

Caracterización y evaluación de frutos de ‘nanche’ (*Byrsonima crassifolia* L.)

María de los Ángeles Maldonado Peralta¹
Paulino Sánchez Santillán¹
Adelaido Rafael Rojas García^{1§}
José Luis Valenzuela Lagarda²
María Benedicta Bottini Luzardo¹
Luis Alaniz Gutiérrez¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia núm. 2-Universidad Autónoma de Guerrero, Guerrero, México. (mmaldonado@uagro.mx; sanchezsantillanp@gmail.com; mariabluzardo@yahoo.com; alanizgl@gmail.com). ²Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica-Universidad Autónoma de Guerrero, Guerrero, México. (joseluislagarda@uagro.mx).

§Autor para correspondencia: rogarcia.05@hotmail.com.

Resumen

En México, el nanche crece como arbusto en trópico seco y como árbol en zonas de trópico húmedo; produce frutos con aceptación en el mercado, donde cada vez alcanza mayor popularidad. El objetivo de esta investigación fue estudiar las propiedades de calidad físicas y químicas del fruto y las características del endocarpio y embrión del nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.) colectados en el estado de Oaxaca, México. La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo. Se evaluaron cuatro repeticiones de cien frutos, endocarpios y embriones. El análisis de medidas de tendencia central indicó que los frutos tienen forma de oblato, presentan mesocarpio blanco a crema, epicarpio amarillo y sabor característico a la especie. El fruto tiene un endocarpio con cavidades para tres embriones, pero uno o dos se desarrollan, el endocarpio es leñoso, color café oscuro, de forma elíptica y una extremidad acuminada, con surcos sinuosos. El embrión es blanco, ovalado, con cotiledones enrollados en forma de espiral, cubiertos con un tegumento delgado color café. Sin endospermo. Hubo variación en caracteres morfológicos y de calidad.

Palabras clave: calidad, endocarpio leñoso, índice de forma, índice de sabor.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: febrero de 2020

Introducción

México es un país que en toda su extensión tiene una vegetación megadiversa, la cual presenta principios ornamentales, nutrimentales y medicinales; las regiones tropicales y sub-tropicales destacan por la producción de frutos nativos, con perspectiva para explotación económica; uno de éstos es el nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K., que pertenece a la familia Malpighiaceae (Johnson, 2003), es originario de México y Centro América, donde popularmente se conoce como nanche, nanche amarillo, changunga, nanche de mezcal, etc. (Herrera-Ruiz *et al.*, 2011).

Se distribuye en los estados de la vertiente del Golfo de México y Océano Pacífico, por su rusticidad, se adapta a suelos pobres y con deficiencia de agua (Maldonado-Peralta *et al.*, 2015). Presenta frutos con características morfológicas aceptadas por los consumidores locales y nacionales (Bayuelo-Jiménez *et al.*, 2006), siendo silvestres o de traspatio, tienen calidad para su consumo en fresco, procesado y hasta de exportación; sin embargo, el poco manejo y mejoramiento (Borys y Boris, 2001) hace que éstos sean heterogéneos en cuanto a forma, color y tamaño.

El nanche no solo es importante por la calidad de frutos que presenta, con antioxidantes (Silva *et al.*, 2007; Rufino *et al.*, 2010) y propiedades nutraceuticas (Bicas *et al.*, 2011), sino porque toda la planta es medicinal (Maldini *et al.*, 2011), rica en ácidos galacturónicos, flavonoides, ésteres aromáticos, entre otros (Sannomiya *et al.*, 2007), previene el desarrollo de enfermedades (Pawlowska *et al.*, 2006). Estudios realizados por Rivas-Castro *et al.* (2019), indican que existe relación del color con la forma del fruto, fenotipos amarillos tienden a ser más anchos y los verdes más alargados; además, que la senescencia provoca disminución de firmeza y aumento de sólidos solubles totales.

