

***Fragaria*: la variedad genética detrás de la fresa**

Fragaria: the genetic variety behind the strawberry

Pineda-Rojas Tania Vanessa¹, Rangel-Castillo Ana Eugenia¹, Figueroa-Vega Nicté Guadalupe², Hernández-Ruiz Jesús¹, Ángel-Hernández Arturo³, Ruiz-Nieto Jorge Eric^{1*}

¹Universidad de Guanajuato, Departamento de Agronomía, km 9 carretera Irapuato-Silao, CP. 36500, Irapuato.

²Universidad de Guanajuato, Departamento de Ciencias Médicas, No. 929 Col. Obregón, CP. 37000, León.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental la Posta, km. 34.5, Carretera Federal Veracruz - Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz.

*jorge.ruiz@ugto.mx

Resumen

El género *Fragaria*, conocido como fresas, presenta una amplia diversidad morfológica, ecológica, reproductiva y genética entre las distintas especies que lo conforman y cuya evolución ha sido influenciada por distintos niveles de ploidía y por la hibridación entre individuos compatibles. Se describen diez especies de *Fragaria* de interés, por sus cualidades adaptativas, genéticas, morfológicas y su potencial agrícola. Estas especies silvestres han desempeñado un papel relevante en las culturas originarias de Asia, Europa, América del Norte y América del Sur, no solo por sus usos alimenticios y medicinales, sino también por su valor ornamental. Asimismo, se destaca el papel de los procesos históricos de colonización por parte de potencias europeas en la convergencia de *Fragaria virginiana* (proveniente de América del Norte) y *Fragaria chiloensis* (proveniente de América del Sur) en territorio francés. Esta interacción dio origen a *Fragaria* × *ananassa*, el híbrido interespecífico que constituye hoy en día la especie de fresa de mayor importancia comercial y la más ampliamente cultivada a nivel mundial.

Palabras clave: *Fragaria*; ploidía; fresa recursos fitogenéticos

1. *Fragaria*

El nombre del género *Fragaria* tiene un origen etimológico en la palabra latina “fragum”, que significa “fresa”, aunque algunos autores sugieren una posible relación con “fragrans”, en alusión al intenso aroma característico del fruto. El género *Fragaria* posee una compleja historia evolutiva, marcada por eventos de hibridación interespecífica y una notable diversidad en los niveles de ploidía. Con aproximadamente entre 20 y 30 especies dentro del género, que abarcan formas diploides, tetraploides, hexaploides, octaploides y hasta decaploides (Davis et al., 2007).

Para comprender su posición taxonómica, es necesario recorrer el sistema jerárquico de clasificación biológica. *Fragaria* pertenece al dominio Eukarya, que agrupa organismos con células nucleadas y orgánulos complejos. Dentro de este dominio, encontramos el reino Plantae, que incluye organismos multicelulares predominantemente fotosintéticos. Dentro del reino vegetal, *Fragaria* se clasifica en la división Magnoliophyta (angiospermas), caracterizada por plantas con flores que producen semillas contenidas en frutos. Esta división se subdivide en clases, y *Fragaria* forma parte de la clase Magnoliopsida, cuyos miembros presentan típicamente dos cotiledones y estructuras florales en múltiplos de cuatro o cinco (Rani et al., 2019).

Fragaria pertenece a la familia Rosaceae, comúnmente conocida como la familia de las rosáceas, que se distingue por la presencia de hipantio, estípulas y flores con cinco pétalos y cinco sépalos. Esta familia es variada, extensa y de gran importancia económica, pues incluye numerosos cultivos frutales (como la manzana, pera, fresa, cereza por mencionar algunas), de nueces y ornamentales (como el rosal). Dentro de la subfamilia Rosoideae, *Fragaria* se sitúa en la tribu Potentilleae y finalmente se clasifica dentro del propio género *Fragaria*, que comprende las distintas especies de fresas (Soundararajan et al., 2019).



Las especies del género *Fragaria* muestran una notable capacidad de adaptación a diversos ecosistemas, prosperando en regiones templadas, mediterráneas, subtropicales e incluso de taiga (Banerjee et al., 2023). Desde el punto de vista reproductivo, el género abarca un amplio espectro de sistemas sexuales dentro de la vía ginodioica (caracterizado por tener flores hermafroditas y flores femeninas en plantas separadas) que va desde el hermafroditismo hasta la dioecia (plantas que tienen flores que solo tienen estructuras reproductivas masculinas o femeninas). Asimismo, presenta variación en cuanto a la autocompatibilidad (algunas se pueden autofecundar y otras no) y evidencia de cromosomas sexuales con heterogamia femenina. Esta diversidad biológica, en conjunto con los recursos genómicos disponibles, convierte a *Fragaria* en un modelo valioso para investigaciones en genómica evolutiva, ecológica y mejoramiento genético (Liston et al., 2014).

