

VALIDACIÓN DE DESCRIPTORES PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CINCO MATERIALES DE CAS [*Psidium friedrichsthalianum* (O. BERG) NIEDENZU] EN COSTA RICA

Jonathan Monge-Solis¹, Fabián Echeverría-Beirute^{2/*}

Palabras clave: Myrtaceae; botánica; germoplasma; fenotipo; diversidad.
Keywords: Myrtaceae; botany; germplasm; phenotypic; diversity.

Recibido: 03/10/22

Aceptado: 09/03/23

RESUMEN

Introducción. Según Biodiversity International, un descriptor es definido como un atributo, o carácter medible, propio en una accesión de un banco genético. La estandarización de descriptores es importante pues incurre en generar información en un lenguaje que permite su interpretación a nivel global. La caracterización de cultivos es indispensable para evaluar su diversidad, clasificación, conservación y explotación, sin embargo, es extensa la lista de estas plantas que aún no han sido adecuadamente descritas. El cas (*Psidium friedrichsthalianum*) es nativo de Costa Rica, su fruta de corte alimenticio es muy común, por lo que su producción y usos en los últimos años ha aumentado, sin embargo, aun es un cultivo poco estudiado. **Objetivo.** Validar una lista de descriptores para la caracterización del cas presente en el país, como aporte para su mejoramiento genético. **Materiales y métodos.**

Se adaptaron descriptores y caracterización morfológica de diferentes especies de la familia Myrtaceae y se evaluaron en campo, 5 accesiones de cas criollo costarricense ubicadas en 5 fincas productoras, en las provincias de Cartago, San José, Heredia y Limón. **Resultados.** Los resultados de campo junto con observaciones adicionales se compararon y se identificaron con posibles descriptores discriminantes para el cas criollo costarricense. **Conclusiones.** Se logró desarrollar un descriptor varietal para la caracterización morfológica del cultivo de cas criollo costarricense aplicado en diferentes accesiones genéticas. De la caracterización morfológica, se obtuvo que las variables diámetro de la cavidad del caliz, número de pétalos, relación longitud / diámetro del fruto, largo del pistilo, relación longitud / ancho de la hoja, diámetro del fruto y longitud del fruto son características que podrían actuar como descriptores discriminantes para el cas criollo costarricense.

* Autor para correspondencia. Correo electrónico: fecheverria@itcr.ac.cr

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía, San Carlos, Alajuela, Costa Rica

 0000-0002-2950-2982.

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

 0000-0002-7238-220X.

ABSTRACT

Descriptors validation for the morphological characterization of five cas accesions [*Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg) Niedenzu] in Costa Rica. Introduction. According to Biodiversity International, a descriptor is defined as an attribute, or a measurable character that is observed in an accession of a genetic bank. The importance of the standardization of descriptors is based on generating information under a universal language. The characterization of crops is essential to assess their diversity, classification, conservation and exploitation, however the list of plants that have not been described is vast. The cas (*Psidium friedrichsthalianum*) is native to Costa Rica, whose fruit is very common, and its production and uses have increased in recent years, even though, it is almost an orphan studied crop. **Objective.** Validate a descriptors list and

use it in the characterization of cas in the country, as opportunities for its genetic improvement may arise. **Materials and methods.** Descriptors and morphological characterization of different species of the Myrtaceae family were adapted and 5 accessions of Costa Rican creole located in 5 producing farms in the provinces of Cartago, San José, Heredia and Limón were evaluated in the field. **Results.** The field results, together with additional observations, were compared and possible discriminant descriptors within the Costa Rican creole cas were identified. **Conclusions.** it was developed a varietal descriptor to the morphologic characterization of Costa Rican creole cas and it was applied in different genetic accessions in the country. It got with the morlogic characterization that the variables calyx cavity diameter, petals number, relation long / fruit diameter, pistil long, relation long / leave width, fruit diameter and fruit long are possible discriminant descriptor to the Costa Rican creole cas.

INTRODUCCIÓN

Biodiversity International, conocida desde 1974 hasta 1991 como International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) y desde 1991 hasta el 2006 como International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), es una organización global dedicada al desarrollo y la investigación. La misma se ha encargado de desarrollar una metodología estándar para las listas de descriptores de plantas desde 1976, con la necesidad de crear un sistema universal para el manejo de datos de los recursos genéticos vegetales. Es así como se desarrollaron los 3 grandes tipos de descriptores con los que se cuenta desde el 2004: a. descriptores de cultivo, b. descriptores de pasaporte para cultivos múltiples (MCPD) y c. descriptores para tecnologías de marcadores genéticos. Además, el descriptor de cultivo se subdivide en 5 tipos: a. descriptores de pasaporte, b. descriptores de manejo, c. descriptores del sitio y medio ambiente, d. descriptores de

caracterización y e. descriptores de evaluación (Gotor *et al.* 2008).

Biodiversity International (2007) y Varela *et al.* (2015) definen un descriptor como la característica mínima de una planta que puede ser medible o descrita, con el objetivo de asignarle una clasificación. El desarrollo y uso de descriptores varietales tienen como fin alcanzar la caracterización de la mayor biodiversidad de plantas, por medio de una base estándar que facilite la recolección, almacenamiento, acceso y la interpretación de información por parte de sus usuarios. Para cada descriptor o carácter, se debe identificar al menos alguno de los siguientes valores: alta heredabilidad, alto valor taxonómico, alto valor agronómico, baja complejidad de medición y que posean pequeña variación dentro de las muestras (Valdés-Infante *et al.* 2012).

Los descriptores de caracterización de cultivo se refieren al estudio morfológico y son el primer paso, el más simple y el más efectivo, para la caracterización del germoplasma de

un cultivo (Ran *et al.* 2017). De preferencia, se incluyen en el descriptor caracteres altamente heredables, que puedan emplearse como descriptores discriminantes, es decir, caracteres que pueden diferenciar entre una accesión y otra (Biodiversity International 2007).

