



Review [Revisión]

GRANADO (*Punica granatum* L.), UN CULTIVO CON POTENCIAL PRODUCTIVO: REVISIÓN Y SITUACIÓN EN COLOMBIA †
[POMEGRANATE (*Punica granatum* L.), A CROP WITH PRODUCTIVE POTENTIAL: REVIEW AND SITUATION IN COLOMBIA]

Germán A Aguilera-Arango^{1*}, Darwin F Lombo-Ortiz², Esteban Burbano-Eraza³ and Javier O Orduz-Rodríguez⁴

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación Palmira, Palmira - Valle de Cauca (Colombia), gaguilera@agrosavia.co. ORCID: 0000-0002-3942-4658.

²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación Motilonia, Codazzi - Cesar (Colombia), dlombo@agrosavia.co. ORCID: 0000-0002-5005-4264.

³Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación Motilonia, Codazzi - Cesar (Colombia), eburbano@agrosavia.co. ORCID: 0000-0001-5056-9893.

⁴Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación La Libertad, Villavicencio - Meta (Colombia), jorduz@agrosavia.co. ORCID: 0000-0002-7012-4573.

*Corresponding author

SUMMARY

Background. The worldwide market and consumption of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) has grown considerably, due to its nutraceutical properties, with a high antioxidant content, generating favorable effects for human health. In Colombia some semi-commercial crops are reported in the departments of Boyacá, Huila and Valle del Cauca. However, it is unknown about its productive behavior, management practices, physiology, development of the phenological stages and pomological characteristics of fruits of native genotypes. **Objective.** Conduct a review of the aspects related to the crop of pomegranate, analyze possible limitations for its production in Colombia and present information on the pomological characteristics of pomegranate plants grown in home gardens in two regions of Colombia. **Methodology.** Information was collected from documentary sources related to recommendations applicable to pomegranate cultivation in Colombia. A pomological characterization of fruits of native genotypes from two different agro-ecological zones of the national territory was made. **Results.** Native genotypes have similar pomological characteristics, but differ considerably from commercial genotypes, the latter being superior in accordance with market requirements for export. **Implications.** The low technical knowledge on the part of the farmers allows that there are deficiencies in the management of limitations of this crop. **Conclusions.** The recommendations set forth, complemented with pomological characterization, generate knowledge that can be implemented by producers in Colombia. More research is required if the crop is to be projected as a promising economic alternative to the region.

Keywords: Phenological stages; physiology; pomology; management practices; technical recommendations.

RESUMEN

Antecedentes. El mercado y consumo a nivel mundial de la fruta del granado (*Punica granatum* L.) ha crecido considerablemente, debido a sus propiedades nutraceuticas, con alto contenido de antioxidantes generando efectos favorables para la salud humana. En Colombia se reportan algunos cultivos semicomerciales en los departamentos de Boyacá, Huila y Valle del Cauca. Sin embargo, se desconoce sobre su comportamiento productivo, prácticas de manejo, fisiología, desarrollo de los estados fenológicos y características pomológicas de frutos de genotipos nativos. **Objetivo.** Realizar una revisión sobre los aspectos relacionados con el cultivo de granado, analizar posibles limitaciones para su producción en Colombia y presentar información sobre las características pomológicas de plantas de granado cultivadas en huertos caseros en dos regiones de Colombia. **Metodología.** Se recopiló información a partir de fuentes documentales relacionadas con recomendaciones aplicables al cultivo de granado en Colombia. Se realizó una caracterización pomológica de frutos de genotipos nativos provenientes de dos zonas agroecológicas diferentes del territorio nacional. **Resultados.** Los genotipos nativos presentan características pomológicas similares entre sí, pero difieren considerablemente de los genotipos comerciales, siendo estos últimos superiores de acuerdo con las exigencias de mercado para exportación. **Implicaciones.** El

† Submitted October 25, 2019 – Accepted January 17, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License. ISSN: 1870-0462.

bajo conocimiento técnico por parte de los agricultores permite que haya deficiencias en el manejo de limitantes de este cultivo. **Conclusiones.** Las recomendaciones consignadas, complementadas con la caracterización pomológica genera conocimiento que puede ser implementado por los productores en Colombia. Se requiere de más trabajos de investigación si se desea proyectar el cultivo como una alternativa económica promisorio para la región.

Palabras clave: Estados fenológicos; fisiología; pomología; prácticas de manejo; recomendaciones técnicas.

INTRODUCCIÓN

La granada (*Punica granatum* L.), es una fruta que tiene su origen en Irán y en áreas circundantes del cercano oriente, desde donde se diseminó a diferentes regiones del mundo (Chandra *et al.*, 2010). Es un cultivo que tiene una amplia capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, lo que determina una amplia distribución geográfica (Levin, 2006). Conocida como *pomegranate* en inglés, *romã* o *romanzeira* en portugués, *granatapfels* en alemán, *An Shi Liu* en China y granado en España y Latinoamérica (Kumari *et al.*, 2012, dos Santos-Souza *et al.*, 2018), es una planta que pertenece a la familia Lythraceae y como cultivo fue domesticada desde hace aproximadamente 5000 años en el medio oriente (Preece & Moersfelder, 2016). Fue introducida a centro y Sur América por los españoles entre los siglos XVI y XVII (Stover & Mercure, 2007), mientras que para el siglo XVIII ya se encontraba establecida como cultivo en Norte América, principalmente en los estados de La Florida y Georgia (Holland, Hatib y Ben-Ya'akov, 2009).

Entre los principales países productores y exportadores del mundo se encuentran China, India e Israel, mientras que en Europa el principal productor de granada es España, en África es Egipto y en América de Sur destacan los países de Perú y Chile. Por otra parte, España es el principal exportador de granada fresca, seguido de los países de Medio Oriente e India quienes prácticamente producen todo el año. Las exportaciones para abastecer el mercado europeo se encuentran lideradas por España seguidos por Egipto en el hemisferio Norte, y de contra estación por parte de Perú y Chile en el hemisferio Sur (Espinoza *et al.*, 2017).

Actualmente en Colombia no se ha registrado la superficie cultivada para el granado. Sin embargo, el país cuenta con diferentes zonas, que de acuerdo con sus condiciones agroecológicas, son aptas para la producción de esta fruta, siendo únicamente el municipio de Villa de Leyva, ubicado en el departamento de Boyacá, donde se han reportado plantaciones comerciales de granado con material de siembra a partir de genotipos silvestres (Cancillería de Colombia, 2017). Por otra parte, el país busca generar capacidades en la producción y comercialización del cultivo de esta fruta, ya que en el año 2017 se generó un convenio entre los gobiernos de Colombia y Azerbaiyán para sembrar diez mil estacas enraizadas de granado cv. Mina

Shirin procedentes de ese país en 10 ha del municipio de La Unión, Valle del Cauca, convirtiéndose así en la zona de mayor área de siembra de esta fruta en Colombia (MADR, 2018).

El granado en Colombia ha sido poco estudiado a pesar de su amplia distribución en áreas rurales y traspatios. Una de las principales limitantes de estudio de este sistema productivo en el país, es que los recursos genéticos de esta especie no han sido caracterizados, por lo que se desconoce su diversidad genética y su potencial agroalimentario. Según Núñez-Colín y Escobedo-López (2014), la caracterización de germoplasma vegetal, haciendo uso de descriptores morfológicos es una herramienta ideal para estudiar los recursos fitogenéticos, ya que se puede llegar a conocer los atributos particulares de los genotipos objetivo de estudio, identificar qué características se van a mejorar, reconocer los individuos que presentan tales características y que genotipos presentan otros caracteres de importancia, así como conocer las diferencias entre ellos. De acuerdo con Khadivi-Khub *et al.* (2015), en los programas de mejoramiento de granado se tienen en cuenta algunos descriptores en función del fruto, como por ejemplo el color de la cáscara y los arilos, el tamaño del fruto, los sólidos solubles totales, la acidez titulable y la dureza de la semilla.

