



Preharvest, harvest and postharvest factors inherent to roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) crop: A review.

Factores precosecha, cosecha y poscosecha inherentes al cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.): Una revisión.

Bobadilla-Carrillo, G.I.^{1*}, Balois-Morales, R.², Valdivia-Reynoso, M.G.³, Machuca-Sánchez, M.L.³, González-Torres, L.⁴.

Universidad Autónoma de Nayarit, ¹Estudiante del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras,

²Unidad de Tecnología de Alimentos, Ave. de la Cultura s/n, CP. 63190, Tepic, Nayarit. México.

³Unidad Académica de Agricultura, carretera Tepic-Compostela, Km 9, Apdo. Postal 49, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit. México.

⁴Unidad Académica de Ciencias Básicas e Ingenierías, Avenida de la Cultura s/n, C.P. 63190, Tepic, Nayarit. México.

ABSTRACT

Hibiscus sabdariffa L. is cultivated to obtain fiber from the stems, oil from the seeds, and to harvest its calyces. Currently, there is a growing interest for the calyces due to studies that have proven their functional feature as the antioxidant effect, alluded to its anthocyanin content, and other benefits that expand their use to the pharmaceutical sector. However, there are no studies focused on relating all the factors involved in the process, from sowing and preharvest management, to harvest, postharvest management, distribution and the sale of dried calyces. The aim of this review is to highlight the factors involved in Roselle management such as variety, crop nutrition, sowing date, irrigation, plagues and diseases incidence and use of phytohormones. To establish the optimal time of calyces harvest, studies have been focused on determining aspects such as size, pH, dry matter content and anthocyanins at different times after blooming. As for the postharvest, the trend marked by studies is to implement improvements in the drying process of calyces and to let producers, distributors and sellers know the quality standards because much of the damage during postharvest is associated with deficiencies in the way calyces are handled.

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: November 14th 2014.

Accepted/Aceptado: March 9th 2015.

*Corresponding Author:

Bobadilla-Carrillo, G.I., Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura, Posgrado en Ciencias Biológico-Agropecuarias y Pesqueras. Km. 9 Carretera Tepic-Compostela, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit. México. Phone: +52(311) 211 0128. E-mail: ilieva.bobadilla@gmail.com

RESUMEN

Hibiscus sabdariffa L. se cultiva para obtener fibra de sus tallos, aceite de sus semillas y cosechar sus cálices. Actualmente hay un creciente interés por los cálices debido a estudios que han probado su característica funcional como lo es el efecto antioxidante, aludido a su contenido en antocianinas y otros beneficios que expanden su uso al sector farmacéutico. Sin embargo, no hay estudios enfocados en relacionar todos los factores involucrados en el proceso desde la siembra y manejo precosecha hasta la cosecha, el manejo poscosecha, y la distribución y venta de los cálices secos. El objetivo de esta revisión es destacar los factores involucrados en el manejo de la jamaica, tales como la variedad, nutrición del cultivo, fecha de siembra, irrigación, incidencia de plagas y enfermedades y el uso de fitohormonas. Para establecer el tiempo óptimo de cosecha de los cálices, los estudios se han enfocado en determinar aspectos tales como el tamaño, pH, contenido de materia seca y de antocianinas en distintos tiempos a partir de la floración. En cuanto a la poscosecha, la tendencia que marcan los estudios es implementar mejoras en el proceso de secado de los cálices y hacer saber a los productores, distribuidores y vendedores los estándares de calidad debido a que gran parte del daño durante la poscosecha está asociado con las deficiencias en la forma de manejo los cálices.

PALABRAS CLAVE

Suelo, clima, manejo de cultivo, cálices.

KEY WORDS

Soil, climate, crop management, calyces.

Introduction

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is an annual shrub that belongs to the Malvaceae family; some of the common names for the plant are: *roselle*, *sorrel*, *okra* (English), *oseille rouge* (French), *flor de jamaica*, *viña*, *viñuela* (Spanish), *vinagreira* (Portuguese), *zuring* (Dutch), *bisap* (Senegalese), and *karkadé* (used in some regions of North Africa and close East) (Morton, 1987).

According to Morton (1987), this crop is original from India and Malaysia, where it has been commonly grown. Nevertheless, Grubben *et al.*, (2004) mention that roselle is original from Africa and Sudan was the first region in domesticate it to harvest its leaves and calyces. Nowadays, Roselle is cultivated in tropical and subtropical regions from all continents.

From all of the parts of the plant, its calyces are the most used, in the food industry, as well as in the medical one, being its extract traditional remedy for constipation, hypertension, urinary affections, cancer, diabetes, nervous disorders, amongst others. In addition, it possesses properties such as antioxidant, hypocholesterolemic, antiobesity, hypotensive, antidiabetes, immunomodulatory, anticarcinogenic, hepatoprotective, antimicrobial, renoprotective, diuretic and anti-urolithiasis (Patel, 2014).

Consequently, it is vital to have a product that can be referred to as "a quality product". For fruits and vegetables (Kader, 1983; cited by Studman, 2001), the term quality is pointed as "the combination of properties or attributes that grant them the value as human food"; however, quality warrant related to food has been one of the most difficult problems associated with the management, processing, classification and assurance in the food industry (Chen *et al.*, 2013).

There are no further studies that relate factor inherent to the roselle process, even though there is information on quality standards that are applicable to calyces (Nurland, 2000; NMX-FF-115-SCFI-2010).

Introducción

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una planta arbustiva anual que pertenece a la familia de las Malvaceas; algunos de los nombres comunes para la planta son: *roselle*, *sorrel*, *okra* (inglés), *oseille rouge* (francés), *flor de jamaica*, *viña*, *viñuela* (español), *vinagreira* (portugués), *zuring* (holandés), *bisap* (senegalés), y *karkadé* (utilizado por algunas regiones de África del Norte y del Este cercano) (Morton, 1987).

De acuerdo a Morton (1987) este cultivo es originario de India y Malasia, donde ha sido comúnmente cultivada. Sin embargo, Grubben *et al.*, (2004) mencionan que la jamaica es de origen africano, siendo Sudán la primera región en domesticarla para cosechar sus hojas y sus cálices. En la actualidad, la jamaica se cultiva en regiones tropicales y subtropicales de todos los continentes.

De todas las partes de la planta, son los cálices los que más se aprovechan tanto en el ramo alimenticio, como el medicinal, al ser su extracto un remedio tradicional para la constipación, hipertensión, afecciones urinarias, cáncer, diabetes, desordenes nerviosos, entre otros. Aunado a ello, se han comprobado sus propiedades antioxidantes, hipocolesterolémicas, antiobesidad, hipotensivas, antidiabéticas, inmunomoduladoras, anticancerígenas, hepatoprotectoras, antimicrobianas, renoprotectiva, diuréticas y anti-urolitiasis (Patel, 2014).

Por lo anterior, es preciso contar con un producto que pueda denominarse "de calidad". Para frutas y vegetales, (Kader, 1983; citado por Studman, 2001) puntualiza el término calidad como "la combinación de atributos o propiedades que les otorga el valor de alimento humano"; sin embargo, la garantía de calidad en los alimentos ha sido uno de los problemas más difíciles asociados con el manejo, procesamiento, clasificación y aseguramiento en la industria alimenticia (Chen *et al.*, 2013).

No existen estudios a profundidad que relacionen los factores inherentes al proceso de la jamaica, aunque existe información sobre estándares de calidad aplicables a los cálices (Nurland, 2000; NMX-FF-115-SCFI-2010).