Esta caracterización morfológica es vital en la identificación de especies y variedades (Valdés-Infante *et al.* 2012, Ran *et al.* 2017, Das y Kumar 2014), la eliminación de duplicados en bancos de germoplasma (Ran *et al.* 2017, Das y Kumar 2014), la creación de catálogos de cultivos (Valdés-Infante *et al.* 2012), clave para proyectos de mejoramiento genético (Valdés-Infante *et al.* 2012, Araújo *et al.* 2012, Rodríguez *et al.* 2008) y fundamental en la industria de creación de máquinas relacionadas con labores agrícolas y agroindustria (Rodríguez *et al.* 2008), entre otros. Sin embargo, a pesar de su importancia, es larga la lista de especies que no cuentan con una caracterización que permita ser aprovechadas o mejorar su producción.

El cas (*Psidium friedrichstalianum*), pertenece a la familia Myrtaceae, de la cual, se han estudiado alrededor de 133 géneros, sin embargo, la caracterización taxonómica y botánica dentro del género *Psidium*, no ha incluido a dicha especie hasta el momento (Rivero-Maldonado *et al.* 2012 y Rivero-Maldonado *et al.* 2016).

El cas es un árbol frutal originario de América Central y Colombia. Su distribución va desde el sur de México hasta Venezuela y Ecuador (Govaerts *et al.* 2008). También se le conoce en la India, Cuba y Hawai (León 2000, Baraona 2000). El cas ha sido un árbol común en patios y lotes del Valle Central y otras regiones de Costa Rica (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba 2013), pero del cual se cuenta con poca información histórica de establecimiento y producción, a pesar de ser un país donde la fruta ha tenido gran difusión.

En Costa Rica el cas ha estado ligado a la preparación de bebidas, helados y postres, y su producción ha aumentado en la última década con plantaciones distribuidas en 3 zonas principales: Pococí, Puriscal y Paraíso, que en conjunto

representan un 90% de la producción nacional (Vargas Sáenz 2014 citado en Sayago y Álvarez 2018). Los árboles han sido originados en su mayoría de semillas, por lo que es de esperar que haya variabilidad genética entre ellos (Barahona 2000). Incluso, Bogantes-Arias y Mora-Newcomer (2010) mencionan otras variantes de cas que existen en el país, el “cas brasileño” introducido desde Sur América y el “cas arrayán” presente en uno de los bancos de germoplasma del CATIE en Turrialba.

El cas es una oportunidad agrícola gracias al esfuerzo de productores que han visto el potencial de esta planta y se han encargado de expandir su producción en la última década en diferentes cantones del país (Vargas Sáenz 2014 citado en Sayago y Álvarez 2018). Tiene la ventaja de ser un cultivo nativo que se encuentra a lo largo de todo el país y por lo tanto puede inferirse que esté adaptado o al menos sea tolerante a la variación de condiciones edafoclimáticas y problemas fitosanitarios presentes en el territorio. Su establecimiento fue motivado por el potencial alimenticio de la fruta y en su momento se previó una creciente demanda (OFI/CATIE 2000, Baraona 2000), aspectos que se mantienen en firme. Al ser un árbol y llegar a alcanzar los 10 metros de altura, puede ser utilizado como parte de sistemas agroforestales o asociado con otros cultivos, como se ha manejado en el país, por lo que promueve un enfoque de sistema productivo ambientalmente sostenible o amigable, acorde con lo que el país ha impulsado con sus políticas de protección ambiental. Sin embargo, existe un vacío de información sobre esta especie, de la cual se conocen solamente generalidades botánicas y vaga información de su manejo agronómico, lo que limita su aprovechamiento.

Para iniciar con la caracterización de esta planta, se requiere la aplicación base de una herramienta para una descripción morfológica de las plantaciones presentes en el país. En este caso, la aplicación de un descriptor varietal permitiría con el uso de parámetros estandarizados, la comprensión y uso de los resultados a nivel global (Valdés-Infante *et al.* 2012). La

información recopilada con una lista de descriptores para el cas en Costa Rica se convertiría en el fundamento para identificar la diversidad de la especie y aquellas características discriminantes dentro de la misma, para contribuir a un buen manejo, conservación y aprovechamiento de su germoplasma. Dicha información se convierte en provecho de los especímenes más productivos, con mejores valores nutricionales, con resistencia a plagas y a factores abióticos, al procurar un sistema productivo más eficiente. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue validar descriptores por medio de análisis bibliográfico y visitas de campo para caracterizar morfológicamente 5 materiales de cas en Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se enfocó en desarrollar un descriptor varietal que permitiera describir fenotípicamente las plantas de cas. Se llevó a cabo una revisión de los trabajos realizados por Ran *et al.* (2017), Sharma *et al.* (2010), Rodríguez *et al.* (2008), Sánchez-Urdaneta *et al.* (2008), Pérez *et al.* (2016), Rodríguez-Medina *et al.* (2010), Kareem *et al.* (2018), Puppo *et al.* (2014), Valdés-Infante *et al.* (2012), Hernández-Delgado *et al.* (2018) y Sánchez-Urdaneta y Peña-Valdivia (2011) sobre los descriptores y caracterizaciones de especies de la familia Myrtaceae. De este análisis bibliográfico se seleccionaron las características morfológicas que resaltaban como descriptores discriminantes o que por su importancia agronómica deben incluirse en los descriptores varietales.

Adicionalmente, se procuró la descripción fenotípica de 5 accesiones de cas criollo costarricense, realizada entre setiembre y diciembre del 2020, mediante la lista de descriptores propuesta. Se utilizaron 5 fincas en donde se cultiva la planta, ubicadas en diferentes zonas de Costa Rica: Finca Cervantes (Cervantes de Cartago), Finca Experimental Santa Lucía (Barva de Heredia), Finca Nacho (Escazú de San José), Finca Bello Horizonte (Escazú de San José) y Finca Experimental Diamantes (Guápiles de Limón).