2. Especies y distribución

Las especies silvestres del género *Fragaria* se distribuyen ampliamente a lo largo del hemisferio norte y en regiones del sur de Sudamérica (Figura 1). Estas especies habitan una extensa variedad de ecosistemas templados, ocupando un rango altitudinal que va desde dunas costeras a nivel del mar, praderas húmedas y fértiles, así como cumbrones montañosas secas y elevadas con climas fríos. Asimismo, muchas de estas especies presentan una notable diversidad ecológica, tanto a nivel intraespecífico como interespecífico (Liston et al., 2014). Esta diversidad constituye una fuente valiosa y potencial de variación genética, la cual podría ser aprovechada para mejorar la tolerancia a condiciones climáticas adversas, así como la resistencia a enfermedades, plagas y otros rasgos relacionados con el rendimiento agrícola (Hummer et al., 2003).

A pesar del gran número de especies de *Fragaria*, destacan las siguientes por su importancia y diferencias:

1. *Fragaria vesca* L. (2n, hermafrodita autocompatible) Conocida comúnmente como la fresa silvestre, es la especie más ampliamente distribuida, nativa de Asia, Europa y América del Norte. Fue la primera especie de *Fragaria* en ser cultivada a principios del siglo XVII. Produce un pequeño fruto cónico con un intenso sabor y aroma. Se propaga rápidamente mediante estolones y creciendo en una variedad de hábitats, incluyendo orillas de caminos, terraplenes, laderas, praderas, bosques y claros (Urrutia et al., 2023).

2. *Fragaria bucharica* (2n, hermafrodita autoincompatible) es nativa de regiones montañosas de Asia Central, incluyendo áreas de Tayikistán, Uzbekistán, Afganistán, el norte de Pakistán Central y el occidente del Himalaya. Esta planta prospera en hábitats de alta montaña, como praderas alpinas, claros de bosques y laderas rocosas, generalmente a altitudes elevadas. Esta especie ha desarrollado adaptaciones para sobrevivir en condiciones de alta montaña, como tolerancia a temperaturas frías y suelos pobres en nutrientes. Su capacidad para crecer en ambientes diversos la convierte en un recurso valioso para estudios sobre tolerancia climática y adaptación ecológica (Hummer et al., 2011; Staudt, 2009).

3. *Fragaria daltoniana* (2n, hermafrodita autocompatible), nativa del Himalaya, India, Myanmar, Nepal y el Tíbet, es una especie adaptada a ambientes de gran altitud y con clima frío (Hummer et al., 2011). Los frutos son relativamente grandes, delgados o cónicos de color rosa, con una pulpa esponjosa e insípida, la cual no es atractiva para los consumidores ni para la vida silvestre (Lei et al., 2014).

4. *Fragaria iinumae* (2n, hermafrodita autocompatible) una especie nativa de Japón y el este de Rusia, se caracteriza por sus hojas tienen una apariencia glauca y sus flores tienen de seis a nueve pétalos, en contraste con las flores más comunes de cinco pétalos que se encuentran en muchas otras especies de *Fragaria*, siendo un rasgo distintivo que la diferencia de otras especies diploides. Esta especie crece en hábitats fríos y montañosos, lo que ha influido en su adaptación a bajas temperaturas y en sus respuestas menos dependientes del fotoperiodo. Su estrategia reproductiva está más centrada en desarrollar brotes axilares que estolones, su fruto es pequeño, insípido y sin valor comercial (Fan et al., 2022).

5. *Fragaria mandshurica* (2n, hermafrodita autoincompatible) especie nativa del norte de China, presenta varias características distintivas como requerir de polinización cruzada para producir semillas viables. Además, esta especie también muestra ramificación simpodial, un patrón de crecimiento donde el tallo principal se ramifica en múltiples brotes laterales, su fruto es de un aroma intenso y también son resistentes a los climas fríos (Du et al., 2021).



6. *Fragaria nilgerrensis* (2n, hermafrodita autocompatible) una especie nativa del sudeste de Asia, desde las montañas de Filipinas, a través de la región central y suroeste de China, hasta la región montañosa del sur de la India. Puede producir semillas viables sin polinización cruzada. Una característica de esta especie es el rango de colores de fruta que puede producir, desde blanco puro hasta un rosa suave y delicado. Sin embargo, a pesar de este atractivo visual y que el aroma es parecido a un melocotón, se informa que los frutos tienen un sabor desagradable, a menudo amargo o astringente, lo que puede limitar su palatabilidad y atractivo comercial en comparación con otras especies de fresa (Du et al., 2021). Es resistente a la sequía, las altas temperaturas, a los pulgones y las enfermedades foliares, además produce numerosas flores y puede producir numerosos frutos, su uso también es importante para el desarrollo de fresas cultivadas con diferentes colores y aromas (Li et al., 2021).

7. *Fragaria moschata* (6n, dioica) también llamada fresa almizcle, se distribuye en Europa Central y del Sur. La frontera sur de la cordillera de distribución discurre aproximadamente a lo largo del sur de Francia, el norte de Italia y Bulgaria. Debido a su aroma y tamaño de la fruta *F. moschata* fue especialmente apreciada en algunas regiones y se cultivó por ejemplo en Alemania, Inglaterra, Francia y Rusia desde finales del siglo XIX (Buschmann et al., 2021)

8. *Fragaria chiloensis* (8n, subdioica) conocida como fresa chilena, es nativa del sur de Chile, también encontrada en Hawaii y América del Norte, es una especie octaploide y entre sus características más notables están la tolerancia a la sequía, a la salinidad y su aroma sobresaliente, además tiene un exótico color blanco rosado (en algunas variedades) y un alto contenido fenólico (Morales-Quintana y Ramos, 2019).

