

Caracterización morfológica de germoplasma de *Cucurbitaceas* existente en el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

Morphological Characterization of Existing *Cucurbitaceas* Germplasm in the National Institute of Agricultural and Forestry Innovation

Shirley Patricia Rojas-Ledzma^{1*}, Rosmery Chambi-Pascual¹, Edwin Edgar Iquize-Villca²

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia - Hortalizas – Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Km. 23 ½ carretera Oruro, Cochabamba – Bolivia.

²Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Base de datos GRIN-Global – Centro de Innovación Toralapa, Km. 74 carretera antigua a Santa Cruz, Cochabamba – Bolivia.

*Autor para correspondencia: srojasledezma@hotmail.com

Recibido: 31 de mayo de 2023; Revisión: julio 2023; Aceptado: 21 de agosto de 2023

doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8303236>

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue caracterizar 30 accesiones de la familia *Cucurbitaceae*, provenientes del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia – Hortalizas, del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). El trabajo se desarrolló durante la campaña agrícola 2017-2018 en el Centro de Producción de Semillas de Hortalizas en Sipe Sipe, Cochabamba. Se evaluaron 63 características, distribuidas entre 44 cualitativas y 19 cuantitativas. Los datos cualitativos se analizaron mediante componentes principales, identificando que el 63,44 % de la variación estaba explicado por los primeros siete componentes, de un total de 29 de 44 que explicaban la variación total. Estos datos también se utilizaron para generar una matriz de similitud mediante el coeficiente de Jaccard, y se aplicó un análisis de clúster utilizando el método Average (UPGMA) y la distancia R². Por otro lado, los datos cuantitativos se sometieron a un análisis de varianza multivariado basado en clúster. Este análisis reveló seis clústeres que coincidían con los taxones de *Cucúrbita ficifolia*, *Cucúrbita máxima*, *Cucúrbita pepo*, *Cucúrbita moschata*, *Lagenaria siceraria* y *Cucumis melo*. Los clúste-

res también mostraron diferencias significativas en 19 características cuantitativas. Se identificaron clústeres como precoces (Cluster 3 y 4) y tardíos (Cluster 5 y 6), además de variaciones en el peso del fruto y otros atributos. Finalmente, se analizaron los efectos de ciertas características seleccionadas en el rendimiento de fruto por planta y en el rendimiento de semilla por planta en los clústeres de *Cucúrbita máxima* y *Cucúrbita pepo*. Características como longitud de cotiledón, número de frutos por planta, peso del fruto, entre otras, se relacionaron con estos rendimientos.

Palabras clave: Caracterización morfológica, diversidad, *C. ficifolia*, *C. máxima*, *C. pepo*, *C. moschata*, *L. siceraria*, *C. melo* y Banco de germoplasma de Bolivia

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize 30 accessions from the *Cucurbitaceae* family, sourced from the National Germplasm Bank of Bolivia - Vegetables, a division of the National Institute of Agricultural and Forestry Innovation (INIAF). The research was conducted during the 2017-2018 agricultural season at the Vegetable Seed Production Center in Sipe Sipe, Cocha-

bamba. 63 characteristics were evaluated, encompassing 44 qualitative and 19 quantitative traits. Qualitative data were analyzed using principal component analysis, revealing that the first seven components explained 63.44% of the variation out of a total of 29 out of 44 that accounted for the overall interpretation. These data were also used to generate a similarity matrix using the Jaccard coefficient. A cluster analysis was applied employing the Average (UPGMA) method and the R^2 distance metric. Conversely, quantitative data underwent multivariate variance analysis based on clustering. This analysis unveiled six clusters that corresponded to the taxa *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita moschata*, *Lagenaria siceraria*, and *Cucumis melo*. These clusters also exhibited significant differences across 19 quantitative characteristics. Clusters were identified as either early (Clusters 3 and 4) or late (Clusters 5 and 6), in addition to variations in fruit weight and other attributes. Lastly, the impact of selected characteristics on fruit yield per plant and seed yield per plant within the *Cucurbita maxima* and *Cucurbita pepo* clusters was analyzed. Traits such as cotyledon length, number of fruits per plant, and fruit weight, among others, were found to be correlated with these yields.

Key words: Morphological characterization, diversity, *C. ficifolia*, *C. maximum*, *C. pepo*, *C. moschata*, *L. siceraria*, *C. melo*, Germplasm bank of Bolivia

INTRODUCCIÓN

La familia Cucurbitácea representa un grupo importante de plantas, con entre 90 y 130 géneros y de 750 a 1300 especies, de las cuales son comunes y ampliamente utilizadas en la alimentación. Cinco de estas especies: *Cucurbita argyrosperma*, *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita máxima* y *Cucurbita pepo*, fueron domesticadas en el Nuevo Mundo y cul-

tivadas durante miles de años (Lira y Montes, 1994). El género *Cucurbita* forma parte de la dieta básica en varias regiones de América, Asia y Europa, siendo materia prima para la agroindustria que produce harinas, almidones y concentrados para múltiples usos, ya sea en consumo humano, animal, industrial, decorativo y medicinal (Loy, 2004). Desde el punto de vista nutricional, los calabacines aportan carbohidratos, vitaminas (como A, B2, a-tocoferol, C y E), aminoácidos, flavonoides y minerales (como K, Ca, P). Además, presentan un bajo contenido energético (17 Kcal por 100 g de pulpa) (Galiano, 2006).

Por lo general, se presta escasa atención a los recursos genéticos nativos (locales) de plantas cultivadas, que suelen tener bajos niveles de productividad. Sin embargo, debido a su diversidad, pueden albergar características evolutivas (o de adaptación) que brindan tolerancia o resistencia a organismos o condiciones climáticas adversas. Esto los convierte en valiosos posibles proveedores de genes para el desarrollo o mejora de variedades comerciales (Chávez et al., 2003). El valor de las colecciones de recursos fitogenéticos radica en su utilización para la creación de nuevos cultivares, la domesticación de nuevas especies y el desarrollo de productos innovadores en beneficio de las actividades productivas. De esta manera, los mejoradores genéticos pueden emplear estos materiales genéticos junto con las características, atributos y niveles de expresión del germoplasma conservado (Abadie y Berretta, 2001).

En Bolivia, existe escasa información sobre la caracterización morfológica de la Colección *Cucurbitáceas* (INIAF, 2020). Por esta razón, resulta necesario llevar a cabo la descripción morfo-agronómica de las accesiones conservadas en el Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia - Hortalizas. Con el transcurso de los años, el germoplasma ha ido incrementándose gracias a

las misiones de colecta realizadas en diferentes departamentos del Estado Plurinacional de Bolivia. Por lo tanto, es esencial continuar con el proceso de caracterización morfológica del material genético para comprender sus atributos y potencialidades de uso. Además, esta información fomentará la utilización de los recursos genéticos bolivianos en programas de mejoramiento genético, con el propósito de desarrollar nuevas variedades y utilizarlos como materia prima para diversificar la gastronomía. En esta línea, el objetivo principal de este trabajo fue caracterizar morfológicamente las accesiones de Cucurbitáceas existentes en el Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia - Hortalizas, perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El trabajo se realizó en el Centro de Producción de Semillas de Hortalizas, ubicado en Sipe Sipe (latitud -17,43978 y longitud -66,34641), durante la campaña agrícola 2017-2018. En dicho período, se registró una precipitación promedio de 42,86 mm, con temperaturas máximas y mínimas de 33,17 y 5,96 °C, respectivamente.

Material vegetal

Para el estudio, se utilizaron 30 accesiones de Cucurbitáceas provenientes del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia – Hortalizas del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF (Tabla 1).

Tabla 1. Codificación del material vegetal de 30 accesiones de Cucurbitáceas del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia - Hortalizas

Nº	Código Bol	Código accesión	Nº	Código Bol	Código accesión
1	BOL 15720 HT	SVT-001	16	BOL 15744 HT	GQC-074
2	BOL 15721 HT	SVT-002	17	BOL 7730 HT	A-54
3	BOL 15723 HT	SRL-009	18	BOL 7745 HT	A-73
4	BOL 15724 HT	SRL-010	19	BOL 7757 HT	A-87
5	BOL 15725 HT	SRL-011	20	BOL 7758 HT	A-88
6	BOL 15726 HT	SRL-026	21	BOL 7763 HT	A-93
7	BOL 15727 HT	SRL-031	22	BOL 7764 HT	A-94
8	BOL 15728 HT	SRL-034	23	BOL 7766 HT	A-101
9	BOL 15731 HT	SRL-049	24	BOL 7825 HT	A-180
10	BOL 15746 HT	SRL-125	25	BOL 7930 HT	A-315
11	BOL 15735 HT	FQS-053	26	BOL 8018 HT	A-412
12	BOL 15737 HT	FQS-060	27	BOL 8042 HT	A-440
13	BOL 15741 HT	FQS.064	28	BOL 8044 HT	A-442
14	BOL 15742 HT	FQS-065	29	BOL 8026 HT	A-424
15	BOL 15743 HT	GQC-073	30	BOL 8173 HT	A-583

Metodología

Se empleó la metodología de Descriptores de Recursos Genéticos de *Cucurbitáceae* para llevar a cabo la caracterización. En total, se consideraron 64 descriptores, de ellas 45 fueron

cualitativos y 19 cuantitativos. Estos descriptores se registraron en cinco etapas de desarrollo del cultivo: plántula, flor, planta, fruto y semilla.

