



Cultivo de nueve variedades de sandía bajo condiciones edafoclimáticas de la Sabana brasilera: Variables morfológicas, características fisicoquímicas y vida útil de frutos

Cultivation of nine varieties of watermelon under edaphoclimatic conditions of the Brazilian Savannah: Morphological variables, physicochemical characteristics and useful life of fruits

Edgley Soares da Silva^{1,*} ; Ignácio Lund Gabriel da Silva Carmo¹ ; João Luiz Lopes Monteiro Neto ¹ ; Roberto Dantas de Medeiros² ; Mauricio Lourenzoni Augusti¹ ; Jorge Zamir Erazo Amaya³ ; Hipolito Murga-Orrillo⁴ ; Carlos Abanto-Rodríguez ⁵ 

¹ Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (POSAGRO), BR 174, km 12, Monte Cristo, Boa Vista, Roraima, Brazil.

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, BR-174, km 8 – Distrito Industrial, Boa Vista, Roraima, Brazil.

³ Facultad de Ciencias Agrárias, Universidad Nacional de Agricultura, Carretera N-15, Apartado Postal N. 9, Catacamas, Olancho, Honduras.

⁴ Universidad Nacional Autónoma de Chota, Oficina General de Investigación, Jr. 30 de agosto, Chota, Cajamarca, Peru.

⁵ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, Carretera Federico Basadre km 12.400, Yarinacocha, Ucayali, Peru.

Received May 8, 2020. Accepted October 2, 2020.

Resumen

Para preservar la calidad de los frutos de sandía por más tiempo es necesario refrigeración, sin embargo, esta tecnología es de difícil acceso y de costos elevados. Por tanto, es necesario buscar alternativas como la selección de nuevas variedades de sandía que presenten calidad superior de frutos y elevada vida útil postcosecha. En ese contexto, el objetivo en este trabajo fue evaluar las características morfológicas, fisicoquímicas y vida útil de frutos de nueve variedades de sandía. Fue conducido mediante un diseño experimental de bloques completos al azar en esquema de parcelas subdivididas. En las parcelas se evaluaron nueve variedades de sandía: Explorer, Magnum, Santa Amelia, Top Gun, Crimson Sweet, Electra, PX 397, Charleston Gray y Jubilee, y en las subparcelas cinco tiempos de almacenamiento: 0; 5; 10; 15 y 20 días. Las condiciones edafoclimáticas de la Sabana amazónica en Roraima, Brasil, favorecen las características morfológicas, fisicoquímicas y vida útil de frutos de las variedades Explore, Santa Amelia y Crimson Sweet. Los frutos de las variedades de sandía pierden rápidamente su calidad y no son aptos para el consumo *in natura* después de 15 días del almacenamiento a temperatura y humedad relativa ambiente en la Sabana amazónica de Roraima, Brasil, dado que el contenido de °Brix después de este periodo es inferior a los 9°. Los nuevos estudios relacionados con la temática deben contemplar la aceptación del mercado consumidor de las variedades con mayor potencial obtenido.

Palabras clave: *Citrullus lanatus*; almacenamiento; temperatura ambiente; características fisicoquímicas.

Abstract

Refrigeration is necessary to preserve the quality of watermelon fruits for longer, however, this technology is difficult to access and costly. Therefore, it is necessary to look for alternatives such as the selection of new varieties of watermelon that present good resistance to transport, superior fruit quality and high postharvest shelf life. In this context, the objective in this work was to evaluate the morphological, physicochemical and shelf life characteristics of the fruits of nine varieties of watermelon. It was conducted through a randomized complete block experimental design in a subdivided plot scheme. Nine varieties of watermelon were evaluated in the plots: Explorer, Magnum, Santa Amelia, Top Gun, Crimson Sweet, Electra, PX 397, Charleston Gray and Jubilee, and in the subplots five storage times: 0; 5; 10; 15 and 20 days. The edaphoclimatic conditions of the Amazon Savannah in Roraima, Brazil, favor the morphological, physicochemical characteristics and shelf life of the fruits of the Explore, Santa Amelia and Crimson Sweet varieties. The fruits of the watermelon varieties quickly lose their quality and are not suitable for in nature consumption after 15 days of storage at ambient temperature and relative humidity in the Amazon Savannah of Roraima, Brazil, since the content of °Brix after this period is less than 9°. The new studies related to the subject must consider the acceptance of the consumer market of the varieties with the greatest potential obtained.

Keywords: *Citrullus lanatus*; storage; room temperature; physicochemical characteristics.

Cite this article:

da Silva, E.S.; da Silva Carmo, I.L.G.; Monteiro Neto, J.L.L.; de Medeiros, R.D.; Agusti, M.L.; Amaya, J.Z.E.; Murga-Orrillo, H.; Abanto-Rodríguez, C. 2020. Cultivo de nueve variedades de sandía bajo condiciones edafoclimáticas de la Sabana brasilera: Variables morfológicas, características fisicoquímicas y vida útil de frutos. *Scientia Agropecuaria* 11(4): 493-501.

* Corresponding author
E-mail: edgleyrr@gmail.com (E.S. da Silva).

1. Introducción

La sandía (*Citrullus lanatus* L.) es la segunda fruta más producida en el mundo, detrás del plátano (*Musa* sp.). El mayor productor mundial es China, seguida de Turquía, Irán y Brasil. Es una de las cucurbitáceas más producidas y difundidas en todo el territorio brasileño, con una amplia área cultivada sobre todo en los estados de la región Noreste (Bahia, Pernambuco, Maranhão y Rio Grande do Norte), Sureste (São Paulo), Sur (Santa Catarina e Rio Grande do Sul) y Centro-Oeste (Goiás). El fácil manejo y el considerable costo de producción hacen de la sandía un cultivo extremadamente importante en la generación de empleo en Brasil, comparado con otros cultivos agrícolas (Oliveira *et al.*, 2015).