Los factores precosecha interactúan de formas muy complejas y su repercusión en la calidad de cualquier cultivo depende en gran parte de la naturaleza de éste, ya sean sus características propias o bien la sensibilidad presente en

Preharvest factors interact in very complex forms and its repercussion in quality of any crop depends deeply on its nature, whether its own characteristics or the sensibility present in some stages of growth; nevertheless, the study of preharvest and its influence of the final product is quite reduced in these days (Crisosto and Mitchell, 2011).

On the other hand, roselle harvest is made from the time the blossom has fallen and before the fruit, due to dryness, is opened to let the ripe seeds out. The longer the calyx and the fruit are together in maturing, the more susceptible the calyx will be to damages, sun cracking and general deterioration in its quality (McCaleb, 2000; Arbex de Castro *et al.*, 2004). Therefore, it is important to perform the harvest in an optimal period, in order to preserve the quality of fresh calyces.

In the postharvest, causes of losses of perishable products vary in a considerable way from one place to another, and get more complicated as the commercialization system gets more complex (FAO, 1993). For roselle, the postharvest management consists in drying the calyces for its posterior distribution and sale, whether packed or in bulk. There is evidence that roselle calyces incur in default of quality norms by presenting contamination by microorganisms; hence, it is vital to encourage producers and crop dealers to take necessary precautions, and to inform them of the international standards of innocuousness to offer a high quality product (Sánchez *et al.*, 2006, Adebayo-Tayo and Samuel, 2009).

The aim of this revision is to analyze and synthesize the obtained results on the research works related to factors inherent to roselle crop, from its sowing to its harvesting, distribution and consumption.

Preharvest factors

Variety: for the distinction of roselle variety, multiple criterion have been reported as determiners in studies related to this context. Morphological characteristics that Diouf *et al.*, (2007) identified for distinction and grouping of 51 accessions found in their research work were color, shape and size of leaves, as well as presence or absence of lobes and seed color. After that, in research performed by Alarcón-Cruz *et al.*, (2012) and Alarcón and Legaria (2013), it was found that factors that contributed the highest to morphological differentiation of 47 accessions were: length in the base of main lobe, vertical length, left lobe angle and leaf color, fruit

alguna de sus etapas de crecimiento; sin embargo, el estudio de la precosecha y su influencia sobre el producto final es muy reducido en la actualidad (Crisosto y Mitchell, 2011).

Por otro lado, la cosecha de la jamaica se realiza a partir de que la flor ha caído y antes de que el fruto, por resequeidad, se abra para dejar salir las semillas ya maduras. Mientras más tiempo pasen juntos el cáliz y el fruto en maduración, más susceptible será el cáliz a daños, resquebrajamiento por el sol y un deterioro general en su calidad (McCaleb, 2000; arbex de Castro *et al.*, 2004). Por ello, es importante realizar la cosecha en un periodo óptimo para preservar la calidad de los cálices frescos.

En la poscosecha, las causas de pérdidas de productos perecederos varían de manera considerable de un lugar a otro y se complican cuanto más complejo es el sistema de comercialización (FAO, 1993). Para la jamaica, el manejo poscosecha consta de secar los cálices para su posterior distribución y venta, ya sea empacada o a granel. Existe evidencia de que los cálices de jamaica incurren en el incumplimiento de las normas de calidad al presentar contaminación por microorganismos; por tanto, es muy importante inculcar a los productores y comerciantes de cultivo, la toma de precauciones necesarias y hacer de su conocimiento los estándares internacionales de inocuidad para que ofrezcan un producto de alta calidad (Sánchez *et al.*, 2006, Adebayo-Tayo y Samuel, 2009).

El objetivo de la presente revisión es analizar y sintetizar los resultados obtenidos en los trabajos de investigación relacionados con los factores inherentes al cultivo de jamaica, desde la siembra hasta la cosecha, su distribución y consumo.

Factores precosecha

Variiedad: para la distinción entre variedades de jamaica, son múltiples los criterios que han sido reportados como determinantes en los estudios relacionados a este rubro. Las características morfológicas que Diouf *et al.*, (2007) identificaron para fines de distinción y agrupamiento de 51 accesiones encontradas en su trabajo de investigación fueron el color, la forma y el tamaño de las hojas, así como la presencia o ausencia de lóbulos en ellas y el color de la semilla. Posteriormente, en las investigaciones realizadas por Alarcón-Cruz *et al.*, (2012) y Alarcón y Legaria (2013) se encontró que los factores que contribuyeron en mayor medida a la diferenciación morfológica de 47 accesiones fueron: longitud en la base del lóbulo principal, longitud vertical, ángulo del lóbulo izquierdo y color de la hoja, longitud y perímetro promedio del fruto,

length and perimeter, flower chrome, precocity, apparent stem color, bract color and absence or presence of melliferous glands.

On the other hand, Hidalgo-Villatoro *et al.*, (2009) performed a differentiation by evaluating qualitative and quantitative variables as vegetative, reproductive and seed characteristics, as well as the response to drought, flatten, biological stress, insect and fungi presence, coloring, harvesting time, weight and size of seeds, fresh and dry weight of calyces, in order to group 13 roselle genotypes. In addition, Abdel *et al.*, (2009) identified that amongst two varieties, one presented more resistance to saline stress conditions after comparing the growth of root, stem and sepals from one crop to another, as well as formation of solutes in those areas.

A precise study is the one from Christian and Jackson (2009) who, by means of pertinent analyses, found differences in the composition of monomeric anthocyanins and total phenolic compounds of three varieties of roselle, which differ in their precocity of harvest and the calyces color (purplish-red, red and green); however, antioxidant activity values do not differ significantly by comparing them amongst the variety they studied. On the other hand, Ramírez-Cortés *et al.*, (2011) took as differentiation criterion pH values and anthocyanin amount from calyces of three varieties of roselle, as well as morphological data such as calyces' diameter and length, and the amount of dry matter of the latter. In addition, Foline *et al.*, (2011) performed determinations to identify the differences in nutraceutical composition between three varieties of roselle, as well as a hedonic test of 9 points to evaluate the sensorial acceptance of its extracts, existing significant differences in both rubrics, and in the performance of the calyces' extract.

Nutrition: roselle is considered to be resistant and it has good growth even in poor soils, as long as they are well drained (McCaleb, 2000). Nevertheless, application of fertilizers, both organic and inorganic, is a common practice in the cultivation of roselle; organic fertilizers are the mostly used, such as cow, goat, sheep and chicken manure, while NPK (10-10-20) formula is the inorganic fertilizer mostly used at lesser concentrations than the ones recommended (Diouf *et al.*, 2007).

Diverse studies show that growth with inorganic (Babatunde *et al.*, 2002; Eghareva and Law-Ogbomo, 2007;

croma de la flor, precocidad, color aparente del tallo, color de las brácteas, y ausencia o presencia de glándulas melíferas.

Por otra parte, Hidalgo-Villatoro *et al.*, (2009) realizaron una diferenciación al evaluar variables cualitativas y cuantitativas de las características vegetativas, reproductivas y de la semilla de la planta, así como la respuesta a sequía, acame, estrés biológico, presencia de insectos y hongos, la coloración, el tiempo de cosecha, el peso y tamaño de las semillas, y el peso seco y fresco de los cálices con la finalidad de agrupar 13 genotipos de jamaica. A su vez, Abdel *et al.*, (2009) identificaron entre dos variedades que una presentaba mayor resistencia a condiciones de estrés salino luego de comparar el crecimiento de la raíz, tallo y sépalos de un cultivo a otro así como la formación de solutos en esas zonas.