Por lo anterior, este documento tiene como objetivo generar un diagnóstico del estado actual del cultivo de granado en Colombia, presentando aspectos básicos como requerimientos ecológicos, prácticas de manejo recomendadas, riego, variedades, contenido nutricional y limitantes para su cultivo. Además, la presente revisión es complementada con un trabajo exploratorio sobre las características morfológicas y fisicoquímicas de frutos procedentes de genotipos nativos ubicados en dos regiones de Colombia, con el fin de generar información base sobre las características pomológicas y así ampliar el conocimiento de este cultivo promisorio en Colombia.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El granado es un arbusto de la familia Lythraceae que puede medir entre 1.5 y los 5 m de altura, con ramas más o menos irregulares y espinosas y hojas verde brillante (Figura 1a). Se comporta como caducifolio en condiciones subtropicales, mientras que actúa como perenne en condiciones tropicales (Shaygannia *et al.*, 2016). El tallo es liso con corteza

color gris oscuro, cuadrangular si es joven y algunas veces espinoso. Presenta hojas oblongas u obovadas opuestas o sub-opuestas de 2 a 8 cm de largo, dispuestas en peciolo cortos, simples y estipuladas color verde brillante (Teixeira da Silva *et al.*, 2013).

La floración ocurre un mes después de la brotación de las ramas cortas. Las flores son actinomorfas, terminales o axilares dispuestas de forma solitaria (Figura 1b), en parejas o por racimos de color rojo granate (Figura 1c). El cáliz es tubular con 5 a 8 lóbulos el cual persiste en el fruto para formar la corona; tiene de 5 a 7 pétalos imbricados lanceolados insertados entre los lóbulos del cáliz. Posee numerosos estambres filamentosos nacidos del tubo del cáliz con anteras dorsifijas. En granado existen tres tipos de flores: (i) hermafroditas que se caracterizan por tener un ovario amplio y bien desarrollado, (ii) masculinas que son más pequeñas y con cáliz campanulado y (iii) flores de formas intermedias que se caracterizan por presentar diversos grados de degeneración en el ovario (Wetzstein *et al.*, 2011).

El fruto es una baya que puede llegar a pesar entre 300 a 600 g; presenta epidermis dura y corrugada de color amarillo superpuesto por un color rosado que

puede llegar ser claro o fuerte o rojo intenso dependiendo de la variedad (Figura 1d). El interior está separado por paredes membranosas y tejido blanco esponjoso en compartimentos llenos de pulpa o arilos que pueden tener sabor dulce, ácido o agrídulce y color blanquecino, rosados o rojos. En cada arilo hay una semilla angular que puede ser blanda o dura. En condiciones adecuadas, la fruta debería madurar entre unos 5 – 7 meses después de la floración (Kumari *et al.*, 2012).

ECOLOGÍA DEL CULTIVO

El granado es un cultivo con alta capacidad de adaptación y está ampliamente distribuido en áreas tropicales y subtropicales en donde las altas temperatura no afectan su desarrollo. Las mejores condiciones para su cultivo están asociadas a climas mediterráneos como Egipto, España y Turquía (Halilova & Yildiz, 2009). Sin embargo, de acuerdo con Sadeghi (2010), el granado fue domesticado y posteriormente diseminado hacia la India, Estados Unidos, China, Japón, Rusia y Brasil. La planta tiene una alta adaptabilidad en ambientes tropicales, donde generalmente puede llegar a presentar hasta tres floraciones en el año, dependiendo de las condiciones climáticas locales (Singh, 2014).



Figura 1. A. Cultivo de granado cv. Mina Shirin de 10 meses de edad localizado en la Unión, Valle del Cauca, Colombia. B. Flor solitaria de granado. C. Flores de granado en racimo. D. Fruto de granado cv. Mina Shirin en proceso de maduración. Fotos: Fuente propia.

En condiciones tropicales, los árboles de granado pueden sembrarse desde el nivel del mar hasta una altitud de 1600 msnm, dependiendo de la variedad utilizada (Shaygannia *et al.*, 2016). El granado se encuentra adaptado a regiones con bajas precipitaciones, veranos largos cálidos y secos, llegando incluso a soportar temperaturas por encima de los 40 °C, en donde se produce fruta de muy buena calidad (Mashavhathakha, 2014). En cambio, *P. granatum* es susceptible a las heladas, por lo que se recomienda plantar en zonas con temperaturas medias superiores a los 18 °C. Para lograr buenos rendimientos se requiere regar regularmente sin llegar a excederse, ya que la alta humedad en el suelo puede provocar la aparición de enfermedades limitantes para el cultivo (Sharma, Sharma y Jadhav, 2010).

Los mejores suelos para el cultivo de granado son aquellos que se consideran fértiles, ricos en humus, profundos, de densidad media con buen drenaje y de naturaleza aluvial (Chandra *et al.*, 2010). De igual forma, el granado suele cultivarse en suelos ligeramente salinos, ya que se considera una planta tolerante a la salinidad (Asrey, Singh y Shukla, 2002). No obstante, el exceso de salinidad en el suelo por encima del 0.5 % puede causar la muerte de raíces en crecimiento (Saeed, 2005), lo cual conlleva a una disminución del rendimiento del cultivo y de la calidad de la fruta (Levin, 2006).

VARIETADES

Existe un gran número de genotipos de granado, que se seleccionan de acuerdo con la adaptación ecológica en las regiones productoras, la calidad de la fruta (color, tamaño comportamiento en postcosecha) y el gusto de los consumidores locales. Entre las variedades que se destacan en cada país se encuentran: (i) 'Hicaznar' en Turquía, que se caracteriza por tener frutos grandes y buena productividad; (ii) 'Wonderful' en Estados Unidos, que es una variedad de color rojo brillante, pero susceptible a heladas (Venkatesha & Yogish, 2016); (iii) 'Mollar de Elche' en España, que tiene muy buenos rendimientos que produce frutas de color rojo y sabor dulce y (iv) 'Ganesh' en la India, la cual posee un color entre rojo y amarillo con semillas blandas (Teksur, 2015).

En América del sur, los principales países productores de granado son Argentina, Brasil, Chile y Perú, con el genotipo 'Wonderful' como el más cultivado por su amplia demanda para exportación, debido al tamaño, color externo e interno de la fruta y un sobresaliente rendimiento (Pereira de Paiva *et al.*, 2015).

En Colombia, dentro del convenio existente entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, La Corporación Colombiana de investigación

Agropecuaria - AGROSAVIA, La Agencia Presidencial de Colombia - APC-Colombia, La asociación de agricultores del occidente colombiano - Adagro y Red Valley (Azerbaiyán), se está evaluando desde el año 2018, 10 ha de granado cv. 'Mina Shirin' en el departamento del Valle del Cauca (MADR, 2018). Este genotipo proviene de un programa de mejoramiento liderado por la empresa Red Valley que tiene su sede en Azerbaiyán. Dentro de las características que presenta este cultivar se destaca la producción de frutos con un peso superior a los 500 g y un color rojo intenso.

MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

En Brasil el uso de material vegetal de alta calidad genética, fitosanitaria y fisiológica en la implementación de huertos es importante, debido a que promueve el aumento de la productividad y precocidad de esta especie (Pereira de Paiva *et al.*, 2015). Por lo anterior, se deben conocer las características de cada variedad con el fin de facilitar el escalamiento del material para la producción comercial.