La mayor producción de frutos ocurre durante los meses de mayo a octubre, éstos son drupas pequeñas, en su interior tienen un endocarpio con uno a tres embriones desarrollados (Costa *et al.*, 2003), el fruto mide de 1 a 2 cm de diámetro (Guilhon-Simplicio y Pereira, 2011), tiene aroma a queso (Mariutti *et al.*, 2014), el mesocarpio está unido al endocarpio leñoso, que envuelve a los embriones; estudios realizados en viabilidad y vigor de los embriones indican que éstos son grandes, sin endospermo, con alta viabilidad (Maldonado-Peralta *et al.*, 2016b) pero baja germinación.

Hoy en día existe gran preocupación en los consumidores en elegir alimentos funcionales, seguros e inocuos, que mejoren la calidad de vida, con propiedades nutrimentales y que prevengan enfermedades (Lima *et al.*, 2014). Los frutos de nanche presentan propiedades importantes y son aceptados en la alimentación humana, ya que son fuente de vitaminas, minerales, antioxidantes y de otras propiedades que no se conocen a detalle.

Lo que requiere de investigación, además de que presentan cualidades para ser el complemento de una dieta saludable; sin embargo, en México estos frutos siguen siendo exóticos, pues son atractivos por su tamaño, forma y aroma, por ello, el objetivo de esta investigación se centró en identificar las propiedades de calidad físicas y químicas del fruto, y las características del endocarpio y embrión del nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.).

Materiales y métodos

Los frutos de nanche se cosecharon en arboles de 8 años de edad, en un huerto de traspatio, en Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca. Tehuantepec se localiza a 16° 19' 28'' latitud norte y 95° 14' 20'' longitud oeste, a 50 m de altitud. El clima es de trópico cálido, con escasa oscilación térmica a lo largo del año (INEGI, 2012). La colecta se realizó en agosto de 2014. Los frutos se trasladaron al laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Los frutos sanos, completos y en madurez de consumo se seleccionaron, lavaron y secaron a temperatura ambiente. Se eligieron cuatro repeticiones de 100 frutos de diferentes individuos, que se incluyeron en el presente estudio para la obtención de los datos de morfología y calidad.

El diámetro polar del fruto se define como el extremo apical hasta la base y el diámetro ecuatorial se midió en la porción media del fruto, para ello se usó un vernier (vernier Truper Stainless® Steel) con una precisión en mm. El índice de forma del fruto resultó de dividir el diámetro polar entre el diámetro ecuatorial (Gaona-García *et al.*, 2008; Alia-Tejacal *et al.*, 2012). El color del epicarpio y de la pulpa se determinaron con un colorímetro (Chroma meter CR-400) que registra los valores de L^* , a^* y b^* , reportados como luminosidad (L^*), ángulo de matiz ($\tan^{-1} b^*/a^*$) y cromaticidad ($\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$), el peso del fruto, peso fresco de pulpa y peso seco de pulpa se obtuvieron con una balanza electro-analítica (Scientech ZSA120).

Los frutos se secaron en una estufa durante setenta y dos horas a 70 °C. Los sólidos solubles totales (SST) se midieron con un refractómetro (Hanna HI 96801) utilizando una gota de jugo de pulpa de cada fruto, la acidez titulable (AT) se evaluó mediante el método volumétrico descrito a continuación: a) se tomaron muestras de 10 g de pulpa y se molieron utilizando agua destilada; b) el agua se filtró; c) se tomaron alícuotas de cinco ml; y d) se agregaron dos gotas de fenolftaleína (1%) a las alícuotas y se tituló con NaOH 0.1 N, reportado en porcentaje de ácido málico en 100 g⁻¹ de pulpa. Un índice de sabor se obtuvo considerando la división de los valores de SST y AT. La firmeza se midió con un texturómetro universal (marca Force-Five. Modelo: FDV-30) con precisión en Newton, considerando los parámetros designados por Fólter (1986) para *Fragaria* spp.

El diámetro polar y ecuatorial de los endocarpios y embriones se midieron (Truper Stainless® Steel), un índice de forma se calculó (diámetro polar entre diámetro ecuatorial); esta especie tiene un endocarpio por fruto con tres embriones, también el número de embriones por endocarpio se evaluó. El peso (g) se tomó con una balanza analítica. Se calculó la relación entre peso del embrión y endocarpio. Las variables se analizaron con el procedimiento de medidas de tendencia central (SAS, 2009).