9. *Fragaria virginiana* (8n, subdioica), nativa del este y centro de América del Norte, especie del sotobosque, es decir de un ambiente sombreado, aunque se ha observado genotipos pertenecientes a las Montañas Rocosas que resisten la dureza del invierno, los botones florales son más tolerantes al frío, maduran de manera más temprana y con buena calidad del fruto (Spigler y Ashman, 2011).

10. *Fragaria iturupensis* (8n y 10n, subdioica) es una especie de fresa silvestre cuya distribución se restringe a la isla Iturup, situada en el extremo sur del archipiélago de las Kuriles (Rusia). Los análisis filogenéticos basados en genes nucleares sugieren que *F. iinumae* y *F. vesca* (incluida *F. mandshurica*) podrían ser los progenitores de esta especie octoploide/decaploide. Hummer et al., (2003), identificaron niveles de octaploidía en ejemplares recolectados en las inmediaciones del volcán Astanopuri, hallazgo que fue respaldado por reportes de otros investigadores (Hummer y Sabitov, 2008; Staudt et al., 2009; Staudt y Olbricht, 2008). Posteriormente, en 2009, el mismo grupo de investigación detectó genotipos decaploides mediante análisis de citometría de flujo (Hummer et al., 2009), constituyendo el primer registro de una especie natural de fresa con este nivel de ploidía. Estos hallazgos sugieren la coexistencia de individuos octaploides (8x) y decaploides (10x) dentro del rango geográfico limitado de la especie (Liston et al., 2014). *F. iturupensis* ha sido descrita con características foliares y hábitos de crecimiento similares a *F. virginiana*, mientras que sus frutos, de mayor tamaño, presentan similitudes con los de *F. vesca* en cuanto al sabor y a la morfología de los surcos externos (Hummer et al., 2009).



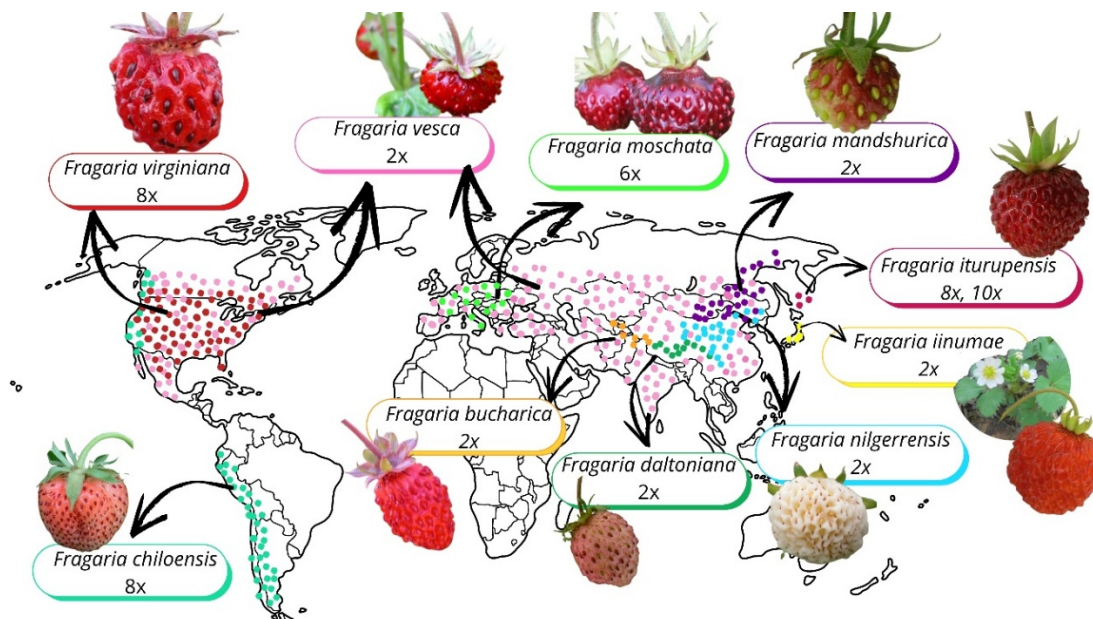


Figura 1. Distribución geográfica aproximada de las especies de *Fragaria* y sus ploidías. Elaboración propia con Fotografías de "Profesor Staudt Collection" <https://www.hansabred.org/germplasm/wilde-arten.html>

3. La fresa en las culturas originarias

En el caso de América del Norte y del Sur las culturas indígenas de han mantenido relaciones con especies del género *Fragaria* desde hace cientos, e incluso miles de años. Estos frutos constituyeron una parte importante de la dieta y de las prácticas culturales de numerosos pueblos originarios (figura 2). Aunque la evidencia arqueobotánica es escasa, se han identificado achenios de *Fragaria* en dos sitios precolombinos ubicados en el este de América del Norte. En el caso de Sudamérica, especies silvestres como la fresa blanca chilena (*F. chiloensis*), endémica del sur de Chile, fue domesticada por comunidades indígenas como los picunches y mapuches hace más de un milenio, una planta que los nativos llamaban quellghen o kellén, representando una fuente estacional significativa de alimento durante la primavera y el verano. Estas relaciones históricas ponen de manifiesto los lazos entre las poblaciones indígenas americanas y las especies del género *Fragaria*, reflejando su importancia dentro de diversas tradiciones culturales a lo largo del continente (Huhg, 2005).



