

## ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DEL "AÑU" *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón PROCEDENTE DE NUEVE DISTRITOS DE LA REGIÓN CUSCO

### ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE "AÑU" *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón FROM NINE DISTRICTS OF CUSCO REGION

Cinthia Quispe<sup>1</sup>, Roberto Mansilla<sup>2</sup>, Américo Chacón<sup>3</sup> y Raúl Blas<sup>4</sup>

#### Resumen

El ñu es un cultivo andino subutilizado con potencialidades para su uso en la alimentación y en la industria farmacéutica debido a su capacidad antioxidante y la presencia de glucosinolatos. Sin embargo, por su bajo consumo estaría afrontando posibles problemas de pérdida de variabilidad. Por esta razón, en el presente trabajo se caracterizó y determinó la variabilidad morfológica de 89 accesiones recolectadas en 9 distritos de la Región Cusco. Los caracteres utilizados en la caracterización morfológica fueron evaluados para su uso mediante el coeficiente de variabilidad, análisis de correlación y de componentes principales, determinándose que los caracteres de la flor y de tubérculo son los que mejor evalúan la variabilidad del germoplasma utilizado. En el análisis de agrupamiento utilizando 31 caracteres se determinaron 89 morfotipos distribuidos en 4 grupos con un coeficiente de distancia de 1.45. Los grupos I y II están conformados por ñus de tubérculos de color amarillo y anaranjado, mientras que los grupos III y IV son de ñus de color rojo grisáceo, púrpura grisáceo y negro. La ausencia de duplicados, sugiere que a pesar de ser un cultivo subutilizado y que se propaga vegetativamente, el ñu aún mantiene una amplia variabilidad morfológica en la Región Cusco.

**Palabras clave:** Ñu, mashua, *Tropaeolum tuberosum*, análisis de variabilidad, caracterización morfológica.

#### Abstract

Ñu is an underutilized Andean crop. Its tuber has the potentiality to be used in the food and pharmaceutical industries due its glucosinolates content and antioxidant capacity. However, ñu could be facing potential problems such as loss of variability due to low consumption. For this reason, in this study 89 accessions collected from 9 districts in the Cusco region were characterized and their morphological variability was determined. The characters used in the morphological characterization were assessed for use their by the coefficient of variability, correlation and principal component analysis. The flower and tubers characters best assess the variability of the germplasm. In the cluster analysis using 31 characters, 89 morphotypes were determined distributed into 4 groups with a distance coefficient of 1.45. Groups I and II have yellow and orange tubers, while Groups III and IV have red gray, purple gray and black tubers. The absence of duplicates, suggests that despite its clonal reproduction and its underutilization, ñu still maintains a wide morphological variability in Cusco Region.

**Key words:** Ñu, mashua, *Tropaeolum tuberosum*, variability analysis, morphological characterization.

#### Introducción.

El ñu es un tubérculo originario de la región andina central y es catalogado como el cuarto en importancia en esta zona, después de la papa, Oca y Olluco, siendo cultivado en los andes de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela (Gibbs *et al.*, 1978). Desde el punto de vista agronómico es muy rústico ya que en la zona andina se cultiva en suelos pobres, sin uso de fertilizantes ni pesticidas, y aun en estas

condiciones, sus rendimientos superan a los de la papa. Además, de ser tolerante a las heladas, también tiene capacidad fungicida, nematocida e insecticida, debido a los glucosinolatos y sus derivados los isotiocianatos (Ortega *et al.*, 2006) presentes en toda la planta. El origen de estas cualidades agronómicas, puede deberse a que el ñu ha evolucionado en las zonas más inhóspitas para la agricultura ya que los pobladores precolombinos hicieron un uso eficiente de



**Figura 1.** Mapa de la Región Cusco donde se muestra sombreado en verde las provincias de los distritos de donde provienen las accesiones de ñu analizadas.

las tierras marginales (King, 1987). Nutricionalmente es un cultivo importante, por su alto contenido de vitamina C y proteínas, el cual supera al de la leche materna (Espinoza *et al.*, 1999). Existen muchos reportes experimentales de propiedades medicinales del ñu que son resultado de la presencia de glucosinolatos y sus derivados principalmente de *p*-methoxybenzylisothiocyanate (Johns *et al.*, 1982), y de Bencil-isotiocianato, siendo este último un agente anticancerígeno, que actúa eficazmente contra una amplia gama de células tumorales (Hasegawa *et al.*, 1992; Pintao *et al.*, 1995). Así mismo, el ñu comparado con la papa, el olluco, y la oca presenta una mayor capacidad antioxidante, con alto contenido de antocianinas y carotenoides (Campos *et al.*, 2006). Atributos que hacen del ñu un cultivo con un gran potencial, y que podrían ser utilizados en la mejora para la resistencia a plagas, la industria farmacéutica y en la nutrición.

Actualmente, los pobladores andinos más pobres lo usan en su alimentación y forma parte de su cultura, y junto con la papa, la oca y el olluco son importantes para su subsistencia. Es precisamente en las parcelas de dichos agricultores donde la diversidad del ñu aún se conserva, sin embargo, en zonas donde se han introducido cultivos con mayor demanda del mercado o la actividad agrícola, viene siendo reemplazado por otros económicamente más rentables, por ello, la diversidad de este cultivo viene disminuyendo.

En la actualidad no existe un grupo de caracteres morfológicos que puedan ser utilizados como

descriptores estandarizados para el estudio de la diversidad del ñu, y las pocas investigaciones realizadas indican a la Región Cusco como la zona que estaría albergando la mayor variabilidad de este cultivo. En consecuencia en este trabajo se han determinado los caracteres morfológicos que evalúan mejor la variabilidad morfológica y que podrían formar parte de una lista de descriptores para el estudio de la diversidad de ñu. Así mismo, se ha realizado el análisis de la variabilidad morfológica del germoplasma de ñu proveniente de 9 distritos alto andinos de la Región Cusco.

### **Materiales y métodos.**

#### Área de Estudio y Material vegetal.

El material vegetal utilizado proviene de un jardín de conservación ubicado en la comunidad campesina de Viacha, Distrito de Pisac a 3800 m de altitud, a 13° 21' 40" de latitud sur, 71° 49' 28" de longitud Oeste. Dicho material fue recolectado en nueve distritos de la Región Cusco (Tabla 1 y Figura 1).