El muestreo se delimitó de acuerdo con la cantidad de árboles presentes en cada finca, de esta manera se registraron 5 unidades observacionales cuando la finca albergó entre 20 a 40 árboles, 8 unidades observacionales cuando fueron de 41 a 70 árboles, 10 unidades cuando se tuvieron de 71 a 100 árboles y 15 unidades cuando se contaba con más de 100 árboles. Los árboles se seleccionaron de manera aleatoria en las fincas Diamantes y Santa Lucía donde únicamente se realizó muestreo de hojas, ya que no había flores ni frutos; en las demás fincas se hizo una preselección de los árboles que tuvieran frutos y presencia de flores o brotes florales, para luego hacer una selección aleatoria y obtener las unidades muestrales del estudio.

De esta manera cada árbol de los 50 analizados se convierte en una unidad como muestra de cada finca y una unidad observacional en la totalidad del estudio. En todo caso, cada órgano de la planta estudiado se considera una unidad observacional.

Para la medición de los descriptores seleccionados se utilizaron instrumentos con escalas avaladas por el Sistema Internacional de Unidades (SI) y las abreviaturas de las unidades de medición aparecen entre corchetes al lado de cada descriptor, según corresponde. Se hizo uso de fotografías tomadas con una resolución 3264 x 2448 pixeles (8 MP) y del programa Just Color Picker para la clasificación de colores en código RGB, con la intención de disminuir el sesgo en el resultado por la percepción del ojo humano.

Las medidas de longitud fueron realizadas con vernier ($\pm 0,01$ mm), excepto la circunferencia del tallo que se midió con una cinta métrica ($\pm 0,01$ cm). Para las mediciones de peso se utilizó una balanza digital electrónica SF-400 (± 1 g) y para la toma de fotografías se utilizó una cámara con resolución de 3264 x 2448 pixeles (8 MP).

Cada muestra fue identificada para su posterior evaluación, para la cual no se dejó pasar más de 24 horas desde una vez extraída la muestra hasta realizar las respectivas mediciones. Las flores necesitaron ser almacenadas para su transporte en una hielera con hielo y de

esta manera mantenerlas en buen estado, ya que, en condiciones normales después de minutos de ser cortadas del árbol, comienza a darse abscisión de sus estambres. Los frutos utilizados tuvieron un máximo de 5 horas de caídos del árbol y en algunos casos para completar la muestra fue necesario tocar y botar del árbol los frutos que estuvieran a punto de caer. De esta forma se trató de homogenizar la edad de los frutos y su estado fisiológico.

Las variables cualitativas: forma de la hoja, forma del fruto y uniformidad del color de la pulpa, fueron detalladas como a continuación: la forma de la hoja se determinó como elíptica para todas aquellas hojas que tengan una relación longitud de la hoja / ancho de la hoja menor o igual que 2,35 y lanceolada para todas aquellas hojas que tengan una relación de longitud de la hoja / ancho de la hoja mayor que 2,35. En el caso de la forma del fruto se clasificó como achatado cuando su relación longitud del fruto / diámetro del fruto fue menor o igual que 0,95; redondo si la relación longitud del fruto / diámetro del fruto fue mayor que 0,95 y menor que 1,05 y elongado si la relación longitud del fruto / diámetro del fruto fue mayor o igual que 1,05. Para la uniformidad del color de la pulpa se tomó como base la siguiente distribución: alta si existía uniformidad mayor o igual al 80% del fruto, media cuando fuera mayor o igual al 60% y menor que el 80% y baja cuando hubo menor que un 60% de uniformidad de color de pulpa en el fruto.

El análisis estadístico se realizó a partir de la separación de los datos cuantitativos, cualitativos y los datos cuantitativos que resultaron de la evaluación de colores. Se utilizaron los programas InfoStat 2018 para estudiantes versión 2017.1.2 y Excel 2016 versión 16051.13530.20316.0 para el procesamiento de datos. El análisis de los datos cuantitativos y colores se realizó por medio de tablas resumen en las que se incluyeron la media, desviación estándar (DE), el coeficiente de variación (CV), máximo (máx.) y mínimo (mín.) de cada variable. Para las variables cualitativas se hizo uso de las tablas de frecuencia como herramientas de análisis estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lista de descriptores del cas criollo costarricense. A partir de la literatura se conformó una lista de descriptores para la caracterización morfológica del cas criollo costarricense, la cual se detalla en la Tabla 1. La lista de descriptores está compuesta por 28 variables cuantitativas y 18 variables cualitativas. Dentro de las variables cuantitativas se consideran los descriptores de colores que fueron analizados con datos numéricos por medio del código de color RGB, como son: color del haz de la hoja, color del envés de la hoja, color de la piel del fruto, color de la pulpa y color de la flor abierta.

Tabla 1. Propuesta de descriptores para la caracterización morfológica del cas criollo costarricense. Costa Rica, 2020.

Descriptor	Estado del descriptor	Descriptor	Estado del descriptor
Edad [años]	De 10 a 40 años	Largo del pistilo [mm]	18,47
Circunferencia del tallo [cm]	76,68	Longitud del pedicelo [mm]	15,11
Hábito de crecimiento del árbol (Figura 1.1)	Erecto – Semierecto – Extendido	Posición de anteras en relación con el estigma (Figura 3.4)	Por debajo del estigma – Al mismo nivel del estigma – Sobre el estigma

Continúa...