Figura 2. Ilustraciones: izquierda: *Fragaria virginiana*, derecha: *Fragaria chiloensis*
Fuente: Strong, 1855

En Europa, *F. vesca*, comúnmente conocida como la fresa silvestre o de bosque se ha cultivado en jardines al menos desde la época de los romanos. En la antigua Roma, la fresa estaba ligada las festividades de Adonis (figura de la mitología griega); ya que la leyenda señala que el origen de esta fruta se da a la muerte de Adonis, cuando Venus llora lágrimas que al tocar el suelo se convierten en estas frutillas. Fue la primera especie de *Fragaria* en ser cultivada y para el siglo XVI, reyes como Carlos V de Francia ya contaban con plantaciones significativas en sus jardines reales. De igual manera con *F. moschata*, también conocida como fresa de los Alpes desde el siglo XVI (Reed y Hummer, 1995). Los canteros medievales tallaban diseños de fresas en altares y en la cima de pilares de iglesias y catedrales, simbolizando la perfección y la rectitud. Durante la misma época, se servían fresas en importantes ocasiones y festivales estatales para asegurar la paz y la prosperidad (UF, 2022). Los manuscritos religiosos eran ricamente decorados con elementos vegetales y animales, como pájaros, mariposas o flores. En estos era común la representación de las fresas (López de Toro, 1961).

En Asia, diversas especies de *Fragaria* crecen de forma silvestre, como *F. iinumae* en Japón y el este de Rusia, y *F. nilgerrensis* en el sudeste asiático. Aunque la documentación histórica sobre su uso es limitada, se sabe que estas especies formaban parte de las dietas locales y su uso en aplicaciones medicinales. En Japón, las fresas han sido apreciadas por su sabor y se han incorporado en festividades tradicionales como el Hinamatsuri (Festival de las Muñecas), donde se utilizan en postres y platos especiales (Li et al., 2021)

4. Usos y costumbres

4.1 Alimentación

El consumo en fresco es el principal uso de las fresas. Las fresas silvestres pequeñas y dulces fueron recolectadas y consumidas por recolectores a través de Europa, Asia y las Américas durante milenios. Las fresas silvestres fueron una fuente de alimento vital para los pueblos indígenas de América del Norte y del Sur, particularmente durante la primavera y el verano. La introducción de variedades más grandes y cultivadas, como *Fragaria x ananassa*, consolidó aún más el lugar de la fresa como una fruta de postre popular (Huhg, 2005).

Más allá del consumo en fresco, las fresas se han incorporado a diversos productos alimenticios procesados. Las fresas malayas, por ejemplo se utilizan principalmente en formas procesadas, incluyendo mermeladas, jaleas y productos congelados o deshidratados, una práctica que es común en otras regiones donde se cultivan las fresas. La versatilidad de las fresas las ha convertido en un componente esencial en una amplia variedad de platillos y productos de repostería (Rosnah et al., 2020).

El desarrollo de la industria comercial de la fresa, centrada principalmente en *Fragaria x ananassa*, ha llevado a una mayor disponibilidad de fruta y a su incorporación en una amplia gama de productos. Las fresas se utilizan comúnmente en mermeladas, jaleas y formas congeladas, lo que destaca su papel en el sector de los alimentos procesados, incluidas frutas deshidratadas y aromas artificiales (Hong et al., 2022).

4.2 Medicinal

Históricamente, varias partes de la planta de fresa, más allá de solo la fruta, se han empleado con fines medicinales. Diferentes culturas han utilizado estas partes de la planta de diversas maneras, a menudo en base a conocimientos tradicionales transmitidos de generación en generación, reflejando la importancia etnobotánica. Las hojas de fresa son quizás la parte de la planta más documentada que se usa con fines medicinales. Ricas en taninos, contribuyen a sus propiedades astringentes; las hojas de fresa contienen pequeñas cantidades de ácido ascórbico, flavonoides y proantocianidinas. Su efecto astringente las hace útiles en remedios tradicionales para tratar la diarrea y otros trastornos digestivos. Además, los tés o infusiones hechos con hojas de fresa se han utilizado como tónico general y para aliviar los dolores de garganta (NT, 2023).

Las raíces de fresa se han utilizado por sus propiedades medicinales, principalmente debido a sus cualidades astringentes. Los preparados a base de hierbas que involucran las raíces de fresa se han utilizado tradicionalmente para abordar diversos malestares (NT, 2023). Un té hecho con raíces de fresa se usaba como diurético, como remedio para la diarrea, la gota, para la disentería aguda, la depresión y las enfermedades de la médula espinal (Pathak, 2021).