Plántula: Las variables se registraron antes del trasplante a campo definitivo, es decir, en bande-

jas de almácigo, con cinco repeticiones y de manera aleatoria. La caracterización se llevó a cabo en 5 plántulas por cada accesión, cuando alcanzaron una longitud de 10 centímetros y mostraron cotiledones bien desarrollados. Las variables registradas incluyeron longitud y diámetro (mm) de cotiledones, tamaño y color de cotiledones, así como pubescencia en cotiledones. Además, se registró el color y la pubescencia del hipocótilo (IBPGR, 1983).

Flor: Los datos se registraron cuando las plantas mostraron más del 50% de floración, en flores completamente abiertas. Se seleccionaron cinco flores de cada planta y cinco plantas de cada accesión para el registro. Los descriptores considerados abarcaron el color de la flor, el tipo de sexo, la pubescencia del ovario y el tamaño de la flor (IBPGR, 1983).

Planta: Durante la fase en que las accesiones estaban en un 50% de floración, se procedió al registro de datos en cada una de las cinco plantas por accesión. La unidad de muestreo fue una hoja, un tallo y/o un zarcillo. Los descriptores registrados fueron el hábito de crecimiento, la forma del tallo, la presencia de zarcillos, la forma y el tamaño de la hoja, así como el color de manchas en la hoja, el margen de la hoja, los lóbulos y la pubescencia tanto en el envés como en el haz de la hoja (IBPGR, 1983).

Fruto: La evaluación se realizó cuando los frutos mostraron un cambio de color de verde a amarillo-café en al menos del 50% de los frutos por accesión. Se seleccionaron en promedio cinco frutos por planta y cinco plantas por cada accesión. Durante la evaluación, se describieron forma del fruto en unión con el pedúnculo, forma apical del fruto, largo y forma del pedúnculo, separación del pedúnculo del fruto, forma del fruto, textura de la piel del fruto, variabilidad del tamaño del fruto, dureza de la cáscara del fruto, color de la cáscara, color de la pulpa, diseño del

fruto externo, número de lóculos del fruto, presencia y forma de las costillas del fruto, forma basal del fruto, colores primario y secundario del fruto, sabor y textura de la pulpa del fruto, facilidad para separar la semilla de la placenta, ancho del fruto, longitud del fruto, peso del fruto, grosor de la cascara del fruto, grosor de la pulpa del fruto y diámetro de la cavidad del fruto (IBPGR, 1983).

Semilla: Después de la extracción y el secado de las semillas, así como a partir de una fracción obtenida del análisis de pureza física de las semillas, se registraron las siguientes variables: tamaño de semilla, superficie de semilla, brillo de la superficie de la semilla, margen de la semilla, color del margen de la semilla, peso de 100 semillas, número de semillas por fruto y peso de semillas por fruto (IBPGR, 1983).

Metodología de análisis estadístico

Determinación de la variación de descriptores cualitativos

Los descriptores cualitativos fueron analizados utilizando la herramienta de Componentes Principales para Datos Cualitativos. Esto se llevó a cabo aplicando una transformación monótonica a cada variable, con el objetivo de determinar la variación explicada de los descriptores (Kruskal, 1964).

Agrupación jerárquica “Clúster”

A partir de los descriptores cualitativos, se construyó una matriz de disimilitud utilizando el coeficiente de Jaccard. Con esta matriz, se procedió a agrupar las accesiones mediante un análisis multivariado de Clúster utilizando el método Average (Unweighted Pair Group Method With Mean - UPGMA), generando un dendrograma con la distancia R^2 . Esta distancia R^2 refleja la variación explicada en los grupos hasta un punto de corte del 50%. En ese punto, se observa un cambio o diferencia significativa, y los grupos formados pueden estar vinculados a patrones

naturales o a conjuntos específicos de características comunes entre las accesiones.

Análisis de varianza multivariado de Clúster sobre descriptores cuantitativos

Los descriptores cuantitativos se sometieron a un análisis de varianza multivariado mediante el modelo lineal general. Esto se realizó con el propósito de evaluar el efecto del clúster (Siles, 1999):

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots$ a clusters

$j = 1, 2, 3, \dots$ b accesión

Y_{ij} : Vector de valores de variables observados en la j -ésima accesión del i -ésimo clúster

μ : Es el vector de media comunes

τ_i : Es el vector de efecto fijo del i -ésimo un clúster

ε_{ij} : Es el vector de efecto aleatorio de los residuales \sim DNII $(0, \Sigma)$

Efecto de descriptores cuantitativos sobre el rendimiento de fruto y semilla en dos Clúster

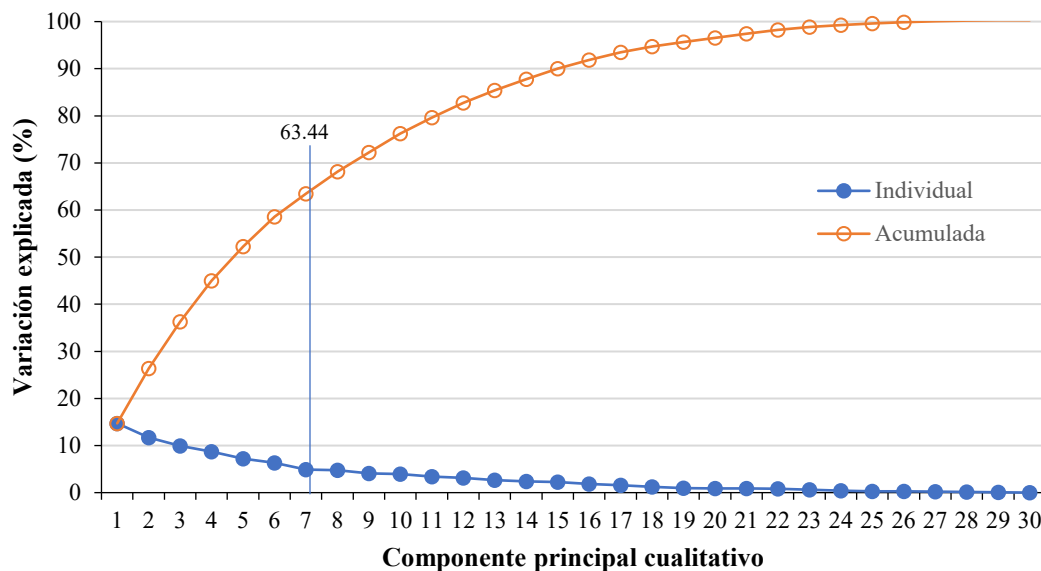
Los descriptores cuantitativos se analizaron mediante regresión múltiple para determinar aquellos que ejercen un efecto significativo sobre el rendimiento de fruto y semilla. Este análisis se realizó empleando el método de selección de variables Stepwise (Steel y Torrie, 1992) dentro de dos Clúster.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación explicada por descriptores cualitativos

Se pudo observar que el conjunto de datos, que abarca observaciones y descriptores cualitativos, presenta una variabilidad del 63.44% que es explicada por los primeros siete componentes principales cualitativos (Figura 1). Es importante notar que la explicación de la variación de cada componente disminuye de manera gradual desde los primeros hasta el componente 29, mientras que a partir del componente 30 hasta el 44, su variación es nula.

Figura 1. Variación explicada de los primeros 30 de 44 componentes principales cualitativos



Se registró que, en los primeros siete componentes principales cualitativos, la variación explicada supera el 50% para 37 de los 44 descriptores (Tabla 2). Los descriptores con menor variación (inferior al 50%) fueron: color del hipocótilo, pubescencia en los cotiledones, tipo de sexo, color de manchas en la hoja, margen de la hoja, forma apical del fruto, cicatriz pistilar y variabilidad del tamaño del fruto. Al considerar un criterio de variación explicada mayor al 30%, en el primer componente se asocian siete descriptores: forma del fruto en unión con el pedúnculo, forma del pedúnculo, color de la pulpa del fruto, sabor de la pulpa del fruto, textura de la pulpa, color de la capa de la semilla y color del

margen de la semilla. Para el segundo componente, se encuentran asociados cuatro descriptores: forma del fruto, textura de la piel del fruto, diseño externo del fruto y costillas del fruto. En el tercer componente, se agrupan cinco descriptores: pubescencia en el ovario, forma del tallo, presencia de zarcillos, forma basal del fruto y tamaño de la semilla. El cuarto componente se asocia con dos descriptores: forma basal del fruto y tamaño de la semilla. El quinto componente principal cualitativo únicamente refleja la variación en el color de la cáscara. En los componentes seis y siete, las variaciones de los descriptores son menores al 30%.