#### Manejo de campo.

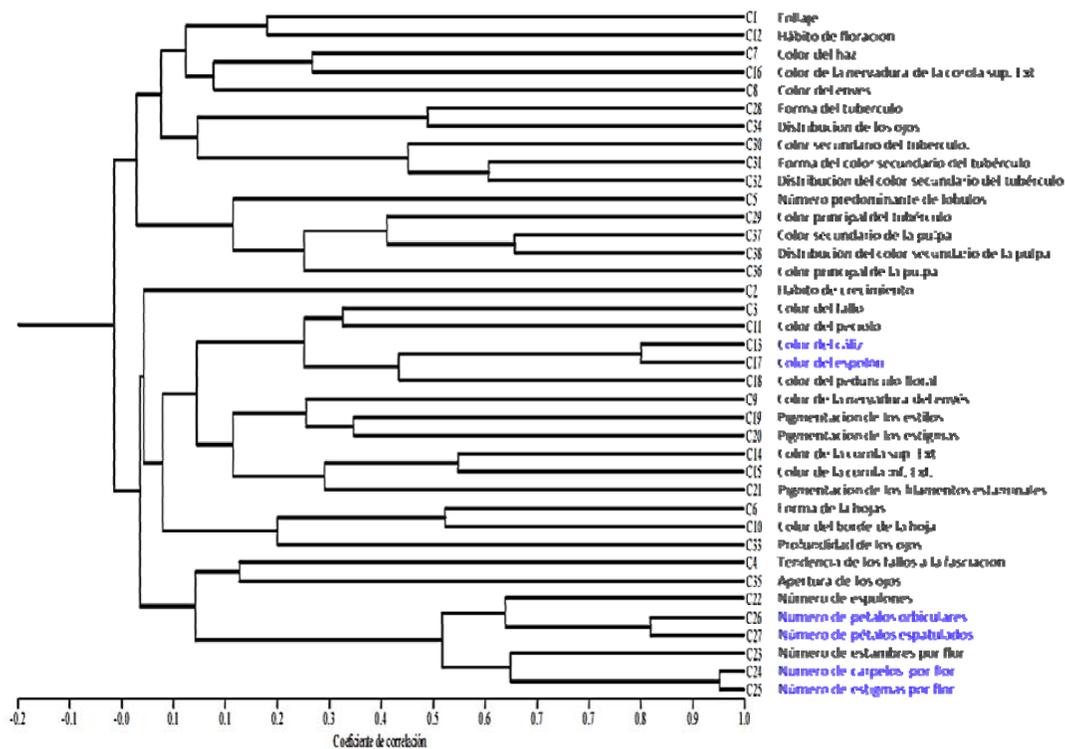
Se realizó siguiendo las prácticas tradicionales de la comunidad de Viacha, motivo por el cual la parcela experimental y el agricultor conservacionista encargado del manejo fue designado por la misma comunidad campesina. La siembra, labores culturales y de cosecha se realizaron de acuerdo al calendario astronómico andino reportado por Moscoso (2007). Por ser el ñu un cultivo rastrero con tallos y peciolos volubles capaces de trepar a cualquier tipo de apoyo, se realizaron modificaciones en las medidas de las parcelas tradicionales, con la finalidad de facilitar la evaluación morfológica (Anexo 1). Se sembraron 3 repeticiones por accesión a un distanciamiento de 30 cm en surcos de 90 cm de largo colocando dos ó tres semillas vegetativas por cada repetición (Anexo 2). El primer aporque se realizó a los 102 días y tuvo la finalidad de abrir un canal entre los surcos y eliminar los arvenses; el segundo se efectuó a los 30 días después del primero con el propósito de favorecer un mayor desarrollo de estolones y la tuberización. La cosecha se realizó a los 240 días después de la siembra.

#### Análisis de caracteres morfológicos.

Los caracteres utilizados (Anexo 3) fueron seleccionados a partir de los empleados por Durand (2005) y Moscoso (2007), eliminando aquellos que no presentaban variación o no mostraron uniformidad dentro de una misma planta (Tabla 2). Además, se determinaron los coeficientes de variación, y se efectuaron los análisis de correlación de Pearson y de Componentes Principales con el paquete estadístico NTSYS-pc versión 2.1 (Rohlf, 2000).

**Tabla 1.** Registro de los datos pasaporte de las 89 accesiones de año recolectadas en 9 Distritos de la Región Cusco, que fueron utilizados como material vegetal.