Propagación por semilla. La propagación de granado por semilla es una práctica que no se recomienda, debido a que genera plantas con alta variabilidad en sus atributos morfológicos, llegando a incidir en el rendimiento por la baja producción comercial (Karimi, 2011). Sin embargo, en cultivos no tecnificados, aún se propaga granado por semilla. Para ello, se debe tener en cuenta la dureza de las semillas, ya que el porcentaje de germinación se ve afectado, el cual puede oscilar entre el 7% para variedades con semilla dura y el 98% para las variedades con semilla blanda. Así mismo, la dureza de la semilla incide en los tiempos de germinación, ya que las variedades con semilla blanda germinan a los 21 días, mientras que las variedades con semilla dura pueden sobrepasar los 100 días, lo que dificulta la obtención de material de siembra, especialmente en zonas de subtrópico que cuentan con las cuatro estaciones en el año (Chandra & Babu, 2010).

Propagación vegetativa. El granado se puede propagar vegetativamente usando esquejes o injertos. El injerto rara vez se utiliza, ya que no se han documentado ventajas en su uso (Chandra y Babu, 2010). Según Polat & Caliskan (2009), la propagación por esquejes es la más usada en las principales regiones donde se cultiva granado, debido a que se producen plántulas con las mismas características hortícolas e igual calidad de frutos que la planta madre.

Los esquejes propicios para la propagación vegetativa deben contar con una longitud entre 15 y 20 cm y un grosor superior a 1 cm de diámetro (Melgarejo *et al.*, 2008). Otro factor para tener en cuenta en la propagación por esquejes es la madurez de la madera. Ensayos usando reguladores de

crecimiento en esquejes de madera dura, semidura y blanda reportan que los esquejes con madera dura responden mejor al enraizamiento por acción del regulador de crecimiento, que los otros tipos de madera (Singh, 2014).

SISTEMA DE CULTIVO

Para la selección de la zona de establecimiento del cultivo se debe tener en cuenta las condiciones ambientales y los requerimientos propios de la especie, como por ejemplo terrenos con suelo franco – arenoso, que sea aluvial fértil, bien drenado, con buena humedad y capacidad de retención de nutrientes y expuesto a luz solar durante periodos de 6 a 8 horas diariamente, además debe tener disponibilidad de agua, ya sea a través de la lluvia o el riego (Commercial Horticulture and Agricultural Marketing Program, 2016). Las plántulas se deben sembrar en sistema de cuadro, tresbolillo o rectángulo, siendo este último recomendado para cultivos mecanizados. Las distancias de plantación a utilizar dependen del tipo de suelo, la profundidad efectiva, las condiciones climáticas y la variedad utilizada (Chandra *et al.*, 2011). Las distancias más utilizadas son $6 \times 4\text{m}$ o $6 \times 3\text{m}$, que equivalen a densidades de 416 y 555 plantas por ha respectivamente (Zavala & Cozza, 2012).

Después de establecido el cultivo es necesario realizar una poda de formación. Para ello se deben tomar arboles jóvenes (6 a 15 meses) y establecer un sistema de soporte dejando unas 5 ramas anchas y espaciadas de manera uniforme por árbol, ya que esto no solo garantiza una buena producción de fruta, sino que también mejora la posibilidad de realizar podas de mantenimiento, permite que los frutos logren mayor crecimiento, facilita el manejo fitosanitario y permite optimizar la labor de cosecha (Glozer & Fergunsun, 2008). De acuerdo con Chandra *et al.* (2011), otra práctica que se debe hacer regularmente es la remoción de brotes en la parte basal del tallo, ya que estos crecen de manera regular en la planta y se deben eliminar porque desvían los fotoasimilados orientados a mejorar los rendimientos por planta y para la obtención de frutas de calidad.

En lo referente a la nutrición, el granado crece bien en suelos de baja fertilidad. Sin embargo, cuando el granado se cultiva a nivel comercial, se requiere la aplicación de macro y micronutrientes para el crecimiento, productividad y desarrollo adecuados. En general, se recomienda aplicar por hectárea 33.6 kg de N; 6 kg de P; 52.2 kg de K; 13.6 kg de Ca; 2.0 kg de Mg; 4.4 kg de S; 55 g de Fe; 28.5 g de Mn; 78 g de Zn y 38.8 g de Cu en cada ciclo productivo, debido a que se debe hacer una reposición de estos nutrientes en el suelo, ya que es de suma importancia para la producción sostenible de granado a largo plazo (Chandra *et al.*, 2011).

COSECHA Y POSTCOSECHA

La cosecha es manual, enfocada en los frutos maduros. Una vez cosechada la fruta, se ponen en cajas plásticas para ser transportadas a la planta de empaque. En la planta, las frutas se clasifican para eliminar aquellas que tengan daño como rapaduras, magulladuras, cortes y hendiduras. El resto de la fruta se separa de acuerdo con los defectos que presenten (Chandra *et al.*, 2011).

De acuerdo con la clasificación de calidad de la fruta, aquellas que no presentan daño o tienen daño leve son comercializadas para el mercado en fresco, mientras que la fruta con daño moderado se comercializa para agroindustria, principalmente para la producción de jugo y néctares. La fruta con destino al mercado en fresco se le realiza una serie de prácticas como aplicación de fungicidas y eliminación de humedad superficial para prevenir enfermedades postcosecha, posteriormente se enceran, luego se clasifican según su tamaño (Tabla 1) y finalmente se empacan en contenedores para su posterior distribución.

En cuanto a la postcosecha, la granada es una fruta no climatérica que experimenta cambios fisiológicos y bioquímicos continuos después de la cosecha, entre los que se encuentran pérdida de peso, escaldadura en el epicarpio y decoloración de los arilos (Koyuncu *et al.*, 2019). Sin embargo, dichos cambios se pueden retrasar mediante la aplicación de diversos tratamientos postcosecha (Mphahlele *et al.*, 2014).

Tabla 1. Clasificación de la granada para su comercialización en fresco según su peso, color y calidad (Chandra *et al.*, 2011).

Grado de calidad	Peso (g)	Color del epicarpio	Calidad del epicarpio
Super	≥ 750	Rojo brillante y atractivo	Sin manchas
King	500 - 750	Rojo atractivo	Libre de manchas
Queen	400 - 500	Rojo brillante	Libre de manchas
Prince	300 - 400	Rojo brillante	Libre de manchas
12 A	250 - 300	Rojo	Libre de manchas
12 B	250 - 300	Rojo	Algunas manchas

Entre los principales tratamientos que se realizan en postcosecha para alargar la vida y calidad de la fruta se encuentra el uso de temperaturas óptimas de almacenamiento, el uso de atmósfera modificada, la envoltura retráctil, el recubrimiento y el secado (Sayyari *et al.*, 2010).

PROPIEDADES FITOTERAPEUTICAS Y USOS EN LA SALUD HUAMANA

Actualmente, existe un interés creciente en el consumo del fruto del granado, debido a que se le atribuyen varias propiedades terapéuticas en la salud humana (Degaspari & Chaves, 2011). Por ejemplo, dentro de las propiedades medicinales se encuentra que es antiparasitario, gracias a que la cascara de la fruta tiene compuestos metanólicos que ayudan en tratamientos de personas con malaria, ayudando también con efectos inflamatorios al inicio de la enfermedad (Dell'Agli *et al.*, 2010). El aceite extraído de las semillas es una fuente alimenticia con alto valor nutracéutico, que ayuda en el metabolismo del colesterol (Caligiani *et al.*, 2010). Adicionalmente, una investigación realizada por Pirbalouti, Koochpayeh y Karimi (2010), donde se analizó la actividad curativa del extracto etanólico de *P. granatum*, se observó el potencial de la fruta del granado en el tratamiento y cicatrización de heridas.

Una de las estructuras más utilizadas por sus propiedades antimicrobianas es la cascara del fruto. En el reporte de Trindade, Fonseca y Juiz (2009), el extracto de la cascara puede ayudar a combatir infecciones causadas por *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*. En otro estudio realizado por Sharma *et al.* (2009), se logró evidenciar la actividad antimicrobiana de la corteza del fruto de *P. granatum* ante *Escherichia coli*.