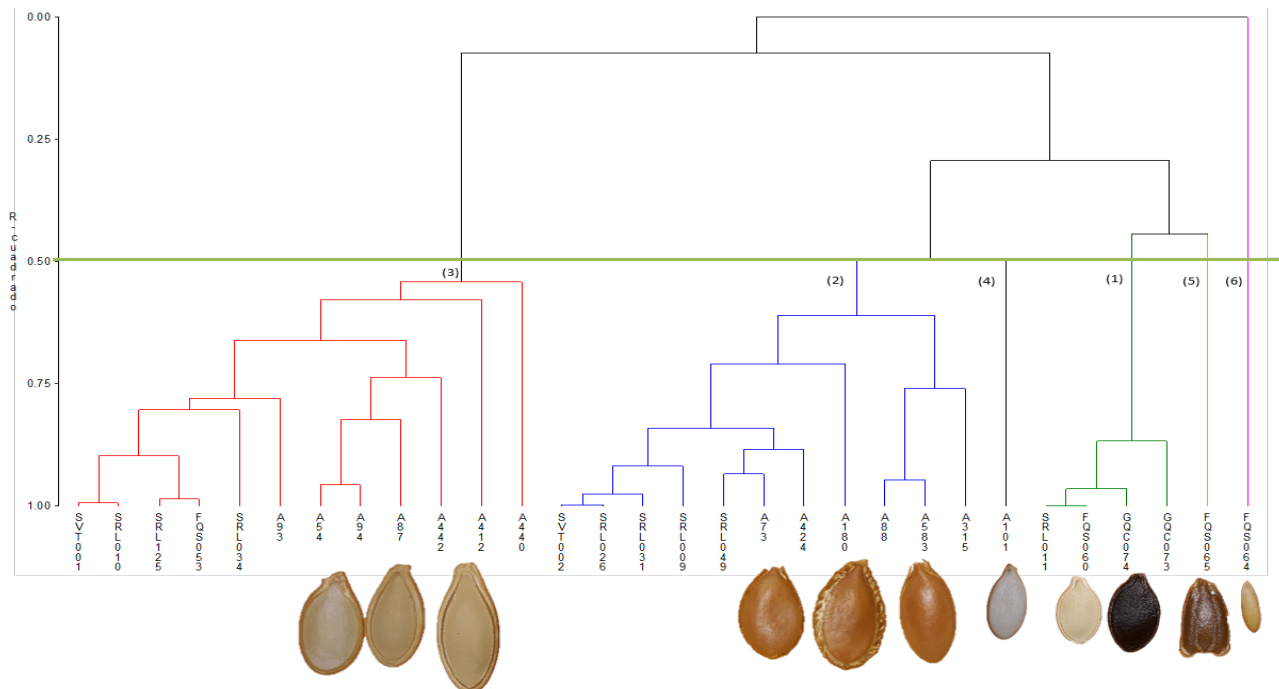
Tabla 2. Variación explicada de descriptores cualitativos en siete primeros componentes principales cualitativos

N°	Descriptor	Componente principal cualitativo							Total
		Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7	
1	Tamaño del cotiledón	0,07	28,59	5,49	14,94	0,16	4,05	1,05	54,36
2	Color del cotiledón	14,54	0,24	12,72	4,25	15,57	9,11	4,88	61,31
3	Color del hipocótilo	0,37	0,20	4,78	5,52	4,58	1,32	0,02	16,81
4	Pubescencia en los cotiledones	10,73	12,00	4,41	24,17	11,12	0,81	4,03	67,27
5	Pubescencia en el hipocótilo	11,88	20,95	3,74	0,11	8,65	17,56	0,67	63,56
6	Color de la flor	13,63	3,95	3,37	0,01	17,43	6,13	19,76	64,29
8	Tipo de sexo	0,04	14,77	0,07	0,91	3,30	1,59	24,09	44,76
9	Pubescencia en el ovario	5,72	0,58	41,23	4,22	0,75	8,32	7,97	68,79
10	Tamaño de la flor	9,84	2,76	26,22	17,85	9,88	0,76	0,04	67,35
11	Forma de tallo	10,65	3,43	31,75	25,69	3,88	13,66	0,65	89,71
12	Zarcillos	10,65	3,43	31,75	25,69	3,88	13,66	0,65	89,71
13	Forma de la hoja	3,69	8,48	15,26	4,69	4,86	13,65	15,70	66,33
14	Tamaño de la hoja	5,62	20,32	0,01	29,10	0,93	10,34	2,26	68,57
15	Color mancha de la hoja	4,13	1,52	13,11	1,84	0,50	24,48	2,71	48,29
16	Margen de la hoja	6,54	7,17	0,52	8,93	0,16	7,91	3,79	35,03
17	Lóbulos de la hoja	17,76	6,12	0,36	3,73	12,97	2,18	20,82	63,94
18	Pubescencia de la hoja, en el has	10,05	2,93	0,04	37,02	4,50	2,69	1,68	58,91
19	Pubescencia de la hoja, en el envés	8,64	13,97	8,89	32,21	5,24	1,48	3,47	73,89
20	Forma del fruto en unión con el pedúnculo	37,77	8,69	10,63	3,98	6,83	6,27	1,07	75,23
21	Forma apical del fruto	17,19	6,85	3,07	0,17	0,02	6,42	5,06	38,76
22	Forma del pedúnculo	48,26	15,83	0,00	5,73	3,71	4,15	12,11	89,79
23	Separación del pedúnculo del fruto	25,86	25,28	1,58	0,35	4,93	3,58	0,00	61,57
24	Forma del fruto	5,49	38,07	21,09	0,85	1,64	1,73	3,36	72,24
25	Textura de la piel de la fruta	0,03	34,36	2,10	1,24	0,17	3,05	19,48	60,43

26	Cicatriz pistilar	0,39	0,67	3,15	1,08	1,96	6,34	1,47	15,05
27	Variabilidad del tamaño del fruto	0,35	19,90	20,21	0,79	5,23	0,28	0,25	47,02
28	Dureza de la cascara del fruto	16,41	8,05	16,50	0,13	6,04	1,59	11,53	60,25
29	Color de la cascara	4,66	1,19	0,63	18,00	52,71	0,42	3,08	80,69
30	Color de la pulpa del fruto	41,06	21,08	4,35	0,43	0,13	0,38	4,87	72,32
31	Diseño del fruto externo	0,51	32,16	1,55	1,67	0,48	9,20	11,91	57,47
32	Costillas del fruto	0,75	45,07	0,38	5,35	0,27	19,62	0,72	72,16
33	Forma de las costillas del fruto	0,66	28,73	14,93	16,06	7,27	0,45	3,40	71,50
34	Forma basal del fruto	16,01	1,82	32,73	1,40	6,72	2,91	0,22	61,82
35	Color primario del fruto	4,78	1,49	9,11	3,41	24,30	15,05	1,56	59,70
36	Color secundario del fruto	2,02	2,67	8,70	10,90	6,24	28,95	1,00	60,48
37	Sabor de la pulpa del fruto	32,05	10,68	0,00	2,61	24,12	10,46	2,55	82,46
38	Textura de la pulpa	54,10	15,39	2,78	3,57	6,99	1,57	1,67	86,07
39	Tamaño de la semilla	4,03	9,84	44,16	3,93	0,01	6,09	1,21	69,26
40	Superficie de la semilla	6,76	1,48	3,99	29,16	1,81	0,01	6,85	50,05
41	Brillo de la superficie de la semilla	9,32	10,36	0,65	3,95	28,96	0,04	0,03	53,31
42	Color de la capa de la semilla	71,36	4,38	0,02	5,09	2,88	0,39	0,17	84,29
43	Margen de la semilla	29,53	6,04	19,09	0,11	5,45	0,43	1,18	61,82
44	Color del margen de la semilla	58,63	0,82	0,45	0,25	4,16	2,35	1,81	68,48

Valores remarcados con negrita = variación explicada mayor al 30%.

Figura 2. Dendrograma de 30 accesiones de *Cucurbitáceae*, clasificadas en seis grupos.