Resultados

Los frutos de nanche presentaron peso homogéneo, entre 4.31 y 4.65 g (Cuadro 1), el peso promedio de la pulpa en fresco fue de 4.16 g, perdiendo hasta 3.43 g de agua al deshidratarse, lo que indica que gran parte de la pulpa es agua, reduciéndose más de cinco veces su peso al deshidratarse. El diámetro polar y ecuatorial de los frutos oscilaron entre 16.9 y 19.66 mm.

Cuadro 1. Descriptores de características cuantitativas y parámetros estadísticos de calidad de la muestra de frutos de nanche.

Variable	Media	CV	EE
Peso (g)	4.65	4.22	0.09
Peso pulpa fresca (g)	4.16	4.22	0.08
Peso de pulpa seca (g)	0.73	16.25	0.06
Diámetro polar (mm)	16.9	2.39	0.18
Diámetro ecuatorial (mm)	19.66	2.32	0.21
Parámetros de calidad			
Color del epicarpio			
Luminosidad (L [*])	54.97	3.46	0.85
Cromaticidad (C [*])	2.52	54.64	0.62
Matiz (H [*])	28.81	4.23	0.54
Color del mesocarpio			
Luminosidad (L [*])	67.46	5.02	1.51
Cromaticidad (C [*])	-2.38	-19.59	0.21
Matiz (H [*])	21.61	10.08	0.98
Sólidos solubles totales (°Brix)	11.76	3.64	0.19
Acidez titulable (%)	0.64	6.44	0.02
Índice de forma (diámetro polar/diámetro ecuatorial)	0.86	1.64	0.01
Índice de sabor (SST/AT)	18.44	7.72	0.64
Firmeza (Newton)	0.99	21.95	0.09

n= 400; rango= rango de variación; CV= coeficiente de variación; EE= error estándar.

Los frutos evaluados tienen forma de oblato; es decir, son más anchos que largos, siendo éste un parámetro importante de calidad, pues determina el tipo de empaque a utilizar y a la vez la preferencia del consumidor, considerando que los frutos estudiados son de árboles de semilla, existe heterogeneidad entre ellos.

Se encontraron frutos con un ápice mucronado, los cuales al realizar la selección se separaron, debido que, al cosecharse en madurez fisiológica, el ápice provoca daño mecánico a otros frutos y en consecuencia una rápida senescencia.

El nanche tuvo en promedio 89.47% de pulpa, en relación con el peso del fruto, lo que afirma que tienen calidad comercial y de exportación, por tanto, con potencial de uso en zonas tropicales con condiciones edafoclimáticas poco productivas, aunado a lo anterior, otro atributo de calidad son los SST, que presentaron entre 11.25 a 12.25 de Brix.

El ácido málico presente en los frutos de nanche varió entre 0.59 y 0.67% en 100 g de pulpa. La acidez es una característica útil para conocer el estado de maduración, también tiene relación con los SST que determinan la característica del sabor; el índice de sabor en los frutos maduros presentó una variación de 16.79 hasta 20.59, por lo que son considerados deliciosos y dulces; estas particularidades (SST/AT) tienen como finalidad establecer el índice de cosecha y la selección de variedades para exportación, consumo de frutos en fresco y procesados.

La firmeza de los frutos en madurez comestible fue de 0.75 hasta 1.35 Newton, indicando que, en esta fase, son frágiles y resisten poco manipuleo. Los frutos del nanche son no climatéricos y se caracterizan por presentar diversidad en formas y colores (Figura 1), además de brillo y aroma, características que se pierden o cambian conforme aumenta el grado de deterioro. El color del epicarpio es amarillo claro con tendencia a verde. El mesocarpio varió entre colores blanco y crema a amarillo; sin embargo, el color amarillo indica la presencia de luteína y criptoxantina.