Otra de las propiedades con las que cuenta el granado es ser anticancerígeno y antitumoral, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos por Oliveira *et al.* (2010), el extracto de *P. granatum* tiene potencial antitumoral *in vitro* e *in vivo*, mientras que los estudios realizados por Dai *et al.* (2010), los cuales fueron realizados vía *in vitro* demuestran que el extracto de granada inhibe la proliferación del cáncer de mama, sugiriendo que el extracto de granada debe ser consumido como suplemento dietético para combatir este tipo de cáncer.

EL CULTIVO DE GRANADO EN COLOMBIA

En Colombia la planta de granado no es desconocida. Sin embargo, no existe tradición como cultivo y solamente está asociada al ornato de jardines, traspatios y solares de las casas tradicionales. El árbol de granado en Colombia ha sido poco documentado en su desarrollo fenológico, productivo, y manejo fitosanitario. El uso del granado es poco común. Sin embargo, puede tener bondades como planta medicinal y recientemente en

la comercialización para consumo directo. En supermercados de cadena en las principales ciudades del país se encuentra fruta importada de Perú y Chile con altos precios. Lo anterior señala oportunidades de interés para productores tecnificados.

Con respecto a la producción, en algunas localidades del departamento del Cesar, se han encontrado plantas de granado en traspatios y jardines, con un amplio rango altitudinal desde los 138 hasta 2000 msnm, especialmente en los municipios de Agustín Codazzi, Valledupar y Pueblo Bello, mostrando capacidad de floración y fructificación en diferentes zonas agroecológicas (Tabla 2). Se desconoce el origen y las características de estos materiales, por lo que es necesario realizar estudios de caracterización para evaluar su comportamiento hortícola, su adaptación a la región y la calidad de la fruta. Adicionalmente, se conocen reportes preliminares de granado en otras regiones del país: (i) municipio del Líbano, departamento del Tolima y (ii) municipio de Guaduas en el departamento de Cundinamarca.

La conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos en el país, principalmente de especies con potencial económico son necesarios (Noreña *et al.*, 2018, Asprilla-Perea y Díaz-Puente, 2019). Por esta razón, el desarrollo de investigaciones encaminadas a identificar genotipos de granado nativo es importante para el futuro desarrollo del cultivo.

CARACTERIZACIÓN POMOLÓGICA DE GENOTIPOS SILVESTRES DE GRANADO EN COLOMBIA

Con el propósito de ampliar el conocimiento de estos genotipos regionales (nativos) se realizó una descripción pomológica de frutos provenientes de dos zonas agroecológicas del territorio nacional; (i) Líbano, Departamento del Tolima (Zona interandina) y (ii) Manaure, Departamento del Cesar (Zona Caribe), de acuerdo con lo descrito por Cortés *et al.* (1985).

El estudio se realizó en dos zonas agroecológicas contrastantes (zona caribe y zona interandina) ubicadas en el municipio de Manaure (Cesar) y el municipio del Líbano (Tolima) respectivamente. Se muestrearon cinco árboles de granado por localidad, con rango de edad entre los 15 y 20 años, los cuales se encontraban sembrados en traspatios y sin ningún tipo de manejo agronómico. Para evaluar los rasgos pomológicos, se seleccionaron tres frutos maduros al azar por árbol, ubicados en el tercio medio de la copa. Los frutos fueron cosechados cuando alcanzaron su madurez fisiológica, teniendo como indicativo la presencia de color amarillo o rojo en la superficie del fruto (Ferrara *et al.*, 2011).

Tabla 2. Granado (*P. granatum* L.) en condición ornamental y traspatio en el departamento del Cesar.

Localidad	Características Ambientales	Foto
Valledupar	Altitud: 138 msnm Precipitación media anual: 1008 mm Temperatura promedio: 29 °C Humedad relativa: 67%	
Fotografías: Fuente Propia.		
Agustín Codazzi	Altitud: 168 msnm Precipitación media anual: 1585 mm Temperatura promedio: 27.8°C Humedad relativa: 70%	
Fotografías: Fuente propia.		
Manaure	Altitud: 740 msnm Precipitación media anual: 1966 mm Temperatura promedio: 24°C	
Fotografías: Fuente propia.		
Pueblo Bello	Altitud: 2000 msnm Precipitación media anual: 1327.4 mm Temperatura promedio: 20.6°C	
Fotografías: Fuente propia.		

Fuente: IDEAM, 2019, Alcaldía de Manaure, 2019.

Tabla 3. Características pomológicas en árboles de granado para dos zonas agroecológicas en Colombia. Fuente propia.

Descriptor	Localidad	
	Líbano	Manaure
Condiciones ambientales	Altura: 1585 msnm	Altura: 740 msnm
	Precipitación media anual: 2544.92 mm	Precipitación media anual: 1966.7 mm
	Temperatura promedio: 25°C	Temperatura promedio: 24°C
Longitud fruto (cm)	5.21 + 0.85 a	5.45 + 0.7 a
Diámetro (cm)	5.69 + 0.75 a	5.5 + 0.58 a
RL/D	0.91 + 0.05 a	0.99 + 0.02 a
Peso fruto (g)	109.8 + 35.05 a	110.0 + 25.83 a
Long. Corona (cm)	1.06 + 0.07 a	1.27 + 0.34 a
Diámetro corona (cm)	1.90 + 0.32 a	1.57 + 0.2 a
Espesor de la corteza (cm)	0.25 + 0.03 a	0.21 + 0.03 a
Grados brix	13.42 + 2.05 a	11.89 + 1.8 a
Longitud arilo (cm)	0.73 + 0.2 a	0.77 + 0.04 a
Diámetro arilo (cm)	0.54 + 0.02 a	0.48 + 0.02 b
Longitud semilla (cm)	0.64 + 0.02 a	0.068 + 0.03 a
Diámetro semilla (cm)	0.31 + 0.02 a	0.29 + 0.03 a

Valores con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Metodología

Posteriormente, para la caracterización pomológica se imprimieron los descriptores propuestos por el UPOV (2013), midiendo los siguientes rasgos: (i) peso del fruto (g), (ii) longitud (mm), (iii) diámetro (mm), (iv) diámetro de la corona (mm), (v) longitud de la corona (mm), (vi) espesor de la corteza (mm), (vii) longitud del arilo (mm), (viii) diámetro del arilo (mm), (ix) longitud de la semilla (mm) y (x) diámetro de la semilla (mm) utilizando un calibrador digital Mitutoyo referencia 500-181-20. El contenido total de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) se midió utilizando un refractómetro digital Atago Pal- 1 y se calculó el índice de fruto (longitud/diámetro del fruto) (Hernández *et al.*, 1999).

Los datos se presentaron como media \pm desviación estándar y se analizaron mediante un análisis de ANOVA con un nivel de significancia $p < 0.05$ y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat versión 2019 (Di Rienzo *et al.*, 2018).

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados, se observó que hubo variación entre los valores promedios de cada una de las variables evaluadas (Tabla 3).

De acuerdo con el análisis de varianza se determinó que las variables longitud del fruto (LF) y diámetro de fruto (DF) para los genotipos evaluados fueron

estadísticamente iguales. La variación de LF osciló entre 5.4 y 5.20 cm, mientras que para DF fue de 5.6 y 5.5 cm, respectivamente. Por otro lado, la relación longitud-Diámetro (RLD), tampoco presentó diferencias significativas.

Respecto al peso del fruto (PF) para el Líbano y Manaure se encontraron valores de 109.83 y 110.02 g respectivamente. Estos resultados muestran, que los genotipos evaluados no difieren en cuanto a las dimensiones y peso del fruto. Sin embargo, el peso de fruto es mucho más bajo al obtenido en cultivares comerciales, con valores entre 368 y 289.5 g (Passafiume *et al.*, 2019), 193.65 y 296.91 g (Meziane, Elothmani, y Benhadja, 2016). Valores asociados a un proceso de selección de tamaño de fruto, de acuerdo con los requerimientos de mercados que prefiere cada vez más frutos de mayor tamaño (Holland *et al.*, 2009).