... Continuación de Tabla 1

Descriptor	Estado del descriptor	Descriptor	Estado del descriptor
Color del brote joven (Figura 2.1)	Rogizo - Verduzco	Forma del fruto (Figura 4.1)	Achatado – Redondeado - Elongado
Longitud de la hoja [mm]	76,59	Forma del ápice del fruto (Figura 4.2)	Truncado – Cóncavo - Convexo
Ancho de la hoja [mm]	37,17	Forma de la base del fruto (Figura 4.3)	Truncada – Cóncava - Convexa
Relación largo / ancho de la hoja	2,06	Posición del ápice del fruto (Figura 4.4)	Central – Asimétrico
Color del haz de la hoja [RGB] (Figura 2.2)	36,70,7	Rugosidad del fruto (Figura 4.5)	Liso – Rugoso
Color del envés de la hoja [RGB] (Figura 2.3)	85,111,22	Color de la piel del fruto [RGB] (Figura 4.6)	135,141,20
Forma de la hoja (Figura 2.4)	Elíptica – Lanceolada	Grado de madurez del fruto (Figura 4.9)	Ver imagen del apartado 4.9 del descriptor ilustrado
Forma de la base de la hoja (Figura 2.5)	Obtusa – Redondeada – Cordada	Longitud del fruto [mm]	48,91
Forma del ápice de la hoja (Figura 2.6)	Apiculado – Apiculado alargado atenuado – Apiculado alargado redondeado	Diámetro del fruto [mm]	55,01
Filotaxia (Figura 2.7)	Opuesta – Alterna – Decusada	Relación longitud del fruto / diámetro del fruto	0,89
Longitud del peciolo [mm]	6,31	Peso del fruto [g]	88,78
Pubescencia de la hoja (Figura 2.8)	Ausente – Abaxial – Adaxial – Ambos lados	Color de la pulpa [RGB] (Figura 4.7)	193,181,133
Margen de la lámina foliar (Figura 2.9)	Entero - Ondulado	Uniformidad del color de la pulpa (Figura 4.8)	Alta – Media - Baja
Superficie de la hoja (Figura 2.10)	Lisa - Rugosa	Velocidad de oxidación	Rápida (≤ 5 minutos) – Media (> 5 min. < 10 min.) – Lenta (≥ 10 min.)
Tipo de flor (Figura 3.1)	Hermafrodita – Masculina - Femenina	Número de semillas por fruto	53,93
Color de la flor abierta [RGB] (Figura 3.2)	207,211,204	Peso de fruto sin semillas [g]	73,64
Número de pétalos (Figura 3.3)	5	Peso de semillas + endocarpio [g]	21,30
Número de estambres	557,5	Peso promedio por semilla + endocarpio [g]	0,42
Diámetro de la cavidad del cáliz [mm]	11,27	Relación peso de semillas / peso del fruto	0,21
Relación diámetro de la cavidad del cáliz / diámetro del fruto	0,21	Espesor del mesocarpio + epicarpio [mm]	10,17

En la Tabla 1 se incluye el descriptor y el valor obtenido para la caracterización morfológica del cas criollo costarricense. En el caso de las variables cuantitativas, los valores del cuadro son las medias de los resultados alcanzados durante la caracterización morfológica de las 5 accesiones de cas criollo costarricense.

Caracterización del cas criollo costarricense

Principales resultados de los descriptores morfológicos cuantitativos analizados.

El análisis de las variables cuantitativas dentro de los árboles mostró variabilidad en todas las características analizadas (Tabla 2). Sin embargo, el diámetro de la cavidad del cáliz, número de pétalos, relación longitud / diámetro del fruto, largo del pistilo, número de estambres y relación

Tabla 2. Resultados de variabilidad en los descriptores morfológicos cuantitativos del estudio del cas criollo costarricense. Costa Rica, 2020.

Variable	*n	Media	**D.E.	***CV	Mín.	Máx.
Número de pétalos	212	4,96	0,21	4,23%	4,00	6,00
Diámetro de la cavidad del cáliz (mm)	212	11,27	0,74	6,57%	9,25	13,30
Relación longitud / diámetro del fruto	198	0,89	0,06	6,74%	0,77	1,05
Largo del pistilo (mm)	212	18,47	1,44	7,80%	12,35	21,40
Número de estambres	68	557,50	43,95	7,88%	432,00	642,00
Relación longitud / ancho de la hoja	350	2,06	0,21	10,19%	1,50	2,74
Longitud de fruto (mm)	198	48,91	5,74	11,74%	34,95	62,80
Diámetro de fruto (mm)	198	55,01	6,59	11,98%	42,00	73,85
Ancho de hoja (mm)	350	37,17	4,90	13,18%	23,60	51,75
Relación diámetro de la cavidad del cáliz / diámetro del fruto	112	0,21	0,03	14,29%	0,15	0,29
Espesor de epicarpio + mesocarpio (mm)	123	10,17	1,53	15,04%	6,80	13,70
Longitud del peciolo (mm)	350	6,31	1,04	16,48%	3,45	10,20
Longitud de la hoja (mm)	350	76,59	12,75	16,65%	45,10	110,15
Longitud del pedicelo (mm)	212	15,11	3,75	24,82%	4,85	28,30
Peso promedio por semilla	123	0,42	0,11	26,19%	0,19	0,77
Peso de fruto sin semillas (g)	123	73,64	22,34	30,34%	35,00	139,00
Relación peso de semillas + endocarpio / peso del fruto	123	0,21	0,07	33,33%	0,08	0,51
Peso del fruto (g)	198	88,78	30,83	34,73%	39,00	188,00
Circunferencia del tallo a 15 cm de altura (cm)	50	76,68	33,11	43,18%	26,10	157,00
Peso de semillas + endocarpio (g)	123	21,30	12,05	56,57%	4,00	69,00
Número de semillas por fruto	123	53,93	32,43	60,13%	8,00	160,00

* Total de individuos analizados según corresponde a cada descriptor (árboles, hojas, flores y frutos).

** Desviación estándar.

*** Coeficiente de variación.

longitud / ancho de la hoja son variables con coeficientes de variación menor o cercano al 10%, por lo que son descriptores potencialmente discriminantes dentro del cas criollo costarricense. La longitud del fruto, diámetro del fruto, ancho de la hoja, relación diámetro de la cavidad del cáliz / diámetro del fruto y el espesor del epicarpio + mesocarpio poseen un coeficiente de variación entre 11,74% y 15,04%, por lo que son características que no deben descartarse como posibles descriptores discriminantes del cas criollo costarricense.