Identificación	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Altitud	Latitud Sur	Longitud Oeste	Nombre Común
ACC 002	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Soqo Ninrin
ACC 003	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Sayllaseray
ACC 004	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Oqe Puma
ACC 005	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yana Soqo
ACC 007	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Oqe Puma Maqui
ACC 008	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Asno Wañuchi
ACC 009	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Sayllaseray
ACC 010	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Taruka Asta
ACC 011	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Zapallo Chupasapa
ACC 012	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yana Ñahui
ACC 013	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Urpi Runtu
ACC 014	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Marcos
ACC 017	Cusco	Calca	Lamay	Huarqui	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Zapallo
ACC 018	Cusco	Calca	Lamay	Huilloc	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Q'ello Qasqa
ACC 019	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Q'ello Pitiqiña
ACC 021	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yana Pitiqiña
ACC 022	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Nu'tu Yanañahui
ACC 024	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Mac'tillo
ACC 025	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Oqe Taruka Asta
ACC 026	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Q'ello Año
ACC 027	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yana Ruckii
ACC 029	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Soqo
ACC 030	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Phuña Año
ACC 031	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Año Inca Patacahuayoc
ACC 032	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Oqe Charita
ACC 033	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Oqe Pasña
ACC 034	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Q'ello Waca Waqra
ACC 035	Cusco	Calca	Lamay	Huilloc	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Oqe Waca Waqra
ACC 036	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yurac Pusqo
ACC 037	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Zanahoria
ACC 038	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Platano Año
ACC 039	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yurac Yanañahui
ACC 040	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Waca Waqra
ACC 041	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yana Zanahoria
ACC 042	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yawar Wacac
ACC 043	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yana Oqe Pitiqiña
ACC 044	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Q'ello Zanahoria
ACC 045	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yurac Mestiza
ACC 046	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Q'ello Qachun Wacachi
ACC 047	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yurac Pusi
ACC 049	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Qasqa
ACC 050	Cusco	Urubamba	Chincheros	Yanacona	3 733	13°23'42,3"	72°05'0,21"	Nahuisapa
ACC 051	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Oqe año
ACC 052	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Yana año
ACC 053	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	K'upa año
ACC 054	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Waca waqra
ACC 055	Cusco	Urubamba	Chincheros	Yanacona	3 733	13°23'42,3"	72°05'0,21"	Jsutii
ACC 056	Cusco	Calca	Chincheros	Viacha	4 200	13° 21' 40"	71° 49' 28"	Fruilla
ACC 058	Cusco	Urubamba	Chincheros	Yanacona	3 733	13°23'42,3"	72°05'0,21"	Yana año
ACC 059	Cusco	Calca	Pisac	Viacha	4 200	13° 21' 40"	71° 49' 28"	Puka Cheqche
ACC 060	Cusco	Calca	Pisac	Viacha	4 200	13° 21' 40"	71° 49' 28"	Q'ello suyt'u año
ACC 061	Cusco	Calca	Pisac	Viacha	4 200	13° 21' 40"	71° 49' 28"	Yurac suyt'u año
ACC 062	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	waca waqra
ACC 064	Cusco	Urubamba	Chincheros	Yanacona	3 733	13°23'42,3"	72°05'0,21"	Piña año
ACC 065	Cusco	Urubamba	Chincheros	Yanacona	3 733	13°23'42,3"	72°05'0,21"	Asno huañuchi
ACC 066	Cusco	Calca	Pisac	Amaru	3 500	13° 23' 00"	71° 50' 00"	Waca asta
ACC 067	Cusco	Urubamba	Chincheros	Yanacona	3 733	13°23'42,3"	72°05'0,21"	Yawar waqac
ACC 068	Cusco	Calca	Pisac	Amaru	3 500	13° 23' 00"	71° 50' 00"	Inca año
ACC 069	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Amarillo
ACC 070	Cusco	Urubamba	Chincheros	Yanacona	3 733	13°23'42,3"	72°05'0,21"	Platano año
ACC 071	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Lisas año
ACC 072	Cusco	Calca	Pisac	Amaru	3 500	13° 23' 00"	71° 50' 00"	Zapallo
ACC 073	Cusco	Calca	Pisac	Amaru	3 500	13° 23' 00"	71° 50' 00"	Yawar waqac
ACC 074	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13° 07' 00"	71°35'00"	Rumucha año
ACC 075	Cusco	Urubamba	Chincheros	Yanacona	3 733	13°23'42,3"	72°05'0,21"	Zapallo año
ACC 076	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Chupasapa año
ACC 077	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Q'ello Chupasapa
ACC 078	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Che'qche Paspas año
ACC 079	Cusco	Chumbivilcas	Velille y santomas	Velille y santomas	3 360	14°27'03"	72°04'57"	No definido
ACC 081	Cusco	Espinar	Yauri	Machupueste espinar	3 927	14°48'05"	71°25'42"	No definido
ACC 082	Cusco	Espinar	Yauri	Machupueste espinar	3 927	14°48'05"	71°25'42"	No definido
ACC 083	Cusco	Espinar	Yauri	Machupueste espinar	3 927	14°48'05"	71°25'42"	No definido
ACC 085	Cusco	Espinar	Yauri	Chañi pichigua espinar	3 927	14°48'05"	71°25'42"	No definido
ACC 086	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Zapallo año
ACC 087	Cusco	Calca	Pisac	Viacha	4 200	13° 21' 40"	71° 49' 28"	Yana ñahui
ACC 088	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	Paucartambo	3 020	13°07'00"	71°35'00"	Yana ñahui
ACC 089	Cusco	Calca	Pisac	Amaru	3 500	13° 23' 00"	71° 50' 00"	Yana ñahui
ACC 091	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11"	yana ñahui cheqche
ACC 092	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11"	yana waca waqra
ACC 093	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3 692	13°20'14,3"	71°52'11"	Cheqche año
ACC 095	Cusco	Paucartambo	Collquepata	Miskawara	3 020	13°19'12"	71°35'34"	Yana tata año
ACC 096	Cusco	Paucartambo	Collquepata	Miskawara	3 020	13°19'12"	71°35'34"	Yana ñahui
ACC 098	Cusco	Paucartambo	Collquepata	Miskawara	3 020	13°19'12"	71°35'34"	Okuko maki
ACC 099	Cusco	Canchis	San pablo	Santa Barbara	3 486	14°12'00"	71°14'12"	No definido
ACC 100	Cusco	Canchis	San pablo	Santa Barbara	3 486	14°12'00"	71°14'12"	No definido
ACC 101	Cusco	Canchis	San pablo	Santa Barbara	3 486	14°12'00"	71°14'12"	No definido
ACC 103	Cusco	Canas	Layo	Layo	4 115	14°13'05"	71°25'54"	No definido
ACC 104	Cusco	Canas	Layo	Layo	4 115	14°13'05"	71°25'54"	No definido
ACC 105	Cusco	Canas	Layo	Layo	4 115	14°13'05"	71°25'54"	No definido



**Figura 2.** Dendrograma del análisis correlación de caracteres morfológicos.

**Caracterización Morfológica.**

La caracterización morfológica se realizó en dos etapas: en plena floración (con caracteres de la parte aérea de la planta) y después de la cosecha (con caracteres de tubérculos), con ayuda de la carta de colores de la Royal Horticultural Society (RHSCC). En la primera etapa se evaluaron 3 plantas por cada accesión a los 172 días después de la siembra, cuando más del 50% de las plantas se encontraban en floración. La segunda fue inmediatamente después de la cosecha evaluando 5 tubérculos por cada accesión. En el estudio de la variabilidad morfológica se utilizó el coeficiente de distancia taxonómica y para la construcción del fenograma se empleó el método de agrupamiento promedio UPGMA (Sokal & Michener, 1958).

**Resultados.**

Análisis de los caracteres morfológicos.

De los 44 caracteres morfológicos estudiados seis fueron excluidos para la caracterización morfológica (Tabla 2) porque en las evaluaciones preliminares no presentaron variación en el germoplasma (la forma del tallo, pubescencia y enroscamiento del tallo) ni uniformidad en una misma planta (el color del follaje, de la estípula y el color de los pétalos). Para determinar los caracteres que no contribuyen en la variación se calcularon los coeficientes de

variabilidad, siendo la tendencia de los tallos a la fasciación, la forma de hojas, el color del envés y del borde de las hojas, no considerados para el análisis de variabilidad morfológica por presentar valores inferiores al 20 % (López *et al.*, 2008). Con el análisis de correlación de Pearson (Figura 2), se consideraron caracteres altamente correlacionados: el color del espolón con el color del cáliz, el número de estigmas con el número de carpelos, y el número de pétalos espatulados con el número de pétalos orbiculares; por presentar valores superiores al 70 % (López *et al.*, 2008); de los cuales, para el análisis de variabilidad solo se consideró al color del cáliz, el número de estigmas y el número de pétalos orbiculares por su fácil observación. En el Análisis de Componentes Principales se observó que los 14 primeros componentes estarían explicando solamente el 75% de la variación total, y presentan valores propios superiores a 1 (Tabla 3). Asimismo, en la Tabla 4 se presenta la contribución relativa de los caracteres a la variabilidad por medio de sus factores de carga; los factores de carga de mayor valor absoluto (Superior a 0.46) fueron: abundancia de follaje, color del tallo, número predominante de lóbulos por hoja, color del haz de la hoja, color del peciolo, hábito de floración, color del cáliz, color de la corola superior externa, color de la corola inferior externa, color de la nervadura de la corola superior externa, color del

espolón, color de la nervadura de la corola superior externa, color del espolón, color del pedúnculo floral, pigmentación de los estigmas, pigmentación de los filamentos estaminales, número de espolones, número de estambres por flor, número de carpelos, número de estigmas por flor, número de pétalos orbitales, número de pétalos espatulados, color principal del tubérculo, forma del color secundario del tubérculo, distribución del color secundario, color principal de la pulpa, color secundario de la pulpa, distribución del color secundario de la pulpa y apertura de los ojos del tubérculo.