En cuanto a la longitud de la corona se encontraron valores entre 1.27 y 1.06 cm, mientras que el diámetro estuvo entre 1.87 y 1.50 cm. Estos valores son muy bajos al compararse con los reportes de Meziane, Elothmani, y Benhadja (2016), en cultivares mejorados de esta especie.

Para el parámetro espesor de la corteza, no se detectaron diferencias estadísticas entre los materiales provenientes de El Líbano y Manaure, con valores entre 0.25 y 0.21 mm, respectivamente. Estos valores son menores a los reportados para los genotipos Acco, Kamel y Wonderful con un rango de 3.38 y 9.98 mm (Passafiume *et al.*, 2019). En este tipo de fruta el espesor de la corteza resulta de gran

interés, ya que esta característica tiene un efecto directo sobre la protección de la fruta y en una mayor proporción de contenido comestible (Pierce y Kader, 2003).

Con respecto al parámetro Grados brix no se presentaron diferencias significativas entre los genotipos evaluados. Sin embargo, los resultados de este análisis son inferiores a los reportados por Adiletta, Petriccione y Liguori (2018), quienes reportan valores que oscilan entre 17 y 18.5 (°Brix) para los genotipos Mondrone Dolce, San Pietro, Granato and Roce, Dente di Cavallo y Wonderful. No obstante, es importante tener en cuenta que el parámetro Grados brix es altamente influenciado por el ambiente y el manejo agronómico de las plantas (Yelle *et al.*, 1991).

El fruto presentó semillas con una longitud promedio de 0.68 y 0.64 mm y un diámetro promedio entre 0.30 y 0.29 mm. Finalmente, el peso de 100 semillas exhibió diferencia estadística, con 1.124 veces más pesos para la semillas del genotipo del Líbano con respecto al genotipo Manaure (Tabla 3). De este estudio se concluye que los genotipos de granado provenientes de las dos zonas de estudio presentan características pomológicas similares de acuerdo con las variables evaluadas. Sin embargo, difieren notablemente con los genotipos comerciales debido al proceso de selección que les ha permitido alcanzar las exigencias de los mercados internacionales.

Por otra parte, un trabajo preliminar presentado por el Ministerio de Agricultura y APC-Colombia ha permitido identificar zonas potenciales para el cultivo de granado en los departamentos de La Guajira, Valle del Cauca y Boyacá (MADR, 2018). La inclusión del granado como cultivo en estas regiones está asociada a las características particulares de la especie que le otorga tolerancia a la salinidad y adaptación a zonas áridas y semi áridas (Bhantana & Lazarovitch, 2010) y adaptación al cambio climático y restauración de suelos (Vásquez-Rowe *et al.*, 2017).

Plagas y enfermedades de importancia en la región

Las frutas del árbol de granado están sujetas al ataque de patógenos en las etapas de cosecha y postcosecha, lo cual podría generar un impacto significativo en la calidad de la fruta y en la vida de almacenamiento (Munhuweyi *et al.*, 2016). Estos patógenos a menudo causan daño en tejidos, lo que hace que la fruta pierda su valor comercial. Un porcentaje importante de pérdidas de fruta en cosecha y postcosecha es atribuido a enfermedades causadas por diversas especies de hongos y bacterias (Mondal *et al.*, 2012). Adicionalmente a las enfermedades de tipo biótico se suman desórdenes fisiológicos como agrietamiento de epidermis, lesiones por frío, escaldadura de la piel del fruto y

perdida excesiva de peso (Caleb, Opara y Witthuhn, 2012).

Entre las principales enfermedades que atacan el fruto de la granada se encuentran la pudrición causada por *Alternaria alternata*, la cual no es fácilmente detectable, debido a que mientras la parte externa del fruto parece saludable y firme, la parte interna se encuentra en estado de descomposición (Yehia, 2013). Se recomienda la aplicación de fungicidas antes de la etapa de la cosecha para evitar la propagación de la enfermedad en regiones en donde esta sea prevalente.

Otra enfermedad importante en el cultivo es la antracnosis, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, debido a que puede aparecer en cualquier etapa del desarrollo del fruto y que puede estar de manera latente durante el desarrollo vegetativo del cultivo (Muñoz, Moret y Garcés, 2009). Entre los síntomas están: (i) manchas pequeñas circulares inicialmente, (ii) manchas irregulares de color marrón oscuro y centro hundido, que pueden cubrir parcial o totalmente la fruta (Thomidis, 2014).

En cuanto a las enfermedades causadas por bacterias se encuentra la pudrición bacteriana, cuyo agente causal es *Xanthomonas axonopodis* pv. *Punicae*. Esta enfermedad puede llegar a afectar todas las partes de la planta y se manifiesta como lesiones acuosas de color marrón oscuro llegando incluso en situaciones graves a causar defoliación prematura. En tallos y ramas se manifiesta por la formación de canchales, mientras que en la fruta se forman fisuras cuya progresión puede llegar a causar rompimiento en la epidermis, lo que da paso a infecciones secundarias (Sharma, Jadhav y Sharma, 2011).

Para el aspecto relacionado con insectos plaga, el cultivo no presenta especies que ocasionen daños económicos. Dentro de los insectos reportados asociados al cultivo que pueden llegar a causar daños en menor escala, se tienen: (i) moscas blancas, (ii) áfidos, (iii) trips, (iv) chinches y (v) insectos escama (Shah, Shah y Patel, 2011). Es importante tener en cuenta que actualmente el granado es considerado como un cultivo menor, por lo que el control de plagas es limitado debido a la escasez de información disponible para este cultivo (Bartual *et al.*, 2012). Existen diferentes especies de mosca blanca (Aleyrodidae) que pueden infestar el cultivo de granado, localizándose principalmente en el envés de las hojas. Dentro de la sintomatología que presenta la presencia de estos insectos están el amarillamiento de las hojas y la producción de una sustancia azucarada sobre la cual crece un hongo que puede llegar a tapar toda la lámina foliar y la fruta. Una infestación repentina de mosca blanca con frecuencia se debe a prácticas inadecuadas del uso indiscriminado de insecticidas, lo que conlleva a eliminar enemigos naturales o alteran el equilibrio de los agroecosistemas (Cocuzza *et al.*, 2016).

Otros insectos que se comportan como plaga son los áfidos, de los cuales las dos especies más importantes a nivel mundial son *Aphis punicae* y *A. gossypii*. Al ser insectos “chupadores”, el daño se debe a la cantidad de fotoasimilados que consumen y a la gran cantidad de sustancia azucarada que producen ocasionando quemazones en brotes tiernos y al desarrollo de hongos sobre esta sustancia. Es importante tener en cuenta que, las colonias aumentan su tasa de crecimiento a medida que la temperatura disminuye y la humedad relativa aumenta (Abd-Ella, 2015). Por otro lado, de acuerdo con García-Morales *et al.* (2016) se han registrado sesenta y cinco especies de insectos escama (Coccoidea) en *P. granatum* en todo el mundo. Sin embargo, solo unas pocas especies son consideradas plaga por su impacto económico sobre los rendimientos en el cultivo de granado. De acuerdo con lo anterior, es importante monitorear los cultivos para detectar el aumento de poblaciones de estos insectos y tomar las medidas necesarias para su control.