Las variables que presentan los coeficientes de variación más altos son la longitud del pedicelo, peso promedio por semilla, peso de fruto sin semillas, relación peso de semillas + endocarpio / peso de fruto, peso del fruto, peso de semillas + endocarpio y número de semillas por fruto. Estas características fueron afectadas

por la alta variabilidad que presentaron el número de semillas por fruto y el peso del fruto, con las cuales están directamente relacionadas.

Las variables diámetro de la cavidad del cáliz, número de pétalos, relación longitud / diámetro del fruto, largo del pistilo, relación longitud / ancho de la hoja, número de estambres y ancho de la hoja presentaron variaciones bajas dentro de los árboles (CV menor al 10%) y en más de un 70% de ellos, además, este comportamiento se observó en árboles de todas las fincas donde se analizaron las variables (Tabla 3). Se hace énfasis en estas variables, ya que por su menor grado de variabilidad entre árboles se convierten en los descriptores discriminantes más promisorios para la caracterización y diferenciación del cas criollo costarricense dentro de su misma especie.

Tabla 3. Descriptores morfológicos cuantitativos analizados que presentaron un coeficiente de variación menor al 10% dentro de los árboles de cas criollo costarricense. Costa Rica, 2020.

Variable	*n	Porcentaje de árboles con baja variabilidad	**CV promedio
Diámetro de la cavidad del cáliz (mm)	23	100%	5,28%
Número de pétalos	23	100%	2,45%
Relación longitud / diámetro del fruto	25	100%	4,75%
Largo del pistilo (mm)	23	91%	4,65%
Relación longitud / ancho de la hoja	35	86%	6,61%
Número de estambres	23	83%	3,93%
Ancho de hoja (mm)	35	71%	7,74%
Longitud de la hoja (mm)	35	57%	7,29%
Diámetro de fruto (mm)	25	56%	7,44%
Relación diámetro de la cavidad del cáliz / diámetro del fruto	13	54%	7,38%
Espesor de epicarpio + mesocarpio (mm)	25	48%	6,60%
Longitud de fruto (mm)	25	40%	6,61%
Longitud del peciolo (mm)	35	37%	8,21%

* Total de árboles en los que se evaluó el descriptor.

** Coeficiente de variación promedio con respecto a las muestras de árboles que presentaron la condición de variabilidad menor al 10%.

Por otro lado, las variables longitud de la hoja, diámetro del fruto, relación diámetro de la cavidad del cáliz / diámetro del fruto, espesor de epicarpio + mesocarpio, longitud del fruto y longitud del peciolo, poseen coeficientes de variación menor al 10%, pero, en menos del 60% de los árboles analizados y no fue un resultado constante en todas las fincas en las que se analizaron las variables.

Los resultados del color del haz de la hoja, color del envés de la hoja, color de la flor abierta, color de la piel del fruto y color de la pulpa del fruto, se presentan dentro del apartado de los resultados ilustrados de los descriptores

evaluados para el cas criollo costarricense del presente documento.

Principales resultados de los descriptores morfológicos cualitativos analizados. Los resultados de las variables cualitativas evaluadas tuvieron un comportamiento muy similar en las diferentes fincas, lo que significa que son descriptores que están muy bien definidos en el cas criollo costarricense (Tabla 4, Figuras 1, 2, 3 y 4). Al no encontrarse variabilidad entre las fincas no se realizó un análisis más profundo entre árboles (como el realizado para las variables cuantitativas), ya que al ser descriptores que no muestran diferencias en su clasificación no son capaces de generar discriminación dentro de la especie.

Tabla 4. Resultados obtenidos de los descriptores cualitativos estudiados en las diferentes fincas de cas criollo costarricense. Costa Rica, 2020.

Variable	*n	Estado del descriptor	Bello Horizonte	Cervantes	Diamantes	Finca Nacho	Santa Lucía	Promedio
Hábito de crecimiento del árbol	50	Extendido	100%	100%	100%	40%	80%	84%
		Semierecto	0%	0%	0%	60%	20%	16%
Color del brote joven	50	Rojizo	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Elíptica		84%	93%	99%	90%	91%
Forma de hoja	350	Lanceolada		16%	7%	1%	10%	9%
		Apiculado		100%	100%	100%	100%	100%
Forma del ápice de la hoja	350	Obtusa		84%	100%	85%	92%	90%
		Redondeada		16%	0%	15%	8%	10%
Forma de la base de hoja	350	Opuesta		100%	100%	100%	100%	100%
Filotaxia	350	Ausente		100%	100%	100%	100%	100%
Pubescencia de la hoja	350	Entero		100%	100%	100%	100%	100%
Margen de la lámina foliar	350	Lisa		100%	100%	100%	100%	100%
Superficie de la hoja	350	Hermafrodita		100%		100%		100%
Tipo de flor	212	Por debajo del estigma		100%		100%		100%
Posición de anteras en relación con el estigma	212	Achatado	90%	83%				86%
		Redondeado	8%	17%				13%
		Elongado	2%	0%				1%
Forma del fruto	198							

Continúa...

... Continuación de Tabla 4

Variable	*n	Estado del descriptor	Bello Horizonte	Cervantes	Diamantes	Finca Nacho	Santa Lucía	Promedio
Forma del ápice del fruto	198	Truncada	100%	100%				100%
Forma de la base del fruto	198	Cóncava	100%	100%				100%
Posición del ápice del fruto	198	Central	100%	100%				100%
Rugosidad del fruto	198	Liso	79%	85%				82%
		Rugoso	21%	15%				18%
		Grado 2	4%	2%				3%
		Grado 3	35%	29%				32%
Grado de madurez	198	Grado 4	46%	48%				47%
		Grado 5	15%	18%				16%
		Grado 6	0%	3%				2%
Uniformidad del color de la pulpa	123	Alta	81%	86%				84%
		Media	19%	12%				15%
		Baja	0%	2%				1%
Velocidad de oxidación	123	Media	2%	0%				1%
		Lenta	98%	100%				99%

* Total de individuos analizados según corresponde a cada descriptor (árboles, hojas, flores y frutos).