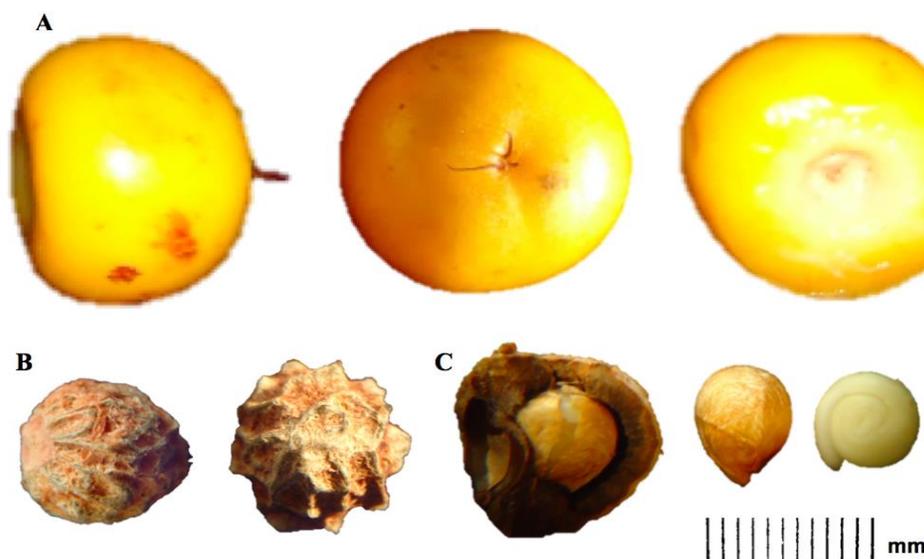


Figura 1. A) fruto de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.) en madurez de consumo; B) vista lateral y frontal del endocarpio; y C) embrión contenido dentro del endocarpio mostrando el tegumento y embrión provisto y desprovisto de tegumento.

Los frutos presentan un endocarpio con cavidad para tres embriones; sin embargo, en esta especie uno o dos se encuentran desarrollados y rara vez los tres, en promedio se encontró que cada endocarpio presenta 1.18 embriones completos. Cuando en un endocarpio se desarrollan los tres embriones, la testa ocupa 35.7%.

Los endocarpios están dispuestos en forma comprimida, acuminados en una de sus extremidades, leñosos y con surcos sinuosos, de color café claro cuando conservan residuos de pulpa, pero si ésta se elimina, viran a café oscuro o negro.

El peso promedio del endocarpio fresco fue de 0.49 g (Cuadro 2) y seco se reduce casi un tercio, esto es por las características propias de la especie. La longitud promedio del endocarpio es de 9.73 y 7.98 mm de diámetro polar y ecuatorial, respectivamente.

Esta especie no tiene endospermo, pero posee cotiledones grandes, bien desarrollados donde acumula las reservas. Los embriones pesan en promedio 0.016 g, son ovalados, con 4.02 y 3.31 mm de diámetro polar y ecuatorial, expuestos en forma de espiral (Figura 1), compactos y en la superficie del óvalo se encuentra la radícula, es color blanco a crema, cubierto por un tegumento delgado color café, con un punto pequeño en el hilo, color café oscuro.

Cuadro 2. Características morfológicas del endocarpio y embrión de nanche.

Variable	Media	CV	EE
Endocarpio			
Peso húmedo (g)	0.49	14.73	0.04
Peso seco (g)	0.33	15.15	0.03
Diámetro polar (mm)	9.73	8.89	0.39
Diámetro ecuatorial (mm)	7.98	1.53	0.06
Número de embriones por fruto	1.18	11.44	0.06
Peso del endocarpio (g)	0.28	4.55	0
Índice de forma (diámetro polar/diámetro ecuatorial)	1.22	10.08	0.06
Embrión			
Peso (g)	0.016	11.88	0.0008
Diámetro polar (mm)	4.02	11.41	0.21
Diámetro ecuatorial (mm)	3.31	5.5	0.08
Índice de forma (diámetro polar/diámetro ecuatorial)	1.22	9.74	0.53

n= 400 endocarpios; rango= rango de variación; CV= coeficiente de variación; EE= error estándar.

Discusión

Los árboles de traspatio suelen producir frutos heterogéneos; Martínez-Moreno *et al.* (2006) estudiaron frutos de nanche silvestre y obtuvieron valores entre 2.28 y 6.35 g de peso promedio, Hernández (2002) reportó que los frutos de nanche amarillo son de tamaño pequeño cuando pesan 4.06 g y grandes 8.09 g, en esta investigación se encontraron frutos pequeños, ya que oscilan entre los pesos reportados.