Comercialización y oportunidades de mercado

Con el aumento de los niveles de ingreso y de educación en países desarrollados y un porcentaje menor en los países en desarrollo, han aumentado las preocupaciones en torno al consumo de alimentos saludables, que se conocen con el nombre de “superalimentos” (Rekhy y McConchie, 2014). El fruto del granado presenta gran contenido de antioxidantes de alta biodisponibilidad con efectos favorables para la salud humana (Akhavan, 2015). Estas tendencias de consumo han incrementado la demanda de frutos y subproductos de granado (arilos de mínimo procesamiento y jugos), en los mercados de los países desarrollados de Norteamérica, Asia y Europa (Day y Wilkins, 2011). El desarrollo del cultivo en un país tropical como Colombia, en regiones con diferentes condiciones agroecológicas, de temperaturas medias y de precipitación, se convierten en una ventana de oportunidad para el desarrollo de este sistema productivo, con el objetivo de suplir las necesidades de los países subtropicales. Las oportunidades de la producción de fruta en estas condiciones sumado a un aumento de consumo hacen que el granado pueda llegar a ser una nueva opción de desarrollo frutícola en varias regiones de Colombia, en donde las condiciones ambientales sean favorables para la producción de frutas con calidad de exportación.

CONCLUSIONES

Colombia cuenta con diferentes zonas agroecológicas aptas para el establecimiento de granado, sin embargo, se requiere fomentar como cultivo comercial, debido a que actualmente se cuenta con menos de 50 ha destinadas a la producción. Una opción para aumentar el área de siembra es el acceso a ofertas tecnológicas como recomendaciones de manejo agronómico en temas

de nutrición, riego y control fitosanitario; tecnologías de transformación y obtención de semilla vegetativa certificada de variedades mejoradas, debido a que es difícil acceder a material de siembra con características de calidad. Con respecto a la caracterización pomológica, los frutos de los genotipos nativos de granado procedentes de las dos zonas estudio presentaron características similares entre sí según los descriptores evaluados, siendo estos menores en calidad en comparación con los genotipos comerciales, por lo que no cumplen con los estándares requeridos de acuerdo con las exigencias para el mercado de exportación. Por lo tanto, se deben generar trabajos de investigación enfocados a la identificación de germoplasma nativo promisorio, con características de calidad equivalente a los genotipos utilizados en los principales países productores y con épocas de cosecha complementarias a la de las tradicionales regiones productoras en los hemisferios Norte y Sur, con el fin de encontrar nuevos mercados para su comercialización y exportación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa RED VALLEY por proveer el material biológico de granado cv. Mina Shirin para los estudios de adaptación de este cultivar proveniente de Azerbaiyán en Colombia. A ADAGRO por permitirnos ingresar a sus instalaciones a tomar datos del cultivo y por toda la colaboración y ayuda brindada para llevar a cabo esta revisión. Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y a la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia, quienes han liderado la iniciativa de desarrollo de granado para el país. A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) por el apoyo financiero, logístico e investigativo para escribir el presente artículo.

Conflicto de intereses. Los autores no incurren en conflictos de intereses.

Fuentes de financiamiento. Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA.

Aspectos éticos / legales. Este trabajo no incurrió en ningún problema ético ni legal.

REFERENCIAS

- Abd-Ella, A.A. 2015. Effect of several insecticides on pomegranate aphid, *Aphis punicae* (Passerini) (Homoptera: Aphididae) and its predators under field conditions. *European and Mediterranean Plant Protection Organization Bulletin*, [e-journal] 45(1), pp.90 - 98. <https://doi.org/10.1111/epp.12192>
- Adiletta, G., Petriccione, M. and Liguori, L. 2018. Study of pomological traits and physico-

- chemical quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) genotypes grown in Italy. *European Food Research and Technology*, [e-journal]. 24488), pp.1427 - 1438. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3056-x>
- Akhavan, H. 2015. A review of pomegranate functional compounds and their role in human health in laboratory and clinical trials. *Journal of Kerman University of Medical Sciences*, 22(5), pp.569 - 591.
- Alcaldía de Manaure. 2019. *Nuestro municipio*. [online] Disponible en <<http://www.manaurebalcondelcesar-cesar.gov.co/municipio/nuestro-municipio>> [Consulta: 13 de septiembre de 2019]
- Asprilla-Perea, J. and Díaz-Puente, J.M. 2019. Importance of wild foods to household food security in tropical forest areas. *Food Security*, [e-journal] 11(1), pp.15 - 22. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0846-8>
- Asrey, R., Singh, R.B. and Shukla, H.S. 2002. Effect of sodicity levels on growth and leaf mineral composition of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Annals of Agricultural Research*, 23(3), pp.398 - 401.
- Bartual, J., Loyoza, A., García, J. and Valdés, G. 2012. *Efficacy and residues of selected insecticides for control of cotton aphid (*Aphis gossypii*) and citrus mealybug (*Planococcus citri*) in pomegranate*. [pdf] Disponible en: <<http://om.ciheam.org/om/pdf/a103/00006916.pdf>> [Consulta: 13 de septiembre de 2019]
- Bhantana, P. and Lazarovitch, N. 2010. Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties under salt stress. *Agricultural Water Management*, [e-journal] 97(5), pp.715 - 722. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.12.016>
- Caleb, O.J., Opara, U.L. and Witthuhn, C.R. 2012. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review. *Food and Bioprocess Technology*, [e-journal] 5(1), pp.15 - 30. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0525-7>
- Caligiani, A., Bonzanini, F., Palla, G., Cirilini, M. and Bruni, R. 2010. Characterization of a potential nutraceutical ingredient: pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil unsaponifiable fraction. *Plant Foods for Human Nutrition*, [e-journal] 65(3), pp.277 - 283. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0173-5>
- Cancillería de Colombia. 2017. *República de Colombia - Ministerio de Relaciones Exteriores. Expertos azeríes comparten sus experiencias en el cultivo de la granada en Villa de Leyva y Valle del Cauca*. [online] Disponible en: <<https://www.cancilleria.gov.co/en/newsroom/news/expertos-azeris-comparten-experiencias-cultivo-granada-villa-leyva-valle-cauca>> [Consulta: 18 de septiembre de 2019].
- Chandra, R. and Babu, D.K. 2010. *Propagation of pomegranate: a review*. [e-book] Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. 4, pp.51 - 55. Disponible en: <[http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2010/FVCSB_4\(SI2\)/FVCSB_4\(SI2\)51-55o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2010/FVCSB_4(SI2)/FVCSB_4(SI2)51-55o.pdf)> [Consulta: 13 de septiembre de 2019]
- Chandra, R., Babu, D.K., Jadhav V.T. and Teixeira da Silva, J.A. 2010. *Origin, history and domestication of pomegranate*. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*. [pdf] Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Jaimeteixeira_da_Silva/publication/283514767-Origin_History_and_Domestication_of_Pomegranate/links/563cd0fd08aec6f17dd7dd58/Origin-History-and-Domestication-of-Pomegranate.pdf> [Consulta: 13 de septiembre de 2019]
- Chandra, R., Suroshe, S., Sharma, J., Marathe, R.A. and Meshram, D.T. 2011. *Pomegranate growing manual*. National Research Center on Pomegranate, Solapur, India. pp.1 - 58.
- Cocuzza, G.E.M., Mazzeo, G., Russo, A., Giudice, V.L. and Bella, S. 2016. Pomegranate arthropod pests and their management in the Mediterranean area. *Phytoparasitica*, [e-journal] 44(3), pp.393 - 409. <https://doi.org/10.1007/s12600-016-0529-y>
- Commercial Horticulture and Agricultural Marketing Program. 2016. *Best Practices for POMEGRANATE Production and Marketing in Afghanistan*. [pdf] Disponible en: <<https://static1.squarespace.com/static/5b69fa24506fbeb93ef780e2/t/5c65bcb7817f703b8814b6a/1550171327356/Best+Practices+for+POMEGRANATE+Production+and+Marketing+in+Afghanistan+Roots+of+Peace+ROP.pdf>> [Consulta: 10 de enero de 2020]
- Cortés, L.A., Olmos, M.E., Palacino, A.M., Suárez, M.J.G. y Villaneda, V.E. 1985. *Zonificación agroecológica de Colombia: memoria explicativa*. [pdf] Disponible en: <<https://repository.agrosavia.co/handle/20>