Resultados ilustrados obtenidos en la evaluación de descriptores morfológicos para el cas criollo costarricense

1- Árbol. Los árboles de cas son de copa globosa. El 84% de los árboles del estudio

presentaron hábito de crecimiento extendido. Solamente en una de las fincas se observó en la mayoría de los árboles un hábito de crecimiento semierecto, debido probablemente a la competencia por luz con las plantas de banano (Figura 1.1).

Figura 1. Arquitectura del árbol

Figura 1.1. Hábito de crecimiento del árbol.



2- Hoja. El cas criollo costarricense presenta un llamativo color rojizo al desarrollar nuevos brotes. Estos tonos rojos en las hojas inmaduras son especialmente evidentes cuando se realizan las podas (Figura 2.1). A medida que las hojas maduran se tornan de color verde. El haz de las hojas es de un color verde más oscuro (Figura 2.2) que el color verde del envés de las hojas (Figura 2.3).

Figura 2. Estructura y coloración de la hoja



Figura 2.1. Color del brote joven.

Media	36, 70, 7
Máximo	74, 127, 4
Mínimo	13, 28, 6

Figura 2.2. Color del haz de la hoja [RGB].

Media	85, 111, 22
Máximo	141, 168, 30
Mínimo	41, 60, 5

Figura 2.3. Color del envés de la hoja [RGB].

Las hojas mostraron siempre una filotaxia opuesta (Figura 2.7). En un 91% la forma de la hoja del cas fue elíptica y en 9% de las muestras se tuvo forma lanceolada (Figura 2.4). Su base varió entre obtusa en un 90% y redondeada en un 10% de las muestras (Figura 2.4) y su ápice siempre apiculado (Figura 2.5).

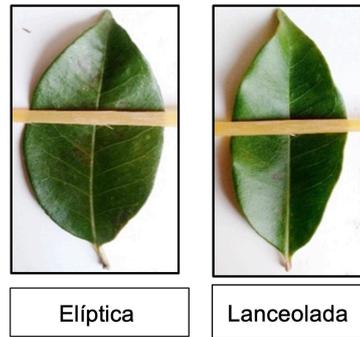


Figura 2.4. Forma de la hoja.

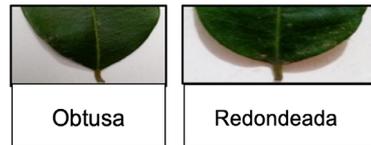


Figura 2.5. Forma de la base de la hoja.



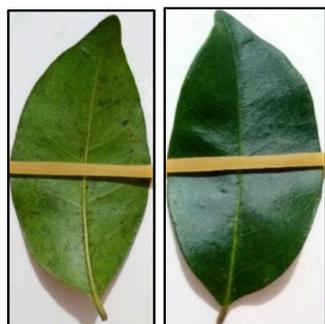
Figura 2.6. Forma del ápice de la hoja.



Figura 2.7. Filotaxia.

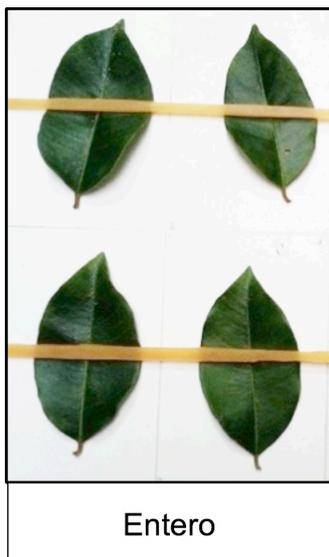
En ninguna unidad observacional se detectó pubescencia en el haz o el envés de la hoja (Figura 2.8), el margen de la lámina foliar

fue siempre entero (Figura 2.9) y la superficie de la hoja lisa por sus nervios foliares poco profundos (Figura 2.10).



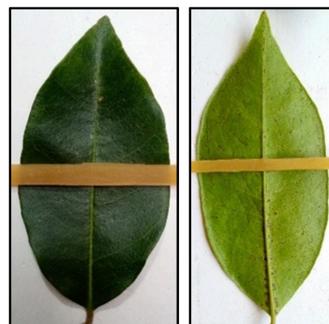
Ausente

Figura 2.8. Pubescencia de la hoja.



Entero

Figura 2.9. Margen de la lámina foliar.



Lisa

Figura 2.10. Superficie de la hoja.

3- Flor. La flor de 5 pétalos (Figura 3.3) de color blanco a grisáceo (Figura 3.2) mostró en todos los casos pistilo y estambres, por lo que se clasifica como una flor hermafrodita (Figura 3.1), con las anteras de los estambres en todas las muestras por debajo de el estigma del pistilo (Figura 3.4).

Figura 3. Morfología floral



Hermafrodita

Figura 3.1. Tipo de flor.

Media	207, 211, 204
Máximo	245, 251, 239
Mínimo	155, 159, 149

Figura 3.2. Color de la flor abierta [RGB].

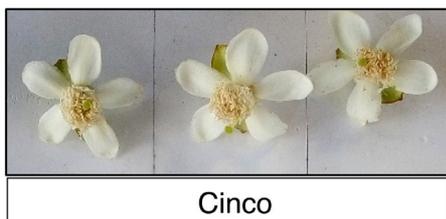


Figura 3.3. Número de pétalos.



Figura 3.4. Posición de las anteras en relación con el estigma.

4- Fruto. El fruto del cas criollo costarricense es fragante y presentó una superficie lisa en el 82% de las unidades observacionales, con los restantes frutos rugosos (Figura 4.5). Su forma en un 86% de las muestras fue achatado, es decir con mayor diámetro que largura en el fruto (Figura 4.1). Su ápice apareció de forma truncada, prácticamente plano (Figura 4.2), en la posición central del fruto con una areola donde se encontraba el caliz, el cual muchas veces conserva (Figura 4.4). La base en un 100% fue cóncava, por la depresión generada donde estaba insertado el pedúnculo (Figura 4.3).

