



## SHORT COMMUNICATION

### Morfotipos de *Arracacia xanthorrhiza* Bancr. (Zanahoria blanca) de Ecuador, como fuente de variabilidad del germoplasma

### Morphotypes of *Arracacia xanthorrhiza* Bancr. (White carrot) from Ecuador, as a source of germplasm variability

Rodrigo Quilapanta; Marta Dávila\*; Carlos Vásquez; Vanessa Frutos

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, Provincia de Tungurahua, Ecuador.

Received December 14, 2017. Accepted May 5, 2018.

#### Resumen

Se realizó un estudio con descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos en plantas de *Arracacia xanthorrhiza* Bancr. provenientes de tres localidades de la provincia de Tungurahua, Ecuador: municipios de Baños, Tisaleo y Pillaro y se estableció que, de acuerdo al análisis de los componentes principales, los tres primeros componentes explican más del 75% de la variación total. Se pudo diferenciar con claridad los materiales de las tres localidades, especialmente por el color de sus estructuras vegetativas.

**Palabras clave:** Sierra; zanahoria blanca; germoplasmas; componentes principales.

#### Abstract

A study with qualitative and quantitative morphological descriptors was carried out in *Arracacia xanthorrhiza* Bancr plants. from three locations in the province of Tungurahua, Ecuador: Baños, Tisaleo and Pillaro municipalities and it was established that, according to the analysis of the principal components, the first three components explain more than 75% of the total variation. The materials of the three localities were clearly differentiated, especially according to the color of the vegetative structures.

**Keywords:** Sierra; white carrot; germoplasms; principal components.

#### 1. Introducción

El género *Arracacia* pertenece a la familia Apiaceae (Umbelliferae) e incluye de 10 a 12 especies en Sudamérica, es principalmente nativo de los Andes, con especies originarias de México (Constance, 1949). *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, conocida como arracacha, racacha, zanahoria blanca, apio criollo, virraca, rikacha (Hermann, 1997), es la única umbelífera domesticada en Sudamérica y su domesticación es precedente a la de la papa, su mayor área de cultivo está confinada a este continente (Pickersgill, 2007). Pickersgill (2007) indicó que fuera de la región andina, se conoce de su cultivo en las Antillas, América Central, África, Sri Lanka y en grandes áreas comerciales en Brasil. Es una planta caulescente, ramificada, de hojas bipinnadas, con pinnas ovadas-lanceoladas acuminadas, de margen doblemente aserrado,

redondeadas en la base, las hojas más basales tienen pecíolos y vainas cortas, con flores púrpura a verdosas, entre otros caracteres (Constance, 1949). La raíz reservante es el principal órgano del cultivo y el más variable morfológicamente. A grandes rasgos, se reconocen tres formas hortícolas: amarilla, blanca y púrpura, siendo la última muy frecuente en las colecciones peruanas. Barrera *et al.* (2004) indicaron que las variedades que se conocían en tiempos anteriores, tendieron a desaparecer debido a ciertas características que no las hacían competitivas en el mercado.

Los cultivos de raíces y tubérculos andinos son todos prácticamente propagados vegetativamente, es decir, usando las raíces tuberosas, esquejes o propágulos específicos, como en el caso de la *A. xanthorrhiza* (Hermann, 1997).

\* Corresponding author  
E-mail: [mb.davila@uta.edu.ec](mailto:mb.davila@uta.edu.ec) (M. Dávila).

**Tabla 1**

Datos geográficos y nomenclatura utilizada para denominar a los materiales de *A. xanthorrhiza* procedentes de Ecuador

Localidad	Latitud	Longitud	Altura sobre el nivel del mar (m)	Nomenclatura
Municipio Baños	1°40'18"S	78°32'33"O	1,683	ETB
Municipio Tisaleo	1°23'54"S	78°24'41"O	3,339	TIS
Municipio Pillaro	1°20'59"S	78°39'59"O	2,276	QP

El valor nutritivo de la arracacha está bien documentado, [Lim \(2015\)](#) indicó que la formulación en harina de arracacha al 60% contiene 10,07% de proteínas, 58,3% de carbohidratos, 10,07% de grasas y 8,53% de fibras. Su sabor resulta placentero y su fácil digestión se deriva de los almidones, aceites y sales minerales, por lo cual este cultivo es conocido universalmente como una excelente fuente de carbohidratos, minerales y vitaminas.