En frutos de nanche, Hernández (2002) reportó 18.29 y 20.04 mm de diámetro polar y ecuatorial, siendo valores mayores a los de esta investigación. La forma del fruto determina el tipo de empaque a utilizar y la preferencia del consumidor (Pérez-Arias *et al.*, 2008), además de que los frutos estudiados se cosecharon de árboles de semilla, pero con manejo agronómico (riego, fertilización y poda) lo que permitió homogeneidad en estos.

En relación a la cantidad de pulpa con el peso total del fruto, estudios realizados en especies de ésta familia, específicamente en acerola, indican que los frutos presentan una variación de entre 41.93 hasta 93.88% de pulpa (Freire *et al.*, 2008) y en nanche rojo se encontró 64.42% (Maldonado-Peralta *et al.*, 2016a), considerados de calidad buena para consumo en fresco o procesado; los frutos evaluados tuvieron 89.47%, atributo que afirma que son de calidad comercial y de exportación; además, con potencial para cultivo en zonas tropicales con baja productividad, como lo indica Silva (2008) en *M. emarginata*.

Los frutos del nanche presentan diversidad en formas y colores, el color amarillo indica la presencia de luteína y criptoxantina (Bezerra, 2013), lo cual requiere de investigación para su determinación, los frutos maduros de acerola contienen antocianinas del grupo de los flavonoides, responsables del color (Medrazi *et al.*, 2008; Maciel *et al.*, 2010), estos frutos presentan diferentes cantidades de pigmentos relacionados con dicha cualidad (Herrera-Ruiz *et al.*, 2011).

Estos presentaron valores de SST mayores a los reportados por Brunini *et al.* (2004); Godoy *et al.* (2008) en acerola y los obtenidos por Maldonado-Peralta *et al.* (2016a) en nanche rojo, pero menores a los valores (11.97 y 11.46 °Brix) encontrados por Freire *et al.* (2008); Maciel *et al.* (2010).

La fructosa, glucosa y pequeñas cantidades de sacarosa son los principales azúcares presentes en acerola (França y Narain, 2003); sin embargo, los valores de los azúcares totales en los frutos de nanche pueden variar de acuerdo con la época del año, cantidad de precipitación o a procesos de degradación y biosíntesis de los polisacáridos. Por lo anterior, se considera que esta especie de México puede ser utilizada para exportación o para la industria, por sus valores de SST superiores a los que exige el mercado de exportación (Europa 7% y Japón 7.5%) (Lopes y Pavia, 2002).

El ácido málico presente en los frutos fue similar al encontrado por Brunini *et al.* (2004), Godoy *et al.* (2008) y Matsuura *et al.* (2001) en acerola (0.5 a 1.11, 0.83 a 1.35 y 0.69 a 1.65%) y menores a los reportados por Maciel *et al.* (2010), quien encontró 1.97%, mientras que en nanche rojo se obtuvo entre 0.85 y 1.13% (Maldonado-Peralta *et al.*, 2016a). Los ácidos orgánicos son los responsables de la acidez y el aroma particular de los frutos (Maciel *et al.*, 2010), el nanche tiene sabor y aroma particular de la especie.

La variación en el índice de sabor indicó que son frutos deliciosos y dulces; sin embargo, en especies como acerola, Matsuura *et al.* (2001) encontraron 9.42, mientras que França y Narain (2003) obtuvieron valores menores en índice de sabor al igual que Maldonado-Peralta *et al.* (2016a) en nanche rojo. Otros genotipos de acerolas alcanzaron 7.06 de relación SST/AT (Maciel *et al.*, 2010). Alves (1993) menciona que la proporción de SST/AT aumentó de 4 a 6.5 durante la maduración.