- 500.12324/28537> [Consulta: 9 de enero de 2020]
- Dai, Z., Nair, V., Khan, M. and Ciolino H.P. 2010. Pomegranate extract inhibits the proliferation and viability of MMTV-Wnt-1 mouse mammary cancer stem cells *in vitro*. *Oncology Reports*, [e-journal] 24(4), pp.1087 - 1091. https://doi.org/103892/or_00000959
- Day, K.R. and Wilkins, E.D. 2011. Commercial pomegranate (*Punica granatum* L.) production in California. *Acta Horticulturae*, [e-journal] 890, pp.275 - 285. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.890.39>
- Degaspari, C.H. and Chaves, A.P. 2011. Propiedades fitoterápicas da romã (*Punica granatum* L.). *Visão Acadêmica*, [e-journal] 12(1), pp.36 - 46. <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v12i1.27237>
- Dell'Agli, M., Galli, G.V., Bulgari, M., Basilico, N., Romeo, S., Bhattacharya, D., Taramelli, D. and Bosisio, E. 2010. Ellagitannins of the fruit rind of pomegranate (*Punica granatum*) antagonize *in vitro* the host inflammatory response mechanisms involved in the onset of malaria. *Malaria Journal*, [e-journal] 9(1), art.208. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-9-208>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo C.W. 2018. *InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*. [online] Disponible en: <<http://www.infostat.com.ar>> [Consulta: 18 de septiembre de 2019]
- dos Santos-Souza, A., de Souza Jr. J.R., Souza, D.C.O. and Albuquerque, U.P. 2018. *Punica granatum* L. [e-book] Medicinal and Aromatic Plants of the World, vol 5. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1552-0_37
- Espinoza, P.J.R., Díaz, P.D., Ordoñez, B.P.L., Mancillas, F.P.F. y Palma, R.Y. 2017. *Granado (Punica granatum L.) La nueva alternativa en la reconversión sustentable de cultivos en Chihuahua*. [pdf] Disponible en: <<http://www.chi.itesm.mx/icm/memorias2017/Sustentabilidad.pdf#page=4>> [Consulta: 13 de septiembre de 2019].
- Ferrara, G., Cavoski, I., Pacífico, A., Tedone, L. and Mondelli, D. 2011. Morpho-pomological and chemical characterization of pomegranate (*Punica granatum* L.) genotypes in Apulia region, Southeastern Italy. *Scientia Horticulturae*, [e-journal] 130(3), pp.599 - 606. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.08.016>
- García-Morales, M., Denno, B.D., Miller, D.R., Miller, G.L., Ben-Dov, Y. and Hardy, N.B. 2016. ScaleNet: a literature-based model of scale insect biology and systematics. *Database*, [e-journal] Volume 2016, bav118. <https://doi.org/10.1093/database/bav118>
- Glozer, K. and Ferguson, L. 2008. *Pomegranate production in Afghanistan*. UC DAVIS College of Agricultural & Environmental Sciences. Disponible en: <<http://www.ucanr.org/sites/kingscounty/files/19305.pdf>> [Consulta: 18 de septiembre de 2019]
- Halilova, H. and Yildiz, N. 2009. Does climate change have an effect on proline accumulation in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits? *Scientific Research and Essays*, 4(12), pp.1543-1546.
- Hernández, F., Melgarejo, P., Tomás-Barberán, F.A. and Artés, F. 1999. Evolution of juice anthocyanins during ripening of new selected pomegranate (*Punica granatum*) clones. *European Food Research and Technology*, [e-journal] 210(1), pp.39 - 42. <https://doi.org/10.1007/s002170050>
- Holland, D., Hatib, K. and Ben-Ya'akov, I. 2009. *Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding*. [e-book] Horticultural Reviews, 35(2), pp.127-191. [10.1002/9780470593776.ch2](https://doi.org/10.1002/9780470593776.ch2)
- IDEAM. 2019. *Base de datos meteorológicos acumulado 1981 - 2010*. [online] Disponible en: <<http://www.ideam.gov.co>> [Consulta: 18 de septiembre de 2019].
- Karimi, H.R. 2011. Stenting (cutting and grafting) a technique for propagation pomegranate (*Punica granatum* L.). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 19(2), pp.73 - 79.
- Khadivi-Khub, A., Kameli, M., Moshfeghi, N. and Ebrahimi, A. 2015). Phenotypic characterization and relatedness among some Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) accessions. *Trees*, [e-journal] 29(3), pp.893 - 901. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1172-9>
- Koyuncu, M.A., Erbas, D., Onursal, C.E., Secmen, T., Guneyli, A. and Uzumcu, S.S. 2019. Postharvest treatments of salicylic acid, oxalic acid and putrescine influences bioactive compounds and quality of pomegranate during controlled atmosphere

- storage. *Journal of food science and technology*, [e-journal] 56(1), pp.350 - 359. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3495-1>
- Kumari, A., Dora, J., Kumar, A. and Kumar, A. 2012. Pomegranate (*Punica granatum*) – Overview. *International Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 1(4), pp.1218 - 1222.
- Levin, G.M. 2006. *Pomegranate* (1st Edn), East Libra Drive Tempe, Arizona - USA, pp 1-129, Third Millennium Publishing.
- MADR. 2018. *República de Colombia – Ministerio de agricultura y desarrollo Rural MinAgricultura trabajará con entidades de Azerbaiyán para fortalecer el cultivo de granada*. [online] Disponible en: <<https://www.minagricultura.gov.co/noticias/paginas/minagricultura-trabajara-con-azerbaiyan-para-fortalecer-cultivo-granada.aspx>> [Consulta: 18 de septiembre de 2019].
- Mashavhathakha, K.L. 2014. *Yield and Quality of Pomegranate on Selected Geographical Areas in Western Cape Province, South Africa*. University of South Africa, Pretoria. Disponible en: <<http://uir.unisa.ac.za/handle/10500/18409>> Consulta: [13 de julio de 2019]
- Melgarejo, P., Martínez, J., Martínez, J.J. and Sánchez, M. 2008. *Preliminary Survival Experiments in Transplanting Pomegranate*. [pdf] Disponible en: <<http://om.ciheam.org/om/pdf/a42/00600269.pdf>> [Consulta: 18 de septiembre de 2019]
- Meziane, Z.K., Elothmani, D. and Benhadja, L.B. 2016. Morphological and physicochemical characteristics of three pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in northern Algeria. *Fruits*, 71(1), pp.17 - 26.
- Mondal, K.K., Rajendran, T.P., Phaneendra, C., Mani, C., Sharma, J., Sharma, R., Pooja, G., Verma, R., Kumar, D., Singh, A., Kumar, A.K., et al. 2012. The reliable and rapid polymerase chain reaction (PCR) diagnosis for *Xanthomonas axonopodis* pv. *punicae* in pomegranate. *African Journal of Microbiology Research*, [e-journal] 6(30), 5950 - 5956. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.543>.
- Mphahlele, R.R., Fawole, O.A., Stander, M.A. and Opara, U.L. 2014. Preharvest and postharvest factors influencing bioactive compounds in pomegranate (*Punica granatum* L.) - A review. *Scientia Horticulturae*, [e-journal] 178, pp.114 - 123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.08.010>
- Munhuweyi, K., Lennox, C.L., Meitz-Hopkins, J.C., Caleb, O.J. and Opara, U.L. 2016. Major diseases of pomegranate (*Punica granatum* L.), their causes and management – A review. *Scientia Horticulturae*, [e-journal] 211, pp.126 - 139. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.016>
- Muñoz, Z., Moret, A. and Garces, S. 2009. Assessment of chitosan for inhibition of *Colletotrichum* sp. on tomatoes and grapes. *Crop Protection*, [e-journal] 28(1), pp.36 - 40. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.08.015>
- Noreña, P.A., Muñoz, A.G., Mosquera-Rendón, J., Botero, K. and Cristancho, M.A. 2018. Colombia, an unknown genetic diversity in the era of Big Data. *BMC genomics*, [e-journal] 19(Suppl 8), pp.61 - 73. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-5194-8>
- Núñez-Colín, C.A. y Escobedo-López, D. 2014. Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de los recursos fitogenéticos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 1(1), pp.1 - 6.
- Oliveira, L.P., Pinheiro, R.C., Vieira, M.S., Paula, J.R., Bara, M.T.F. and Valadares, M.C. 2010. Atividade citotóxica e antiangiogênica de *Punica granatum* L., Punicaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, [e-journal] 20(2), pp.201 - 207. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2010000200011>
- Passafiume, R., Perrone, A., Sortino, G., Gianguzzi, G., Saletta, F., Gentile, C. and Farina, V. 2019. Chemical–physical characteristics, polyphenolic content and total antioxidant activity of three Italian-grown pomegranate cultivars. *Nutrition and Food Science Journal*, 16, pp.9 - 14.
- Pereira de Paiva, E., Carlos-Rocha, R., de Sousa, F., Gomes-Nobre, R., Alves-Guedes, W., dos Santos-Moreira, I. y Vanies da Silva Sá, F. 2015. Crescimento e fisiologia de mudas de romazeira cv. Wonderful propagadas por enxertia. *Revista Brasileira de Ciências Agrarias*, [e-journal] 10(1), 117 - 122. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i1a5170>
- Pierce, H. and Kader, A. 2003. Responses of Wonderful pomegranates to controlled atmospheres. *Acta Horticulturae*, [e-journal] 600, pp.751 - 757. [10.17660/ActaHortic.2003.600.115](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.600.115)
- Pirbalouti, A.G., Koohpayeh, A. and Karimi, I. 2010. The wound healing activity of flower