Algunos estudios han reportado que existe una gran similitud morfológica entre los cultivares y las especies silvestres perennes de *Arracacia* ([Hermann, 1997](#); [Knudsen 2006](#)). Los estudios morfométricos han permitido sentar las bases para establecer programas de mejoramiento y políticas agrícolas en algunas especies importantes ([Murillo-Amador et al., 2015](#); [Sorace et al., 2016](#)). Partiendo de la premisa de que las especies del género *Arracacia* de Ecuador han sido poco caracterizadas, y que el cultivo de *A. xanthorrhiza* es de gran importancia como fuente de nutrientes para la población ecuatoriana, en el presente trabajo se estableció la caracterización morfométrica de los germoplasmas de *A. xanthorrhiza* de la provincia de Tungurahua, utilizando descriptores cualitativos y cuantitativos con el fin de determinar aquellos caracteres que puedan ser usados para identificar los materiales estudiados.

## 2. Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Docente Querochaca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato (UTA) ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, Ecuador. Con una altitud de 2850 msnm, y de coordenadas geográficas 01°24'02" Sur y 78°35'20" Oeste, durante los años 2016-2017. Las condiciones climáticas de la granja experimental fueron: temperatura media diaria 13,5 °C, humedad relativa media 75,8 %, heliofania media 2,11 h/día, precipitación anual 494,0 mm, evapotranspiración anual 2,6 mm y velocidad del viento 1,6 m/s. La altura en la que se realizó la investigación es de 2895 msnm.

El material vegetal de *A. xanthorrhiza* de la provincia de Tungurahua, Ecuador, procede de las condiciones que se muestran en la [Tabla 1](#).

**Tabla 2**

Descriptores morfológicos utilizados para el estudio según [Blas et al. \(2008\)](#)

Caracteres Cualitativos
Color predominante del follaje
Color predominante del envés
Color secundario del envés
Color predominante del haz
Color secundario del haz
Distribución color secundario del haz
Color borde de los folíolos
Borde de folíolos
Acumen del folíolo terminal
Disección del folíolo terminal
Color predominante de los folíolos
Color secundario de los folíolos
Distribución del color secundario de los folíolos
Cerosidad del pecíolo
Estrias del pecíolo
Color predominante de la pulpa de los colinos
Color secundario de la pulpa de los colinos
Distribución color de la pulpa de los colinos
Color predominante superficie de raíz reservante
Color secundario superficie de raíz reservante
Distribución color secundario de raíz reservante
Distribución color secundario de pulpa de colinos
Forma de raíz reservante
Color predominante pulpa de raíz
Color secundario pulpa de raíz reservante
Distribución color secundario de pulpa raíz reservante
Caracteres Cuantitativos
Altura de planta a cosecha
Numero de folíolos/hoja
Longitud de lámina foliar
Ancho de lámina foliar
Longitud de pecíolo
Ancho de pecíolo
Número de colinos/planta
Número de raíces
Numero de raíces reservantes útiles
Longitud raíz reservante
Ancho raíz reservante
Diámetro corazón central

Las muestras vegetales se herborizaron y reposan en el herbario Ambato Misael Acosta Solis (AMAS) de la UTA. Todas las plantas se obtuvieron de huertos en producción y se sembraron en condiciones homogéneas hasta el momento de la recolección de datos. Se evaluaron completamente al azar 10 plantas por localidad. Los caracteres de las partes aéreas fueron registrados antes de la floración, mientras que los de las partes subterráneas fueron tomados inmediatamente después de la cosecha. Los colores se registraron según la carta de colores de [Kupper \(1979\)](#).

Se utilizaron los descriptores de la **Tabla 2**, siguiendo las recomendaciones de **Blas et al. (2008)**, los cuales evalúan las partes morfológicas más importantes en esta especie: la raíz reservante, las raíces, la parte aérea de los tallos y las hojas.