En la región Norte, principalmente en el estado de Roraima, la sandía asume el puesto número cinco de los principales cultivos en la producción anual. Este cultivo es una de las alternativas de explotación de las áreas de Sabana en el Estado, puesto que presentan condiciones edafoclimáticas favorables al cultivo durante gran parte del año (Monteiro Neto *et al.*, 2016).

De modo general, la producción de sandía en Roraima es oriunda de cultivos establecidos en sistema convencional de monocultivo, y la comercialización en parte se practica de forma rudimentaria, siendo los frutos expuestos en casetas de venta, bajo los árboles o encima de camiones sobre temperatura ambiente; condiciones que son favorables para la pérdida de la calidad y rápida deterioración de la fruta debido a la corta vida útil postcosecha cuando es almacenada de manera inadecuada (Silva *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2018).

Otra parte de la producción local es destinada al mercado de Manaus (AM), siendo constantemente sometida a depreciaciones provocadas por el transporte en camiones sin estructuras adecuadas y sin la debida colocación de los frutos. Por tanto, esas condiciones han despertado preocupación a los productores ya que tienen pocas alternativas viables disponibles para preservar la calidad de los frutos en postcosecha, una vez que los métodos indicados para mantener las condiciones óptimas de temperatura (10 °C) y humedad relativa del aire (90%) es mediante refrigeración (Carlos *et al.*, 2002), sin embargo, esta tecnología es de difícil acceso y de costos elevados, lo cual impide su utilización por los pequeños productores responsables por la mayor producción.

En ese sentido, ante la ausencia de refrigeración una de las alternativas para elevar la vida útil postcosecha de los frutos de sandía

sin obviar los costos de producción es la selección de nuevas variedades que presenten altas producciones, buena resistencia de los frutos al transporte, calidad superior de frutos (mayor grosor de cáscara, mayor firmeza en la pulpa y mayor contenido de sólidos solubles) y elevada vida útil postcosecha. Estas características posibilitarían mayor periodo de comercialización sin perder sus atributos comerciales exigidas por el mercado consumidor (Mrema y Maerere, 2018). Entre tanto, la mayoría de esos materiales genéticos varían no solamente en relación con esas características, sino también de las diferentes capacidades de respuesta a las condiciones en que el cultivo es sometido (Kyriacou *et al.*, 2018).

Al respecto, Carmo *et al.* (2015) al estudiar el comportamiento agronómico de seis variedades de sandía en la sabana de Roraima, Brasil, encontraron que las variedades diferían en cuanto a los aspectos morfológicos y características fisicoquímicas de los frutos, con mayor énfasis en Elisa, Juliane y Explore. Silva *et al.* (2017) también evaluaron las características agronómicas de variedades de sandía en la sabana de Roraima, Brasil, y de los doce materiales probados, solo tres (Crimson Select Plus, Santa Amélia y Explore) mostraron potencial de cultivo, los otros nueve tuvieron algún aspecto morfológico o características fisicoquímicas indeseables.

En ese sentido, debido a la gran disponibilidad de variedades de sandía en el mercado, la selección es de gran importancia para obtener materiales con características deseables para el agricultor. Por lo tanto, el objetivo en este trabajo fue evaluar nueve variedades de sandía bajo condiciones edafoclimáticas de la Sabana brasilera: Variables morfológicas, características fisicoquímicas y vida útil de frutos.

2. Materiales y métodos

Cultivo y experimento

El estudio fue conducido en dos ciclos del cultivo: 1ero) diciembre de 2016 a febrero de 2017 y 2do) diciembre de 2017 a febrero de 2018, en un área típica de Sabana, en el campo experimental Agua Boa de la Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria-Embrapa, Boa Vista, Roraima, Brasil, a 02° 39' 00" N y 60° 49' 28 40" W, y a 90 m.s.n.m (Figura 1). El clima local de acuerdo con la clasificación de Köppen es del tipo Aw, tropical lluvioso, la estación de lluvias abarca desde abril a septiembre y estación seca de octubre a marzo. Así mismo, las precipitaciones pluviales, la humedad relativa, y la

temperatura ambiente alcanzan valores medios anuales de 1,667 mm, 70% y 27.4 °C, respectivamente.

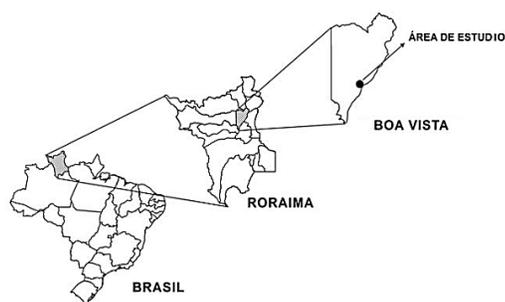


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Mapa de Brasil, destacando el estado de Roraima y el área de estudio en el mapa del municipio de Boa Vista.

El suelo fue clasificado como Geric Xanthic Ferralsol de textura media, presentando los siguientes atributos físico químicos en la profundidad de 0,0 a 0,20 m: pH = 5,9; MO = 12,98 g kg⁻¹; P = 52,0 mg dm⁻³; Ca = 1,66 mg dm⁻³; Al = 0,03 mg dm⁻³; H+Al = 1,93 mg dm⁻³; K = 0,05 mg dm⁻³; V = 49%; m = 2%; CICt = 1,86 cmol dm⁻³; CICe = 1,0 cmol dm⁻³; Arena = 687 g kg⁻¹; Limo = 61 g kg⁻¹ y Arcilla = 252 g kg⁻¹.