- extracts of *Punica granatum* and *Achillea kellalensis* in Wistar rats. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 67(1), pp.107 - 110.
- Polat, A.A. and Caliskan, O. 2009. Effect of indolebutyric acid (IBA) on rooting of cutting in various pomegranate genotypes. *Acta Horticulturae*, [e-journal] 818, pp.187 - 192. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.818.27>
- Preece, J.E. and Moersfelder, J. 2016. Pomegranate: *The grainy apple*. *Journal of American Pomological Society*, 70(4), pp.187 - 193.
- Rekhy, R. and McConchie, R. 2014. Promoting consumption of fruit and vegetables for better health. Have campaigns delivered on the goals? *Appetite*, [e-journal] 79, pp.113 - 123. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.04.012>
- Sadeghi, H. 2010. Physical and chemical characteristics of four native pomegranate cultivars in Mazandaran province of Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(2), pp.570 - 572.
- Saeed, W.T. 2005. Pomegranate cultivars as affected by Paclobutrazol, salt stress and change in fingerprints. *Bulletin Faculty of Agriculture, Cairo University*, 56, pp.581 - 615.
- Sayyari, M., Valero, D., Babalar, M., Kalantari, S., Zapata, P.J. and Serrano, M. 2010. Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds, and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 °C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, [e-journal] 58(11), pp.6804 - 6808. <https://doi.org/10.1021/jf100196h>
- Shah, M., Shah, S. and Patel, M. 2011. Review On: The Aspects of *Punica granatum*. *Journal of Pharmaceutical Science and Bioscientific Research*, 1(3), pp.154 - 159.
- Sharma, A., Chandraker, S., Patel, V.K. and Ramteke, P. 2009. Antibacterial activity of medicinal plants against pathogens causing complicated urinary tract infections. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, [e-journal] 71(2), pp.136 - 139. <https://doi.org/10.4103/0250-474x.54279>
- Sharma, K.K., Sharma, J. and Jadhav, V.T. 2010. Etiology of pomegranate wilt and its management. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 4(special Issue 2), pp.96 - 101.
- Sharma, K.K., Jadhav, V.T. and Sharma, J. 2011. Present status of pomegranate bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *Punicae* and its management. *Acta horticulturae*, [e-journal] 890, pp.513 - 522. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.890.72>
- Shaygannia, E., Bahmani, M., Zamanzad, B. and Rafieian-Kopaei, M. 2016. A review study on *Punica granatum* L. *Journal of Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, [e-journal] 21(3), pp.221 - 227. <https://doi.org/10.1177/2156587215598039>
- Singh, K.K. 2014. Effect of IBA concentrations on the rooting of pomegranate (*Punica granatum* L.) cv. Ganesh hardwood cuttings under mist house condition. *Plant Archives*, 14(2), 1111 - 1114.
- Stover, E.D. and Mercure, E.W. 2007. The pomegranate: a new look at the fruit of paradise. *HortScience*, [e-journal] 42(5), pp.1088 - 1092. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.5.1088>
- Teixeira da Silva, J.A., Rana, T.S., Narzary, D., Verma, N., Meshram, D.T. and Ranade, S.A. 2013. Pomegranate biology and biotechnology: a review. *Scientia Horticulturae*, [e-journal] 160, pp.85 - 107. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.017>
- Teksur, P.K. 2015. Alternative technologies to control postharvest diseases of pomegranate. *Stewart Postharvest Review*, [e-journal] 4(3), pp.1 - 7. <https://doi.org/10.2212/spr.2015.4.3>
- Thomidis, T. 2014. Fruit rots of pomegranate (cv. wonderful) in Greece. *Australasian Plant Pathology*, [e-journal] 43(5), 583 - 588. <https://doi.org/10.1007/s13313-014-0300-0>
- Trindade, M.P., Fonseca, L. y Juiz, P.J.L. 2009. Atividade antimicrobiana da tintura da casca de romã (*Punica granatum*) sobre cepas de *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus pyogenes*: estudo *in vitro*. *Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde*, [e-journal] 11(4), pp.49 - 54. <https://doi.org/10.21722/rbps.v0i0.355>
- UPOV. 2013. *International Union for the Protection of New Varieties of Plants: Pomegranate (Punica granatum L.)*. [pdf] Disponible en: <<https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg284.pdf>> [Consulta: 18 de septiembre de 2019].
- Vásquez-Rowe, I., Kahhat, R., Santillán-Saldívar, J., Quispe, I. and Bentín, M. 2017. Carbon footprint of pomegranate (*Punica granatum*) cultivation in Hyper-arid region

- in coastal Perú. *International Journal of Life Cycle Assessment*, [e-journal] 22(4), pp.601 - 617. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1046-4>
- Venkatesha, H. and Yogish, S.N. 2016. High-yielding varieties of pomegranate. *International Journal of Applied Research*, 2(2), 73 – 75.
- Wetzstein, H.Y., Ravid, N., Wilkins, E. and Martinelli, A.P. 2011. A morphological and histological characterization of bisexual and male flower types in pomegranates. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, [e-journal] 136(2), pp.83 - 92. <https://doi.org/10.21273/JASHS.136.2.83>
- Yehia, H.M. 2013. Heart rot caused by *Aspergillus niger* through splitting in leathery skin of pomegranate fruit. *African Journal of Microbiology Research*, [e-journal] 7(9), pp.834 - 837. <https://doi.org/10.5897/AJMR2012.2466>
- Yelle, S., Chetelat, R.T., Dorais, M., de Verna, J.W. and Bennett, A.B. 1991. Sink metabolism in tomato fruit IV. Genetic and biochemical analysis of sucrose accumulation. *Plant Physiology*, [e-journal] 95(4), pp.1026 - 1035. <https://doi.org/10.1104/pp.95.4.1026>
- Zavala, M.F. and Cozza, F. 2012. *The Argentinean experience in the cultivation of 1000 ha of pomegranates (5 provinces) Test of varieties and management of crop*. [pdf] Disponible en: <<http://om.iamm.fr/om/pdf/a103/00006903.pdf>> [Consulta: 18 de septiembre de 2019].