Mientras que el consumo principal de las fresas ha sido como alimento, la fruta en sí también ha desempeñado un papel en la medicina tradicional. La baya se recetaba para la diarrea, los cálculos renales o de la vejiga y molestias digestivas. La baya se frotaba sobre la piel para aliviar el dolor de las quemaduras solares y las imperfecciones. Tanto las hojas como la fruta se enumeraron en las primeras farmacopeas. Se recomendaba la fruta para los cálculos renales o de la vejiga. Las fresas son una buena fuente de vitamina C y están muy solicitadas por los consumidores debido a sus propiedades sensoriales y nutricionales, justamente su alto contenido de vitamina C la convirtió en un remedio valioso contra el escorbuto en el pasado (Montemurro et al., 2023). En la última década, han aumentado los estudios epidemiológicos e intervencionales en humanos con fresas; los resultados revelan una variedad de efectos beneficiosos potenciales sobre la inflamación, las enfermedades cardiovasculares, la obesidad, el síndrome metabólico, los trastornos neurológicos y algunos tipos de cáncer (WKH, 2025).

4.3 Ornato

Históricamente, las plantas de fresa han servido para propósitos ornamentales, aportando belleza a los jardines y significado simbólico a diversas formas de arte. Antes del desarrollo de los cultivares modernos, las plantas de fresa silvestre probablemente se apreciaban por su delicado follaje, atractivas flores blancas y brillantes frutos rojos. Su tamaño compacto y facilidad de cultivo las hicieron adecuadas para jardines y bordes pequeños. Los nativos europeos se habían demorado más en trasladar las fresas silvestres a los jardines, pero por su valor ornamental, en 1368 el rey Carlos V instruyó a su jardinero a plantar 1,200 fresas en los jardines reales del Louvre en París y en 1375, en el Chateau de Couvres de los duques de Burgundy había cuatro manzanas dedicadas al cultivo de fresas, tan apreciadas por la duquesa que cuando se iba de viaje, se las mandaban. Y es que, cultivadas o silvestres, a los europeos les fascinaban sus fresas. Pero, aunque su color y su sabor eran intensos, solían ser pequeñas. Por eso Frézier se entusiasmó tanto al ver las que se llamarían *Fragaria chiloensis* y no pudo resistir la tentación de llevarse como souvenir cinco de esas plantas. (BBC, 2020).

Durante los periodos medieval y renacentista, las plantas de fresa comenzaron a aparecer en manuscritos iluminados, tapices y pinturas, no solo por su atractivo estético, sino también por sus asociaciones simbólicas (figura 3). La fresa era un símbolo de Venus, la Diosa del Amor, debido a sus formas de corazón y su color rojo, los frutos de fresa estaban asociados con la perfección, la rectitud y la fertilidad (López de Toro, 1961).





Figura 3. Fresas decorando los bordes de dos litografías del Libro de Horas de los Reyes Católicos (López del Toro, 1961).

En la actualidad, si bien las plantas de fresa se cultivan principalmente para la producción del fruto, ciertas variedades con un follaje o flores atractivos aún se utilizan en jardines ornamentales. Su atractivo radica en su capacidad para proporcionar tanto interés visual como fruta comestible, lo que las convierte en una adición versátil a los jardines domésticos (Arslan & Yanmaz, 2010).

5. *Fragaria* x *ananassa*

5.1 Origen por hibridación

En el siglo XVIII, la moderna fresa cultivada, *F. x ananassa*, se originó en Europa. Este proceso implicó la hibridación de dos especies americanas, *F. virginiana* y *F. chiloensis*, que fueron importadas del norte y del sur de América, respectivamente. Los indígenas Mapuche y Huilliche de Chile, cultivaron las plantas de *F. chiloensis* por miles de años y se describe como un botín de conquista de los conquistadores españoles que los llevaron a Cuzco, Perú, en 1557. En 1711, el Rey de Francia, Luis XIV, preocupado por la guerra, decidió enviar un espía al sur del nuevo mundo a conseguir información, Amedée-François Frézier, aunque algo llamó su atención, un fruto que él denomina: "una especie de fresa diferente a la nuestra, pero con hojas más redondeadas, más carnosas y tan grandes como una nuez o el huevo de una gallina, de color rojo blanquecino". Se llevó a Francia varios ejemplares del fresón chileno y no se sabe bien cuándo, pero la *Fragaria virginiana*, que crece en EE. UU. y Canadá, también había llegado a Francia, destacaba porque su color era tan profundo que la llamaban "fresa escarlata" y su sabor era intenso, también era pequeña, así que no había pasado de ser una curiosidad (Liston et al., 2014; BBC, 2020; UF, 2022).

Ambas especies se cultivaron por sus frutos, pero inicialmente no produjeron resultados particularmente impresionantes en el clima europeo. Sin embargo, cuando estas dos especies se plantaron cerca una de otra, sucedió algo notable. Se hibridaron espontáneamente, dando lugar a *Fragaria* x *ananassa*. Este híbrido exhibió una combinación única de características de sus especies progenitoras, notablemente un tamaño de fruto significativamente mayor. La clave de esta mejora dramática se encuentra en la composición genética de las especies progenitoras. Tanto *Fragaria virginiana* como *Fragaria chiloensis* son octaploides, lo que significa que tienen ocho juegos de cromosomas (BBC, 2020; Davis et al., 2007).