En la **Tabla 3** se ejemplifica la codificación artificial de los colores principales en los órganos evaluados, para el análisis de los datos.

**Tabla 3**

Codificación de colores de acuerdo a las claves obtenidas en la tabla de colores de **Kupper (1979)**

Código	Colores
1	A60 M90 C99
2	A70 M60 C90
3	A60 M50 C80
4	A70 M50 C70
5	A60 M90 C70
6	A70 M40 C70
7	A70 M20 C60
8	A60 M60 C60
9	A70 M10 C50
10	A60 M99 C70
11	A70 M10 C30
12	A70 M20 C50
13	A20 M00 C00
14	A10 M00 C00
15	A30 M00 C00
16	A50 M40 C30
17	A50 M50 C40

Para el análisis multivariado, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), determinando los valores Eigen a partir de una matriz general de datos, usando el programa NTSYS 2.1 (**Rohlf, 1997**).

### 3. Resultados y discusión

La duración de la etapa fenológica para el cultivo de zanahoria blanca bajo las condiciones climáticas referidas en materiales y métodos hasta la cosecha, se estableció en 243 días (8 meses), (desde el 11 de noviembre de 2016 hasta el 11 de julio de 2017). La **Tabla 4** ilustra algunos colores de los registrados según la tabla de colores de **Kupper (1979)**.

Se pudieron observar diferencias notables en los colores registrados para las hojas de las plantas entre las localidades, sin embargo, esto no se reflejó notoriamente en el color de la raíz reservante que es el producto comercial. Según los resultados observados en la **Tabla 4**, las hojas de las plantas provenientes de TIS a 3339 msnm, tienen las hojas más oscuras, y también se puede observar que tanto las nervaduras, como el pecíolo son de color púrpura a diferencia de las hojas de las otras dos localidades.

**Tabla 4**

Ejemplo de coloración de las hojas de las plantas de *A. xanthorrhiza* de diferentes localidades de Ecuador



A. TIS a 3.339 msnm; B. QP a 2.276 msnm; C. ETB a 1.683 msnm.

La activación de la ruta de las antocianinas en los vegetales, está muy bien documentada, [Petruzza et al. \(2013\)](#) indicaron la significación biológica de este metabolismo. Estos compuestos, solubles en agua, son inducidos por una cierta cantidad de factores ambientales, incluyendo la radiación visible y UV, las temperaturas bajas y el estrés por déficit hídrico. En consecuencia, la producción y localización de los pigmentos antocianos en raíces, tallos y particularmente en las hojas, podrían permitir a las plantas el desarrollo de una cierta resistencia a los estreses abióticos. [Yang et al. \(2017\)](#), concluyeron que la síntesis de compuestos flavonoides inducidos por luz, en especies de *Paphiopedilum* probablemente juegan un papel muy importante en la aclimatación de la especie al exceso de luz. En otros estudios, ya se estableció que la acumulación de pigmentos flavonoides rojos o morados es un indicador de estrés en la planta. [Liu et al. \(2016\)](#) señaló que existen evidencias bioquímicas y moleculares de que los compuestos flavonoides podrían funcionar como pantallas protectoras de radiación UV, uniéndose a fitotoxinas y controlando el transporte de auxinas, como mecanismos de respuesta de las plantas ante los factores de estrés ambiental. Los mecanismos asociados con la coloración, principalmente de las nervaduras ha sido asociado con una acumulación de antocianinas en las células epidérmicas

que se sobreponen a los tejidos vasculares porque en este tejido es donde se expresan los genes responsables por el control final de los transcritos del color ([Kumar y Pandey, 2013](#)).

El ACP permitió establecer cuáles variables morfológicas actúan en el agrupamiento de los tres diferentes germoplasmas ([Tablas 5 y 6; Figura 1](#)).

En la [Tabla 5](#) se puede observar cómo en general, los caracteres cualitativos referidos al color de los diferentes órganos tienen un peso alto en la separación de las muestras de las diferentes localidades.

De acuerdo con el ACP, los tres primeros componentes explican el 75,25 % de la variabilidad ([Tabla 6](#)), observándose que el primer componente ya explica por sí solo más del 50% de la variación total, mientras que el segundo componente explica solo el 17,72 y el tercero un 7,05%.