Figura 4. Morfología del fruto

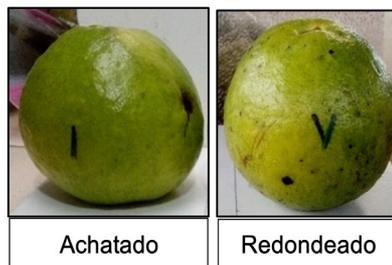


Figura 4.1. Forma del fruto.



Figura 4.2. Forma del ápice del fruto.



Figura 4.3. Forma de la base del fruto.



Figura 4.4. Posición del ápice del fruto.

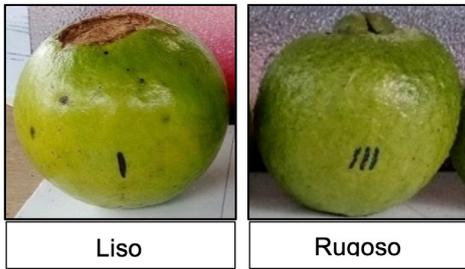


Figura 4.5. Rugosidad del fruto.

Media	135, 141, 20
Máximo	203, 174, 13
Mínimo	53, 79, 11

Figura 4.6. Color de la piel del fruto [RGB].

Media	193, 181, 133
Máximo	230, 225, 187
Mínimo	116, 115, 73

Figura 4.7. Color de la pulpa [RGB].

El color de la piel del fruto depende de su grado de madurez (Figura 4.9), el cual varió de color verde antes de empezar su proceso de maduración a color amarillo con la etapa de maduración finalizada (Figura 4.6). El color de la pulpa también varió con la madurez del fruto, entre los colores blanco a crema (Figura 4.7) y mantuvo una uniformidad en su color generalmente alta (Figura 4.8).

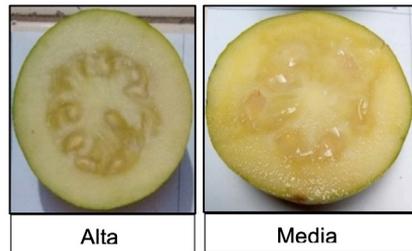


Figura 4.8. Uniformidad del color de la pulpa.



Figura 4.9. Grado de madurez del fruto:

Grado 1 = Fruto totalmente verde. Grado 2 = Fruto con inicio de quiebre de color y opaco. Grado 3 = Frutos verde-amarillentos y con mayor brillo. Grado 4 = Frutos color amarillo-verdosos y brillantes. Grado 5 = Frutos de color amarillo y parches de color amarillo-verdosos. Grado 6 = Frutos amarillos y brillantes. Grado 7 = Frutos color amarillo intenso, pero opacos.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un descriptor varietal para la caracterización morfológica del cultivo de cas criollo costarricense a partir de los órganos de la planta, tallo, hojas, flores y frutos.

Se obtuvo una descripción fenotípica de cas criollo costarricense en 5 fincas ubicadas en

Cartago, San José, Limón y Heredia. En la finca Cervantes se logró hacer la descripción completa de todos los órganos de las plantas a partir del uso de los descriptores y protocolo propuestos.

El análisis estadístico de la caracterización del cas criollo costarricense evidenció

variabilidad en las variables cuantitativas analizadas dentro de los árboles y uniformidad en las variables cualitativas analizadas.

Las variables cuantitativas como diámetro de la cavidad del cáliz, número de pétalos, relación longitud / diámetro del fruto, largo del pistilo, relación longitud / ancho de la hoja, número de estambres, ancho de la hoja, diámetro del fruto y longitud del fruto son características que podrían actuar como descriptores discriminantes para el cas criollo costarricense.

Las variables longitud del pedicelo, peso promedio por semilla, peso de fruto sin semillas, relación peso de semillas + endocarpio / peso de fruto, peso del fruto, peso de semillas + endocarpio y número de semillas por fruto son las variables que presentaron mayor variabilidad según lo estudiado.

Es importante en nuevas caracterizaciones de cas incluir variables como grados brix, acidez, forma del tallo del brote joven, forma del botón floral, forma del pedicelo y forma del pedúnculo.

Además, es importante crear por medio de imágenes, cuadros separados en los cuales se puedan apreciar los cambios de la manifestación de las características fenotípicas del cas en el tiempo, a medida que se da su crecimiento y desarrollo, para apreciar los fenómenos de transformación morfológica que se da en sus diferentes órganos.