Un estudio preciso es el de Christian y Jackson (2009) que, mediante los análisis pertinentes, encontraron diferencias en la composición de antocianinas monoméricas y compuestos fenólicos totales de tres variedades de jamaica, las cuales difieren en su precocidad de cosecha y el color de sus cálices (rojo púrpura, rojo y verde); sin embargo, los valores de actividad antioxidante no difieren de forma significativa al compararlos entre las variedades que ellos estudiaron. Ramírez-Cortés *et al.*, (2011), por su parte, tomaron como criterio de diferenciación los valores de pH y la cantidad de antocianinas de cálices de tres variedades de jamaica, así como también datos morfológicos como el diámetro y la longitud de los cálices, y la cantidad de materia seca de éstos. Además, Foline *et al.*, (2011) realizaron determinaciones para identificar las diferencias en la composición nutrimental entre tres variedades de jamaica, así como una prueba hedónica de 9 puntos para evaluar la aceptabilidad sensorial de sus extractos, existiendo diferencias significativas en ambos rubros así como en el rendimiento del extracto de los cálices.

Nutrición: la jamaica es una planta que se considera resistente y tiene un buen crecimiento incluso en suelos pobres mientras estén bien drenados (McCaleb, 2000). No obstante, la aplicación de fertilizantes tanto orgánicos como inorgánicos es una práctica común en el cultivo de jamaica, siendo los fertilizantes orgánicos más empleados el abono de vaca, cabra, oveja y pollo, mientras que la fórmula NPK (10-10-20) es el fertilizante inorgánico típicamente utilizado, pero a concentraciones menores de las recomendadas (Diouf *et al.*, 2007).

El cultivo con fertilizantes inorgánicos (Babatunde *et al.*, 2002; Eghareva y Law-Ogbomo, 2007; Abbas y Ali, 2011), orgánicos (El-Sherif y Sarwat, 2007; Haruna *et al.*, 2009) y combinaciones de éstos (Ottai *et al.*, 2006; Hassan, 2009; Dah-

Abbas and Ali, 2011), organic (El-Sherif and Sarwat, 2007; Haruna *et al.*, 2009) and the combination of these two fertilizers (Ottai *et al.*, 2006; Hassan, 2009; Dahmardeh, 2012), whether when applied in the soil or in the foliage, has a positive repercussion in the plant in varieties such as leaf height, number of branches, number of fruits, number and area of leaves, performance, fresh and dry weight of calyces. Toral *et al.*, (2005) evaluated the growth response of roselle to a variation of vermicomposting produced by *Eisenia foetida* when evaluating the characteristics such as basal diameter of stem, plant height, number of branches, calyx number per branch, per plant and their performance, identifying a positive behavior when applying this substrate to the crop.

On the other hand, Aziz *et al.*, (2007) analyzed the influence of enriching the soil with cobalt and nickel, whether alone or combined, along with a solution of N, P and K; when checking on the results, they found that the best ones are manifested when combining low doses of cobalt and nickel, impacting positively in the development and performance of the plant, as well as in the nutritional and antioxidant content.

Sowing time: roselle is very sensitive to changes in light duration during the day, apart from the fact that its blooming begins when the days become shorter; therefore, sowing date must be in accordance with day length (McCaleb, 2000). Studies about sowing time of roselle agree that the earlier the date is fixed, better responses in vegetative growth and calyces' performance, as well as calyces and seeds weight will be obtained (Sermisri *et al.*, 1987; Babatunde *et al.*, 2002; Arbex de Castro *et al.*, 2004; Futuless *et al.*, 2010). It is important to highlight that despite variation of sowing time, blooming rigorously occurs when day duration diminishes.

Irrigation: the growing of roselle requires a pluvial supply from 5 to 10 inches during the first 3 or 4 months of growth; dry periods are desirable for the last months of development, since high values of humidity during harvest diminish the quality of the calyces and reduce their performance (McCaleb, 2000). By considering rainy season in Thailand, Sermisri *et al.*, (1987) set sowing dates from April and May, to propitiate higher vegetative growing time and exposure to pluvial irrigation; however, during the two years they performed the sowing of roselle, rainy periods turned to be irregular and waterlogging was propitiated, hence, diseases. The

mardeh, 2012) demuestra que la administración de éstos, ya sea al aplicarlos en el suelo o de manera foliar, repercute en una respuesta positiva de la planta en variables como lo son la altura, número de ramas, número de frutos, número y área de las hojas, rendimiento, peso fresco y peso seco de cálices. Toral *et al.*, (2005) evaluaron la respuesta de un cultivo de jamaica a una variación de cantidad de vermicomposta, producida por *Eisenia foetida*, al evaluar características tales como el diámetro basal de tallo, la altura de la planta, el número de ramas, número por rama, por planta y rendimiento de cálices, identificando un comportamiento positivo al aplicar este sustrato al cultivo.

Por su parte, Aziz *et al.*, (2007) analizaron la influencia del enriquecimiento del suelo con cobalto y níquel, ya sea solos o en combinación, junto con una solución N, P y K; al cotejar sus resultados, encontraron que los mejores se ponen de manifiesto al combinar dosis bajas de cobalto y níquel, repercutiendo de manera positiva en el desarrollo y rendimiento de la planta, así como en el contenido nutricional y de antioxidantes.

Época de siembra: la jamaica es muy sensible a los cambios en la duración de luz en el día, además de que su floración comienza cuando los días se vuelven cortos; por tanto, la fecha de siembra debe ser acorde a la longitud del día (McCaleb, 2000). Los estudios acerca de la época de siembra de jamaica concuerdan en que mientras más temprano se fije la fecha se obtendrán mejores respuestas en el crecimiento vegetativo de la planta y en el rendimiento de los cálices, así como en el peso de los cálices y las semillas (Sermisri *et al.*, 1987; Babatunde *et al.*, 2002; Arbex de Castro *et al.*, 2004; Futuless *et al.*, 2010). Es importante destacar que pese a la variación en la época de siembra, la floración ocurre rigurosamente cuando disminuye la duración del día.

Irrigación: el cultivo de jamaica requiere un abastecimiento pluvial de 5 a 10 pulgadas durante los primeros 3 o 4 meses de crecimiento, los periodos secos son deseables para los últimos meses de desarrollo pues valores altos de humedad durante la cosecha disminuyen la calidad de los cálices y reducen el rendimiento de éstos (McCaleb, 2000). Al considerar la época de lluvia en Tailandia, Sermisri *et al.*, (1987) fijaron fechas de siembra desde abril y mayo para propiciar el mayor tiempo de crecimiento vegetativo y exposición a la irrigación pluvial; sin embargo, durante los dos años en los que realizaron la siembra de jamaica, los periodos de lluvia resultaron ser irregulares y se propició a la aparición de encharcamientos y, con ello, de enfermedades, todo esto incidió en el rendimiento y calidad de la planta. Por otro lado, Pérez-González *et al.*,

latter had incidence in the performance and quality of the plant. On the other hand, Pérez-González *et al.*, (2009) performed a study where they recorded pluvial supply in the State of Jalisco, Mexico. By comparing these data with the irrigation requirements of the crop, they were able to conclude that 74.3 % of the land in that State is apt to sow roselle.