En consecuencia, los caracteres con mayor poder discriminante para la diversidad genética del material de estudio de *A. xanthorrhiza* son aquellos que muestran el vector más alto con la primera y segunda componente ([Tabla 6](#)).

En conclusión, esta serie de caracteres morfológicos seleccionados para el estudio permitieron obtener una buena discriminación entre las 30 plantas de las tres localidades estudiadas, observándose una clara discriminación en el total de las plantas para cada localidad ([Figura 1](#)).

**Tabla 5**  
Agrupación de los caracteres evaluados en componentes principales

Carácter /Componente	C1	C2	C3	C4
Color predominante del follaje	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Color predominante del envés	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Color secundario del envés	0,8345	0,502	0,0666	0,1508
Color predominante del haz	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Color secundario del haz	-0,4229	0,887	0,0298	0,1091
Distribución color secundario del haz	-0,4229	0,887	0,0298	0,1091
Color borde de los folíolos	-0,0485	0,968	0,0516	0,1533
Borde de los folíolos	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Color predominante de los folíolos	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Color secundario de los folíolos	0,7225	-0,6832	-0,0045	-0,0511
Distribución color secundario de los folíolos	0,7225	-0,6832	-0,0045	-0,0511
Color predominante pulpa de los colinos	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Color predominante superficie de raíz reservante	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Color secundario superficie raíz reservante	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Distribución color secundario superficie de raíz reservante	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Distribución color de pulpa de los colinos	0,9916	0,0207	0,0471	0,0856
Altura de planta	-0,7664	-0,3070	-0,0401	-0,0513
Longitud de lámina foliar	-0,4155	-0,1853	0,5328	0,4598
Ancho de lámina foliar	-0,4897	-0,2125	0,4261	0,4671
Longitud de peciolo	-0,5446	-0,4281	0,0744	-0,1798
Ancho de peciolo	-0,7393	-0,3504	0,2092	0,1695
Número de colinos/planta	-0,242	0,0408	0,2643	0,0211
Número de raíces	0,0071	0,2723	0,7715	-0,4463
Número raíces reservantes útiles	0,2558	-0,1024	0,8102	-0,3162
Longitud raíz reservante	-0,3224	-0,2016	-0,0802	0,3199
Ancho raíz reservante	-0,2526	-0,0739	0,2533	0,6321
Diámetro corazón central	-0,2274	-0,7524	-0,0628	0,3176
Rendimiento/planta	0,1050	0,2900	-0,1816	0,2917

Blas et al. (2008) usaron caracteres vegetativos y florales para separar especies del género *Arracacia* (*A. elata*; *A. incisa*; *A. equatorialis* y *A. xanthorrhiza*) concluyendo que se forman tres grupos distinguibles, el primero constituido por tres poblaciones de *A. elata*, el segundo con tres poblaciones de *A. incisa* y el tercer grupo incluye seis poblaciones de *A. equatorialis* más *A. xanthorrhiza*. Esto último debido probablemente al flujo de genes entre las dos especies y la formación de híbridos viables. Con base en este estudio, los autores recomendaron 28 caracteres útiles en la separación de especies de *Arracacia*.

En Colombia, Rosso et al. (2014) realizaron caracterizaciones morfológicas, agronómicas y genéticas de materiales cultivados y endémicos de *Arracacia*, concluyendo que los materiales muestran una alta variabilidad entre ellos, con un 74% de la variabilidad explicada por los primeros cinco componentes principales. Resultando esta colección mucho más variable que nuestros materiales. Vásquez et al. (2008) determinaron la variabilidad cualitativa y cuantitativa existente en otra colección colombiana (Tolima, Huila, Boyacá, Cauca) de *A. xanthorrhiza*, y caracterizaron morfológicamente 62 accesiones a través de 28 descriptores cualitativos y 13 cuantitativos. En la colección evaluada existe amplia variabilidad cualitativa y cuantitativa con niveles de similitud entre 37 % y 86 %. El 100 % de las características cualitativas presentó variabilidad, indicando que existen diferentes arreglos para estas variables a nivel de genotipos, por lo que es posible obtener combinaciones de caracteres deseables en un mismo material. En las características cuantitativas se observó también amplia variabilidad, lo que le confiere gran valor como material genético base para programas de mejoramiento de la especie *A. xanthorrhiza*.