LITERATURA CITADA

- Araújo, J; García, C; Nunes, O; de Oliveira, E. 2012. Definition of morpho-agronomic descriptors for the characterization of yellow passion fruit (en línea). *Scientia Horticulturae* 145:17-22. Consultado 12 abr. 2020. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/ce80/ed93eb8d78084981387d9962cd671194bdf1.pdf>
- Baraona, M. 2000. Jocote, anona y cas: tres frutas campesinas de América. Heredia, Costa Rica, EUNA. 151 p.
- Bioversity International. 2007. Guidelines for the development of crop descriptor lists (en línea). Rome, Italy, Bioversity International. 72 p. Consultado 03 abr. 2020. Disponible en https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Developing_crop_descriptor_lists_1226.pdf
- Bogantes-Arias, A; Mora-Newcomer, E. 2010. Evaluación de cuatro patrones para injertos de guayaba (*Psidium guajava* L.) (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 21(1):103-111. Consultado el 29 abr. 2023. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039661>
- Das, A; Kumar, D. 2014. Developing descriptors of Mesta (*Hibiscus* spp.) genotypes for Germplasm characterization and evaluation (en línea). *Annals of Agri-Bio Research* 19(4):713-718. Consultado 08 abr. 2020. Disponible en <https://www.cabdirect-org.ezproxy.itcr.ac.cr/cabdirect/FullTextPDF/2015/20153005723.pdf>
- Gotor, E; Alercia, A; Ramanatha, V; Watts, J; Caracciolo, F. 2008. The scientific information activity of Bioversity International: the descriptor lists (en línea). *Genetic Resources and Crop Evolution* 55:757-772. Consultado 20 jun. 2020. Disponible en <https://link.springer-com.ezproxy.itcr.ac.cr/content/pdf/10.1007%2Fsl0722-008-9342-x.pdf>
- Govaerts, R; Sobral, N; Ashton, P; Barrie, F; Holst, BK; Landrum, LL; Matsumoto, K; Mazine, F; Lughakha, N; Proença, C. 2008. Lista de verificación mundial de Myrtaceae: Kew Publishing, Royal Botanic Gardens 1-455.
- Hernández-Delgado, S; Padilla-Ramírez, J; Mayek-Pérez, N. 2018. Caracterización morfológica de germoplasma de guayabos de México: implicaciones en su conservación y mejoramiento genético (en línea). *Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal* 40(2):1-11. Consultado 02 abr. 2020. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v40n2/0100-2945-rbf-40-2-e-887.pdf>
- Kareem, A; Jafar, M; Mehmood, A; Ahmad, I; Saeed, F; Wasim, M. 2018. Morpho-genetic profiling and phylogenetic relationship of guava (*Psidium guajava* L.) as genetic resources in Pakistan (en línea). *Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal* 40(4):1-11. Consultado 12 may. 2020. Disponible en <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v40n4/0100-2945-rbf-40-4-e-069.pdf>
- León, J. 2000. *Botánica de los cultivos tropicales*. 3 ed. San José, Costa Rica, IICA. 522 p.
- OFI (Oxford Forestry Institute) / CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza). 2000. *Árboles de Centroamérica*. Turrialba, Costa Rica, OFI/CATIE. 1079 p.
- Pérez, L; Sigarroa, A; Bandera, E; Rodríguez, N; Cornide, M; Sánchez, J. 2016. Caracterización de la diversidad genética en tres poblaciones de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Cultivos Tropicales* 37(2):115-126.
- Puppo, M; Rivas, M; Franco, J; Barbieri, R. 2014. Propuesta de descriptores para *Acca sellowiana* (Berg.) Burret (en línea). *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal* 36(4):957-970. Consultado 27 mar. 2020. Disponible en <http://www.scielo>

- br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452014000400023&lng=es&tlng=es
- Ran, S; Ram J; Jakhar, M. 2017. Assessment of genetic diversity and diversity relationship in different varieties of guava using morphological characterization (en línea). *Plant Archives* 17(1):307-311. Consultado 12 abr. 2020. Disponible en <https://www-cabdirect-org.ezproxy.itcr.ac.cr/cabdirect/FullTextPDF/2018/20183311972.pdf>
- Rivero-Maldonado, G; Pacheco, D; Fuenmayor, J; Sánchez-Urdaneta, A; Quirós, M; Ortega, J; Bracho, B; Taborda, J. 2012. Análisis morfológico de especies de *Psidium* (Myrtaceae) presentes en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 29:72-103.
- Rivero-Maldonado, G; Pacheco-Rivera, LD; Sánchez-Urdaneta, AB; Quirós de González, M; Ortega-Alcalá, J. 2016. Análisis fenético en especies de *Psidium* (Myrtaceae) de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 34(1):40-65.
- Rodríguez, E; de Oliveira, D; do Nascimento, S. 2008. Caracterização física de frutos e sementes de goibada-Costa-Rica, produzidos em Manaus, Amazonas (en línea). *Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal* 30(2):546-548. Consultado 06 may. 2020. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n2/a48v30n2.pdf>
- Rodríguez-Medina, N; Fermin, G; Valdés-Infante, J; Velásquez, B; Rivero, D; Martínez, F; Rodríguez, J; Rohde, W. 2010. Illustrated Descriptors for Guava (*Psidium guajava*) (en línea). *Acta horticulturae* 849:103-110. Consultado 10 may. 2020. Disponible en https://www.actahort.org/books/849/849_11.htm
- Rojas-Rodríguez, F; Torres-Córdoba, G. 2013. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Cas (*Psidium friedrichsthalianum* (Berg) Ndzu) (en línea) *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 10(25):30-31. Consultado 03 abr. 2020. Disponible en <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/1374/1270>
- Sánchez-Urdaneta, A; Peña-Valdivia, C. 2011. Descriptor morfológico para la caracterización del género *Psidium* (en línea). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 28:303-343. Consultado 29 abr. 2023. Disponible en [v28n3a2011.pmd\(revfacagronluz.org.ve\)](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/1374/1270)
- Sánchez-Urdaneta, A; Peña-Valdivia, C; Colmenares, C; Ortega, J; Bracho, B. 2008. Caracterización morfológica de variantes de dos especies de *Psidium*. I. Dose, tallo y hojas (en línea). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 25:1-25. Consultado 26 abr. 2020. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/6423/d41c6e252b151a9b30eac4db46cabac0ccff.pdf>
- Sayago, S; Álvarez, E. 2018. Alimentos vegetales autóctonos iberoamericanos subutilizados (en línea). In Pérez, A; Rojas-Garbanzo, C. Cas (*Psidium friedrichsthalianum* Nied.). Costa Rica, CITA. Consultado 05 jul. 2020. Disponible en <http://alimentos-autoctonos.fabro.com.mx/index.html>
- Sharma, A; Kumar, S; Singh, R; Tele, A. 2010. Morphological and chemical characterization of *Psidium* species (en línea). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 38(1):28-32. Consultado 23 abr. 2020. Disponible en <https://www-cabdirect-org.ezproxy.itcr.ac.cr/cabdirect/FullTextPDF/2010/20103242459.pdf>
- Valdés-Infante, J; Nerdo, N; Bárbara, J; Gaspar, D; González, G; Rodríguez J; Rohde, W. 2012. Herramientas para un programa de mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba (en línea). *Agronomía Costarricense* 36(2):111-129. Consultado 09 may. 2020. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4245615>
- Varela, O; Argüello, F; Orozco, R. 2015. Descriptor para moras criollas costarricenses. San José, Costa Rica, EUNED. 76 p.