Regarding non-pluvial irrigation, Babatunde and Mofoke (2006) evaluated the response of roselle crop sowed in a semi-arid region as Nigeria, from variables such as leaf quantity and crop yield in function of the fresh calyces weight; from these data, they were able to recommend an irrigation program for the plant. Changdee *et al.*, (2009) implemented an irrigation system that would provoke waterlogging in roselle crops, kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) and jute (*Corchorus olitorius* L.), noticing in the results the adverse effect that waterlogging has in terms of plant growth and performance.

Plagues and disease: one of the most frequent diseases in roselle is root rot, which can be easily prevented by observing there is no excess of irrigation nor plants that are apt to develop this pathology. On the other hand, there is damage caused by diverse plague: *Coleoptera*, *Lepoptera*, *Hemoptera* and *Hemiptera* (McCaleb, 2000). In a research made by Liu and Stansly (2000), preference of whitefly (*Trialeurodes abutilonea*) belonging to the Homoptera order by genre *Hibiscus* specimens to deposit its eggs and use the plant as host until the breeding grows was corroborated.

Escalante-Estrada *et al.*, (2001) determined the pathogenicity of 30 strains of *Phytophthora parasitica* Dastur on the plant and after identifying which presented most aggressiveness the crop, monozosporic crops were made; the most aggressive strain identified in this study, even though it took 11 days after the plant was sowed to appear, it produced crop death in less than three days from the moment of action. Pérez-Torres *et al.*, (2009) made a research to determine both prejudicial and beneficial entomofauna in order to know the species and their biology, and as a result, establish a correct management of plagues and efficiently fight those species that generate damage in Roselle and losses of production in its calyces; in their results, they were able to identify 17 species belonging to 6 different orders and 5 morphospecies that were not able to be cataloged; from all of them, 15 were classified as harmful, amongst

(2009) efectuaron un estudio en el cual registraron el abastecimiento pluvial en el estado de Jalisco, México; mediante la comparación de estos datos con el requerimiento de irrigación del cultivo pudieron concluir que un 74.3 % del terreno de la entidad federativa es apto para sembrar jamaica.

En cuanto a la irrigación no pluvial, Babatunde y Mofoke (2006) evaluaron la respuesta del cultivo de jamaica sembrado en una región semi-árida como lo es Nigeria a partir de variables como la cantidad de hojas y el rendimiento del cultivo en función del peso de los cálices frescos; a partir de esos datos, pudieron recomendar un programa de irrigación para la planta. Changdee *et al.*, (2009) implementaron un sistema de riego que diera lugar a encharcamientos en cultivos de jamaica, kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) y jute (*Corchorus olitorius* L.), siendo notorio en los resultados el efecto adverso del encharcamiento en términos de crecimiento y rendimiento de la planta.

Plagas y enfermedades: una de las enfermedades más recurrentes en jamaica es la pudrición de la raíz, la cual se puede prevenir fácilmente cuidando que no haya un exceso de irrigación ni plantas propensas a desarrollar esta patología; por otro lado, existe el daño causado por diversas plagas: *Coleoptera*, *Lepoptera*, *Hemoptera* y *Hemiptera* (McCaleb, 2000). En el estudio realizado por Liu y Stansly (2000) se corroboró la preferencia de la mosca blanca (*Trialeurodes abutilonea*), perteneciente al orden Homoptera por especímenes del género *Hibiscus* para depositar sus huevecillos y utilizar la planta como hospedera hasta el crecimiento de las crías.

Escalante-Estrada *et al.*, (2001) determinaron la patogenicidad de 30 cepas de *Phytophthora parasitica* Dastur sobre la planta y, luego de identificar aquella que presentara la mayor agresividad contra el cultivo, se hicieron cultivos monozosporicos; la cepa más agresiva identificada en este estudio si bien demoró 11 días después de sembrada la planta en aparecer, produjo la muerte del cultivo en menos de tres días a partir del momento de acción. Pérez-Torres *et al.*, (2009) realizaron un estudio para determinar la entomofauna tanto benéfica como perjudicial con el objetivo de conocer las especies así como su biología, y como resultado, establecer un correcto manejo de plagas y combatir de forma eficiente a aquellas especies que generan daños en la jamaica y pérdidas en la producción de sus cálices; en sus resultados ellos lograron identificar 17 especies pertenecientes a 6 órdenes distintos y 5 morfoespecies que no pudieron ser catalogadas; de todas ellas, 15 se clasificaron como perjudiciales, y entre ellas destacó *Atta mexicana* como la especie que mayor daño genera a la jamaica.

which *Atta mexicana* was highlighted to be the species that generates the most damage to roselle.

Use of phytohormones: studies in this respect have only been focused in the application of cytokines, gibberellins y auxins. Hassanein *et al.*, (2005) applied doses of gibberellic acid and benzyladenine, separately and combined, and varying on the presence and absence of Fe-EDTA in the given doses; they observed a positive response in the performance of the roselle crop calyces when applying intermediate doses of both hormones combined in the presence of Fe-EDTA, likewise, the content of anthocyanin was visibly increased due to the influence of both hormones in the production of Phenylalanine ammonia-lyase and tyrosine ammonia-lyase enzymes, responsible of synthesizing anthocyanin. On the other hand, Fathima and Balasubramanian (2006) used gibberellic acid and naphthaleneacetic acid to evaluate how its application influences in the yield of crop fibers in a way that the best result for the latter variable was obtained when administrating a combination of both hormones.

In his study, Mukhtar (2008) evaluated the influence of indolaecetic, gibberellic acid and coconut milk in terms of plant development, chlorophyll content, synthesis and biochemical compounds accumulations and mineral content, inferring that the best results were obtained when applying gibberellic acid and coconut milk; however, indolaecetic acid contributes to the development of a major foliage area in the crop. In turn, Abdel *et al.*, (2009) used benzyladenine in crops exposed to saline stress, resulting that this hormone propitiates the process of osmoregulation that allows the plant to face adverse conditions such as salt excess in the soil.

Another factor of same importance to be taken into account is planting density, a factor that nowadays has been little reported referring its influence in the properties and the quality of roselle calyces. Babatunde *et al.*, (2002) identified that the separation between roselle plants is related positively with the variables such as plant height, canopy diameter, and number of branches per plant, calyces and seeds weight, the latter due to the plant having the opportunity to ramify.

Terán and Soto (2004) found a positive relationship between crop density and height of evaluated plants, which is attributed to the competence for receiving solar light

Uso de fitohormonas: los estudios al respecto solamente se han centrado en la aplicación de citoquininas, giberelinas y auxinas. Hassanein *et al.*, (2005) aplicaron dosis de ácido giberélico y benciladenina, tanto por separado como en combinación y variando la presencia o ausencia de Fe-EDTA en las dosis administradas; observaron una respuesta positiva en el rendimiento de los cálices del cultivo de jamaica al administrar dosis intermedias de ambas hormonas combinadas en presencia de Fe-EDTA, así mismo el contenido de antocianinas se incrementó de forma visible debido a la influencia de ambas hormonas en la producción de las enzimas Fenilalanina amonia liasa y tirosina amonia liasa, responsables de la síntesis de antocianinas. Por otro lado, Fathima y Balasubramanian (2006) emplearon ácido giberélico y ácido naftalenacético para evaluar el cómo su aplicación incide en los rendimientos de fibra del cultivo, de tal manera que el mejor resultado para la variable antes mencionada se obtuvo al administrar una combinación de ambas hormonas.