Análisis de la variabilidad morfológica de 89 accesiones de año.

El análisis de agrupamiento generó 89 morfotipos estructurados en cuatro grupos a un coeficiente de distancia de 1.45, sin la presencia de duplicados (Figura 3). Como se observa en la Tabla 5, todas las accesiones del grupo I presentan color secundario del tubérculo y se subdividen en 3 subgrupos; el subgrupo IA.1 conformado por 38 accesiones que presentan tubérculos de color amarillo y amarillo anaranjado, con pulpa de color anaranjado; el subgrupo IA.2 integrado por 27 accesiones con tubérculos de color blanco amarillento, amarillo claro y amarillo, con pulpa de color blanco, amarillo claro y amarillo; y el subgrupo IB con una sola accesión de tubérculo y pulpa de color anaranjado. El grupo II está constituido por 11 accesiones que presentan tubérculos de color amarillo claro, amarillo y amarillo anaranjado, sin color secundario. El grupo III constituido por 9 accesiones con tubérculos de color púrpura grisáceo y rojo grisáceo con color secundario irregularmente distribuido. El grupo IV está conformado por 3 accesiones con tubérculos de color púrpura grisáceo y negro sin color secundario a excepción de la accesión 58 que presenta color secundario en forma de bandas.

**Tabla 2.** Caracteres morfológicos utilizados en el estudio.

Estructura	Caracteres morfológicos	Coefficiente variabilidad	Estado de uso
Follaje	Abundancia	0.425	Utilizado
	Color		*
	Hábito de crecimiento	0.356	Utilizado
Tallo	Forma		*
	Color	0.325	Utilizado
	Fasciación	0.175	**
	Pubescencia		*
	Enroscamiento		*
	Número predominante de lóbulos por hoja	0.394	Utilizado
	Forma	0.145	**
Hoja	Color del haz	0.311	Utilizado
	Color del envés	0.104	**
	Color de la nervadura del envés	0.338	Utilizado
	Color del borde de la hoja	0.075	**
	Color del peciolo	0.286	Utilizado
	Color de la estipula		*
	Hábito de floración	0.458	Utilizado
	Color de pétalos		*
	Color del cáliz	0.393	Utilizado
	Color de la corola superior externa	0.33	Utilizado
Flor	Color de la corola inferior externa	0.32	Utilizado
	Color de la nervadura de la corola superior externa	0.389	Utilizado
	Color del espolón	0.389	***
	Color del pedúnculo	0.326	Utilizado
	Pigmentación de los estilos	2.757	Utilizado
	Pigmentación de los estigmas	1.19	Utilizado
	Pigmentación de los filamentos estaminales	0.635	Utilizado
	Número de espolones	0.362	Utilizado
	Número de estambres	0.342	Utilizado
	Número de carpelos	0.726	***
	Número de estigmas	0.716	Utilizado
	N° de pétalos orbitales	0.252	Utilizado
	N° de pétalos espatuados	0.252	***
Tubérculo	Forma	0.394	Utilizado
	Color principal	0.549	Utilizado
	Color secundario	0.547	Utilizado
	Forma del color secundario	0.601	Utilizado
	Distribución del color secundario	0.544	Utilizado
	Profundidad de los ojos	0.266	Utilizado
	Distribución de los ojos	0.28	Utilizado
	Apertura de los ojos	0.335	Utilizado
	Color principal de la pulpa	0.421	Utilizado
	Color secundario de la pulpa	0.957	Utilizado
Distribución del color secundario	0.839	Utilizado	

\* Caracteres que fueron descartados en las evaluaciones preliminares por no ser uniformes en el germoplasma o presentar variación en una misma planta.

\*\* Caracteres que fueron descartados por presentar baja variación en el germoplasma.

\*\*\* Caracteres que fueron descartados por estar correlacionados a otros de más fácil evaluación.

### Discusión.

De los 44 caracteres estudiados en el germoplasma, seis de ellos no presentaron variación, o no mostraron estabilidad dentro de una misma planta, por lo que fueron descartados para la evaluación. Es posible que dichos caracteres no muestren variabilidad ni estabilidad en caracterizaciones posteriores de años de la Región Cusco. Los caracteres que mostraron coeficientes de variabilidad inferiores al 20% (Tabla 2), de acuerdo a lo recomendado por López *et al.* (2008), tampoco fueron considerados para la caracterización, sin embargo, se sugiere que el uso de dichos caracteres debe ser evaluado previamente en futuros trabajos de caracterización. Así mismo, mediante el análisis de correlación se eliminaron otros tres caracteres por estar altamente correlacionados cada uno de ellos con otros caracteres de más fácil observación (Figura 2).

En el análisis de componentes principales, se observa que de los caracteres que no fueron descartados (Tablas 2 y 4), 25 de ellos son los de mayor contribución a la variación total (por medio de sus factores de carga superiores a 0.46 en los 14 primeros componentes); 12 de los cuales son de la flor, 8 del tubérculo, 3 de la hoja, 1 del tallo y 1 del follaje (Tabla 4). Sin embargo, en una caracterización previa de años realizada por Gaspar (1998), no utilizaron caracteres de la flor, reportando que mejor evalúan la variación dentro de su germoplasma los caracteres de tubérculo, tallo y hoja. Igualmente, Durand (2005), reportó como mejores a los caracteres de tallo, hoja y tubérculo. Teniendo en cuenta que la mayoría de los caracteres del primero y segundo componente corresponden a los de la flor, se recomendaría que estos sean considerados para formar parte de una futura lista de descriptores de año.

Respecto al origen de la mayor variabilidad presente en los caracteres de los tres primeros componentes (de la flor, color secundario del tubérculo y del color de la pulpa,) que se observan sombreados de colores en la Tabla 5, podría deberse a la poca importancia que los agricultores dan a dichos caracteres durante la selección de sus semillas para la siembra, y al flujo de genes producto de la convivencia del año con sus parientes silvestres que podría estar ocurriendo en las zonas de estudio. El escaso interés por los caracteres del color de tubérculo del año en la selección, reflejaría su uso principal para el autoconsumo y como alimento de animales, para los cuales el aspecto del producto es poco importante.

