

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA EN CINCO CLONES Y DOS VARIEDADES DE PAPA MEDIANTE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Morphological characterization in five clones and two varieties of potato by principal component analysis

Meza Norkys Marilyn¹, Daboín León Beatriz y Ramírez-Guerrero Hugo³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Lara. ²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Trujillo.

³Investigador de la Universidad Zamorano de Honduras

e-mail: norkysmeza@gmail.com

Resumen

La papa (*Solanum tuberosum*), es considerada uno de los principales cultivos agrícolas en el mundo en cuanto a superficie. En Venezuela, estos cultivares poseen una amplia diversidad genética, las cuales son aprovechadas para generar variedades sobresalientes. Se evaluó la diversidad morfológica de cinco clones promisorios y dos variedades comerciales de papa procedentes de los estados de Lara y Trujillo, Venezuela. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 4 repeticiones. Para tal fin se estudiaron variables morfológicas, agronómicas y de rendimiento utilizando análisis de correlaciones simples y análisis de componentes principales (ACP). Se observó una mayor correlación entre el rendimiento y las variables altura de planta, la biomasa de los tubérculos•planta-1 y el número de tubérculos•planta-1. El análisis de componentes principales permitió una mejor discriminación entre variables, siendo las más importantes el diámetro de tallo, vigor, forma del tubérculo, número de tallos por planta y el rendimiento. Además permitió identificar que las variables relacionadas con la morfología y rendimiento en campo estuvieron asociadas a tres componentes de mayor importancia.

Palabras clave: clones, variabilidad, tubérculos

Recibido: 08/01/2024 **Aprobado:** 03/04/2024

Abstract

The potato (*Solanum tuberosum*) is considered one of the main agricultural crops in the world in terms of surface area. In Venezuela, these cultivars have a wide genetic diversity, which is used to generate outstanding varieties. The morphological diversity of five promising clones and two commercial potato varieties from the states of Lara and Trujillo, Venezuela, was evaluated. A completely randomized block design with 4 repetitions was used. For this purpose, morphological, agronomic and performance variables were studied using simple correlation analysis and principal component analysis (PCA). A greater correlation was observed between yield and the variables plant height, the biomass of tubers•plant-1 and the number of tubers•plant-1. The principal components analysis allowed better discrimination between variables, the most important being stem diameter, vigor, tuber shape, number of stems per plant and yield. It also allowed us to identify that the variables related to morphology and performance in the field were associated with three most important components.

Keyword: clones, variability, tubers

Autores

Meza Norkys Marilyn. Doctora en Ciencias Agrarias, Universidad de Zulia Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas estado Lara. Fitomejoradora en el rubro papa. e-mail: norkysmeza@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1256-9718>

Beatriz Daboín León Ingeniero Agrícola. MSc. Desarrollo sustentable en territorios rurales, profesional de la investigación en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Trujillo, Desarrollo comunitario y extensión agrícola. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7317-388X>.

Hugo, Ramírez-Guerrero. PhD Horticultura Tropical Imperial College Inglaterra Reino unido. Investigador de la universidad Zamorano de Honduras, departamento de agricultura. Área de investigación: innovadoras de enseñanza extensión investigación y Producción Hortícola. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2296-6335>.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*), es considerada uno de los principales alimentos cultivados en el mundo. En Venezuela ocupa el primer lugar en producción dentro de las raíces y tubérculos. Los principales estados productores son Mérida, Táchira, Trujillo y Lara. La producción mundial de papa es de 377 millones de toneladas y cubre aproximadamente 19 millones de hectáreas (FAO, 2019).

Por estar adaptada a un amplio rango de climas (tropical y templado), y altitudes desde el nivel del mar hasta los 4000 metros, se hace necesario realizar estudios sobre la variabilidad, diversidad genética e identificación de genotipos, ya que son fundamentales en los programas de mejoramiento genético, generación de tecnología y producción de semilla. Generar cultivares de papa que satisfagan la demanda de los agricultores en cuanto a características morfológicas y fisiológicas, tales como precocidad, rendimiento, calidad culinaria entre otras son los retos más importantes de los genetistas en el cultivo (Meza et al; 2018b). Márquez-Vasallo et al; (2020) concluyeron que al conocer el comportamiento de un cultivar en ambientes puntuales de forma previa, permitirá identificar genotipos más estables o con mejor adaptación específica a la hora de realizar la selección y recomendación del cultivar en la etapa final del mejoramiento genético.