En su estudio, Mukhtar (2008) evaluó la influencia del ácido indolacético, giberélico y la leche de coco en términos de desarrollo de la planta, contenido de clorofila, síntesis y acumulación de compuestos bioquímicos y contenido mineral, infirió que los mejores resultados se obtuvieron al aplicar ácido giberélico y leche de coco; sin embargo, el ácido indolacético coadyuva al desarrollo de una mayor área foliar en el cultivo. Por su parte, Abdel *et al.*, (2009) emplearon benciladenina en cultivos sometidos a estrés salino, encontrando en sus resultados que esta hormona propicia el proceso de osmorregulación que permite a la planta enfrentar condiciones adversas como lo es el exceso de sal en el suelo.

Otro factor de igual importancia que se deben de tomar en cuenta son la densidad de siembra es un factor que, en la actualidad, ha sido poco reportado en referencia a su influencia en las propiedades y la calidad de los cálices de jamaica. Babatunde *et al.*, (2002) identificaron que la separación entre las plantas de jamaica se relaciona de manera positiva con variables tales como la altura de la planta, el diámetro de la canopia, el número de ramas por planta, peso de los cálices y el peso de las semillas, lo anterior se debe a que la planta tiene oportunidad de ramificarse.

Terán y Soto (2004) encontraron una relación positiva entre la densidad de cultivo y la altura de las plantas evaluadas, lo cual se atribuye a la competencia por recibir la luz solar que propicia el autosombreo al estar compartiendo el mismo espacio; a su vez, pudieron identificar un incremento

which propitiates the self-shading by being sharing the same space; at the time, they were able to identify a significant increase in the performance of the calyces in terms of fresh and dry weight. Doffinger *et al.*, (2011) related antioxidant activity of roselle calyces with the space in separation between the studied plants. However, the only variation they obtained regarding anthocyanin content and total phenolic compounds was due to the presence or absence of chicken manure as fertilizer to nurture the studied plants, without considering the differences regarding the extraction capacity of solvents used (water and ethanol).

In regard of the crop punning, Hidalgo and Cano (2007) state that when it is made at 75 days from the Roselle sowing, a significant difference is observed in regard of the increase in the crop return rate, stopping apical growth, which allows ramification, and so it translates in an elevation of performance of roselle calyces, asseveration found by Babatunde *et al.*, (2002).

Harvest factors

To establish an optimum harvesting period, the study made by Christian and Jackson (2009) is to be mentioned, since they performed coloring determinations, monomeric anthocyanin content and phenolic compounds as well as antioxidant activities in different phases of the calyces ripening process, determining that in an optimal period of harvest for the three varieties they had is at 35 days after blooming, according to determinations performed, as well as the performance of the calyces.

A more extent study was made by Ramírez-Cortés *et al.*, (2011), who besides determining the content of monomeric anthocyanin in three varieties of roselle, they also obtained pH and dry matter values of the calyces, as well as length and diameter during different periods from the blooming of the crop, concluding that the optimum period of harvest for the three varieties was 20 to 24 days.

Postharvest factors

Current postharvest management involves drying the calyces immediately after collection in harvest time, executing it in diverse forms (McCaleb, 2000). Dehydrated calyces must have a maximum content of 12 % of water in respect to their dry weight, observing temperature conditions and the existence of good aeration

significativo en el rendimiento de los cálices en términos de su peso fresco y seco. Doffinger *et al.*, (2011) relacionaron la actividad antioxidante de los cálices de jamaica con el espaciamiento de separación entre las plantas estudiadas; sin embargo, la única variación que obtuvieron en cuánto a contenido de antocianinas y compuestos fenólicos totales fue debida a la presencia o ausencia de abono de pollo como fertilizante para nutrir a las plantas objeto de estudio, sin considerar las diferencias propias de la capacidad de extracción de los solventes que emplearon (agua y etanol).

En cuanto a la poda del cultivo, Hidalgo y Cano (2007) señalan que cuando ésta se realiza a los 75 días a partir de la siembra de la jamaica se aprecia una diferencia significativa en cuanto al aumento en la tasa de retorno del cultivo, deteniendo el crecimiento apical lo cual permite la ramificación que se traduce en una elevación del rendimiento de los cálices de jamaica, aseveración encontrada por Babatunde *et al.*, (2002).

Factores en la cosecha

Para establecer el periodo óptimo de cosecha, destaca el estudio de Christian y Jackson (2009), pues realizaron determinaciones de coloración, contenido de antocianinas monoméricas y compuestos fenólicos así como actividad antioxidante en distintas fases del proceso de maduración de los cálices, pudiendo determinar que un periodo óptimo de cosecha para las tres variedades con las que ellos contaron es a los 35 días después de la floración de acuerdo con las determinaciones efectuadas así como con el rendimiento de los cálices.

Un estudio más extenso fue el realizado por Ramírez-Cortés *et al.*, (2011) quienes, además de ser determinar el contenido de antocianinas monoméricas en cálices de tres variedades de jamaica, también obtuvieron valores de pH y de materia seca de los cálices, así como de longitud y diámetro durante distintos periodos a partir de la floración del cultivo, concluyendo que el periodo óptimo de cosecha para las tres variedades con las que se contaron fue de 20 a 24 días.

Factores poscosecha

El manejo poscosecha actual involucra el secar los cálices inmediatamente después de su recolección en el tiempo de cosecha, ejecutándose de formas muy diversas (McCaleb, 2000). Los cálices deshidratados deben de tener un contenido máximo de 12 % de agua respecto a su peso seco, cuidando las condiciones de temperatura y que exista una buena aireación durante el proceso (Nurland, 2000;

during the process (Naturland, 2000; NMX-FF-115-SCFI-2010). Adebayo-Tayo and Samuel (2009), when taking as sample dry calyces from different markets in the East of Nigeria, performing corresponding analyses to determine if samples fulfilled quality standards, they did not identify the presence of *Salmonella/Shigella* nor coliforms, but the total count of bacteria and fungi yielded positive results in all used samples. Emphasis in the identification of *Sthaphylococcus*, *Micrococcus* sp, *Bacillus* sp., and *Enterococcus faecalis* bacteria is made, whose presence might be due to the management of human hosts; fungi that incurred the most in affecting calyces during postharvest are the ones belonging to *Aspergillus*, capacity related to the fact that their spores are in the air and easily to catch during the calyces postharvest process and management. In addition, in a study made in Mexico, Sánchez *et al.*, (2006) found differences regarding humidity and microorganisms' content between samples coming from Chiautla de Tapia, Puebla, a region that produces roselle, and such samples are on sale in different markets of that state, being the latter the ones that surpassed the humidity limits and mesophilic bacteria content, alluded to the bad management in sale points; all samples coincided in both complying with the normative of coliforms, fungi and yeast presence, and surpassing the limit of physical pollutants.

On the other hand, Contreras *et al.*, (2009) evaluated 5 different types of traditional drying: in oven, under the sun on thick plastic, under the sun on shading mesh (70 %), tree shade under plastic and on a shading mesh at 1 m height from the soil, and traditional on cement floor; their results appoint to the third type of drying as the one that produces calyces with a desirable aspect as well as resistance to infections by pathogens during storage. McCaleb (2000) explains that even though traditional drying does not offer protection before physical and microbiological pollutants, implementing a drying with hot air is an alternative not very used due to its high cost, and appointing that, if used, operating temperature must not exceed 43 °C.

