participación de las universidades y centros públicos de investigación para el aprovechamiento de la riqueza genética y mejorar las expectativas de conservación. Así, este manuscrito constituye un paso significativo para la difusión y conocimiento de esta notable especie ornamental endémica, pero escasamente valorada en México.

CONCLUSIONES

El género *Cosmos* se encuentra constituido por 35 especies con gran potencial de ser aprovechadas como plantas ornamentales, incluyendo *C. atrosanguineus*. A pesar de su condición de endemismo, de Cosmos chocolate, no se encuentran registros de su aprovechamiento, lo que obedece a desconocimiento general y a la preferencia por otras especies con mayores referencias (rosal, gerbera, tulipán, lilis, heliconias, entre otras), o incluso aquellas de importación que son exóticas, como las orquídeas. Tanto es así la condición desfavorable para esta especie en nuestro país que aspectos como el mejoramiento e información de manejo agronómico

se han desarrollado en Estados Unidos de América, Reino Unido, Países Bajos y en lugares tan lejanos como Japón y Nueva Zelanda, por lo que en el ámbito nacional es escasa o nula la experiencia y presencia como cultivo comercial.

Por otro lado, Cosmos chocolate no solo muestra potencial como planta ornamental, sino que posee una serie de atributos que aún no han sido explorados, incluyendo sus cualidades nutraceuticas, medicinales e industriales de sus inflorescencias, hojas y raíces tuberosas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de forma puntual a los revisores de CIENCIA *ergo-sum* por la aportación de sus valiosas observaciones y sugerencias, las cuales permitieron mejorar la estructura, presentación y alcance de este artículo. Por otro lado, se agradece el apoyo técnico y administrativo otorgado por la Universidad Autónoma Chapingo y la Universidad Autónoma de Chihuahua. Asimismo, la primera autora agradece al pueblo de México que a través del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt), otorgó la beca para sus estudios de Doctorado en Ciencias en Horticultura.

REFERENCIAS

- Ahmad, S., Chen, J., Chen, G., Huang, J., Zhou, Y., Zhao, K., Lan, S., Liu, Z., & Peng, D. (2022). Why black flowers? An extreme environment and molecular perspective of black color accumulation in the ornamental and food crops. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 885176. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.885176>
- Amamiya, K., & Iwashina, T. (2016). Qualitative and quantitative analysis of flower pigments in chocolate cosmos, *Cosmos atrosanguineus*, and its hybrids. *Natural Product Communications*, *11*(1), 77-78. <https://doi.org/10.1177/1934578X1601100122>
- Bunawan, H., Baharum, S. N., Bunawan, S. N., Amin, N. M., & Noor, N. M. (2014). *Cosmos caudatus* Kunth: A traditional medicinal. *Global Journal of Pharmacology*, *8*(3), 420-426. <https://doi.org/10.5829/idosi.gjp.2014.8.3.8424>
- Castro-Castro, A., Harker, M., Vargas-Amado, G., & Rodríguez, A. (2013). Two new species of *Cosmos* section *Discopoda* (Coreopsidae: Asteraceae) from Jalisco, Mexico. *Phytotaxa*, *146*(2), 35-49. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.146.2.1>
- Castro-Castro, A., Vargas-Amado, G., Harker, M., & Rodríguez, A. (2014). Análisis macromorfológico y citogenético del género *Cosmos* (Asteraceae, Coreopsidae), con una clave para su identificación. *Botanical Sciences*, *92*(3), 363-388. <https://doi.org/10.17129/botsci.111>
- Cheng, S., Barakatun-Nisak, M. Y., Anthony, J., & Ismail, A. (2015). Potential medicinal benefits of *Cosmos caudatus* (Ulam Raja): A scoping review. *Journal of Research in Medical Sciences*, *20*, 1000-1006. <https://doi.org/10.4103/1735-1995.172796>
- Dole, J. M. (2015). Photoperiod responses of ten specialty cut flowers. *Acta Horticulturae*, *1097*, 163-168. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1097.19>
- Enciso-Maldonado, G. A., Morales-Vázquez, B., Sanabria-Velázquez, A. D., Díaz-Najera, J. F., Zapata-Maldonado, C. I., & Fuentes-Aragón, D. (2020). First report of powdery mildew caused by *Golovinomyces ambrosiae* on *Cosmos atrosanguineus* (Hook.) Voss. *Journal of Plant Pathology*, *102*, 1345-1346. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00630-2>