Figura 4. *Fragaria chilensis* ilustrada por Frézier en su viaje al mar del sur
Fuente: Bibliothèque nationale de France, 1792

5.2 Introducción regional

La introducción de *Fragaria* × *ananassa* en México ocurrió a mediados del siglo XX, concretamente a través del estado de Guanajuato. Las variedades iniciales provenían de la región de Lyon, Francia. Al principio, la producción de fresa era pequeña y tenía como objetivo abastecer únicamente al mercado nacional. Sin embargo, su importancia creció a partir de 1950 debido al aumento de la demanda de los Estados Unidos (Cossío y Flores, 2021).

Las fresas no son nativas de Irapuato, de hecho, llegaron desde Francia en 1852 por alcalde de aquella época, Nicolás Tejeda, quien quedó fascinado por el sabor de la planta tras viajar a este país, y fue él mismo quien comenzó a sembrarlas en el territorio estableciendo 24 plantas de fresa en un almácigo en el bordo del río Guanajuato, terreno que aún se conoce como "Moussier", cuya ubicación actual es la zona noreste de la ciudad. El cultivo de fresa cobró importancia hasta 1880, cuando Óscar Droege, alemán radicado en Irapuato, enseñó a los agricultores locales el cultivo técnico de la fresa, en las huertas ubicadas en la hacienda de san Juan de Retana. Su cultivo se extendió a la hacienda de Buena Vista propiedad del Lic. Joaquín Chico González quien impulsó el comercio de la fresa hacia la ciudad de México (León-López et al., 2014).

5.3 Agroindustria

La agroindustria en torno al cultivo de fresa constituye un sector importante dentro de las economías global y mexicana. A nivel mundial, la producción de fresa supera las 2.5 millones de toneladas, con la mayor parte del área ubicada en el hemisferio norte (Avitia-García et al., 2018). Según estadísticas de la FAO de 2022, los principales países productores de fresa son China, Estados Unidos de América (EE. UU.), Turquía, Egipto y México, los cuales aportan más del 50 % de la producción mundial, desde la perspectiva de los últimos cinco años de datos de la FAO (2017-2022), México se encuentra en tercer lugar como productor de fresa (FAOSTAT, 2022).

En cuanto a exportación, los principales países exportadores de fresa son España, México y Estados Unidos de América. Por otro lado, los principales importadores de fresa son Estados Unidos de América, Canadá y Alemania, los cuales realizan alrededor de 41% de las importaciones en el mundo y se espera que el mercado global crezca aproximadamente un 2% durante 2020-2025 (Pap et al., 2021; FAOSTAT, 2022).

México se ubica en el quinto lugar a nivel mundial en la producción de fresa. Los principales estados productores son Michoacán, Baja California, Guanajuato y Jalisco. (Avitia-García et al., 2018). En cuanto a producción destinada a exportación, Baja California, Michoacán y en tercer lugar Guanajuato son los más importantes. México destina la exportación principalmente a Estados Unidos. El cultivo proporciona una fuente significativa de empleo en estas regiones. Esto se debe a que el cultivo de fresas requiere mucha mano de obra, tanto en las fases agrícolas como industriales. También genera actividad en las áreas de producción de insumos, comercialización y transporte (Cossío y Flores, 2021, Aguilar et al., 2024, SADER, 2022, SIAP, 2024).

La producción de fresa en México, a pesar de su gran capacidad productiva, no está exenta de enfrentar diferentes problemas, entre los cuales los principales son la fitosanidad, nutrición y disponibilidad de agua para el riego (Avitia-García et al., 2018; Housni et al., 2017).

5.2 Perspectivas

El panorama global para la producción de fresas es positivo, con una expansión continua esperada tanto en los mercados establecidos como en los emergentes. La tendencia de los alimentos saludables se está volviendo cada vez más popular, lo que fomenta el consumo de productos naturales, incluidas las frutas y los berries. Los consumidores están eligiendo cada vez más las fresas sobre otras frutas, cambiando sus preferencias de consumo de los tipos de frutas tradicionales. Varios factores contribuyen a esta perspectiva optimista. En primer lugar, la creciente demanda de los consumidores en los mercados tanto desarrollados como emergentes impulsa la producción (Vernon, 2018). En segundo lugar, los avances en las técnicas de cultivo, como los sistemas hidropónicos verticales, prolongan la temporada de crecimiento, minimizan la incidencia de plagas y maximizan el rendimiento y la rentabilidad (Wortman et al., 2016). Tercero, el desarrollo de nuevas variedades de fresa con rasgos mejorados, como la resistencia a enfermedades y el sabor realzado, contribuye a mayores rendimientos y una fruta de mejor calidad (Rahman et al., 2019).

Además, también hay desafíos que enfrenta la industria de la fresa. El cambio climático, con sus eventos meteorológicos extremos asociados, puede interrumpir la producción e impactar la calidad de la fruta. Las plagas y enfermedades siguen siendo una amenaza constante, lo que requiere una investigación y desarrollo continuos de estrategias de control efectivas. Además, los costos laborales y la disponibilidad pueden ser una preocupación, particularmente en regiones con estrictas regulaciones laborales (Tang et al., 2023).