However, Tsai *et al.*, (2002) established drying temperature conditions that rated from the 25 to 75 °C, and storage periods up to 15 weeks at 20 and 40 °C, determining that tougher operating conditions caused a change in the percentage value of anthocyanin within

NMX-FF-115-SCFI-2010). Adebayo-Tayo y Samuel (2009), al tomar como muestra cálices secos de distintos mercados en el este de Nigeria, realizando los análisis pertinentes para determinar si las muestras cumplían con los estándares de calidad; no identificaron la presencia de *Salmonella/Shigella* ni de coliformes, más el conteo de bacterias totales y hongos arrojó un resultado positivo en todas las muestras empleadas. Se hace énfasis en la identificación de las bacterias *Sthaphylococcus*, *Micrococcus* sp, *Bacillus* sp., y *Enterococcus faecalis*, cuya presencia puede deberse al manejo de hospederos humanos, los hongos que más incurren en infectar los cálices durante su poscosecha son los pertenecientes al género *Aspergillus*, capacidad que alude al hecho de que sus esporas están en el aire y son fácilmente atrapables durante el proceso y manejo poscosecha de los cálices. De igual manera, en un estudio realizado en México, Sánchez *et al.*, (2006) encontraron diferencias en cuanto al contenido de humedad y de microorganismos entre muestras provenientes de Chiautla de Tapia, Puebla, una región productora de jamaica, y las muestras que están a la venta en los distintos mercados de esa misma entidad federativa, siendo que las últimas sobrepasaban los límites de humedad y contenido de bacterias mesofílicas, ello aludido al mal manejo en los puntos de venta; todas las muestras coincidieron tanto en cumplir con la normativa de presencia de coliformes, hongos y levaduras, como en sobrepasar el límite de contaminantes físicos.

Por otra parte, Contreras *et al.*, (2009) evaluaron 5 distintos tipos de secado tradicional: en horno, al sol bajo plástico grueso, al sol bajo malla sombra (70 %), con sombra de árboles bajo plástico y sobre una malla sombra a 1 m de altura del suelo, y tradicional sobre piso de cemento; sus resultados apuntan al tercer tipo de secado como aquel que produce cálices que cuentan con un aspecto deseable así como con resistencia a infecciones por patógenos durante su almacenamiento. McCaleb (2000) explica que si bien el secado tradicional no ofrece protección ante contaminantes físicos y microbiológicos, el implementar un secado con aire caliente es una alternativa poco usada debido a su elevado costo, además de puntualizar que, de emplearse, la temperatura de operación no deberá exceder los 43 °C.

Sin embargo, Tsai *et al.*, (2002) establecieron condiciones de temperatura de secado que iban desde los 25 hasta los 75 °C y periodos de almacenamiento de hasta 15 semanas a 20 y 40 °C, determinando que las condiciones más bruscas de operación propiciaban un cambio en el valor porcentual de las antocianinas dentro de los compuestos fenólicos totales de un 80 a un 50 %, más las muestras no sufrían cambios significativos en su actividad antioxidante incluso en las condiciones más bruscas de operación.

total phenolic compounds from an 80 to a 50 %, but samples did not suffer significant changes in the antioxidant activity, even in the tougher operating conditions.

Saeed *et al.*, (2008) determined optimal operating conditions and, in addition, they developed a mathematical model that would adjust to the kinetic of drying of roselle calyces, by using a hot air drier, being the drying air temperature the factor that mostly influences in kinetic, followed by velocity and finally, relative humidity. Posteriorly, Saeed (2010) validated the model found in a previous study by using a solar dryer to dry Roselle calyces, appointing again at the importance of the temperature of drying air in the kinetic of this process. Other studies have incorporated different drying equipment in posterior stages to postharvest of Roselle (for instance, in the obtaining of dust from Roselle extract) which is why they have not been included in this revision.

Conclusions

Factors that interact during all stages of production and obtaining of roselle are varied. In this paper, the most outstanding have been described separately; however, it is important to state how they are related between each other and this interaction is manifested in responses of growth, yield and quality. Therefore, as a recommendation for future papers, it is suggested to study all factors, or the majority at least, in an integral work, to route the trend to obtain a product that guarantee its high quality.

References

- Abbas, M.K. and Ali, S.A. 2011. Effect of foliar application of NPK on some growth characters of two cultivars of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *American Journal of Plant Physiology* 6(4): 220-227. <http://scialert.net/qredirect.php?doi=ajpp.2011.220.227&linkid=pdf>
- Abdel, L.A.A.; Shaddad, M.A.K.; Ismail, A.M. y Alhmad, M.F.A. 2009. Benzyladenine can alleviate saline injury of two roselle (*Hibiscus sabdariffa*) cultivars via equilibration of cytosolutes including anthocyanins. *International Journal of Agriculture & Biology* 11(2): 151-157. [http://www.researchgate.net/publication/228510404-Benzyladenine_can_alleviate_saline_injury_of_two_roselle_\(Hibiscus_sabdariffa\)_cultivars_via_equilibration_of_cytosolutes_including_anthocyanins](http://www.researchgate.net/publication/228510404-Benzyladenine_can_alleviate_saline_injury_of_two_roselle_(Hibiscus_sabdariffa)_cultivars_via_equilibration_of_cytosolutes_including_anthocyanins)
- Adebayo-Tayo, B.C. and Samuel, U.A. 2009. Microbial quality and proximate composition of dried *Hibiscus sabdariffa* calyces in Uyo, Eastern Nigeria. *Malaysian Journal of Microbiology* 5(1): 13-18. <http://mjm.usm.my/uploads/issues/162/research3.pdf>
- Alarcón-Cruz, N.; Ariza, F.R.; Barrios, A.A.; Noriega, C.D.H. y Legaria, S.J.P. 2012. Exploración y caracterización morfológica de poblaciones de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(3): 601-609. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123205015>

Saeed *et al.*, (2008) determinaron las condiciones óptimas de operación y, además, desarrollaron un modelo matemático que se ajustaba a la cinética de secado de los cálices de jamaica mediante el empleo de un secador de aire caliente, siendo la temperatura del aire de secado el factor que más incide en la cinética, seguido por la velocidad y finalmente la humedad relativa. Posteriormente, Saeed (2010) validó el modelo encontrado en el estudio anterior al utilizar un secador solar para secar cálices de jamaica, puntualizando de nuevo la importancia de la temperatura del aire de secado en la cinética de este proceso. Otros estudios han incorporado distintos equipos de secado en etapas posteriores a la cosecha de la jamaica (por ejemplo, en la obtención de polvo a partir de extracto de jamaica) y es por ello que no han sido incluidos en esta revisión.

Conclusiones

Son variados los factores que interactúan durante todas las etapas de producción y obtención de jamaica. En este trabajo se han descrito los más destacados por separado, sin embargo, es importante señalar cómo están relacionados entre sí y esta interacción se manifiesta en respuestas de crecimiento, rendimiento y calidad. Por tanto, a manera de recomendación para futuros trabajos, se sugiere estudiar todos los factores, o al menos la mayoría, en un trabajo integral para encaminar la tendencia a obtener un producto que garantice ser de alta calidad.