El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar (DBCA), en esquema de parcelas subdivididas, con cuatro repeticiones y cinco frutos por unidad experimental. Las parcelas estuvieron constituidas por nueve variedades de sandía: Explorer, Magnum, Santa Amelia, Top Gun, Crimson Sweet, Electra, PX 397, Charleston Gray y Jubilee y las subparcelas fueron cinco periodos (días) de almacenamiento de frutos: 0; 5; 10; 15 y 20 días.

Cada parcela fue constituida por una hilera de 8,0 m de largo, 4,0 m entre líneas y 1,0 m entre plantas, totalizando 32,0 m², de los cuales 24,0 m² fueron utilizados como área útil y los demás como bordes. Las variedades fueron sembradas directamente en campo, colocando dos semillas por hoyo, a los diez 10 después de la emergencia (DAE) se hizo un raleo dejando una planta por hoyo.

La preparación del suelo fue realizada 20 días antes de la siembra, utilizando arado a 0,2 m de profundidad, fue realizada dos pasadas de rastra para nivelar el terrero y mullir el suelo. Fue utilizada surcadora para abrir los surcos a 0,1 m de profundidad. Adicionalmente, fue realizado el encalado con 500 kg ha⁻¹ de dolomita (PRNT 90%) para alcanzar 70% de saturación de bases (V%) requerido por el cultivo.

La primera fertilización se realizó cinco días antes de la siembra, aplicando 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 160 kg ha⁻¹ de K₂O y 25 kg ha⁻¹ de

micronutrientes (FTE), en forma de superfosfato simple, cloruro de potasio y FTE BR 12, respectivamente. La fertilización nitrogenada fue de 120 kg ha⁻¹ de N en forma de urea, dividida en dos aplicaciones iguales, a los 15 y 30 días después de la germinación (DAE). También fue aplicado 10 m³ ha⁻¹ de estiércol de ovino como fuente de materia orgánica con el propósito de mejorar las características físicas y químicas del suelo.

La irrigación fue realizada mediante riego por goteo con descarga de 3,0 L h⁻¹. El monitoreo del para el riego fue por medio de tensiómetros. Así, durante los primeros 16 días antes de la emergencia (DAE) el riego fue aplicado cada tres a cuatro días en promedio, cuando los tensiómetros marcaron entre 30 a 45 kPa; de los 17 días hasta la formación de frutos el riego fue a cada dos y tres días, cuando los tensiómetros marcaron una tensión de 20 a 30 kPa, y durante la fase de maduración de los frutos el riego fue cada tres a cuatro días, cuando los tensiómetros registraron lecturas entre 60 a 45 kPa. En las parcelas fue realizado el tutoreo de las guías, se controló las malezas y la proliferación de plagas y enfermedades de forma manual.

El punto de cosecha fue determinado por la observación del zarcillo seco más próximo al fruto, por el cambio de la coloración de la parte del fruto expuesta al suelo, y a través de la medición de los sólidos solubles de dos frutos del borde de las parcelas con un refractómetro manual (HANNA®, HI96801), siendo el valor mínimo exigido para la cosecha de 10 °Brix.

Para la evaluación, fueron cosechados cinco frutos de cada unidad experimental, libres de síntomas de ataque de plagas, enfermedades, manchas, fisuras, deformidades o cualquier tipo de daño mecánico, y fueron llevados al Laboratorio de Postcosecha de Embrapa Roraima.

Caracterización morfológica

Fueron evaluados: longitud y diámetro de fruto, espesura de la cáscara, número de semillas por fruto, número de semillas por 100 g de pulpa, masa seca de semillas por fruto y masa seca de 1000 semillas.

La longitud y diámetro de los frutos fueron medidos con el auxilio de una regla graduada, (ANTIQUARIO BAURU®, Inox) en cm. La espesura de la cáscara fue definida a través de tres lecturas en la región media del fruto con el auxilio de un parquímetro digital (MITUTOYO®, CSX-B). Se consideró como cáscara la región que comprende la epidermis hasta la zona de transición de color de la pulpa (blanco-rojizo).

Tabla 1

Valores medios de las características de longitud de frutos (LF), diámetro de frutos (DF), Grosor de cáscara (GC), número de semillas por fruto (NS), número de semillas por 100 g de pulpa (NS/100), masa seca de semillas por fruto (MSS) y masa seca de 1000 semillas (M1000) de variedades de sandía

| Variedades | LF (cm) | DF (cm) | GC (cm) | NS (uni) | NS/100 (uni) | MSS (g) | M1000 (g) |
|-----------------|---------|---------|---------|----------|--------------|---------|-----------|
| Explore | 32,97 b | 22,75 b | 1,38 d | 1142 a | 24,8 a | 40,97 b | 67,7 b |
| Magnum | 36,94 a | 24,25 b | 1,77 c | 835 b | 16,2 b | 28,55 b | 34,4 d |
| Santa Amélia | 32,57 b | 27,82 a | 1,98 a | 1002 a | 21,3 a | 36,38 b | 36,1 d |
| Top Gun | 30,67 c | 27,02 a | 1,75 c | 438 c | 6,1 d | 21,04 b | 49,0 c |
| Crimson Sweet | 28,10 c | 23,40 b | 1,70 c | 525 c | 5,6 d | 23,5 b | 44,8 d |
| Electra | 32,92 b | 20,82 c | 1,39 d | 648 c | 9,7 c | 32,62 b | 51,4 c |
| PX 397 | 27,30 c | 22,80 b | 1,15 e | 558 c | 9,4 c | 23,56 b | 52,8 c |
| Charleston Gray | 38,35 a | 23,73 b | 2,01 a | 674 c | 9,5 c | 70,37 a | 104,3 a |
| Jubilee | 34,90 b | 21,47 c | 1,65 c | 671 c | 9,8 c | 30,47 b | 46,1 d |
| CV % | 5,61 | 4,62 | 3,66 | 17,12 | 12,23 | 15,4 | 14,11 |

Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí por la prueba de Scott-Knott al 5% de probabilidad.