Identificación de grupos (Cluster) con descriptores cualitativos

Después de completar el análisis de Agrupamiento con 44 descriptores cualitativos (Tabla 2), se identificaron seis grupos que describen

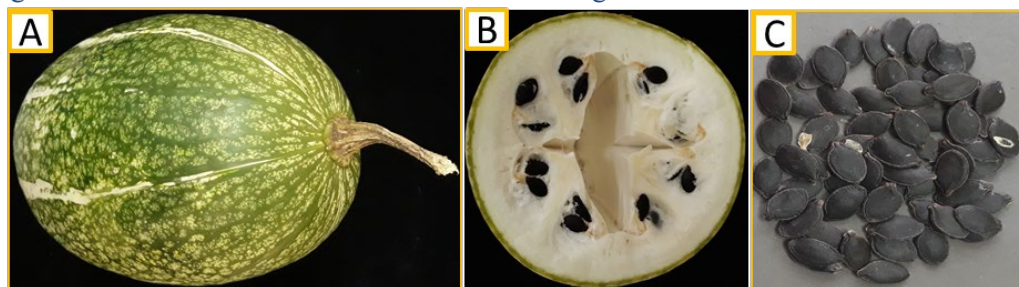
características homogéneas entre las accesiones y reflejan diferencias morfológicas de un grupo a otro a una distancia de R^2 de 0,5. El dendrograma (Figura 2) proporciona una descripción de las accesiones que forman parte de cada grupo. A través del análisis de los componentes principales

cualitativos, se encontraron siete descriptores con una menor variación explicada. Al eliminar estos descriptores en el análisis de Clúster, se observó una estructura diferente en el dendrograma. Por lo tanto, se consideraron los 44 descriptores, ya que estos permitieron concordar con las seis especies de *Cucurbitáceae*.

El **Grupo 1**, compuesto por cuatro accesiones, muestra similitudes en ciertas características. Estas incluyen color de la mancha de la hoja plateado, lóbulos intermedios, unión con el pedúnculo y forma apical del fruto aplanada, así como una forma del pedúnculo suavemente angular. Además, presentan un color de fruto que va de verde a blanco (Figura 3A), carecen de costillas en el fruto, tienen color de pulpa blanco (Figura 3B), textura de pulpa fibrosa y gelatinosa, y presentan un color negro en la superficie de las semillas (Figura 3C).

En relación a este tema, Delgado et al. (2014) indican que los frutos de *Cucúrbita ficifolia* presentan características como color verde que puede transitar a blanco y textura suave y lisa. A su vez,

Figura 3. *Cucúrbita ficifolia*, A: Color del fruto verde con rayas o listas de color blanco. B: Color de la pulpa blanco, gelatinoso sin costillas C: color de las semillas negras.



OECD (2012), sostiene que *Cucúrbita ficifolia* muestra una variabilidad de color en los frutos, desde blanco hasta verde, con patrones de manchas o rayas blancas, y sus semillas son de color negro o marrón oscuro. Pintado y Solano (2015) también mencionan algunas características: el mesocarpio o pulpa es de color blanco con textura granulosa y fibrosa. Cabe destacar que en el centro del fruto existen folículos que contienen las semillas, que son de forma alargada. Estas características justifican la clasificación taxonómica de las accesiones SRL-011, FQS-060, GQC-074 y GQC-073 como *Cucúrbita ficifolia*.

El **Grupo 2** está compuesto por 11 accesiones que comparten características morfológicas similares, destacando entre ellas hojas orbiculares con lóbulos superficiales (Figura 4C). Estas accesiones presentan pedúnculos de forma redonda y frutos con una forma aplanada y costillas redondeadas (Figura 4A y B). Además, sus semillas son de tamaño grande y brillante, con un margen de semilla que exhibe un tono bronceado.

Figura 4. *Cucúrbita máxima*, A: fruto de forma aplanada, B: frutos con costilla redondeada, C: hojas orbiculares con lóbulos superficiales, D: semillas con brillo, color mostaza con bordes dorados.

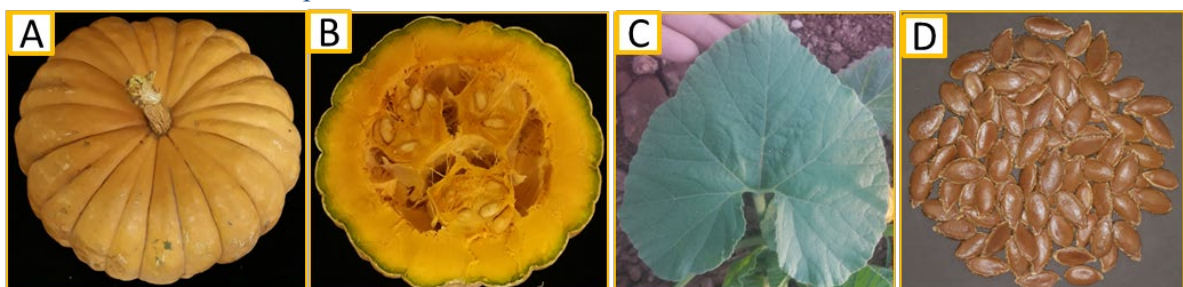


Figura 5. *Cucúrbita pepo*, A: tallos angulares, B: hojas con manchas plateadas, C: piel del fruto liso verrugoso, D: semillas de color crema, con margen laminar de igual color a la superficie de la semilla.

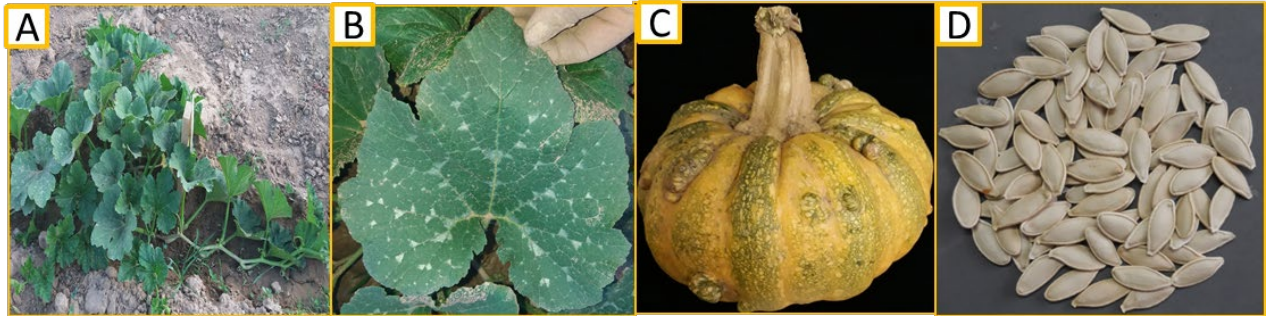


Figura 6. *Cucúrbita moschata*, A: crecimiento arbustivo tallos redondos, B: color del fruto verde, C: color pulpa de la pulpa naranja, D: con semillas blanquecinas.

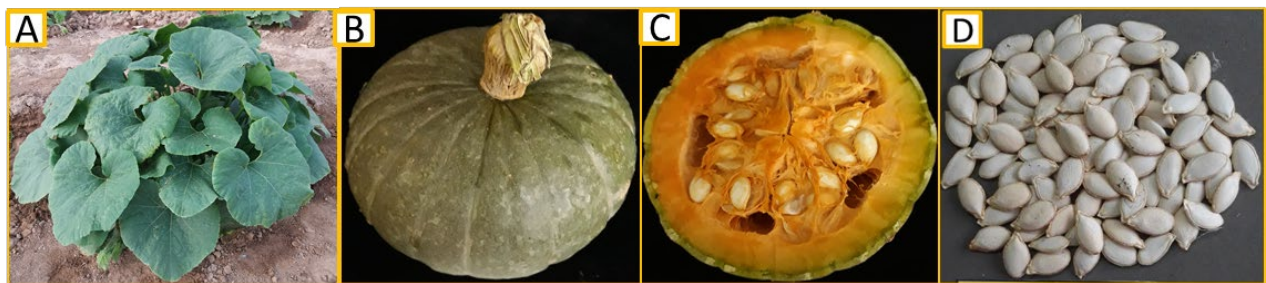


Figura 7. *Lagenaria siceraria*, A: flor pentámera color blanco, B: color mancha de hoja ausente, C: forma del fruto periforme, D: color de la capa de la semilla café con forma delgada e irregular.