- Alarcón, C.N. y Legaria, S.J.P. 2013. Caracterización morfológica de una muestra etnográfica de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Revista Chapingo Serie horticultura* 19(1): 85-89. http://portal.chapingo.mx/revistas/horticultura/contenido.php?id_articulo=1455&id_revistas=1&id_revista_numero=141
- Arbex de Castro, N.E.; Pereira, P.J.E.B.; Cardoso, M.C.; Ramalho de Moraes, A.; Bertolucci, S.K.V. and Guimaraes da Silva. 2004. Planting time for maximization of yield of vinegar plant calyx (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Ciênc. Agrotec., Lavras* 28(3): 542-551. <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v28n3/09.pdf>
- Aziz, E.E.; Nadia, G. and Nadia, M.B. 2007. Effect of cobalt and nickel on plant growth, yield and flavonoids content of *Hibiscus sabdariffa* L. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 1(2): 73-78. <http://ajbasweb.com/old/ajbas/73-78.pdf>
- Babatunde, F.E. and Mofoke, A.L.E. 2006. Performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as influenced by irrigation schedules. *Pakistan Journal of Nutrition* 5(4): 363-367. <http://scialert.net/gredirect.php?doi=pjn.2006.363.367&linkid=pdf>
- Babatunde, F.E., Oseni, T.O.; Auwalu, B.M. and Udom, G.N. 2002. Effect of sowing dates, intra-row spacings and nitrogen fertilizers of the productivity of red variant roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Pertanika J. Trop. Agric. Sci. Pertanika Journal of Tropical Ciencias Agrícolas* 25(2): 99-106. [http://www.pertanika.upm.edu.my/Pertanika%20PAPERS/JTAS%20Vol.%2025%20\(2\)%20Sep.%202002/04%20JTAS%20Vol.25%20\(2\)%202002%20\(Pg%2099-106\).pdf](http://www.pertanika.upm.edu.my/Pertanika%20PAPERS/JTAS%20Vol.%2025%20(2)%20Sep.%202002/04%20JTAS%20Vol.25%20(2)%202002%20(Pg%2099-106).pdf)
- Changdee, T., Polthanee, A., Akkasaeng, C. and Morita, S. 2009. Effect of different waterlogging regimes on growth, some yield and roots development parameters in three fiber crops (*Hibiscus cannabinus* L., *Hibiscus sabdariffa* L. and *Corchorus olitorius* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 8(8): 515-525. <http://scialert.net/gredirect.php?doi=ajps.2009.515.525&linkid=pdf>
- Chen, Q., Zhang, C., Zhao, J. and Ouyang, Q. 2013. Recent advances in emerging imaging techniques for non-destructive detection of food quality and safety. *Trends in Analytical Chemistry* 52: 261-274. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993613002148>
- Christian, K. R. and Jackson, J. C. 2009. Changes in total phenolic and monomeric anthocyanin composition and antioxidant activity of three varieties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) during maturity. *Journal of Food Composition and Analysis* 22: 663-667. [http://www.researchgate.net/publication/229181336_Changes_in_total_phenolic_and_monomeric_anthocyanin_composition_and_antioxidant_activity_of_three_varieties_of_sorrel_\(Hibiscus_sabdariffa\)_during_maturity](http://www.researchgate.net/publication/229181336_Changes_in_total_phenolic_and_monomeric_anthocyanin_composition_and_antioxidant_activity_of_three_varieties_of_sorrel_(Hibiscus_sabdariffa)_during_maturity)
- Contreras, G.J.A.; Nava, P.R. and Sánchez, B.M.A. 2009. Evaluación de métodos de secado, envasado y conservación de cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en condiciones de clima cálido húmedo. In: Cueto, W. J. A.; Prieto, R. J. A.; Macías, G. L. V. (ed). *IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal*. Saltillo, Coahuila, México.
- Crisosto, C.H. and Mitchell, J.P. 2011. Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. Pp. 57-64. In: Kader, A. A.; Pelayo-Zaldivar, C. (ed). *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. Tercera edición. Universidad de California, USA.
- Dahmardeh, M. 2012. Effect of mineral and organic fertilizers on the growth and calyx yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Biotechnology* 11(48): 10899-10902. http://www.academicjournals.org/article/article1380826124_Dahmardeh.pdf
- Diouf, M., Gueye, M., Faye, B.; Dieme, O. and Lo, C. 2007. The commodity systems of four indigenous leafy vegetables in Senegal. *Water SA* 33(3): 343-348 special edition, disponible en <http://www.wrc.org.za>.
- Doffinger, R.D., Carmo, V.M.C., Nazari, F.A.S., Lima, C.C.A., Doffinger, R.D. and Carnevali, T.O. 2011. Atividade antioxidante de *Hibiscus sabdariffa* L. em função do espaçamento entre plantas e da adubação orgânica. *Ciência Rural, Santa Maria* 41(8): 1331-1336. <http://www.scielo.br/pdf/cr/v41n8/a7311cr3113.pdf>
- Egharevba, R.K.A. and Law-Ogbomo, K.E. 2007. Comparative effects of two nitrogen sources on the growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) in the rainforest region: A case study of Benin-City, Edo State, Nigeria. *Journal of Agronomy* 6(1): 142-146. <http://scialert.net/fulltext/?doi=ja.2007.142.146>
- El-Sherif, M.H. and Sarwat, M.I. 2007. Physiological and chemical variations in producing roselle plant (*Hibiscus sabdariffa* L.) by using some organic farmyard manure. *World Journal of Agricultural Sciences* 3(5): 609- 616. [http://www.idosi.org/wjas/wjas3\(5\)/10.pdf](http://www.idosi.org/wjas/wjas3(5)/10.pdf)