Existen diversas metodologías que se utilizan para seleccionar con mayor precisión genotipos de papa a introducir en un programa de mejoramiento genético, una de ellas es el Análisis de Componentes Principales (ACP) ya que permite un ahorro de recursos y de tiempo, dando al fitomejorador más flexibilidad para determinar la combinación de características que constituyen una planta "ideal" (Sharifi et al; 2017).

El análisis de componentes principales es una técnica que tiene por objeto estudiar la situación de los grupos de unidades taxonómicas en un hiperespacio definido por el conjunto de los caracteres considerados en el análisis. Este método hace visible la distribución espacial de los grupos, refiriendo su situación a dos o tres ejes cartesianos (Zou y Xue, 2018). Además, forma parte de los métodos de análisis multivariados que permiten reducir la dimensionalidad de un grupo de variables, teniendo en cuenta su estructura de correlación, eliminando la información redundante, ofreciendo un nuevo conjunto de variables no correlacionadas, A esto se le añade la posibilidad de conocer los caracteres que más contribuyen a la variabilidad entre los diferentes genotipos estudiados (Pasini, 2017; Fernández-Chuairey et al; 2022).

Finalmente, el análisis de componentes principales muestra los patrones de variación entre el conjunto de las poblaciones en estudio (Jolliffe y Cadima, 2016, Coronados et al; 2017) y permite conocer directamente la importancia de una variable, logrando direccionar el proceso de selección, ya que se espera encontrar una variedad nueva, la cual tenga buen rendimiento y aceptación en el mercado. Dicho lo anterior, con la presente investigación se busca caracterizar morfológicamente clones y variedades de papa, en dos localidades de Venezuela, para obtener información relevante que nos permita inscribirlas como posibles variedades nacionales.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en dos localidades de Venezuela, una en la localidad de Sanare, Municipio Andrés Bello, en el estado Lara, a 1374 msnm, con 09°44'5" N y 69°39'12" O y la otra en el campo Experimental La Cristalina, ubicado en la parroquia

Monseñor Carrillo, municipio Trujillo, estado Trujillo, enmarcada en 09°17'17" N y 70°22'36" O, a 2800 msnm.

Se evaluaron cinco clones promisorios de papa de la población B: 393612-1; 391047-34; 391002-6; 393079-6 y 399101-1, provenientes del Centro Internacional de la papa (CIP). Los clones con resistencia a la candelilla tardía, compuestos por genes de *S. tuberosum* subespecie *tuberosum* y *S. tuberosum* subespecie andigena proveniente de Perú y Bolivia (Meza et al; 2018a). Como testigos se utilizaron las variedades de papa Tibusay y Granola, la primera posee resistencia a la candelilla, mientras que Granola es susceptible a la enfermedad.

En cada localidad, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones en una parcela experimental de 200 m² con cuatro surcos de cinco metros. Se tomaron 20 plantas correspondientes a las dos hileras centrales. Se evaluaron 12 variables morfológicas. El número de tallos por planta se realizó contando los tallos en las plantas; la altura de la planta se obtuvo midiendo con una cinta métrica la distancia vertical entre el suelo y la rama terminal de la planta; tamaño de la hoja se midió desde el inicio del raquis hasta el final del foliolo central; el vigor observando el desarrollo del cultivo; color del follaje y color de la floración se evaluó de manera visual; el diámetro del tallo se tomó el grosor del tallo principal y se midió con un vernier digital a 30 cm de la superficie del suelo; la longitud de los estolones se midió a los 110 días después de la siembra se extrajeron cinco plantas de cada tratamiento; la forma del tubérculo el color de la epidermis (piel) y de pulpa (parénquima reservante) se analizaron mediante descriptores de CIP. En la cosecha que se realizó cuando el cultivo mostro signos de senescencia, es decir a los 100 días después de la siembra en ambas localidades, se determinó el número y biomasa de

tubérculos por planta por cada tratamiento, para determinar el rendimiento y se expresó en Kg·ha⁻¹.