- Erwin, J. E., & Warner, R. M. (2002). Determination of photoperiodic response group and effect of supplemental irradiance on flowering of several bedding plant species. *Acta Horticulturae*, 580, 95-99. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.580.11>
- Gómez-Pedraza, D. E., Mejía-Muñoz, J. M., Martínez-Solís, J., & Morales-Vázquez, B. (2019a). Morphogenetic variation in the multiplication and rooting in vitro of wild clones of chocolate cosmos (*Cosmos atrosanguineus*). *Acta Horticulturae*, 1237, 243-250. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1237.32>
- Gómez-Pedraza, D. E., Mejía-Muñoz, J. M., Morales-Vázquez, B., Peña-Ortega, M. G., & Martínez-Solís, J. (2019b). Interspecific hybridization between *Cosmos atrosanguineus* Sherff and *Cosmos purpureus* (DC.) Benth & Hook. f. ex Hemsl. *Acta Horticulturae*, 1237, 295-300. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1237.38>
- Halevy, A. H. (1985). *Handbook of flowering: Volume I*. Florida: CRC Press
- Hansen, S., & Drost, D. (2020). Cosmos in the garden. *All Current Publications. Paper 1052*. Utah State University Extension. https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/1052.
- Hernández-Pineda, G. S., Pedraza-Beltrán, P. E., Benaouda, M., Palma-García, J. M., Avilés-Nova, F., Molina, L., & Castelán-Ortega, O. A. (2018). *Pithecellobium dulce*, *Tagetes erecta* and *Cosmos bipinnatus* on reducing enteric methane emission by dairy cows. *Ciència Rural*, 48(10). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170484>
- Hind, N., & Fay, M. F. (2003). Plate 461. *Cosmos atrosanguineus* Compositae. *Curtis's Botanical Magazine*, 20(1), 40-48. <https://doi.org/10.1111/1467-8748.00369>
- Hosoki, T., Kobayakawa, H., & Ohta, K. (2003). Micropropagation of chocolate cosmos (*Cosmos atrosanguineus*) by repeated division of nodes/axillary shoots and adventitious shoots from microshoots. *Acta Horticulturae*, 625, 261-264. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.625.30>
- Jadav, K. M., & Gowda, K. N. (2017). Preliminary phytochemical analysis and in vitro antioxidant activity of *Araucaria columnaris* bark peel and *Cosmos sulphureus* flowers. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 9(4), 96-99. <https://doi.org/10.22159/ijcpr.2017v9i4.20967>
- Jang, I., Park, J., Park, E., Park, H., & Lee, S. (2008). Antioxidative and antigenotoxic activity of extracts from *Cosmos* (*Cosmos bipinnatus*) Flowers. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63(4), 205-210. <https://doi.org/10.1007/s11130-008-0086-8>
- Jelitto. (2016). *Perennial Seeds Catalogue*. <https://www.jelitto.com/out/media/bestellformulare/Catalogue2016-2017.pdf>
- Jelitto. (2022, octubre 4). *Cosmos atrosanguineus* «Black Magic». <https://www.jelitto.com/Seed/Random+browse/COSMOS+atrosanguineus+Black+Magic+Gram.html>
- Kanellos, E. A. G., & Pearson, S. (2000). Environmental regulation of flowering and growth of *Cosmos atrosanguineus* (Hook.) Voss. *Scientia Horticulturae*, 83(3-4), 265-274. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00081-3](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00081-3)
- Kozak, D., Parzymies, M., & Dabski, M. (2013a). The influence of medium solidifying agents and double-phase medium on the growth and development of *Cosmos atrosanguineus* (Hook.) Voss in vitro. *Modern Phytomorphology*, 3, 73-75. <https://doi.org/10.5281/zenodo.161990>
- Kozak, D., Pogroszewska, E., & Szmagara, M. (2013b). The influence of type and orientation of explants on in vitro growth and development of *Cosmos atrosanguineus* (Hook.) Voss. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 12(1), 41-53. <https://czasopisma.up.lublin.pl/index.php/asphc/article/view/2837>