**Tabla 6**

Valores Eigen de las tres primeras variables canónicas, porcentaje de variabilidad explicado por cada una de ellas y porcentaje acumulado de la variación

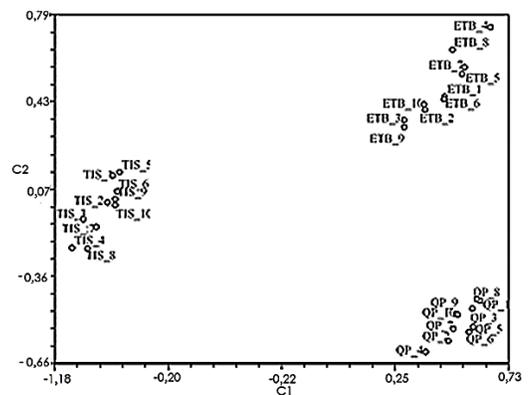
Variable Canónica	Valor Eigen	Porcentaje	Acumulado
1	14,13	50,46	50,46
2	4,96	17,72	68,19
3	1,97	7,05	75,25

primeros componentes principales (ETB= Baños TIS = Tisaleo; QP= Pillaro).

Seminario y Valderrama (2004) describieron la variabilidad morfológica y distribución geográfica de una colección de arracacha de Perú y establecieron las zonas de mayor variabilidad de morfotipos

en el país con base en 17 descriptores cualitativos. Se han reportado caracterizaciones moleculares en bancos de germoplasmas. Estos autores, igualmente registraron y sistematizaron información etnobotánica y económica sobre la arracacha peruana. Existen cinco cultivares: "amarilla", "blanca", "pata de pavo", "morada" y "chigripaña" y en los últimos 50 años se perdieron otros cinco.

De los cinco cultivares registrados, tres pertenecen a la forma hortícola blanca, uno a la forma hortícola amarilla y uno a la forma blanco con lila. Las características morfológicas de mayor variación fueron: color del ápice del peciolo, color de la base del peciolo y color de la vaina del peciolo.



**Figura 1.** Representación de 30 plantas con 39 caracteres morfoméricos, de acuerdo con los dos.

Otros estudios, han aprovechado la información disponible en cuanto a diferencias morfológicas, particularmente entre especies, para caracterizar los genotipos mediante el uso de marcadores moleculares. Así, Morillo et al. (2014) y Morillo y Second (2016) utilizaron el análisis de polimorfismos en AFLPs de regiones no codificadoras de cloroplastos y determinaron que se podría establecer la hipótesis de que la domesticación de la arracacha en Ecuador pudo derivarse de la forma silvestre y que actualmente existen dos grupos de cultivares bien distinguibles a nivel molecular.

**4. Conclusión**

Mediante el estudio de los caracteres cualitativos en el germoplasma de *A. xanthorrhiza*, procedente de Ecuador, se pudo determinar que las plantas de Baños y de Quillán presentaron características similares. De acuerdo a la caracterización morfométrica del cultivo, las tres localidades tuvieron características similares en los siguientes parámetros: acumen del foliolo terminal, disección del foliolo

terminal, cerosidad del peciolo, estrías del peciolo, color secundario pulpa de los colinos, distribución color de pulpa de los colinos, distribución color secundario de pulpa de colinos, forma de raíz reservante, color secundario pulpa de raíz reservante, distribución color de pulpa de los colinos y número de folíolos/hoja.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, Dirección de Investigación por su apoyo financiero del proyecto 2443-CU-P-2015, con el cual se realizó en parte de esta investigación.