En el análisis de componentes principales la variación acumulada en el tercer componente fue de 30% (Tabla 3), mientras que Durand (2005) también para el año reporta 47.87%, sin embargo, en trabajos equivalentes realizados en papa (*Solanum* spp.) se obtuvieron valores de 79.12% (Borrego *et al.*, 1999) y en tejojote (*Crataegus* spp.) 59.77% (López *et al.*, 2008). Los valores de variación acumulada obtenidos

son más bajos en los trabajos con el año, lo que se explicaría por la elevada variabilidad y el escaso agrupamiento del germoplasma, además, que el conjunto de caracteres utilizados estarían evaluando y diferenciando efectivamente a la mayor parte del germoplasma de año.

En el análisis de la variabilidad realizado a las 89 accesiones de año no se encontraron duplicados (Figura 2), que hace suponer que exista una alta variabilidad morfológica en este cultivo. Estos resultados coinciden con la evaluación realizada por Moscoso (2007), quien utilizando 80 descriptores morfológicos y agronómicos no encontró duplicados en las accesiones de Cusco. La amplia variabilidad morfológica del cultivo de año es también reportada por diferentes investigadores quienes caracterizaron años provenientes de diferentes zonas del Perú, Ecuador y Bolivia (Olivera, 1968; Ponce, 1995; Gonza, 1998; Durand, 2005). El origen de la elevada variabilidad morfológica del año podría explicarse porque a pesar de propagarse vegetativamente aún mantiene su reproducción sexual (Grau *et al.*, 2003), lo cual, sumado a la forma de manejo de la semilla asexual que realizan los agricultores tradicionales quienes acostumbran mezclar sus cultivares; esto podría estar influenciando en la estructura y diversidad genética de este cultivo. Particularmente si el año todavía es capaz de reproducirse sexualmente, no se excluye que los agricultores mantengan los genotipos provenientes de la reproducción sexual y los utilizan para la propagación vegetativa, como en caso de la yuca (Elias *et al.*, 2001) o las papas andinas (Quirós *et al.*, 1992). Este tipo de costumbres da como resultado, nuevos genotipos y fenotipos que son producidos y

**Tabla 3.** Análisis de Componentes Principales.

Componente Principal	Valores propios	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	5.0634436	13.3249	13.3249
2	3.7057156	9.7519	23.0767
3	2.81752114	7.4145	30.4913
4	2.53893322	6.6814	37.1727
5	2.11716551	5.5715	42.7442
6	1.96583682	5.1733	47.9174
7	1.69958775	4.4726	52.39
8	1.60141295	4.2142	56.6043
9	1.51677701	3.9915	60.5958
10	1.3158122	3.4627	64.0584
11	1.13516907	2.9873	67.0457
12	1.08953381	2.8672	69.9129
13	1.08262745	2.849	72.7619
	1.02437857	2.6957	75.4577
15	0.93617958	2.4636	77.9213
16	0.82378792	2.1679	80.0892
17	0.80918815	2.1294	82.2186
18	0.75962148	1.999	84.2176
19	0.70719344	1.861	86.0786
20	0.62839825	1.6537	87.7323

Se indica sombreado el componente a partir del cual el valor propio es superior a 1 y el porcentaje acumulado superior a 75%.