Los frutos maduros son frágiles y no soportan el manipuleo. Folder (1986) menciona que valores ordinales entre 3 y 4 corresponden a frutos con firmeza y dureza; sin embargo, cuando los frutos de nanche tienen madurez fisiológica pueden manejarse fácilmente, como es el caso del nanche rojo, que al evaluarse presentaron entre 4.53 y 7.09 Newton, indicando que son frutos resistentes (Maldonado-Peralta *et al.*, 2016a). Anderson (2005), menciona que cualquier fuerza externa superior a la soportada ocasiona cambios de sabor, color y aroma, existiendo una relación directa entre el tiempo de cosecha y la firmeza del fruto, dato que en nanche no se ha estudiado.

Los endocarpios son pequeños y leñosos, característico a la especie. Maldonado-Peralta *et al.* (2016a) estudiaron embriones de nanche rojo y encontraron que cada endocarpio fibroso pesa 0.39 g y son de mayor tamaño a los de esta especie.

Cada fruto tiene un endocarpio con cavidad para tres embriones, pero normalmente se encuentran uno o dos desarrollados, rara vez los tres. Nassif y Cícero (2006) en frutos de acerola (*M. emarginata*) encontraron uno y dos endocarpios fértiles, quienes a la vez reportan que 29.4, 40 y 43% de 100 endocarpios evaluados presentaron embriones normales, resultados similares a los encontrados en la presente investigación.

Lo anterior, posiblemente se relaciona con factores biológicos o genéticos, malformación o falta de fertilización del óvulo y degeneración del saco embrionario (Costa *et al.*, 2003), quienes evaluaron 300 endocarpios y encontraron 51.33% de embriones normales.

Los embriones de nanche no tienen endospermo y están expuestos en forma de espiral compacto, sus cotiledones están en el interior unidos a la radícula que termina en ápice en la parte exterior del embrión. Maldonado-Peralta *et al.* (2016a) estudiaron embriones de nanche rojo y encontraron que éstos tienen 6.59 y 4.42 mm de largo y ancho, son aplanados, observándose a simple vista la radícula y los cotiledones, sin endospermo y están cubiertos de un tegumento café.

Conclusiones

Los frutos de nanche presentan cualidades morfológicas y de calidad para el consumo en fresco, industrialización y comercialización, pero en las características existió variación, indicando que estos componentes deben homogeneizarse.

Las características del fruto mostraron que tiene un endocarpio café oscuro, con 1 hasta 3 embriones viables, los cotiledones enrollados en forma de espiral, la radícula en la parte exterior es de color blanco a crema, cubiertos por un tegumento delgado, sin endospermo.

El nanche tiene potencial, pero es preciso desarrollar mayor investigación para conocer todas las propiedades nutrimentales, domesticar y homogeneizar la producción, para establecer bases técnicas y tecnológicas para su cultivo.

Literatura citada

- Alia-Tecajacal, I.; Astudillo-Maldonado, Y. I.; Núñez-Colín, C. A.; Valdez-Aguilar, L. A.; Bautista-Baños, S.; García-Vazquez, E.; Ariza-Flores, R. and Rivera-Cabrera, F. 2012. Caracterización de frutops de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(5):21-26.
- Alves, R. E. 1993. Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): fisiología da maturação armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente modificada. Tesis de maestría. Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL). Brasil. 99 p.
- Anderson, T. L. 2005. Fracture mechanics: fundamentals and applications. Third edition. CRC press. USA. 640 p.
- Bayuelo-Jiménez, J. S.; Lozano, R. J. C. y Ochoa I. E. 2006. Caracterización morfológica de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt nativa de Churumuco, Michoacán, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(2):31-36.
- Bezerra, S. M. S. 2013. Mecanismos de ação antioxidante de extratos de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth). Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Universidad de Sao Paulo, Facultad. De Saúde Publica, Brasil. 1-134 pp.
- Bicas, L. J.; Molina, G.; Dionísio, A. P.; Barros, C. F. F.; Wagner, R. and Maróstica Jr, M. R. 2011. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. *Food Res. Inter.* 44(7):1843-1855.
- Borys, M. W. y Borys H. L. 2001. El potencial genético frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín, Cicta-mex, SC, Coatepec Harinas, México. 48 p.
- Brunini, M. A.; Macedo, B. N.; Coelho, V. C. and Siqueira, F. G. 2004. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal.* 26(3):486-489.