### Referencias Bibliográficas

- Barrera, V.; Tapia, C.; Montero, A. (eds.). 2004. Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y usos de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década para la investigación y el desarrollo (1993-2003). No.4 Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el desarrollo y Cooperación. Quito, Ecuador - Lima, Perú. 176 pp.
- Blas, R.; Ghislain, M.; Herrera, M.; Baudoin, J.P. 2008. Genetic diversity analysis of wild *Arracacia* species according to morphological and molecular markers. Genetic Resources Crop Evolution 55: 625–642.
- Constance, L. 1949. The South American Species of *Arracacia* (Umbelliferae) and some Related Genera. Bulletin of the Torrey Botanical Club 76(1): 39-52.
- Hermann, M. 1997. Arracacha, *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. In: Andean Roots and Tubers: Ahípa, Arracacha, Maca and Yacon. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. IPGRI, IPK, pp. 75-172.
- Knudsen, S. R.; Ørting, B.; Sørensen, M. 2006. Multiplicación y conservación de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) y ahípa (*Pachyrhizus ahípa* (Wedd.) Parodi). Botánica económica de los Andes Centrales 2006: 483-508.
- Kumar, S.; Pandey, A.K. 2013. Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. The Scientific World Journal, Article ID 162750.
- Kupper, H. 1997. Atlas de los colores. Blume (ed.). 165 pp.
- Lim, T. K. 2015. Edible medicinal and non-medicinal plants. Vol 9. Modified stem, roots and bulbs. Publisher Springer, Dordrecht.
- Liu, J.; Liu, Y.; Wang, Y.; Zhang, Z.H.; Zu, Y.G.; Efferth, T.; Tang, Z.H. 2016. The combined effects of ethylene and MeJA on metabolic profiling of phenolic compounds in *Catharanthus roseus* revealed by metabolomics analysis. Frontiers in Physiology 7: 217.
- Morillo, E.; Second, G.; Pham, J.L.; Risterucci, A.M. 2004. Development of DNA microsatellite markers in the Andean root crop arracacha: *Arracacia xanthorrhiza* Banc. (Apiaceae). Molecular Ecology Notes 4(4): 680-682.
- Morillo, E.; Second, G. 2016. Tracing the domestication of the Andean Root crop arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.): a molecular survey confirms the selection of a wild form apt to asexual reproduction. Plant Genetic Resources 15(5): 380-387.
- Murillo-Amador, B.; Rueda-Puente, E.; Troyo-Dieguez, E.; Córdoba-Matson, M., Hernández- Montiel, L.; Nieto-Garibay, A. 2015. Baseline study of morphometric traits of wild *Capsicum annuum* growing near two Biosphere reserves in the Peninsula of Baja California for future conservation management. BMC Plant Biology 15:118.
- Petrussa, E.; Braidot, E.; Zancani, M.; Peresson, C.; Bertolini, A.; Patui, S.; Vianello, A. 2013. Plant Flavonoids Biosynthesis, Transport and Involvement in Stress Responses. International Journal of Molecular Sciences 14: 14950-14973.
- Pickersgill, B. 2007. Domestication of Plants in the Americas: Insights from Mendelian and Molecular Genetics. Annals of Botany 100: 925–940.
- Rohlf, F., NTSYS-Pc. 1997. Numerical taxonomy and multivariate analysis system version 2.02e. Exeter Software. New York.
- Rosso, C.A.; Medina, C.I.; Lobo, M. 2014. Morphologic characterization and agronomic evaluation of a Colombian collection of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Disponible en: [http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/PGR/articleissue\\_132art\\_84lang\\_en.html](http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/PGR/articleissue_132art_84lang_en.html).
- Seminario J.; Valderrama, M. 2004. Variabilidad morfológica y distribución geográfica de la colección de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Arnelo 11(2): 79-104.
- Sorace, M.; Cossai, C.A.; Sorace, A. F.; Osipi, E.A.F.; Marchini, R.; R. Osipe. 2016. Morphophysiological aspects of *Selenicereus megalanthus* (K. Schum ex Vaupel) Moran. Scientific Electronic Archives 9(3): 62-66.
- Vásquez, N.; Medina, C.; Lobo, M. 2008. Caracterización morfológica de la colección colombiana (Tolima, Huila, Boyacá, Cauca) de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). Raíces Andinas 13: 165-178.
- Yang, Y.J.; Chang, W.; Huang, W.; Zhang, S.B.; Hu H. 2017. The effects of chilling-light stress on photosystems II and I in three *Paphiopedilum* species. Botanical studies 58:53.