A pesar de estos desafíos, se espera que el mercado mundial de fresas continúe su trayectoria ascendente (Vernon, 2018). La fuerte demanda, los avances tecnológicos y la innovación continua en las prácticas de producción impulsarán el crecimiento en los próximos años. Los productores que puedan adaptarse a las cambiantes preferencias de los consumidores, adoptar prácticas agrícolas sostenibles y gestionar los riesgos de manera eficaz estarán bien posicionados para tener éxito en este mercado dinámico y competitivo. México se ubica en el cuarto lugar a nivel mundial en la producción de fresas (Avitia-García et al., 2018).

5.2 Conclusiones

El género *Fragaria* exhibe una notable diversidad morfológica, ecológica, reproductiva y genética entre sus especies. Esta diversidad ha sido moldeada por diferentes niveles de ploidía y eventos de hibridación. Las especies silvestres de *Fragaria* han desempeñado un papel significativo en las culturas de Asia, Europa, Norteamérica y Sudamérica, valoradas por sus propiedades nutricionales, medicinales y ornamentales. La convergencia histórica de *Fragaria virginiana* de Norteamérica y *Fragaria chiloensis* de Sudamérica en Francia dio lugar a la creación de *Fragaria × ananassa*, el híbrido interespecífico que se ha convertido en la especie de fresa más importante y ampliamente cultivada en todo el mundo. Comprender la diversidad genética dentro de *Fragaria* es crucial para los programas de mejoramiento genético orientados a mejorar rasgos como la calidad del fruto, la resistencia a enfermedades y la adaptación ambiental. Explorar los recursos genéticos de las especies silvestres de *Fragaria* puede proporcionar rasgos valiosos para mejorar las variedades cultivadas. Además, la investigación sobre la composición genética de las especies de *Fragaria* puede conducir a una mejor comprensión de la historia evolutiva y los procesos de domesticación que han dado forma a este importante cultivo.



Bibliografía/Referencias

- Avitia-García, E., Pineda-Pineda, J., Castillo-González, A. M., Trejo-Téllez, L. I., Corona-Torres, T., & Cervantes-Urbán, E. (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 519–524. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V5I3.955>
- Banerjee, D., Singh, V., & Thakur, R. (2023). Micro Propagation on Strawberry: A Review. *E3S Web of Conferences*, 453. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202345301019>
- BBC. (2020). Por qué todas las fresas que comemos se originaron en Chile. BBC News Mundo.
- Buschmann, S., Schriefer, J., Bölke, N., Herklotz, V., Neinhuis, C., Olbricht, K., & Ritz, C. M. (2021). Origin, structure and genetic diversity of synanthropic populations of *Fragaria moschata* in Germany. *Flora*, 275. <https://doi.org/10.1016/J.FLORA.2021.151762>
- Cossio, A. J. A., & Flores, A. A. H. (2021). Competitividad de la fresa mexicana en el mercado estadounidense de 1992 a 2017. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1414
- Davis, T. M., Denoyes-Rothan, B., & Lerceteau-Köhler, E. (2007). Strawberry. *Fruits and Nuts*, 189–205. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34533-6_8
- Du, J., Wang, J., Wang, T., Liu, L., Iqbal, S., & Qiao, Y. (2021). Identification and chromosome doubling of *Fragaria mandshurica* and *F. nilgerrensis*. *Scientia Horticulturae*, 289. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENCIA.2021.110507>
- Fan, G., Andrés, J., Olbricht, K., Koskela, E., & Hytönen, T. (2022). Natural Variation in the Control of Flowering and Shoot Architecture in Diploid *Fragaria* Species. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.832795/BIBTEX>
- Hong, S., Kim, T. Y., Won, S. J., Moon, J. H., Ajuna, H. B., Kim, K. Y., & Ahn, Y. S. (2022). Control of fungal diseases and fruit yield improvement of strawberry using *Bacillus velezensis* CE 100. *Microorganisms*, 10(2), 365. <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS10020365>
- Huhg, M. (2005). Foods indigenous to the western hemisphere. American Indian Health and Diet Project.
- Hummer, K. E., Bassil, N., & Njuguna, W. (2011). *Fragaria*. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Temperate Fruits*, 17–44. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16057-8_2
- Hummer, K. E., Nathewet, P., & Yanagi, T. (2009). Decaploidy in *Fragaria iturupensis* (Rosaceae). *American Journal of Botany*, 96(3), 713–716. <https://doi.org/10.3732/AJB.0800285>
- Hummer, K. E., & Sabitov, A. (2008). Strawberry species of iturup and Sakhalin Islands. *HortScience*, 43(5), 1623–1625. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1623>
- Hummer, K. E., Sabitov, A., Cherbukin, P., & Popova, L. (2003). Small fruit collecting expedition to iturup Island and Sakhalin Island.
- Lei, J. J., Xue, L., Dai, H. P., & Deng, M. Q. (2014). The taxonomy of Chinese *Fragaria* species. *Acta Horticulturae*, 1049, 289–294. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2014.1049.37>
- León-López, L., Guzmán-Ortíz, D. L. A., García Berumen, J. A., Chávez Marmolejo, C. G., & Peña-Cabriales, J. J. (2014). Consideraciones para mejorar la competitividad de la región “El Bajío” en la producción nacional de fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4), 673–686. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Li, H., Bolarić, S., Vokurka, A., He, J., Wang, D., Li, X., Mešić, A., Wang, J., & Duralija, B. (2021). Genetic variability and structure of *Fragaria nilgerrensis* Schlecht. Germplasm in Sichuan Province. *Horticulturae*, 7(10), 353. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE7100353>
- Liston, A., Cronn, R., & Ashman, T. L. (2014). *Fragaria*: A genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. *American Journal of Botany*, 101(10), 1686–1699. <https://doi.org/10.3732/AJB.1400140>
- López de Toro, J. (1961). *El Libro de horas de Carlos V* (Vol. 165). Mundo Hispánico.