El análisis de los datos fue realizado a través de un análisis de varianza (ANAVAR) combinado para ambas localidades. Asimismo, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) usando el software estadístico INFOSTAC (Di Rienzo et al; 2017).

Resultados y discusión

Análisis de componentes principales

Las correlaciones entre variables del ensayo establecido en Sanare (Lara) se presenta en el Cuadro 1, el cual nos muestra caracteres con coeficiente mayor a 0, en este caso significa que la correlación es positiva, es decir, que los caracteres se correlacionan directamente mientras que con valores negativos ocurre correlación pero de manera indirecta. Las correlaciones que arrojaron valores positivos para las variables estudiadas fueron: número de tallo-planta-1 se correlaciono con altura de la planta; diámetro de tallo; longitud de los estolones; número de tubérculo-planta-1 (0,74), biomasa del tubérculo (0,58), rendimiento (0,58) y el vigor. La altura de la planta se correlaciono altamente con la biomasa del tubérculo (0,83), el rendimiento (0,83) y el vigor (0,73). El diámetro de tallo con número de tubérculos por planta, biomasa del tubérculo (0,57), rendimiento (0,57), el vigor (0,79) y color del follaje. Así también la longitud de los estolones con el número de tallos por planta, altura, número de tubérculos por planta, biomasa del tubérculo, rendimiento y el color de la flor. El tamaño de la hoja con vigor, el color del follaje, la forma del tubérculo y el color de la piel (0,76). El número de tubérculos por planta tuvo alta correlación con la biomasa (0,73) y el rendimiento (0,73). La biomasa del tubérculo se correlacionó directamente

con todas las variables e indirectamente con el tamaño de la hoja (-0,42), el color de follaje (-0,23) y flor (-0,46), forma del tubérculo (-0,18), color de la

epidermis (piel) (-0,68) y el color de la pulpa (parénquima reservante) (-0,50). De igual manera ocurrió con el rendimiento en las variables evaluadas.

Cuadro 1. Correlaciones entre las variables morfológicas, agronómicas y de rendimiento en papa, obtenida en la localidad de Sanare, estado Lara.

Covarianzas	N° Tallos·planta ⁻¹	Altura (cm)	Ø Tallo (mm)	Longitud de estolones (cm)	Tamaño de la hoja	N° Tu- bérculos·planta ⁻¹	Biomasa tubérculos·planta ⁻¹ (g)	Rendimiento	Vigor	Color del follaje	Color de la flor	Forma de los tubérculos	Color piel (epidermis)	Color pulpa (parénquima reservante)
N° Tallos·planta ⁻¹	1													
Altura (cm)	0,66	1												
Ø Tallo (mm)	0,11	0,66	1											
Longitud de Estolones (cm)	0,38	0,28	-0,11	1										
Tamaño de la hoja	-0,63	-0,41	-0,12	-0,78	1									
N° Tubérculos·planta ⁻¹	0,74	0,67	0,37	0,16	-0,2	1								
Biomasa tubérculos·planta ⁻¹ (g)	0,58	0,83	0,57	0,35	-0,42	0,73	1							
Rendimiento (Kg·ha ⁻¹)	0,58	0,83	0,57	0,36	-0,43	0,73	1	1						
Vigor	0,2	0,73	0,79	-0,22	0,15	0,39	0,46	0,46	1					
Color del follaje	-0,34	-0,26	0,49	-0,55	0,25	-0,13	-0,23	-0,23	0,2	1				
Color de la flor	-0,2	-0,73	-0,79	0,22	-0,15	-0,39	-0,46	-0,46	-1	-0,2	1			
Forma de los tubérculos	-0,08	-0,24	0,22	-0,71	0,42	0,04	-0,18	-0,19	0,25	0,76	-0,25	1		
Color piel (epidermis)	-0,73	-0,67	-0,33	-0,79	0,76	-0,66	-0,68	-0,69	-0,22	0,3	0,22	0,38	1	
Color pulpa (parénquima reservante)	-0,36	-0,58	-0,29	-0,82	0,7	-0,11	-0,5	-0,51	-0,29	0,4	0,29	0,52	0,75	1