El conteo del número de semillas por fruto y del número de semillas por 100 g de pulpa y la determinación de la masa seca de las semillas y masa seca de 1000 semillas fue realizado por medio de una balanza digital de precisión (BEL®, S2202h).

Los datos de los dos años de cultivo fueron promediados y se sometieron a análisis de varianza por medio de la prueba de F ($p \leq 0,05$). Para la comparación y agrupamiento de las medias de las variedades se empleó la prueba de Scott y Knott (1974) a 5% de probabilidad.

Caracterización fisicoquímica

Fueron evaluados: firmeza de la pulpa, pH, acidez titulable, sólidos solubles y relación sólidos solubles/acidez titulable.

La firmeza de la pulpa fue obtenida con penetrometro digital (INSTRUTHERM®, PTR-300), con puntería de 8,0 mm de diámetro, cada fruto fue dividido longitudinalmente en dos partes, en seguida de forma equidistante fue realizado tres lecturas en la región ecuatorial de la pulpa, los valores fueron expresos en Newtons (N). El pH fue obtenido por medio de muestras constituidas de 10 g de pulpa en 100 mL de agua destilada, utilizando un peachímetro (CAP-LAB®, cap210B). El contenido de sólidos solubles fue obtenido con Refractómetro (ATAGO®, PR-100 Palette) con corrección de temperatura (AOAC, 2005). Siendo expresados los resultados en °Brix. La acidez titulable fue determinada por titulación de 10 g de pulpa, homogenizada y diluida en 100 mL de agua destilada, con solución homogenizada de NaOH a 1N y con un punto de cambio en el pH de 8,2. Los resultados fueron expresados en porcentaje de ácido cítrico (AOAC, 2005). La relación sólidos solubles/acidez titulable fue calculada a través de la división de los valores absolutos de los sólidos solubles y los valores absolutos de la acidez titulable (AOAC, 2005).

Los datos de los dos años de cultivo fueron promediados y se sometieron a análisis de

varianza por medio de la prueba de F ($p \leq 0,05$). Para la comparación y agrupamiento de las medias de las variedades se empleó la prueba de Scott y Knott (1974) a 5% de probabilidad.

Vida útil de frutos

Los frutos fueron almacenados en un cobertizo a temperatura ambiente de 37,7 °C de máxima y de 26,3 °C de mínima, y humedad relativa de 85,2% de máxima y 68,1 °C de mínima. En seguida fueron evaluados (firmeza de la pulpa, pH, acidez titulable, sólidos solubles y relación sólidos solubles/acidez titulable) en cada uno de los periodos (días) preestablecidos como tratamientos.

Los datos de los dos años de cultivo fueron promediados y se sometieron a análisis de varianza por medio de la prueba de F ($p \leq 0,05$). La influencia del tiempo de almacenamiento sobre la vida útil de los frutos de las variedades fue verificada mediante análisis de regresión. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el auxilio del programa SPSS (Statistical Package for the Social Science) versión 20.0.

3. Resultados y discusión

De acuerdo con el análisis de varianza, fue determinado diferencias estadísticas significativas entre las variedades para todas las características morfológicas y fisicoquímicas de los frutos analizados, indicando diferentes capacidades de respuesta a la condición de cultivo que fueron plantadas. Con relación a vida útil en función de los tiempos de almacenamiento de los frutos, fue verificado diferencias estadísticas para las características de firmeza de la pulpa, pH, acidez titulable y relación sólidos solubles/acidez titulable. Por otro lado, la interacción entre los factores (variedades y tiempos de almacenamiento) expresó efecto significativo apenas para el contenido de sólidos solubles. Además, fue observado valores de coeficiente de variación (CV) entre

1,91% y 17,12% en todas las variables analizadas, indicando buena precisión experimental.

Caracterización morfológica

Los valores de la variable longitud de fruto fueron significativamente superiores en las variedades Charleston Gray y magnum con 38,35 cm y 36,94 cm, respectivamente, resultado que se debió a sus características morfológicas frutos alargados. En cambio, los mayores valores para el diámetro de fruto fueron verificados en las variedades Santa Amelia y Top Gun con 27,82 y 27,02 cm, respectivamente. Frutos de forma redonda generalmente no presentan variaciones considerables entre los valores de longitud y diámetro, esto fue constatado en las variedades Crimson Sweet y PX 397, que presentaron en media 4,7 cm y 4,5 cm, respectivamente. Por el contrario, fueron determinados valores superiores de 14,63 cm y 12,69 cm en las variedades Charleston Gray y Magnum, respectivamente (Tabla 1). Según Ramos *et al.* (2009), las características dimensionales de los frutos (longitud y diámetro), cuando son evaluadas apenas en función de diferentes condiciones de cultivo, no sufren variaciones significativas, indicando que las divergencias ocurren debido a las características intrínsecas de cada variedad.