- Costa, L. C.; Do Pavani, M. C. D. M.; Moro, F. V. and Perecin, D. 2003. Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): avaliação da vitalidade dos tecidos. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 25(3):532-534.
- Folder, F. 1986. La frutilla o fresa. Estudio de la planta y su producción comercial. Edigraf, SA. Buenos Aires, Argentina. 200 p.
- França, V. C. and Narain, N. 2003. Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*M. emarginata* D.C.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas. 23(2):157-160.
- Freire, J. L. O.; Lima, N. A.; Freire, O. A. L.; Marinus, M. J. V.; Dias, J. T. and Silva, P. J. 2008. Avaliações biométricas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) e caracterização dos atributos externos e internos dos frutos. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, Pesquisa e Tecnologia. 5(2):41-52.
- Gaona-García, A.; Alia-Tejacal, I.; López-Martínez, V.; Andrade-Rodríguez, M.; Colinas-León, M. T. y Villegas-Torres, O. 2008. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en el Suroeste del estado de Morelos. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 14(1):41-47.
- Godoy, R. C. B.; Matos, S. E. L.; Amorim, S. T.; Sousa Neto, A. M.; Ritzinger, R. and Waszczynskyj, N. 2008. Avaliação de genótipos e variedades de acerola para consumo *in natura* e para elaboração de doces. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos. 26(2):197-204.
- Guilhon-Simplicio, F. y Pereira, M. M. 2011. Aspectos químicos e farmacológicos de *Byrsonima* (Malpighiaceae). Quimica Nova. 34(6):1032-1041.
- Hernández, G. B. 2002. Fenología, componentes del rendimiento y calidad de fruto en árboles jóvenes de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) en Xalisco, Nayarit. Tesis de licenciatura. Facultad de agricultura, Universidad de Nayarit. Nayarit, México. 1-45 pp.
- Herrera-Ruiz, M.; Zamilpa, A.; González-Cortazar, M.; Reyes-Chilpa, R.; León, E.; García, M. P.; Tortoriello, J. and Huerta-Reyes, M. 2011. Antidepressant effect and pharmacological evaluation of standardized extract of flavonoids from *Byrsonima crassifolia*. Phytomedicine. 18(14):1255-1261.
- INEGI. 2012. Instituto Nacional de Estadística y Geografía Subdirección de Actualización de Marco Geoestadístico. www.inegi.gob.mx/prod-serv/..espanol/bvinegi/.../2005/agenda2005.pdf.
- Johnson, P. D. 2003. Acerola (*Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* L., *Malpighia emarginata* D. C.): agriculture, production and nutrition, Chapter of Book: Plants in Human Health and Nutrition Policy. Ira (Ed.). World Rev. Nutr. Dietetics. Washington, DC. 67-75 pp.
- Lima, C. P. C.; Souza, S. B.; Souza, S. P.; Borges, Da S. S. and Oliveira de A, D. M. 2014. Caracterização e avaliação de frutos de aceroleira. Rev. Bras. Frutic. 36(3):550-555.
- Lopes, R. y Paiva, J. R. 2002. Aceroleira. In: Bruckner, C. H. (Coord). Melhoramento de fruteiras tropicais. Universidad Federal de Viçosa. Viçosa, Brazil. 63-99 pp.
- Maciel, M. I. S.; Mélo, E.; Lima, V.; Souza, K. A. and Silva, W. 2010. Caracterização fisicoquímica de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). Ciência e Tecnologia de Alimentos. 30(4):865-869.
- Maldini, M.; Montoro, P. and Pizza, C. 2011. Phenolic compounds from *Byrsonima crassifolia* L. bark: phytochemical investigation and quantitative analysis by LC-ESI MS/MS. J. Pharmaceutical Bio. Analysis. 56(1):1-6.
- Maldonado-Peralta, M. A.; García, de los S. G.; García-Nava, J. R.; Corona-Torres, T.; Cetina-Alcalá, V. M. y Ramírez-Herrera, C. 2016a. Calidad morfológica de frutos y endocarpios de nanche rojo (*Malpighia mexicana*, Malpighiaceae). Acta Botánica Mexicana. 117(1):37-46.