- Kozak, D., Parzymies, M., & Ismael, B.S. (2016a). Effect of light quality on growth and development of *Cosmos atrosanguineus* (Hook.) Voss shoots *in vitro*. In M. Šlosár (Ed.), *5th International Scientific Horticulture Conference* (pp. 60-64). Slovak University of Agriculture. Nitra.
- Kozak, D., Parzymies, M., Marcinek, B., & Swistowska, A. (2016b). Effect of the type of explant and benzyladenine on growth and branching of *Cosmos atrosanguineus* (Hook.) Voss shoots *in vitro*. In M. Šlosár (Ed.), *5th International Scientific Horticulture Conference* (pp. 65-70). Slovak University of Agriculture. Nitra.
- Martínez-Damián, M., Mejía-Muñoz, J. M., Colinas-León, M. T., Hernández-Epigmenio, F., & Cruz-Alvarez, O. (2021). Nutritional value, bioactive compounds and capacity antioxidant in edible flowers of dahlia. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 20(5), 63-72. <https://doi.org/10.24326/asphc.2021.5.6>
- Mii, M. (2012). Ornamental plant breeding through interspecific hybridization, somatic hybridization and genetic transformation. *Acta Horticulturae*, 953, 43-54. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.953.6>
- Modise, S. A., & Ashafa, A. O. (2016). Larvicidal, pupicidal and insecticidal activities of *Cosmos bipinnatus*, *Foeniculum vulgare* and *Tagetes minuta* against *Culex quinquefasciatus* mosquitoes. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(5), 965-972. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i5.10>
- NovelCool. (2022, octubre 13). *Chocolate Cosmos Capítulo 1*. <https://es.novelcool.com/chapter/Capitulo-1/2827058/>
- Oku, T., Takahashi, H., Yagi, F., Nakamura, I., & Mii, M. (2008). Hybridisation between chocolate cosmos and yellow cosmos confirmed by phylogenetic analysis using plastid subtype identity (PSID) sequences. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 83(3), 323-327. <https://doi.org/10.1080/14620316.2008.11512386>
- Poulter, R. T. ., & Butler, M. (2019). The selection of a seed-bearing variety of *Cosmos atrosanguineus* (Hook.) Voss. *Acta Horticulturae*, 1263, 73-76. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1263.8>
- Rice, G. (2017). The story of *Cosmos atrosanguineus*. *Plantsman*, 16(2), 112-119. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173178326>
- Shaw, J. M. H. (2015). Nomenclatural notes on horticultural hybrids: Dahlia 'Mexican Black', *Potentilla* and other *Rosaceae*, *Stylophorum*, and *Tigridia*. *Phytoneuron*, 5, 1-5. <https://www.phytoneuron.net/2015Phytoneuron/53PhytoN-HortHybrids.pdf>
- Sherff, E. (1932). Revision of the genus *Cosmos*. *Botanical Series*, 8(6), 401-447. Field Museum of Natural History. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2630>
- Thompson & Morgan. (2022a). *Cosmos atrosanguineus Chocamocha*. <https://www.thompson-morgan.com/p/cosmos-atrosanguineus-chocamocha/T12628TM>
- Thompson & Morgan. (2022b). *Cosmos atrosanguineus Dark Secret*. <https://www.thompson-morgan.com/p/cosmos-atrosanguineus-dark-secret/T57685TM>
- Thompson & Morgan. (2022c). *Cosmos atrosanguineus Spellbound*. <https://www.thompson-morgan.com/p/cosmos-atrosanguineus-spellbound/T62205TM>
- Vargas-Amado, G., Castro-Castro, A., Harker, M., Villaseñor, J. L., Ortiz, E., & Rodríguez, A. (2013). Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (*Asteraceae: Coreopsidae*). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(2), 536-555. <https://doi.org/10.7550/rmb.31481>
- Wilkinson, T., Wetten, A., Prychid, C., & Fay, M.F. (2003). Suitability of cryopreservation for the long-term storage of rare and endangered plant species: a case history for *Cosmos atrosanguineus*. *Annals of botany*, 91(1), 65-74. doi:10.1093/aob/mcg009