- Montemurro, F., Bontempo, L., Kilic, N., Yildiz Dasgan, H., & Gruda, N. S. (2023). A novel approach for organic strawberry cultivation: vermicompost-based fertilization and microbial complementary nutrition. *Horticulturae*, 9(6), 642. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE9060642>
- Morales-Quintana, L., & Ramos, P. (2019). Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*): an integrative and comprehensive review. *Food Research International*, 119, 769–776. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.10.059>
- Natural Healing. (2023). Medicinal Plants. Wild strawberry (*Fragaria vesca*).
- Pathak, J. (2021). Identification of Phytochemicals from seed extract of Custard Apple (*Annona squamosa* L.). *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 14(1), 397–402. <https://doi.org/10.21786/BBRC/14.1/56>
- Rani, R., Rafiul-Islam, A. K. M., & Mahbubur-Rahman, A. H. M. (2019). Diversity of angiosperm climber species in Rajshahi region, Bangladesh. *International Journal of Advanced Research*, 7(11), 522–536. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/10041>
- Reed, B. M., & Hummer, K. E. (1995). Conservation of Germplasm of Strawberry (*Fragaria Species*). 354–370. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03096-7_25
- Rosnah, S., Hamzah, H. Z., Shuso, K., Yasunaga, E. & Mahat, F. (2020). A review: nutrition quality and processing of Malaysian strawberries. *Food Research* 4(1), 43-51. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(S1\).S10](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(S1).S10)
- Soundararajan, P., Won, S. Y., & Kim, J. S. (2019). Insight on Rosaceae Family with Genome Sequencing and Functional Genomics Perspective. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2019/7519687>
- Spigler, R. B., & Ashman, T. L. (2011). Sex ratio and subdioecy in *Fragaria virginiana*: the roles of plasticity and gene flow examined. *New Phytologist*, 190(4), 1058–1068. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8137.2011.03657.X>
- Staudt, G. (2009). Strawberry biogeography, genetics and systematics. *Acta Horticulturae*, 842, 71–84. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2009.842.1>
- Staudt, G., & Olbricht, K. (2008). Notes on Asiatic *Fragaria* species V: *F. nipponica* and *F. iturupensis*. *Botanische Jahrbücher Für Systematik, Pflanzengeschichte Und Pflanzengeographie*, 127(3), 317–341. <https://doi.org/10.1127/0006-8152/2008/0127-0317>
- Staudt, G., Schneider, S., Scheewe, P., Ulrich, D., & Olbricht, K. (2009). *Fragaria iturupensis*: a New Source for Strawberry Improvement? *Acta Horticulturae*, 842, 479-482. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.842.97>
- Strong, A. B. (1855). The American flora: or history of plants and wild-flowers containing their scientific and general description, natural history, chemical and medical properties, mode of culture, propagation. <https://www.flickr.com/photos/internetarchivebookimages/14579107988/in/photostream/>
- Tang, Y., Chen, C., Leite, A. C., & Xiong, Y. (2023). Editorial: Precision control technology and application in agricultural pest and disease control. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2023.1163839/BIBTEX>
- University of Florida. (2022). Strawberry facts. Gulf Research and Education Center. Institute of Food and Agriculture Sciences.
- Urrutia, M., Meco, V., Rambla, J. L., Martín-Pizarro, C., Pillet, J., Andrés, J., Sánchez-Sevilla, J. F., Granell, A., Hytönen, T., & Posé, D. (2023). Diversity of the volatilome and the fruit size and shape in European woodland strawberry (*Fragaria vesca*). *The Plant Journal*, 116(5), 1201–1217. <https://doi.org/10.1111/TPJ.16404>
- Vernon, E. (2018). *Global strawberry market continues to expand, report finds*. <https://www.freshfruitportal.com/news/2018/06/04/global-strawberry-market-continues-to-expand-report-finds/>
- WKH. (2025). Strawberry. Natural products. Drugs.com Database
- Wortman, S. E., Douglass, M. S., & Kindhart, J. D. (2016). Cultivar, Growing Media, and Nutrient Source Influence Strawberry Yield in a Vertical, Hydroponic, High Tunnel System. *HortTechnology*, 26(4), 466–473. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.4.466>