En cuanto al grosor de la cáscara, se verificó que las variedades Charleston Gray y Santa Amelia presentaron los mayores resultados de 2,01 y 1,98 cm en media, respectivamente (Tabla 1). Estos valores evidencian mayor resistencia a las abrasiones y mayor potencial de utilización industrial en la fabricación de productos oriundos de esa parte del fruto. En contraste, las variedades PX 397, Explore y Electra presentaron frutos con cáscaras muy delgadas con valores de 1,15; 1,38 y 1,39 cm, respectivamente, por esta razón, los frutos para ser almacenados y transportados requerirán mayores cuidados, puesto que la comercialización de la sandía es realizada a granel. De este modo, Huang *et al.* (2016) citan que el grosor de cáscara es una característica muy importante para el manejo de los frutos para ser comercializados.

El número de semillas por fruto reveló una amplia variación entre las variedades estudiadas, en ese sentido, mayor cantidad de semillas fueron determinadas en las variedades Explore y Santa Amelia, con 1142,0 y 1002,0 semillas por fruto, respectivamente (Tabla 1). Resultados semejantes fueron reportados por Carmo *et al.* (2015) al determinar que la variedad Explore tuvo 1260,0 se-

millas y por Silva *et al.* (2017) al estudiar Explore y Santa Amelia, que reportaron 1010,75 y 1129,75 semillas por fruto. Sin embargo, el número de semillas observado en el presente trabajo es elevado cuando son comparados con los valores obtenidos por Lima Neto *et al.* (2010), que variaron de 284,0 a 528,8 semillas por fruto en diferentes variedades de sandía. Los resultados determinados para Explore y Santa Amelia en este trabajo pueden comprometer su comercialización de estas variedades, puesto que hay preferencia en el mercado por frutos con menor cantidad de semillas.

De la misma manera, fue verificado que las variedades Explore y Santa Amelia destacaron para la variable número de semillas por 100 g de pulpa (Tabla 1). Por otro lado, es importante destacar que el número medio de semillas por 100 g de pulpa es un parámetro más eficaz para indicar la calidad del fruto que la variable número total de semillas por fruto. En este sentido, las variedades Crimson Sweet y Top Gun fueron las que presentaron mejor calidad de fruto, desde el punto de vista comercial, dado que presentaron valores medios de 5,6 y 6,1 semillas por 100 g de pulpa respectivamente.

Para las variables de masa de semillas y de 1000 semillas, la variedad Charleston Gray mostró diferencias estadísticas significativas presentando valores de 70,4 g y 104,3 g, respectivamente (Tabla 1). Estos resultados están de acuerdo con los reportados por Silva *et al.* (2017), en un estudio con la misma variedad. Así mismo, cuando la masa de semillas fue relacionada con el número de semillas, fue observado que la variedad Charleston Gray posee semillas de mayor masa, sin embargo, en bajas cantidades. Entre tanto, las variedades Explore y Santa Amelia poseen mayor cantidad de semillas en masa reducida.

También, fue constatado que hay una fuerte asociación de la masa de las semillas con el formato de los frutos. En ese sentido, en las variedades caracterizadas como frutos de forma alargada (Charleston Gray y Magnum), se observaron masas de semillas similares, sin embargo, fueron mayores a las variedades de forma redonda (Crimson Sweet y PX 397). Posiblemente, estos resultados son una respuesta fenotípica surgida de la expresión de genes que pertenecen a un mismo grupo de ligación, de modo que el comportamiento de los alelos que condicionan la masa de semillas no sea completamente independiente de los alelos responsables por el formato del fruto (Kyriacou *et al.*, 2018).

Tabla 2

Valores medios de la firmeza de la pulpa (FP), pH, acidez titulable (AT), sólidos solubles (SS) y relación sólidos solubles/acidez titulable (SS/AT) de frutos de variedades de sandía

| Variedades | FP (N) | pH | AT (% ácido cítrico) | SS (°Brix) | SS/AT |
|-----------------|--------|--------|-------------------------|------------|--------|
| Explore | 14,9 a | 6,07 a | 2,10 c | 14,03 a | 6,86 a |
| Magnum | 14,4 a | 5,43 c | 1,90 d | 11,00 b | 5,78 b |
| Santa Amélia | 14,3 a | 6,04 a | 1,93 d | 13,24 a | 6,86 a |
| Top Gun | 13,9 b | 5,67 c | 2,26 b | 13,46 a | 5,94 b |
| Crimson Sweet | 14,5 a | 5,58 c | 1,68 e | 11,36 b | 6,74 a |
| Electra | 11,5 c | 5,62 c | 1,89 d | 12,97 a | 6,68 a |
| PX 397 | 10,3 d | 5,76 b | 1,88 d | 12,50 a | 5,89 b |
| Charleston Gray | 14,4 a | 5,52 c | 1,87 d | 11,70 b | 6,26 b |
| Jubilee | 12,8 b | 5,61 c | 2,40 a | 12,90 a | 5,37 b |
| CV% | 4,05 | 1,91 | 1,99 | 5,75 | 7,17 |

Medias seguidas de las mismas letras en la columna no difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad.

Caracterización fisicoquímica

Para la variable de firmeza de la pulpa existe una amplia variación entre las variedades analizadas, los valores variaron de 10,3 (PX 397) a 14,9 N (Explore) (Tabla 2), confirmando los resultados observados por Martins *et al.* (2013) y Silva *et al.* (2017), que reportaron valores entre 10 y 23 N. Las variedades que expresaron mejores resultados en esta característica fueron: Explore, Crimson Sweet, Magnum, Charleston Gray y Santa Amélia. Según Huang *et al.* (2016) la firmeza de pulpa es una característica esencial en la vida útil postcosecha de los frutos, pues se vuelven más resistentes a los daños mecánicos que ocurren cuando son transportados y a la comercialización.