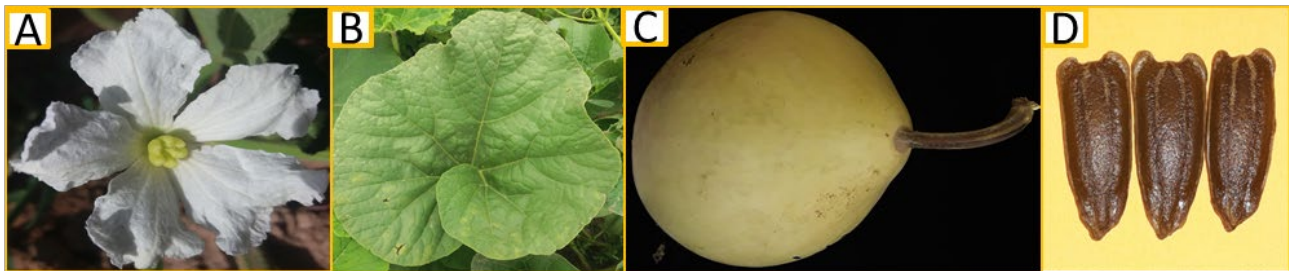
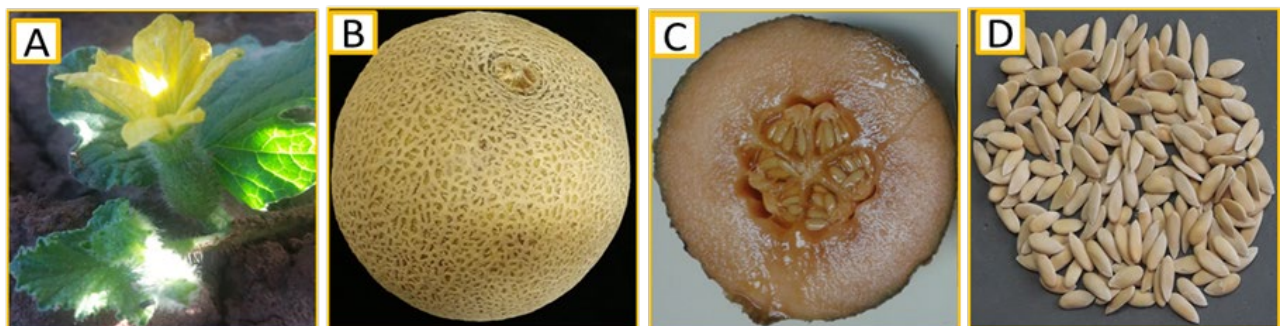


Figura 8. *Cucumis melo*, A: habito de crecimiento postrado con mucho zarcillo y pubescencia en la planta, B: textura del fruto reticulado, C: color de la pulpa salmón, D: color de la semilla crema a amarilla.



En este contexto, Vallejo y Estrada (2004) indican que la especie *Cucúrbita máxima* presenta pedúnculos redondos y hojas redondas sin manchas blancas. Por otro lado, Whitaker y Davis (1962) aseguran que en las hojas de *Cucúrbita máxima* faltan lóbulos o estos son cortos y redondeados. Adicionalmente, Pintado y Solano (2015) detallan algunas características, describiéndola como una baya grande cuyas paredes externas se endurecen mientras que las internas permanecen suaves y carnosas. La forma del pedúnculo es cónica o cilíndrica, suave y esponjosa, con finas estrías longitudinales. Las características de forma, tamaño y color del fruto son variables. Además, Lira (1994) informa que las semillas son grandes y numerosas, con una coloración mostaza, grisácea o amarillenta, y tienen una forma ovalada u oblonga. Basado en estas descripciones, las accesiones SVT-002, SRL-026, SRL-031, A-73, SRL-049, A-180, A-88, A-583 y A-315 podrían clasificarse taxonómicamente como pertenecientes a la especie *Cucúrbita máxima*.

El **Grupo 3** está compuesto por 12 accesiones que comparten características morfológicas. En este grupo, se observaron tallos angulares, hojas con manchas plateadas y con pubescencia. Las hojas también presentan lóbulos profundos con bordes dentados en el margen (Figura 5A y B). Además, estos frutos muestran una alta dureza en la cáscara, mientras que la textura de la piel puede variar desde lisa hasta ligeramente ondulada o verrugosa (Figura 5C). En cuanto al color del fruto, se encuentran variaciones en amarillo, naranja y verde. La parte externa del diseño del fruto está manchada, y la superficie de la semilla es plana, con un color de capa y margen de semilla en tono crema (Figura 5D).

Whitaker y Davis (1962) describen la especie *Cucúrbita pepo* con hojas pubescentes y 3 o 5 lóbulos comúnmente, acompañados de manchas blanquecinas y plateadas en los ángulos interne-

rvaes. Por otro lado, Estero (2014) detalla las características de *Cucúrbita pepo*, mencionando frutos de color amarillo-anaranjado de gran tamaño, algunos con lóbulos de hojas marcados. Los frutos muestran un epicarpio liso o verrugoso y en algunos casos pueden presentar matices verdosos. Además, el pedúnculo es anguloso y acanalado. Basándonos en estas descripciones y características mencionadas, las accesiones SVT-001, SRL-010, SRL-125, SRL-034, FQS-053, A-54, A-94, A-93, A-87, A-442 y A-412 pueden ser clasificadas taxonómicamente dentro de la especie *Cucúrbita pepo*.

El **Grupo 4** consiste en una sola accesión, que muestra características morfológicas distintivas en comparación con los otros cinco grupos. Estas características se describen como: hábito de crecimiento arbustivo, ausencia de zarcillos (Figura 6A), color del fruto verde (Figura 6B), alta dureza en la cáscara, pulpa de color naranja, costillas del fruto con formas redondeadas (Figura 6C), sabor de la pulpa intermedio y color de capa de semilla blanca (Figura 6D).

Lira (1995) menciona que *Cucúrbita moschata* se caracteriza por tener frutos de tamaño muy variable y formas diversas, que conservan las del ovario. Estos frutos pueden ser lisos o tener costillas redondeadas, su cáscara es engrosada y de dureza suave y lisa. Además, presentan una coloración muy variable en la cáscara, mientras que la pulpa puede ser anaranjada clara o brillante, llegando incluso a verdosa. La pulpa tiende a tener un sabor ligero a dulce, es suave y generalmente no fibrosa. Las semillas son numerosas y ovado-elípticas, con dimensiones de 8-21 x 5-1 mm, y su superficie es de tono blanquecino amarillento. Por otro lado, Vigliola (2002) explica que *C. moschata* tiene un pedúnculo delgado con cinco aristas, ligeramente angulares y que se ensancha en su base. Por consiguiente, la accesión (A-101) se clasifica taxonómicamente como parte de la especie *Cucúrbita moschata*.

El **Grupo 5** está compuesto por una única accesión que se distingue por sus características morfológicas. Estas incluyen un color de flor blanco (Figura 7A) y la ausencia de manchas en las hojas (Figura 7B). La forma del fruto en unión con el pedúnculo es puntiaguda, y el fruto en sí tiene una forma periforme (Figura 7C). La textura de la piel de la fruta es lisa, con la cáscara de color verde. La pulpa del fruto es insípida, y la capa de la semilla es de color café, con un margen delgado e irregular. Además, el margen de la semilla carece de color (Figura 7D).

De acuerdo a García (2014), *Lagenaria siceraria* se caracteriza por sus hojas alternas lobuladas y flores blancas de pentámeras. Sus frutos son pepónides, de forma globosa, con epicarpio liso y moteado, además de ser muy duros. La pulpa es insípida y poco comestible. Con base en estas características, la accesión FQS-065 se clasifica taxonómicamente como parte de la especie *Lagenaria siceraria*.

El **Grupo 6** consiste en una sola accesión que presenta características morfológicas distintivas. Entre estas características se encuentran: un hábito de crecimiento postrado con tallos angulosos, numerosos zarcillos y pubescencia en la planta (Figura 8A). Las hojas tienen forma ovada a ovalada, con margen dentado. El fruto tiene una forma globular y una textura reticulada en su superficie (Figura 8B). La cascara del fruto es de color crema, mientras que la pulpa es de tono salmón (Figura 8C). La pulpa tiene un sabor dulce, y la capa de semilla es de color crema a amarillenta (Figura 8D), mientras que el margen de la semilla carece de color.

Nee (1993) y Lira & Rodríguez-Arévalo (1999) definen a la especie como una planta postrada, con tallos angulosos y surcados, densos zarcillos, hojas ovaladas enteras o ligeramente lobadas, con lóbulos obtusos o redondeados, base cordada y ápice herbáceo, ásperas especialmente en las

nervaduras y con margen denticulado. Los frutos presentan tamaño y forma variables, siendo globulares a ovoides en general, con algunas variedades elipsoidales. La cáscara (epicarpio) puede ser tanto engrosada y suave como duradera y perecedera, con patrones de coloración muy variables, que van desde verde claro a verde oscuro, amarillo a pardo, y crema a blanco. La superficie puede ser glabra, lisa o rugosamente reticulada. La pulpa (mesocarpio) es abundante y carnosa, con colores que van desde blanco a amarillo, e incluso salmón o rosado. El sabor puede ser ligeramente dulce hasta muy dulce. El pedúnculo puede ser corto o largo, y en algunas ocasiones se produce una abscisión entre el pedúnculo y el fruto coincidiendo con la maduración del mismo. Las semillas tienen un color que varía entre crema y amarillo, o incluso tonos blanquecinos o pardos claros, con el color del margen ausente y no diferenciado del centro de la semilla. En función de estas características, la accesión (FQS-064) se clasifica taxonómicamente como parte de la especie *Cucumis melo*.