- Escalante, E.Y.I.; Osada, K.S. and Escalante, E.J.A.S. 2001. Variabilidad patogénica de *Phytophthora parasitica* Dastur en jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(1): 84-89. <http://www.redalyc.org/pdf/612/61219112.pdf>
- FAO. 1993. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. FAO, Roma, Italia. 183 pp.
- Fathima, M. and Balasubramanian, A. 2006. Effect of plant growth regulators on the yield and quality of bast fibres in *Hibiscus sabdariffa* L. var. *altissima* Wester. *International Journal of Botany* 2(1): 48-55. <http://scialert.net/gredirect.php?doi=ijb.2006.48.55&linkid=pdf>
- Foline, O., Rachael, A., Muhummad, R. and Eunice, B. 2011. The nutritional quality of three varieties of zobo (*Hibiscus sabdariffa* L.) subjected to the same preparation condition. *American Journal of Food Technology* 6(8): 705-708. <http://scialert.net/gredirect.php?doi=ajft.2011.705.708&linkid=pdf>
- Futules, K.N., Kwaga, Y. M. and Clement, T. 2010. Effect of sowing date on calyx yield and yield components of rose- lle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) in Northern Guinea Savanna. *New York Science Journal* 3(11): 1-4. http://www.sciencepub.net/newyork/ny0311/01_3445ny0311_1_4.pdf
- Grubben, G.J.H., Denton, O.A., Messiaen, C.M. and Schippers, R.R. 2004. *Hibiscus sabdariffa* L. Pp. 321-322. In: Grubben, G.J.H.; Denton, O. A., Messiaen, C. M.; Schippers R. R. (ed). *Plant Resources of Tropical Africa 2 – Vegetables*. PROTA, Holanda.
- Haruna, I.M., Ibrahim, H. and Rahman, S.A. 2009. The yield and profitability of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) at varying poultry manure and nitrogen fertilizer rates in the Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 8(11): 1136-1139. <http://www.cabdirect.org/abstracts/20103022653.html>
- Hassan, F.A.S. 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. *Annals Agrícola Science* 54(2): 437-446. <http://www.cabdirect.org/abstracts/20103042945.html>
- Hassanein, R.A., Khattab, H.K.I., EL-Bassiouny, H.M.S. and Sadak, M.S. 2005. Increasing the active constituents of sepals of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plant by applying gibberellic acid and benzyladenine. *Journal of Applied Sciences Research* 1(2): 137-146. [http://www.researchgate.net/publication/266499276_Increasing_the_Active_Constituents_of_Sepals_of_Roselle_\(Hibiscus_sabdariffa_L.\)_Plant_by_Applying_Gibberellic_Acid_and_Benzyladenine](http://www.researchgate.net/publication/266499276_Increasing_the_Active_Constituents_of_Sepals_of_Roselle_(Hibiscus_sabdariffa_L.)_Plant_by_Applying_Gibberellic_Acid_and_Benzyladenine)
- Hidalgo, V.S.G. and Cano, C.L.E. 2007. Efecto de dos épocas de poda sobre el rendimiento de siete cultivares de rosa jamaica a *Hibiscus sabdariffa* en Huehuetenango y Baja Verapaz, Guatemala. Pp. 55-57. En: Fernández, M. M. V.; Varela, O. G.; Garibay, S. V.; Weidmann, G. (ed). *2do Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Productoras y Productores experimentadores y de Investigadores en Agricultura Orgánica*. 1-5 de octubre, 2007. Hotel Soleil, Antigua, Guatemala.
- Hidalgo-Villatoro, S.G., Cifuentes-Reyes, W.A.L., Ruano-Solís, H.H. and Cano-Castillo, L.E. 2009. Caracterización de trece genotipos de rosa de jamaica *Hibiscus sabdariffa* en Guatemala. *Agronomía Mesoamericana* 20(1): 101-109. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711514011>
- Kader, A.A., 1983, en Studman, C.J. 2001. Computers and electronics in postharvest technology. *Computers and Electronics in Agriculture* 30: 109-124. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169900001605>
- Liu, T.-X. and Stansly, P.A. 2000. Response of *Trialetrodes abutiloneus* (Homoptera: Aleyrodidae) to Sweet Potato and Two Species of *Hibiscus*. *Annals of the Entomological Society of America* 93(4): 850-855. <http://aes.oxfordjournals.org/content/93/4/850>
- McCaleb, R.S. 2000. Hibiscus Production Manual (*Hibiscus sabdariffa*). <http://www.herbs.org/greenpapers/hibiscus%20production%20manual.html> última consulta: 10 de mayo de 2014.
- Morton J. 1987. Roselle. In: *Fruits of warm climates*. Web publication Purdue University, Miami, FL, pp. 281 – 286, <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/roselle.html> última consulta: 10 de mayo de 2014.
- Mukhtar, F.B. 2008. Effect of some plant growth regulators on the growth and nutritional value of *Hibiscus sabdariffa* L. (Red sorrel). *International Journal of Pure and Applied Sciences* 2(3): 70-75. http://www.funaab.edu.ng/attachments/1538_2985-10556-1-PB.pdf
- Naturland, 2000. Agricultura orgánica en el trópico y subtropical. Guía de 18 cultivos, parte especializada: Producción ecológica de Hibisco. Naturland, Gräfelfing, Alemania. 1-13 pp.

- Ottai, M.E.S., Aboud, K.A., Mahmoud, I.M. and El-Hariri, D.M. 2006. Stability analysis of roselle cultivars (*Hibiscus sabdariffa* L.) under different nitrogen fertilizer environments. *World Journal of Agricultural Sciences* 2(3): 333-339. [http://www.idosi.org/wjas/wjas2\(3\)/16.pdf](http://www.idosi.org/wjas/wjas2(3)/16.pdf)
- Patel, S. 2014. *Hibiscus sabdariffa*: An ideal yet under-exploited candidate for nutraceutical applications. *Bio-medicine & Preventive Nutrition* 4: 23-27. <http://ac.els-cdn.com/S2210523913000676/1-s2.0-S2210523913000676-main.pdf?tid=e6b2c5a4-476e-11e5-83d9-00000aaf0f26&acdnat=1440097914b9295af0120ccd4874e3d17f5e3a3642>
- Pérez-González, A., Posos-Ponce, P., Carreón-Amaya, J., Martínez-Ramírez, J.L., Serratos-Arévalo, J.C. and Pimentía-Barrios, E. 2009. Characterization of the climatic rankings for jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) crop in Jalisco, México. *Asian Journal of Plant Sciences* 8(2): 92-101. <http://scialert.net/qredirect.php?doi=ajps.2009.92.101&linkid=pdf>
- Pérez-Torres, B. C.; Aragón, G. A.; Bautista, M. N.; Tapia, R. A. M. y López-Olguín, J. F. 2009. Entomofauna asociada al cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el municipio de Chiautla de Tapia, Puebla. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 25(2): 239-247. <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v25n2/v25n2a1.pdf>
- Ramírez-Cortés, B., Caro-Velarde, F.J., Valdivia-Reynoso, M.G. Ramírez-Lozano, M.H. and Machuca-Sánchez, M.L. 2011. Cambios en tamaño y características químicas de cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) durante su maduración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Vol. XVII, Edición Especial 2: 19-31. [https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=Cambios+en+tama%C3%B1o+y+caracter%C3%ADsticas+qu%C3%ADmicas+de+c%C3%A1lices+de+jamaica+\(Hibiscus+sabdariffa+L.\)+durante+su+maduraci%C3%B3n.+Revista+Chapingo+Serie+Horticultura.+Vol.+XVII%2C+Edici%C3%B3n+Especial+2:+19-31.](https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=Cambios+en+tama%C3%B1o+y+caracter%C3%ADsticas+qu%C3%ADmicas+de+c%C3%A1lices+de+jamaica+(Hibiscus+sabdariffa+L.)+durante+su+maduraci%C3%B3n.+Revista+Chapingo+Serie+Horticultura.+Vol.+XVII%2C+Edici%C3%B3n+Especial+2:+19-31.)
- Saeed, I.E.; Sopian, K. and Zainol, A.Z. 2008. Thin-Layer drying of roselle (I): Mathematical modeling and drying experiments. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Manuscript FP 08 015*. 10:1-25. <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1161/1117>
- Saeed, I.E. 2010. Solar drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Effects of drying conditions on the drying constante and coefficients, and validation of the logarithmic model. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 12(1): 167-181. <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1488/1315>
- Sánchez, D.E., Sosa, S.R.A., Navarro, C.A.R., Dávila, M.R.M. and Lazcano, H.M. 2006. Establecimiento de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el proceso de secado de la flor de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) comercializada en la ciudad de Puebla y la producida en Chiautla de Tapia, Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. *Revista Salud Pública y Nutrición*. Edición especial 14: 48-95.
- Sermisri, N., Duyapat, C. and Murata, and 1987. Studies on Roselle (*Hibiscus sabdariffa* var. *Altissima* L.) Cultivation in Thailand. *Japanese Journal of Crop Science* 56(1): 64-69. https://www.istage.jst.go.jp/article/jcs1927/56/1/56_1_64_article
- Terán, Z. and Soto, F. 2004. Evaluación de densidades de plantación en el cultivo de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Cultivos Tropicales* 25(1): 67-69. <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193230179011.pdf>
- Toral, F.J.R., Pérez, G.A., Carreón, A.J., Martínez, R.J.L., Rodríguez, R.R. and Casas, S.J.F. 2005. Niveles de fertilización mediante vermicomposta en el cultivo de la jamaica. *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA* 193-197.
- Tsai, P.-J., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B. and Jordan, B.R. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *Food Research International*. 35: 351-356. <http://www.science-direct.com/science/article/pii/S0963996901001296>

Cite this paper/Como citar este artículo: Bobadilla-Carrillo, G.I., Balois-Morales, R., Valdivia-Reynoso, M.G., Machuca-Sánchez, M.L., González-Torres, L. (2016). Preharvest, harvest and postharvest factors inherent to roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) crop: A review. *Revista Bio Ciencias* 3(4): 256-268. <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/158/221>