**Tabla 4.** Matriz factorial para los 14 primeros Componentes Principales.

Caracteres	Factores de carga en cada uno de los componentes													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Abundancia del follaje	0.18	0.15	0.18	0.1	0.17	0.26	0.52	0.04	0.25	0.27	0.11	0.17	0.15	0.06
2. Hábito de crecimiento	0.09	-0.14	0.22	-0.08	-0.39	0.35	0.18	-0.25	-0.15	-0.04	-0.14	-0.32	0.35	0.13
3. Color del tallo	0.20	-0.46	-0.07	0.04	-0.04	-0.37	-0.15	-0.17	0.30	0.01	0.18	-0.30	0.24	0.19
4. Tendencia de los tallos a la fasciación *	-0.18	0.03	-0.09	-0.2	0.21	0.05	0.26	0.07	-0.27	0.46	0.22	-0.22	-0.43	0.13
5. Número predominante de lóbulos por hoja	0.01	0.15	-0.25	-0.13	0.07	-0.45	-0.35	0.38	0.07	0.04	-0.26	0.00	-0.12	0.28
6. Forma de las hojas *	-0.12	-0.15	-0.4	0.39	-0.02	0.34	-0.4	-0.23	-0.22	0.12	-0.08	0.18	0.00	0.15
7. Color del haz	0.00	-0.02	0.06	-0.11	0.76	0.00	-0.07	-0.04	0.04	-0.06	-0.14	-0.11	-0.18	0.10
8. Color del envés*	-0.13	-0.22	0.31	0.12	0.23	-0.03	0.36	-0.07	-0.39	-0.31	-0.22	0.20	0.08	0.18
9. Color de la nervadura del envés	0.01	-0.22	-0.21	-0.22	-0.16	0.29	0.16	0.35	-0.14	-0.19	-0.38	-0.07	-0.13	-0.25
10. Color del borde de la hoja *	-0.12	-0.15	-0.35	0.27	0.14	0.27	-0.05	-0.43	0.00	-0.01	-0.11	0.21	-0.12	0.40
11. Color del peciolo	-0.07	-0.51	0.15	0.18	0.09	-0.39	0.02	0.02	-0.23	-0.12	0.18	-0.18	0.01	0.15
12. Hábito de floración	-0.04	0.14	-0.06	-0.15	0.47	-0.07	0.17	-0.13	0.53	0.14	-0.14	-0.02	0.07	-0.18
13. Color del cañiz	0.06	-0.75	-0.28	-0.09	0.07	0.02	0.09	-0.02	0.24	-0.21	0.12	0.12	-0.09	-0.08
14. Color de la corola superior externa	0.02	-0.39	-0.15	-0.53	-0.1	-0.03	-0.3	0.05	-0.39	0.17	0.02	0.02	0.11	-0.09
15. Color de la corola inferior externa	0.15	-0.22	-0.47	-0.42	0.19	0.02	-0.22	-0.09	-0.26	0.22	0.11	0.07	0.26	-0.23
16. Color de la nervadura de la corola superior externa	0.26	0.07	-0.27	0.15	0.52	0.12	0.08	-0.20	-0.15	-0.07	-0.05	-0.08	0.06	-0.07
17. Color del espólon *	-0.11	-0.72	-0.23	-0.17	-0.04	0.01	-0.02	0.07	0.29	-0.15	0.02	0.32	-0.06	-0.14
18. Color del pedúnculo floral	0.12	-0.59	-0.06	0.07	0.13	-0.15	0.07	-0.15	0.03	-0.32	0.26	-0.18	-0.19	-0.11
19. Pigmentación de los estilos	-0.16	-0.18	-0.2	-0.4	-0.25	0.33	0.21	0.20	0.25	-0.15	-0.07	-0.18	-0.21	0.36
20. Pigmentación de los estigmas	-0.22	-0.46	-0.12	-0.3	0.08	0.26	0.20	0.16	0.07	0.17	-0.02	0.24	0.17	0.15
21. Pigmentación de los filamentos estaminales	0.06	0.05	-0.16	-0.6	0.32	0.27	-0.13	0.02	0.07	0.08	-0.02	-0.23	0.20	0.14
22. Número de espolones	-0.73	0.22	-0.04	-0.04	-0.05	-0.20	0.04	-0.02	0.07	0.05	0.04	0.23	-0.04	-0.24
23. Número de estambres por flor	-0.77	-0.18	-0.01	-0.08	-0.12	-0.15	0.00	-0.06	-0.08	-0.13	-0.04	0.17	0.07	0.17
24. Número de carpelos *	-0.80	-0.04	0.17	-0.15	0.29	-0.12	0.10	0.00	-0.13	-0.06	-0.08	-0.11	0.21	-0.01
25. Número de estigmas por flor	-0.79	-0.03	0.18	-0.08	0.34	-0.11	0.09	-0.01	-0.11	-0.13	-0.08	-0.06	0.21	-0.10
26. Número de pétalos orbiculares	-0.73	0.27	-0.1	-0.29	-0.24	-0.08	0.10	-0.12	0.05	0.01	0.15	-0.03	-0.01	0.13
27. Número de pétalos espaltados*	-0.73	0.24	-0.06	-0.24	-0.19	-0.21	0.04	-0.06	0.04	0.00	0.07	0.03	-0.10	0.06
28. Forma del tubérculo	0.39	0.41	0.09	-0.34	0.22	-0.09	-0.20	0.03	0.04	-0.29	0.16	0.23	0.00	0.24
29. Color principal del tubérculo	0.17	0.18	-0.54	0.2	0.09	-0.08	0.37	0.38	-0.27	-0.11	0.30	0.06	0.07	0.00
30. Color secundario del tubérculo	0.46	-0.13	0.34	-0.34	-0.09	-0.25	0.04	-0.29	-0.03	-0.02	-0.42	0.10	-0.16	-0.10
31. Forma del color secundario del tubérculo	0.51	-0.13	-0.01	-0.13	-0.01	-0.47	0.35	0.03	-0.14	0.18	-0.05	0.11	0.04	0.19
32. Distribución del color secundario	0.66	-0.02	0.13	-0.32	-0.08	-0.20	0.20	0.09	-0.17	0.00	-0.08	0.13	0.00	0.04
33. Profundidad de los ojos	-0.36	-0.32	-0.11	0.44	0.17	0.00	-0.05	0.32	-0.11	0.21	-0.27	-0.12	-0.21	-0.06
34. Distribución de los ojos	0.05	0.36	0.4	-0.26	0.19	0.28	-0.32	0.15	-0.14	-0.31	0.20	0.18	-0.09	0.02
35. Apertura de los ojos	-0.02	0.1	-0.06	-0.34	-0.05	0.11	0.20	-0.55	-0.21	-0.08	0.16	-0.05	-0.37	-0.17
36. Color Principal de la pulpa	0.03	0.24	-0.52	-0.05	-0.08	-0.37	0.10	-0.36	-0.02	0.16	-0.18	0.16	0.02	0.03
37. Color secundario de la pulpa	0.10	0.42	-0.68	0.09	-0.03	-0.02	0.20	0.09	-0.06	-0.32	0.02	-0.01	0.17	-0.03
38. Distribución del color secundario de la pulpa	0.04	0.44	-0.51	-0.05	-0.06	-0.08	0.05	-0.09	0.07	-0.30	-0.24	-0.26	-0.01	-0.05

Sombreados en colores se muestran los factores de carga superiores a 0.46 para cada uno de los componentes.

\* Caracteres que fueron descartados por presentar baja variabilidad o estar correlacionados.

seleccionados por los agricultores de acuerdo a las características agromorfológicas interesantes. También, otro elemento clave de los sistemas agrícolas andinos que influye en la diversidad genética y estructura de los tubérculos andinos es el intercambio de los tubérculos entre los agricultores y las comunidades, estos pueden ser por regalo, trueque, “ayni”, como forma de pago por trabajo o la compra en mercados o ferias dentro de la comunidad o comunidades vecinas, existiendo una dinámica constante de intercambio y provisión de semillas. Los agricultores pueden intercambiar las semillas a pequeña escala (dentro de un microcentro de la diversidad), o a mayor escala (ferias de biodiversidad y de los mercados) (Terrazas & Valdivia, 1998). Además, esta amplia diversidad del año podría explicarse por la convivencia de los cultivares con sus parientes silvestres y landraces que permitiría el flujo de genes y por lo tanto, la presencia de numerosos morfotipos en una pequeña zona de estudio.

En el análisis de agrupamiento se puede apreciar que dentro de los grupos I y II (años claros) existe una menor distancia (Figura 3), por tanto, una menor variabilidad que sería consecuencia de una mayor presión de selección sobre pocos caracteres. Mientras que la mayor distancia, es decir mayor variabilidad dentro de los grupos III y IV (años oscuros) sería el resultado de no estar sometidos a selección (Figura 3), sin embargo, su permanencia también podría estar

relacionada a su uso en algún tipo de tradición o a la conservación de sus caracteres dentro de los años silvestres.

### Conclusiones.

Los caracteres morfológicos cualitativos de la flor y los del color principal y secundario de tubérculo fueron los que más contribuyeron a la variación, por lo tanto, podrían ser considerados dentro de una futura lista de descriptores para la caracterización morfológica del año.

A pesar de ser el año un cultivo subutilizado, la elevada variabilidad morfológica observada en las accesiones de la Región Cusco indicaría la presencia en esta zona de un mecanismo que la genera y mantiene, el que podría estar relacionado a su reproducción sexual y a la forma del manejo de la semilla asexual que realizan los agricultores. Además, existe una mayor variabilidad dentro de los grupos de años oscuros (rojo grisáceo, púrpura grisáceo y negro) que en los claros (blanco amarillento, amarillo, amarillo claro, amarillo, amarillo anaranjado y anaranjado).