Diferencias de Cluster en base a descriptores cuantitativos

Los Clúster fueron definidos utilizando descriptores cualitativos, los cuales pueden tener cierta incidencia o asociación con descriptores cuantitativos. En este sentido, el análisis de varianza multivariado (Tabla 3) reveló diferencias significativas entre los clústeres con un nivel de significancia de $P < 0.01$. Los promedios de las muestras (Tabla 4) reflejan ciertas particularidades de cada clúster: los Clúster 3 y 4 se caracterizan por ser precoces, mientras que los Clúster 5 y 6 son más tardíos. Estas diferencias son atribuibles a las características genéticas inherentes a las especies que representan cada clúster.

En relación a los frutos, el Cluster 1 presenta un mayor peso, seguido por los Clúster 2 y 3. Además, los frutos en el Cluster 2 son más anchos, mientras que los Clúster 1 y 3 también presentan cierto ancho en sus frutos. En términos de longitud, los Clúster 1, 5, 3 y 2 muestran longitudes

crecientes. Estas variaciones pueden atribuirse a la clasificación de las accesiones como diferentes especies en función de los datos cualitativos de morfología (Nee, 1993; García, 2014; Lira, 1995; Whitaker y Davis, 1962; Vallejo y Estrada, 2004; Delgado et al., 2014).

Tabla 3. Análisis de varianza multivariada debido a clúster sobre descriptores cuantitativas.

Estadístico	Valor	F-valor	Grados libertad		Pr > F
			Numerador	Denominador	
Lambda de Wilks	0,00000676	3,75**	95	33,788	<0,0001

Tabla 4. Medias de descriptores cuantitativos por Cluster.

N°	Descriptor	Clúster					
		1	2	3	4	5	6
1	Longitud del cotiledón (cm)	4,32	4,25	4,19	4,16	5,23	2,21
2	Diámetro del cotiledón (cm)	3,05	2,82	2,37	2,98	3,58	1,41
3	Días a la floración	69,50	65,36	69,25	79,00	79,00	52,00
4	Días a la fructificación	133,50	90,27	76,08	54,00	82,00	57,00
5	Días a la cosecha	158,75	141,00	128,67	139,00	291,00	183,00
6	Número de frutos por planta	1,25	1,45	1,42	3,00	1,00	1,00
7	Largo del pedúnculo (cm)	6,15	4,37	6,63	3,58	6,35	5,90
8	Largo del fruto (cm)	38,60	21,72	25,71	12,30	29,05	14,50
9	Ancho del fruto (cm)	24,58	25,19	21,59	16,04	19,05	14,35
10	Peso del fruto (kg)	3,92	2,77	2,18	0,53	1,15	0,85
11	Diámetro de la cavidad del fruto (mm)	144,68	143,68	112,55	88,65	117,55	48,04
12	Grosor de la cascara (mm)	2,94	2,94	3,25	3,24	7,45	1,56
13	Grosor de la pulpa (mm)	17,22	20,75	23,12	13,89	6,69	27,46
15	Número de lóculos del fruto	5,25	6,46	5,75	7,00	8,00	5,00
15	Rendimiento de fruto (kg planta ⁻¹)	3,92	4,36	3,34	2,10	1,15	0,85
16	Número de semillas por fruto	306,75	275,64	244,08	163,00	229,00	457,00
17	Peso de semillas por fruto (g)	52,75	91,94	45,16	29,35	34,55	13,38
18	Peso de 100 semillas (g)	19,23	32,86	19,07	18,44	16,46	2,80
19	Rendimiento de semilla (g fruto ⁻¹)	52,75	128,98	74,94	117,40	34,55	13,38

Efecto de descriptores cuantitativos sobre el rendimiento de fruto y semilla

Los Clúster 2 y 3 fueron analizados con un mayor número de accesiones, mientras que los otros Clústeres (1, 4, 5 y 6) no fueron analizados debido al menor número de accesiones que los componen.

Cluster 2. Cucúrbita máxima

Rendimiento de fruto

Los resultados del análisis de regresión múltiple (Figura 9) mostraron una significación a $P < 0,01$ para el modelo en su conjunto. En detalle, los coeficientes de regresión demostraron significancia a una $P < 0,01$ para el peso del fruto

y el peso de las semillas por fruto. A un nivel de significancia de $P < 0,05$, el número de frutos por planta también presentó significancia. En ambos casos, se observa que la incidencia o efecto de estos descriptores a nivel poblacional es distinto de cero. Por otro lado, el intercepto no resultó significativo a una $P < 0,05$, lo que indica que a nivel poblacional es igual a cero. En términos prácticos, considerando los valores por cada unidad del número de frutos por planta y el peso del fruto (kg), el rendimiento de fruto por planta se espera que aumente en 1,03 a 2,14 kg, respectivamente. En cuanto al peso de las semillas por fruto, su efecto es menor en comparación.

Rendimiento de semilla

El modelo de regresión múltiple también mostró significancia a una $P < 0,01$ (Figura 10), donde los coeficientes de regresión y el intercepto resultaron significativos a $P < 0,01$. Solo el número de frutos por planta fue significativo a $P < 0,05$, lo que indica que a nivel poblacional los valores son distintos de cero. En la muestra analizada, el número de frutos por planta, seguido del largo de fruto (cm), el peso de 100 semillas y el número de semillas por fruto, incrementaron el rendimiento de semilla por planta en 70,74 g planta⁻¹, 4,97 g planta⁻¹, 2,19 g planta⁻¹ y 0,56 g planta⁻¹, respectivamente.

Cluster 3, *Cucúrbita pepo*

Rendimiento de fruto

El modelo de regresión múltiple y los coeficientes resultaron significativos a una $P < 0,01$

(Figura 11), excepto longitud del cotiledón y el peso del fruto, que fueron significativos a $P < 0,05$. En ambos casos, los valores de estos efectos a nivel poblacional difieren de cero. En la muestra analizada, se observaron efectos positivos del número de frutos por planta, seguido del grosor de la cascara del fruto (mm), largo del pedúnculo (cm), largo del fruto (cm) y diámetro de la cavidad del fruto (mm), que aumentaron el rendimiento de la planta en 2,15 kg planta⁻¹, 0,39 kg planta⁻¹, 0,29 kg planta⁻¹, 0,11 kg planta⁻¹ y 0,02 kg planta⁻¹ respectivamente. Por otro lado, se observaron efectos negativos de la longitud del cotiledón (cm) y el peso del fruto en -0,38 kg planta⁻¹ y -0,23 kg planta⁻¹ respectivamente.

Rendimiento de semilla

El modelo de regresión múltiple y los coeficientes resultaron significativos a $P < 0,01$ (Figura 12), a excepción del número de semillas por fruto, que resultó significativo a $P < 0,05$. En ambos casos, los valores de estos efectos a nivel poblacional difieren de cero. En la muestra analizada, se observaron efectos positivos del peso del fruto (kg), ancho del fruto (cm) y peso de la semilla por fruto (g), con incrementos en el rendimiento de la planta de 23,24, 6,56 y 3,62 g planta⁻¹, respectivamente. Por otro lado, se observaron efectos negativos de la longitud del cotiledón (cm), seguida del grosor de la pulpa del fruto (mm), diámetro de la cavidad del fruto (mm) y número de semillas por fruto, con disminuciones en el rendimiento de la planta de -20,39, -8,98, -0,66 y -0,12 g planta⁻¹ respectivamente.

Figura 9. Análisis de regresión y estimadores de parámetro de descriptores seleccionados por su efecto sobre el rendimiento de fruto por planta (kg) del Cluster 2 o *Cucúrbita máxima*.