En cuanto al pH los mayores resultados fueron encontrados en las variedades Explore (6,07) y Santa Amélia (6,04), no obstante, con mínimas diferencias numéricas con las otras variedades (Tabla 2). Las medias de pH encontradas en el presente estudio están de acuerdo con las obtenidas por Carmo *et al.* (2015), por el contrario, difieren con los determinados por Martins *et al.* (2013), indicando que esa característica varía, tanto, en función de las características de variedades y por las condiciones edafoclimáticas de cada región donde se cultiva.

Por otra parte, la variedad Jubilee presentó los mayores resultados de acidez titulable, registrando un porcentaje superior de ácido cítrico de 2,40% (Tabla 2). Este valor proporciona un aumento de los componentes principales del sabor en las frutas.

El contenido de sólidos solubles es la característica de mayor importancia en la determinación de la calidad interna de los frutos de la sandía, sea para el consumo *in natura* o industrial. Elevado contenido de sólidos solubles implica menor adición de azúcares, menor tiempo de evaporación de agua y mayor rendimiento (Petropoulos *et al.*, 2014;

Kyriacou *et al.*, 2018). El contenido de sólidos solubles encontrado en el presente trabajo es relativamente alto, siempre por encima de 10 °Brix, para todas las variedades estudiadas, con destaque para Explorer, Top Gun, Santa Amélia, Electra, Jubilee e PX 397, con 14,03; 13,46; 13,24; 12,97; 12,90 e 12,50 °Brix, respectivamente (Tabla 2), comparado con otros ensayos realizados en diferentes regiones de Brasil (Lima Neto *et al.*, 2010; Martins *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2016).

Con respecto a la variable relación entre sólidos solubles/acidez titulable, las variedades Explore, Santa Amélia, Crimson Sweet y Electra presentaron diferencias estadísticas significativas frente a las otras variedades (Tabla 2). De acuerdo, Carvalho Júnior *et al.* (2019) esta variable es una de las mejores formas de evaluar el sabor en los frutos puesto que proporciona una mejor comprensión del comportamiento de las variables que, la medición aislada de azúcares o de la acidez titulable. De este modo, las variedades Explore, Santa Amélia, Crimson Sweet y Electra, presentaron las mejores características palatables entre las variedades analizadas.

Vida útil de frutos

Con respecto al tiempo de almacenamiento sobre la variable firmeza de la pulpa, se observó disminución de este atributo a medida que transcurrió el periodo de evaluación (Figura 2A). Así, fue constatado que, a los veinte días, los frutos de las variedades PX 397 y Electra comenzaron a deteriorarse y ya no estaban aptos para consumo *in natura*. La disminución de la firmeza de la pulpa se debe al magullamiento de los frutos durante el proceso de maduración en virtud de la hidrólisis de varios polisacáridos estructurales, siendo las sustancias pépticas las principales (Wang *et al.*, 2017).

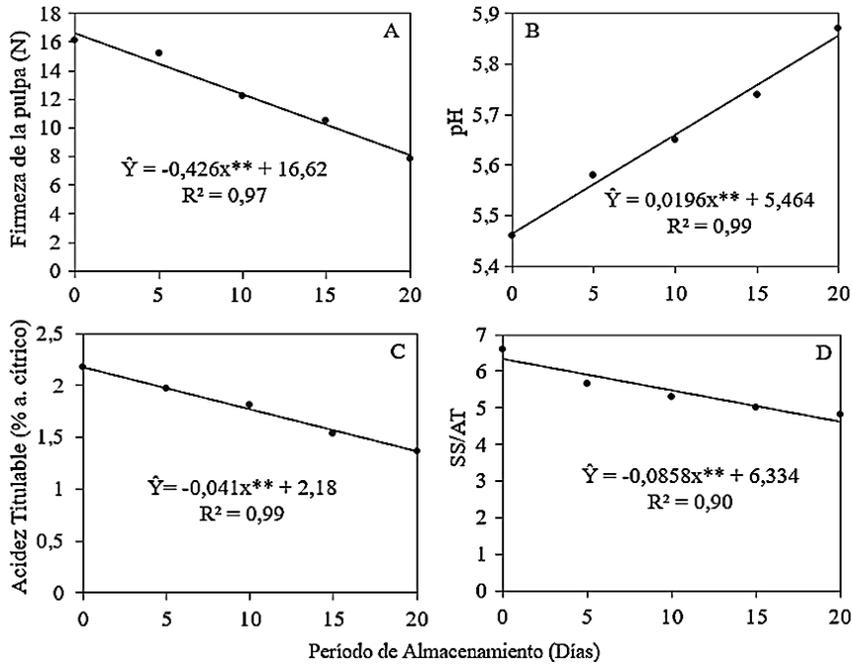


Figura 2. Firmeza de la pulpa (A), pH (B), Acidez titulable (C) y Relación sólidos solubles/acidez titulable (SS/AT) (D) de frutos de sandía en función del periodo de almacenamiento sobre temperatura y humedad ambiente.