**Tabla 5.** Descripción de los grupos morfológicos.

Grupos	Análisis de agrupamiento con 31 caracteres morfológicos	Accesiones	N° de accesiones	Foto representativa de cada grupo	
Sub Grupo IA.1	Integrado por 38 accesiones, las cuales se caracterizan por presentar tubérculos de color amarillo, amarillo anaranjado y anaranjado con color secundario; con pulpa de color anaranjado.	ACC 095, ACC 042, ACC 067, ACC 078, ACC 024, ACC 074, ACC 088, ACC 040, ACC 075, ACC 064, ACC 017, ACC 033, ACC 038, ACC 004, ACC 055.	ACC 049, ACC 003, ACC 056, ACC 025, ACC 014, ACC 012, ACC 054, ACC 008, ACC 070, ACC 037, ACC 002, ACC 000, ACC 007, ACC 089, ACC 039, ACC 036, ACC 071, ACC 032, ACC 041, ACC 047, ACC 076, ACC 061, ACC 013, ACC 010, ACC 098, ACC 045, ACC 011	38	
Sub Grupo IA.2	Está integrado por 27 accesiones sin duplicados, presenta tubérculos de color blanco amarillento, amarillo claro, amarillo, con pulpa de color, blanco, amarillo claro y amarillo, siendo este último carácter el que lo diferencia del Sub Grupo IA.	ACC 010, ACC 019, ACC 036, ACC 032, ACC 047, ACC 061, ACC 013, ACC 100, ACC 098, ACC 045, ACC 011	ACC 007, ACC 060, ACC 089, ACC 039, ACC 071, ACC 096, ACC 009, ACC 082, ACC 031, ACC 026, ACC 079, ACC 065	27	
Sub Grupo IB	Está constituido por una accesión que se caracteriza por presentar el tubérculo de color anaranjado, con color secundario irregularmente distribuido con color de pulpa anaranjado.	ACC 017		1	
Grupo II	Está constituido por 11 accesiones, las cuales se caracterizan por presentar tubérculos de color amarillo claro, amarillo y amarillo anaranjado sin color secundario.	ACC 086, ACC 051, ACC 044, ACC 077, ACC 072, ACC 046, ACC 103, ACC 053	ACC 050, ACC 081, ACC 104, ACC 053	11	
Grupo III	El grupo se caracteriza por presentar tubérculos de color púrpura grisáceo y rojo grisáceo, con manchas de color amarillo y rojo grisáceo irregularmente distribuidos.	ACC 052, ACC 092, ACC 005, ACC 101, ACC 099, ACC 085, ACC 105, ACC 068, ACC 83		9	
Grupo IV	Constituido por 3 accesiones los cuales se caracterizan por presentar tubérculos de color púrpura grisáceo y negro, con pulpa de color púrpura oscuro en la zona cortical y anillo vascular (ACC 058 Y ACC 029); zona cortical, anillo vascular y medula (ACC 058).	ACC 058, ACC 029, ACC 021		3	

Los grupos morfológicos se generaron con un coeficiente de distancia de 1.5 del fenograma de la Figura 2.

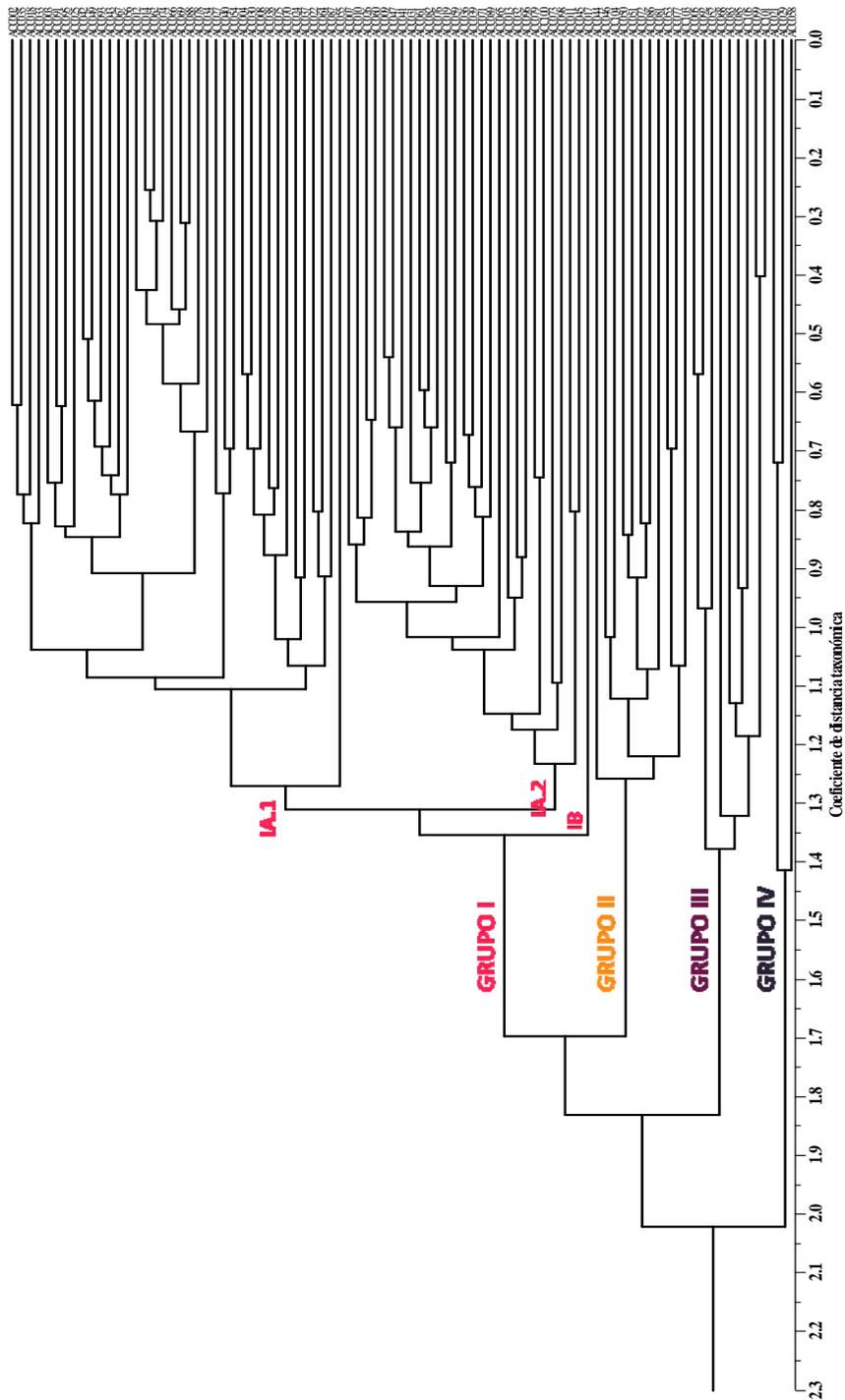
**Agradecimientos.**

A los agricultores de las Comunidades Campesinas de Amaru, Paru Paru y Viacha por transmitir sus conocimientos tradicionales; por el esfuerzo y apoyo en el establecimiento, mantenimiento y conservación del cultivo.