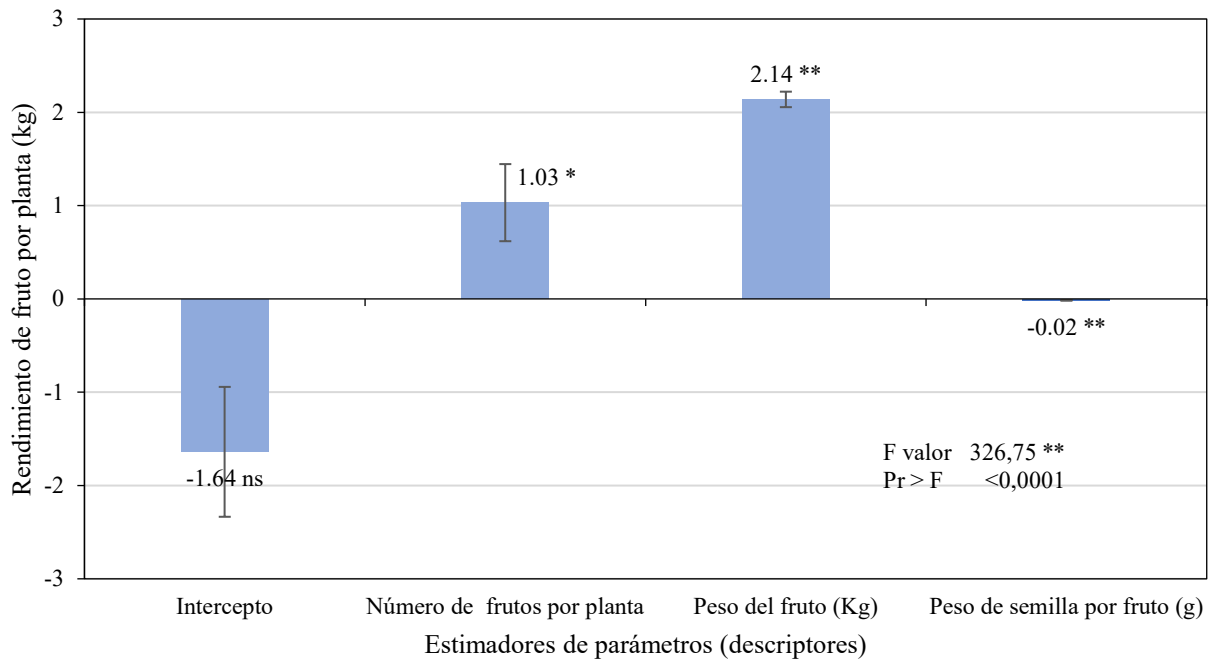


Figura 10. Análisis de regresión y estimadores de parámetro de descriptores seleccionados por su efecto sobre el rendimiento de semilla (g/planta) del Cluster 2 o *Cucúrbita máxima*.

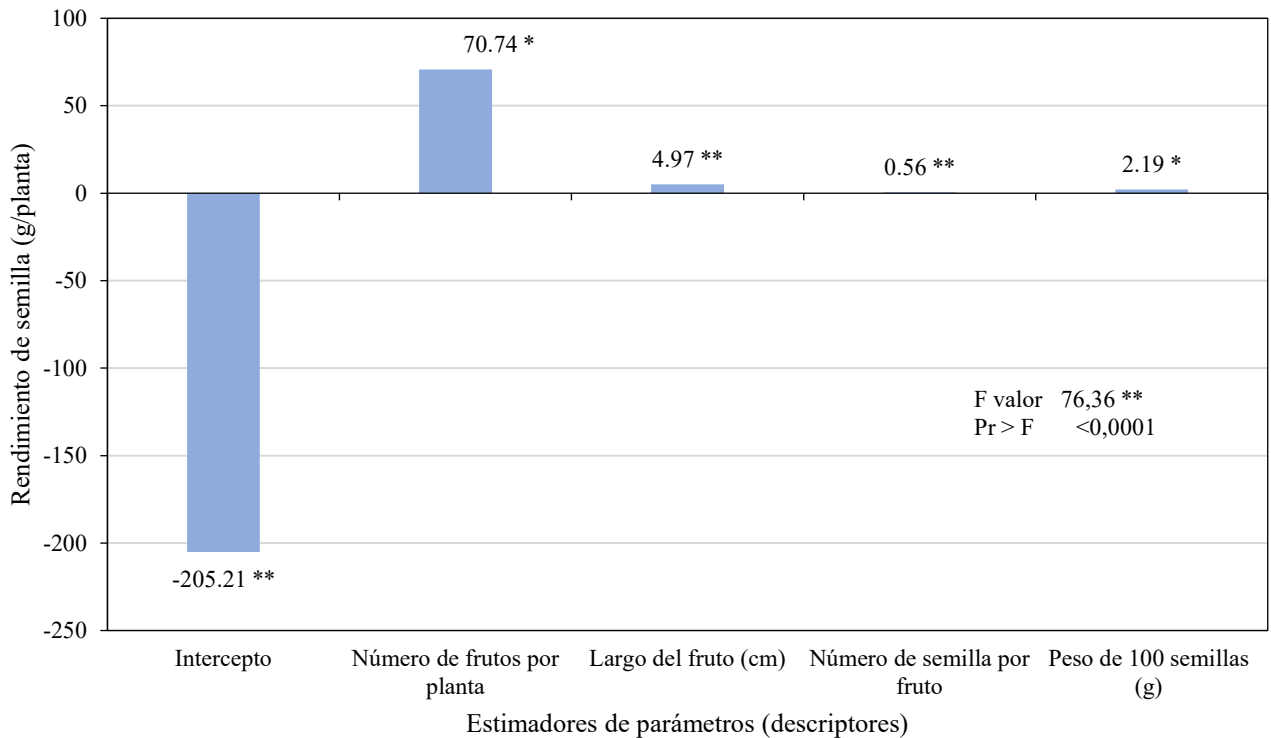


Figura 11. Análisis de regresión y estimadores de parámetro de descriptores seleccionados por su efecto sobre el rendimiento de fruto por planta (kg) del Cluster 3 o *Cucúrbita pepo*.

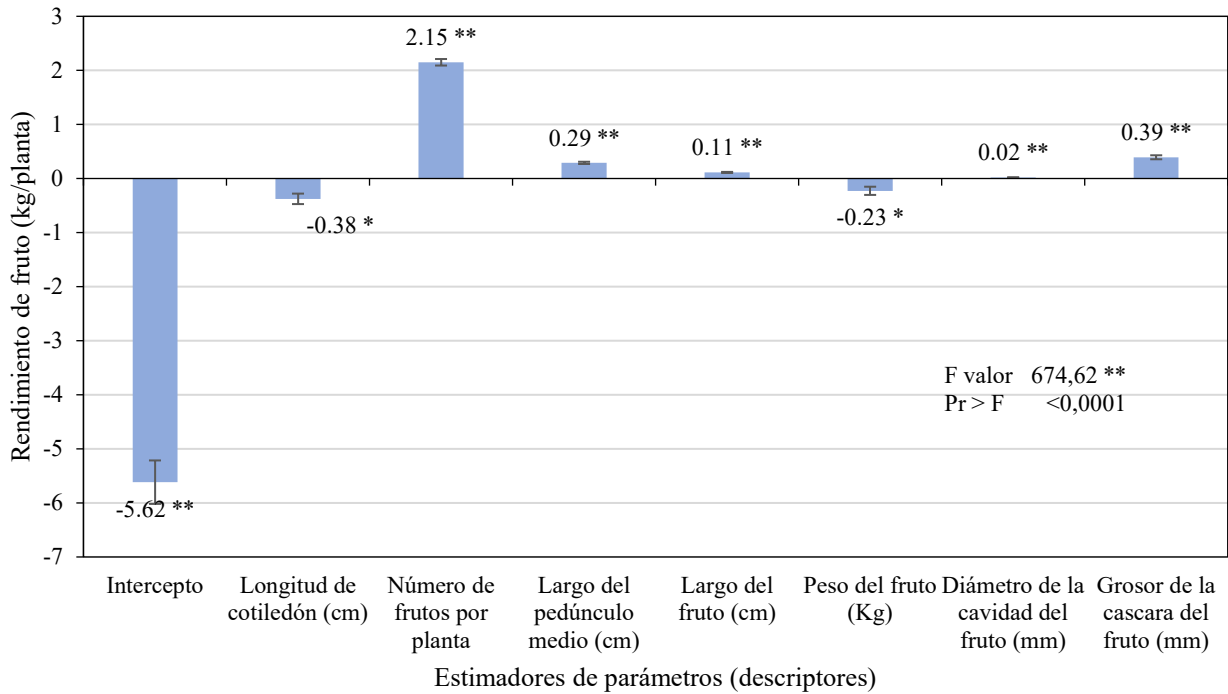
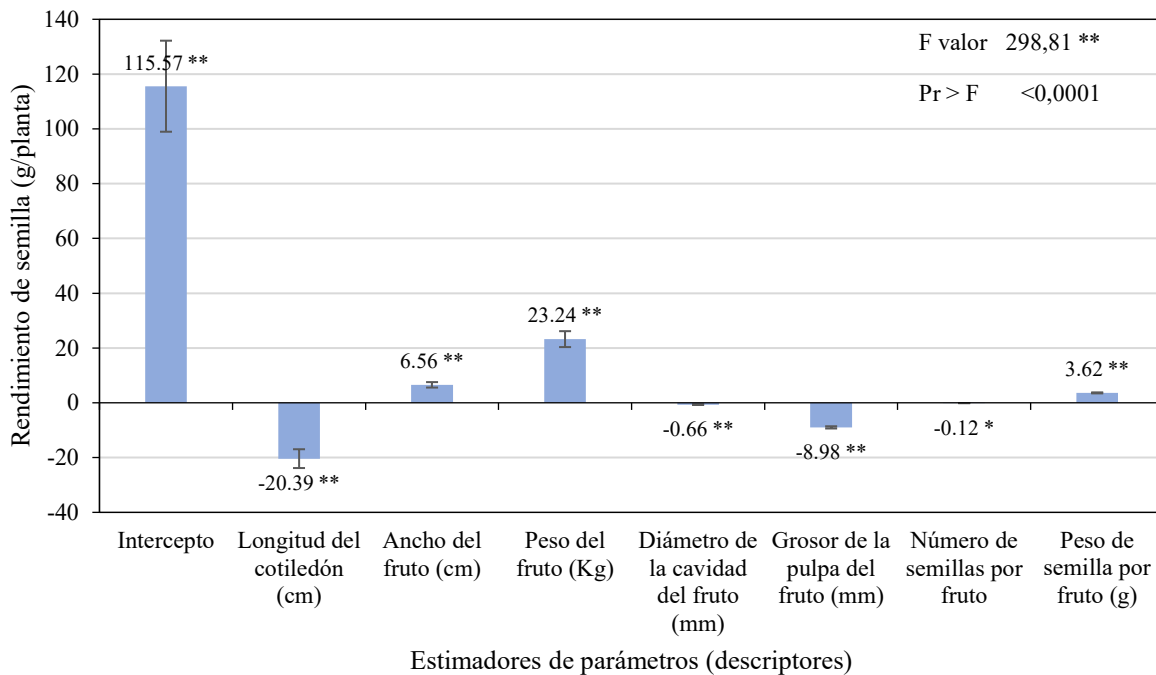