El pH de los frutos aumentó a medida que se prolongó el periodo de almacenamiento, obteniendo un valor máximo de (5,87) a los veinte días después de la cosecha (Figura 2B). Estos resultados son semejantes a los determinados por *Carlos et al. (2002)*, al estudiar diferentes variedades de sandía. La acidez provocada por los ácidos orgánicos es una característica inherente al sabor de muchos frutos. La baja acidez atrae muchos consumidores de sandía, en ese sentido, los valores máximos observados en el presente trabajo de investigación se mantienen en el rango reportados por otros estudios y también están de acuerdo con el intervalo de pH deseable por el mercado consumidor (*Alan et al., 2018*).

El periodo de almacenamiento influyó en la disminución de la acidez titulable (Figura 1C). Resultados iguales fueron encontrados por *Carlos et al. (2002)* que al estudiar la vida útil postcosecha de frutos de sandía sometidos a diferentes temperaturas de almacenamiento. La acidez titulable es muy importante porque proporciona incremento de los principales componentes de sabor y aroma en los frutos, esta característica aumenta con el crecimiento del fruto hasta su completo desarrollo fisiológico, posteriormente decrece con el proceso de maduración, esto fue evidenciado en el presente trabajo, puesto que hubo reducción de la acidez titulable a lo largo del periodo de almacenamiento.

La Relación sólidos solubles/acidez titulable (SS/AT) también disminuyó, provocada por

la disminución de ambas características cuando se evaluaron por separado (Figura 2D). La relación SS/AT proporciona una buena evaluación del sabor de la fruta. Según *Carvalho Júnior et al. (2019)*, la mayor relación SS/AT otorga a las frutas un mejor equilibrio entre dulce y ácido, dando un sabor más agradable y haciéndolas más atractivas.

Se observó que independientemente de la variedad los valores de sólidos solubles decrecieron a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, respuesta parecida a la observada por *Silva et al. (2016)*. Sin embargo, vale resaltar que la mayor reducción del contenido de sólidos solubles fue determinada en la variedad Explore con una pérdida de 6,96 °Brix (14,03 a 7,10) después de 20 días de almacenamiento (Figura 3).

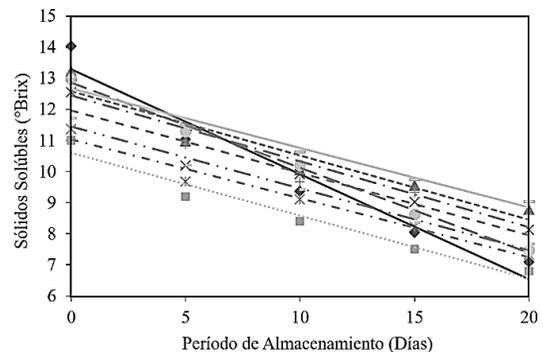


Figura 3. Contenido de sólidos solubles en frutos de variedades de sandía en función del periodo de almacenamiento sobre temperatura y humedad ambiente.

Tabla 3Ecuación de regresión e R² de contenido de sólidos solubles de frutos de variedades de sandía

| Símbolo | Variedades | Ecuación de regresión | R ² |
|---------|-----------------|--------------------------------|----------------|
| ◆ | Explore | -0,3371x ^{**} + 13,29 | 0,94 |
| ■ | Magnum | -0,2020x ^{**} + 10,61 | 0,96 |
| ▲ | Santa Amélia | -0,2061x ^{**} + 12,58 | 0,90 |
| × | Top Gun | -0,2006x ^{**} + 11,97 | 0,91 |
| * | Crimson Sweet | -0,1896x ^{**} + 11,04 | 0,96 |
| ● | Electra | -0,2734x ^{**} + 12,85 | 0,99 |
| + | PX 397 | -0,2122x ^{**} + 12,45 | 0,89 |
| ■ | Charleston Gray | -0,1986x ^{**} + 11,45 | 0,98 |
| □ | Jubilee | -0,1914x ^{**} + 12,67 | 0,98 |

** : modelo significativo al 1% de probabilidad.

El contenido de sólidos solubles es muy importante para comercialización de los frutos de sandía. En ese sentido, el mercado brasileño exige como mínimo 10 °Brix y la Unión Europea demanda como mínimo 9 °Brix. Por los padrones internacionales, los frutos pueden ser clasificados de acuerdo con el índice refractométrico, donde valores iguales o superiores a 10 °Brix corresponden a frutos de excelente calidad interna (Kyriacou *et al.*, 2018). De este modo, para atender la demanda de mercado, el periodo de almacenamiento de los frutos de las variedades analizadas en este trabajo de investigación debe ser de hasta diez o quince días, dado que, a los veinte días a temperatura ambiente todas las variedades presentaron un contenido inferior a los 9 °Brix (Figura 3) (Tabla 3).

Al respecto, Kyriacou *et al.* (2018) mencionan que las elevadas temperaturas que predominan en la región de Roraima, Brasil poseen influencia en la calidad del fruto debido a mayor síntesis de compuestos secundarios y acumulación de mayores concentraciones de azúcares solubles, siendo esos azúcares degradados después de la cosecha, especialmente cuando los frutos son mantenidos sobre temperatura ambiente.

4. Conclusiones

Las condiciones edafoclimáticas de la Sabana amazónica en Roraima, Brasil, favorecen las características morfológicas, fisicoquímicas y vida útil de frutos de las variedades Explore, Santa Amélia y Crimson Sweet. Los frutos de las variedades de sandía pierden rápidamente su calidad y no son aptos para el consumo *in natura* después de los quince días después del almacenamiento debido a las condiciones de temperatura (37,7 °C máxima y 26,3 °C mínima) y humedad relativa (85,2% máxima y 68,1 °C mínima) ambiente en Roraima, Brasil.

Los nuevos estudios relacionados con la temática deben contemplar la aceptación del mercado consumidor de las variedades con mayor potencial obtenido.