Al Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CIUF) por el apoyo financiero.

**Literatura citada.**

- Borrego E. F., Fernández B. I., López B. A., Parga T. V., Murillo S. M. & Carvajal A. A., 1999. Correlación y componentes principales de variación en variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana* 10 (2): 01-06.
- Campos D., Noratto G., Chirinos R., Arbizu C., Roca W., Cisneros L. & Zevallos. 2006. Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum sp.*), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). *J Sci Food Agric* 86:1481-1488.
- Durand E. 2005. Caracterización morfológica de la Oca, Olluco y mashua manejadas por los campesinos de las comunidades de Picol, Matinga, Quecayoc, Poques, Chumpe y Sayllafaya. Tesis para optar al Título profesional de Ingeniero Agronomo, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. P. 227.
- Elias M., Penet L., Vindry P., McKey D., Panaud O. & Robert T. 2001. Unmanaged sexual reproduction and the dynamics of genetic diversity of a vegetatively propagated crop plant, cassava (*Manihot esculenta* Crantz), in a traditional farming system. *Mol. Ecol.* 10:1895-1907.
- Espinoza E., Monteghirfo S. & Mario G. 1999. Determinación de la composición de aminoácidos de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) mediante cromatografía líquida de alta performance (HPLC). *Boletín de la Sociedad Química del Perú*; Vol. LXV; Diciembre 1999.
- Gaspar S. 1998. Caracterización morfológica y nivel de ploidía en cultivares de Oca (*Oxalis tuberosa* M.), Papalisa (*Ullucus tuberosus* C.), e Isaño (*Tropaeolum tuberosum* R.) Tesis Ing. Agronómica, Universidad Mayor de San Simón, Bolivia. 122p.
- Gibbs P.E., Marshall D. & Brunton D. 1978. Studies on the cytology of *Oxalis tuberosa* and *Tropaeolum tuberosum*. Notes from the Royal Botanic Garden, Edinburgh 37(1):215-220.
- Gonza A. 1998. Caracterización agronómica de 297 entradas de maswa (*Tropaeolum tuberosum* R & P) del Banco de Germoplasma del CICA. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Grau A., Ortega R., Nieto C. & Hermann M. 2003. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pav.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 25. International Potato Center, Lima, Peru/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Hasegawa T., Nishino H. & Iwashima A. 1992. Isotiocyanates inhibit cell cycle progression of HeLa cell at G sub (2)/M phase. *Anti-Cancer-Drug* 4:273-279.
- Johns T., Kitts W.D., Newsome F. & Towers G. H. N. 1982. Anti-reproductive and other medicinal effects of *Tropaeolum tuberosum*. *Journal of Ethnopharmacology* 5:149-161.
- King S. R. 1987. Four endemic Andean tuber crop: promising food resources for agricultural diversification. *Mountain Res. And Devel.* 7 (1):43-52.
- López-Santiago J., Nieto-Angel R., Barrientos-Priego A. F., Rodríguez-Pérez E., Colinas-León M. T., Borys M. W. & Gonzalez-Andrés F. 2008. Selección de variables morfológicas para la caracterización del Tejocote (*Crataegus spp.*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 97-111.
- Moscoso E. 2007. Conservación In Situ y caracterización morfológica de cultivares de *Tropaeolum tuberosum* R. & P. (añu) en las Comunidades de Amaru, Paru Paru Viacha-Calca-Cusco, tesis para optar al título profesional de Biólogo. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Lima, Perú.
- Olivera R. 1968. Variabilidad morfológica de *Tropaeolum tuberosum* Añu y clave de identificación de los clones. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agronomo, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Ortega O., Kliebenstein D., Arbizu C., Ortega O. & Quiroz C. 2006. Glucosinolate Survey of Cultivares and Feral Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) in the Cuzco Region of Peru. *Economic Botany* 60(2): 000-000.
- Pintao A.M., Pais M.S.S., Coley H., Kelland L.R. & Judson I.R. 1995. In vitro an invitro anti-tumor activity of bencylisoithiocyanate: Anatural product from *Tropeolum majus*. *Pnat Med.* 61:233-236.
- Ponce A. 1995. Colección, conservación y evaluación de la biodiversidad de los tuberculos andinos: Oca (*Oxalis tuberosa*), Olluco (*Ullucus tuberosus*), y mashua (*Tropaeolum tuberosum*), en Pasco y Huanuco. Sociedad Peruana de genética. Resúmenes del tercer congreso peruano de genética. Lima, Perú. p. 45-46.
- Quirós C. F., Ortega R., Van Raamsdonck L., Herrera M. M., Cisneros P., Shmid E. & Brush S. B., 1992. Increase of Potato Genetic resources in their center of diversity: The role of natural outcrossing and selection by the Andean farmers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 39: 107-113.
- Rohlf F. J. 2000. NTSYS pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, version 2.1. Department of Ecology and Evolution State University of New York.
- Sokal R.R. & Michener C.D. 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 38:1409-1438.
- Terrazas F. & Valdivia F. 1998. Spatial dynamics of *in situ* conservation: handling the genetic diversity of Andean tubers in mosaic systems. *Plant Genetic Resources Newsletter* 114:9-15.



**Figura 3.** Fenograma de las 89 accesiones de año.  
IA.1, IA2 y IB son los subgrupos del grupo I.



**Anexo 1.** El diseño de la parcela se realizó antes de la siembra, con las siguientes medidas: calles de 0.50 m de ancho, los surcos de 0.90 m de largo y la distancia entre surcos fue de 0.90 m.



**Anexo 2.** Se observa la siembra o Tarpuy realizada de forma tradicional, los hombres con la chakitaqlla y las mujeres depositando los tubérculos en los surcos.

- 
- <sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, Instituto de Biotecnología. Área de Biología Molecular. Av. La Molina s/n, Lima Perú. cinthiashe@gmail.com.
  - <sup>2</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. Av. La Molina s/n, Lima Perú. rmansilla@lamolina.edu.pe.
  - <sup>3</sup> Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Biología. Av. La Cultura s/n, Cusco Perú. americochacon@hotmail.com.
  - <sup>4</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Av. La Molina s/n, Lima Perú. rblas@lamolina.edu.pe.