Figura 12. Análisis de regresión y estimadores de parámetro de descriptores seleccionados por su efecto sobre el rendimiento de semilla (g planta⁻¹) del Cluster 3 o *Cucúrbita pepo*.



Los descriptores cuantitativos seleccionados por su significancia (Figuras 9 al 12) sugieren la presencia de una relación pleiotrópica de genes en relación al rendimiento tanto de fruto como de semilla (Stanfield, 1985). Este aspecto proporciona una orientación valiosa al momento de emprender trabajos de mejora, teniendo en cuenta estos descriptores cuantitativos.

CONCLUSIONES

En la caracterización de 30 accesiones de Cucurbitáceas mediante 44 descriptores cualitativos, se logró una explicación de la variación en 29 de los 44 componentes principales cualitativos. Los primeros siete componentes abarcaron el 63.44% de la variación total, y 37 de los descriptores superaron el umbral del 50% de explicación. Además, se identificaron seis grupos o clusters que coinciden con las clasificaciones taxonómicas: *Cucúrbita ficifolia* (Cluster 1, 4 accesiones), *Cucúrbita máxima* (Cluster 2, 11 accesiones), *Cucúrbita pepo* (Cluster 3, 12 accesiones), *Cucúrbita moschata* (Cluster 4, 1 accesión), *Lagenaria siceraria* (Cluster 5, 1 accesión) y *Cucumis melo* (Cluster 6, 1 accesión).

Estos grupos también revelaron diferencias en relación con los descriptores cuantitativos, como se determinó a través del análisis de varianza multivariado. Los Clusters 3 y 4 se caracterizaron como precoces, mientras que los Clusters 5 y 6 representaron accesiones tardías. En cuanto a los pesos de fruto, el Cluster 1 presentó el mayor peso, seguido por los Clusters 2 y 3, respectivamente.

Asimismo, se observaron efectos tanto positivos como negativos de descriptores específicos (como la longitud del cotiledón, número de frutos por planta, peso del fruto, peso de semilla por fruto, largo del fruto, largo del pedúnculo, diámetro de la cavidad del fruto, grosor de la cascara del fruto, grosor de la pulpa del fruto y número de semillas por fruto) en relación con el rendimiento de fruto

por planta y rendimiento de semilla por planta, especialmente evidentes en los Clusters 2 y 3.

Contribución del autor

Redacción del manuscrito: S.P.R.L.; Análisis de datos y revisión: E.E.V.; Caracterización y evaluación: S.P.R.L. R.C.P.; Todos los coautores revisaron y aprobaron la versión final del manuscrito antes del envío.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS

- Abadie, T., & Berretta, A. (2001). Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. En: *Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur*. PROCISUR, e IICA. Montevideo, Uruguay. URL: <http://www.procisur.org.uy/data/documentos/21.pdf>
- Astorquiza, R. (15 de agosto del 2009). *Cultivo de Zapallo (Cucurbita spp.) en el Noroeste de Chubut*. Argentina, Buenos Aires. <http://www.inta.gov>.
- Cadima, X., Leigue, L., & Zeballos, J. (2009). *Biodiversidad, Agrobiodiversidad y Recursos Genéticos*. Políticas y Legislación. Módulo I del Curso semipresencial "Recursos Fitogenéticos, Riqueza Estrategia para el País". Cochabamba, Bolivia.
- Canuel, K. J., Ramirez, V. P., Castillo, G. F., & Chávez, S. J. L. (2005). Diversidad morfológica de calabaza en el centro-oriente de Yucatán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 339-349.
- Chávez, S. J. L., Collado, P., & Pinedo, R. (2003). Conservación o pérdida del valor de las variedades locales de los cultivos amazónicos. En: *Memoria del Seminario Permanente de Investigación Agraria (SEPIA) X*. Pucallpa, Perú. CODESU, Universidad

- Nacional de UCAYALI, IBPGRI. Lima, Perú.
- Engels, J. M. M., Arora, R. K., & Guarino, L. (1995). An introduction to plant germplasm exploration and collecting: Planning, methods and procedure, follow-up. En: *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines* (pp. 31-63). L. Guarino, V. R. Rao, y R. Reid (Eds.). CAB International.
- FAO (1996). *Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos del Mundo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO/IPGRI (1994). *Normas para Bancos de Genes*. FAO y el IPGRI, Roma, Italia.: http://www.biodiversityinternational.org/publications/pubfile.asp?ID_PUB=1250.
- Franco, T. L., & Hidalgo, R. (Eds.). (2003). *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia.
- García, P. (2014). *Conocimiento y conservación de semillas agrícolas originarias cultivadas por familias campesinas en el Salado Centro, Santiago del Estero*. [Tesis de grado Licenciatura en Ecología]. Conservación del Ambiente, Facultad de Ciencias Forestales – UNSE.
- Hernández, B. G. (1978). Cucurbitáceas. En: T. Cervantes S (Ed.), *Recursos Genéticos Disponibles en México* (pp. 357-367). SOMEFI. Chapingo, México.
- IBPGR (1983). *Descriptor de Cucurbitaceae*. International Board for Plant Genetic Resources.
- INIAF (2020). Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN Global. www.iniaf.gob.bo
- IPGRI (1996). *Planning collecting missions*. Material de capacitación. International Plant Genetic Resources Institute, Italia. <http://www.cgiar.org/ipgri/TRAINING/8-2-1/index.htm>
- Jeffrey, C. (1990). Systematics of the Cucurbitaceae. En: *Biology and utilization of the Cucurbitaceae* (pp. 3-9). Bates, D. M., Robinson, R. W., & Jeffrey, C. (Eds.). Cornell Univ. Press, Ithaca, New York.
- Lira, R., & Montes, S. (1994). Neglected Crops: From a Different Perspective. En: *Plant Production and Protection* (J. E. Hernando B & J. León, Eds.). Series No. 26, FAO, Rome, Italy.
- Lira, R. (1995). *Estudios taxonómicos y eco geografía de las Cucurbitáceas latinoamericanas de importancia. Economía*. Instituto de Biología, UNAM, México e IPGRI.
- Loy, B. J. (2004). Morpho-Physiological Aspects of Productivity and Quality in Squash and Pumpkins (*Cucurbita* spp). *Critical Reviews in Plant Science*, 23(4), 337-363.
- Montes, R. C., Vallejo, C. F. A., & Baena, G. D. (2004). Diversidad genética de germoplasma colombiano de zapallo (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir). *Acta Agronómica (Palмира)*, 53, 43-50.
- Montgomery, D. (2003). *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley, México DF.
- Nee, M. (1993). Cucurbitaceae A.L. Juss. En: *Flora de Veracruz*. Fascículo 74. Instituto de Ecología A.C. y Universidad de California, Riverside.
- Pintado Sarmiento, J. L., & Solano Mainato, G. V. (2015). *Estudio de siete productos andinos*

cultivados en la comuna Quilloac del cantón Cañar y su aplicación en menús. Monografía previa a la obtención del título de licenciada en gastronomía y servicio de alimentos y bebidas. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Hospitalidad Carrera de Gastronomía.

- Stanfield, W. (1985). *Genética*. 2da edición. McGraw-Hill, México DF.
- Steel, R., & Torrie, J. (1992). *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGraw-Hill, México DF.
- Vallejos, C. F. A., & Estrada, S. E. I. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Whitaker, T. J., & Davis, G. (1962). *Cucurbits: botany, cultivation and utilization*. New York, Interscience.
- Yau, J. (2003). *Manejo Integral del Cultivo de Zapallo*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. <http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/316>