ORCID

E. Soares da Silva [ID https://orcid.org/0000-0003-4628-1920](https://orcid.org/0000-0003-4628-1920)
 I.L.G. da Silva Carmo [ID https://orcid.org/0000-0002-3941-0619](https://orcid.org/0000-0002-3941-0619)
 J.L. Lopes [ID https://orcid.org/0000-0002-8300-5928](https://orcid.org/0000-0002-8300-5928)
 R.D. de Medeiros [ID https://orcid.org/0000-0002-5601-049X](https://orcid.org/0000-0002-5601-049X)
 M. Lourenzoni Augusti [ID https://orcid.org/0000-0001-8441-7361](https://orcid.org/0000-0001-8441-7361)
 J.Z. Erazo Amaya [ID https://orcid.org/0000-0002-4226-0973](https://orcid.org/0000-0002-4226-0973)
 H. Murga-Orrillo [ID https://orcid.org/0000-0001-5039-5838](https://orcid.org/0000-0001-5039-5838)
 C. Abanto-Rodríguez [ID https://orcid.org/0000-0001-7956-5482](https://orcid.org/0000-0001-7956-5482)

Referencias bibliográficas

- Alan, O.; Sen, F.; Duzyaman, E. 2018. The effectiveness of growth cycles on improving fruit quality for grafted watermelon combinations. *Food Science Technology* 38(1): 270-277.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemistry. 2005. Official methods of analysis of the association of official agriculture chemistry. 18. ed. Mayland: AOAC, 1094 pp.
- Carlos, A.L.X.; Menezes, J.B.; Rocha, R.H.C.; *et al.* 2002. Vida útil pós-colheita de melancia submetida a diferentes temperaturas de armazenamento. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* 4(1): 29-35.
- Carmo, I.L.G.S.; Silva, E.S.; Monteiro Neto, J.L.L.; *et al.* 2015. Desempenho agrônomo de cultivares de melancia no cerrado de Boa Vista, Roraima. *Revista Agro@ambiente On-line* 9(3): 268-274.
- Carvalho Júnior, O.V.; Sousa, Í.F.; Souza, A.A.; *et al.* 2019. Fruit quality of watermelon germplasm grown in agroecological production system in the Submiddle of the San Francisco Valley, Brazil. *Revista de Ciências Agrárias* 42(1): 256-265.
- Huang, Y.; Zhao, L.; Kong, Q.; *et al.* 2016. Comprehensive mineral nutrition analysis of watermelon grafted onto two different rootstocks. *Horticultural Plant Journal* 2(2): 105-113.
- Kyriacou, M.C.; Leskovar, D.I.; Colla, G.; *et al.* 2018. Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated. *Scientia Horticulturae* 234(3): 393-408.
- Lima Neto, I.S.; Guimarães, I.P.; Batista, P.F.; *et al.* 2010. Qualidade de frutos de diferentes cultivares de melancia provenientes de Mossoró-RN. *Revista Caatinga* 23(4): 14-20.
- Martins, J.C.P.; Aroucha, E.M.; Medeiros, J.F.; *et al.* 2013. Características pós-colheita dos frutos de cultivares de melancia, submetidas à aplicação de bioestimulante. *Revista Caatinga* 26(2): 18-24.
- Monteiro Neto, J.L.L.; Lima, N.D.; Carmo, I.L.G.S.; *et al.* 2016. Sucessão de culturas e doses de nitrogênio no rendimento da melancia em condições edafoclimáticas de Savana. *Revista Agro@ambiente On-line* 10(4): 309-316.
- Mrema, E.; Maerere, A.P. 2018. Growth and yield performance of watermelon during dry and wet seasons under tropical conditions. *International Journal of Vegetable Science* 24(5): 483-489.
- Oliveira, J.B.; Grangeiro, L.C.; Sobrinho, J.E.; *et al.* 2015. Rendimento e qualidade de frutos de melancia em

- diferentes épocas de plantio. *Revista Caatinga* 28(2): 19-25.
- Oliveira, R.F.; Silva, E.S.; Carmo, I.L.G.S.; *et al.* 2018. Plantas de cobertura e doses de nitrogênio no cultivo da melancia na savana de Roraima, Brasil. *Scientia Agropecuaria* 9(4): 477-484.
- Petropoulos, A.S.; Olympios, C.; Ropokis, A.; *et al.* 2014. Fruit volatiles, quality, and yield of watermelon as affected by grafting. *Journal of Agricultural science and Technology* 16(4): 873-885.
- Ramos, A.R.P.; Dias, R.C.S.; Aragão, C.A. 2009. Densidades de plantio na produtividade e qualidade de frutos de melancia. *Horticultura Brasileira* 27(4): 560-564.
- Scott, A.J.; Knott, M.A. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30(3): 507-512.
- Silva, A.C.; Aroucha, E.M.M.; Chaves, S.W.P.; *et al.* 2016. Efeito de diferentes doses, formas de aplicação e fontes de P na conservação de melancia sem sementes. *Horticultura Brasileira* 34(4): 529-536.
- Silva, E.S.; Carmo, I.L.G.S.; Monteiro Neto, J.L.L.; *et al.* 2017. Características agrônômicas de cultivares de melancia nas condições do cerrado de Roraima, Brasil. *Scientia Agropecuaria* 8(3): 193-201.
- Wang, Y.; Guo, S.; Tian, S.; *et al.* 2017. Abscisic acid pathway involved in the regulation of watermelon fruit ripening and quality trait evolution. *PLoS One* 12(6): e0179944.