- Maldonado-Peralta, M. A.; García, de los S. G.; García-Nava, J. R.; Corona-Torres, T.; Cetina-Alcalá, V. M. y Ramírez-Herrera, C. 2016b. Seed viability and vigour of two nanche species (*Malpighia mexicana* and *Byrsonima crassifolia*). *Seed Sci. Technol.* 44(1):1-9.
- Maldonado-Peralta, M. A.; García, de los S. G.; Rojas-García, A. R.; García-Nava, J. R.; Corona-Torres, T.; Cetina-Alcalá, V. M. y Ramírez-Herrera, C. 2015. Propagación asexual, viabilidad, imbibición y descripción de fruto, semilla y plántula de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K. y *Malpighia mexicana* A. Juss.). Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillos, Estado de Mexico, Mexico. 136 p.
- Mariutti, R. B L.; Rodrigues, E.; Chisté, C. R.; Fernandes, E. and Mercadante, Z. A. 2014. The Amazonian fruit *Byrsonima crassifolia* effectively scavenges reactive oxygen and nitrogen species and protects human erythrocytes against oxidative damage. *Food Res. Inter.* 64(1):618-625.
- Martínez-Moreno, E.; Corona-Torres, T.; Avitia-García, E.; Catillo-González, A M.; Terrazas-Salgado, T. y Colinas-León, M. T. 2006. Caracterización morfológica de frutos y semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 12(1):11-17.
- Matsuura, F. C. A. U.; Cardoso, R. L.; Folegatti, da M. I. S.; Oliveira, P. J. R.; de Oliveira, J. A. B. and Dos Santos, D. B. 2001. Physicochemical evaluation in fruits from different genotypes of barbados cherry (*Malpighia puniceifolia* L.). *Rev. Brasileira Frutic.* 23(3):602-606.
- Medrazi, T.; Villaño, D.; Fernández-Pachón, M. S.; García-Parrilla, M. C. and Troncoso, A. M. 2008. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits and derivatives. *J. Food Composition Analysis.* 21(4):282-290.
- Nassif, P. D. S. e Cícero, M. S. 2006. Avaliação de sementes de acerola por meio de raios-x. *Rev. Brasileira Frutic.* 28(3):542-545.
- Pawlowska, M.; De Leo, M. and Braca, A. 2006. Phenolics of *Arbutus unedo* L (Eriaceae) fruits: identifications of anthocyanins and gallic acid derivatives. *J. Agric. Food Chem.* 54(26):10234-10238.
- Pérez-Arias, G. A.; Alia-Tejacal, I.; Andrade-Rodríguez, M.; López-Martínez, V.; Pérez-Lopez, A.; Ariza-Flores, R.; Otero-Sánchez, M. A. y Villareal-Fuentes, J. M. 2008. Características físicas y químicas de ciruela mexicana (*Spondias purpurea*) en Guerrero. *Investigación Agropecuaria.* 5(2):141-149.
- Rivas-Castro, S. F.; Martínez-Moreno, E.; Alia-Tejacal, I. y Pérez-López, A. 2019. Physical and physiological changes in phenotypes of nane (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.) with different harvest maturity. *Sci. Hortic.* 256(1):1-9.
- Rufino, M. M. S.; Alves, E. R.; de Brito, S. E.; Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F. and Mancini-Filho, J. 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry.* 121(4):996-1002.
- Sannomiya, M.; Cardoso, C. R. P.; Figueiredo, M. E.; Rodrigues, C. M.; dos Santos, L. C.; dos Santos, F. V.; Serpeloni, J. M.; Cólus, I. M. S. and Vilegas, E. A. W. 2007. Varanda, mutagenic evaluation and chemical investigation of *Byrsonima intermedia* A. Juss. leaf extracts. *J. Ethnopharmacol.* 112(2):319-326.
- SAS. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 360 p.
- Silva, E. M.; Souza, J. N. S.; Rogez, H.; Rees, J. F. and Larondelle, Y. 2007. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. *Food Chem.* 101(3):1012-1018.
- Silva, W. S. 2008. Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira. Tesis de maestría. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Ceará. Fortaleza, Brazil. 137 p.