En el caso de Trujillo, se observa en el cuadro 2, que las variables con mayor correlación correspondieron a: números de tallos·planta-1 con longitud de los estolones (0,53), altura de la planta con el vigor (0,74) con el diámetro del tallo (0,57) y con color de la flor (-0,88). También se observan altas correlaciones entre el diámetro de tallo y las variables biomasa del tubérculo·planta-1 (0,70), rendimiento (0,70), vigor (0,93) y el color del follaje (0,73). El

numero de Tubérculos·planta-1 con la biomasa y rendimiento ambos con 0,64 y con el color de la piel (-0,89). En el caso del vigor ocurrió de manera similar correlacionándose con la biomasa (0,68) y el rendimiento (0,68) y el color de la flor (-0,70); finalmente la forma del tubérculo con el color del follaje se correlacionó altamente (0,75).

Quispe-Choque y Huanca-Alanoca 2023, manifestaron que una correlación significativa y positiva entre 2 caracteres sugiere que ambos puedan ser mejorados simultáneamente en un programa de mejoramiento genético, sin embargo, la selección basada únicamente en el coeficiente de correlación puede llevar a resultados erróneos, pues esta solo mide el grado de asociación entre 2 variables, sin tomar en cuenta las causas.

Finalmente, Borrego et al; (1999), al evaluar variedades de papa, manifestaron que cuando los valores de r (correlación) son positivos, indican que los valores de ambas variables tienden a incrementarse simultáneamente, mientras que los valores de r (correlación) negativos muestran que los valores de una variable tienden a incrementarse y los valores de la otra variable descienden como se observó en esta investigación.

Cuadro 2 Correlaciones entre las variables morfológicas, agronómicas y de rendimiento en papa, obtenida en la localidad de La Cristalina, estado Trujillo.

Covarianzas	N° Tallos·planta ⁻¹	Altura (cm)	Ø Tallo (mm)	Longitud de estolones (cm)	Tamaño de la hoja	N° Tubérculos·planta ⁻¹	Biomasa tubérculos·planta ⁻¹ (g)	Rendimiento Kg·ha ⁻¹	Vigor	Color de follaje	Color de la flor	Forma de los tubérculos.	Color piel (epidermis)	Color pulpa (parénquima reservante)
N° Tallos·planta ⁻¹	1													
Altura (cm)	-0,12	1												
Ø Tallo (mm)	-0,06	0,57	1											
Longitud de estolones (cm)	0,53	-0,17	-0,22	1										
Tamaño de la hoja	-0,73	0,12	-0,38	-0,15	1									
N° Tubérculos·planta ⁻¹	-0,12	0,4	0,19	0,05	0,18	1								
Biomasa tubérculos·planta ⁻¹ (g)	0,01	0,51	0,70	0,26	-0,27	0,64	1							
Rendimiento Kg·ha ⁻¹	0,01	0,51	0,70	0,26	-0,27	0,64	1	1						
Vigor	0,15	0,74	0,93	-0,13	-0,38	0,31	0,68	0,68	1					
Color de follaje	0	-0,01	0,73	-0,04	-0,61	-0,11	0,57	0,57	0,49	1				
Color de la flor	0,33	-0,88	-0,66	0,07	-0,21	-0,2	-0,57	-0,6	-0,7	-0,23	1			
Forma del tubérculo	-0,18	0,27	0,63	-0,50	-0,49	0,02	0,45	0,45	0,46	0,75	-0,3	1		
Color piel (epidermis)	0,02	-0,27	0,02	-0,45	-0,28	-0,89	-0,60	-0,6	-0,1	0,23	0,17	0,30	1	
Color pulpa (parénquima reservante)	-0,04	-0,42	-0,21	-0,12	-0,3	-0,65	-0,28	-0,3	-0,4	0,36	0,26	0,46	0,70	1

La aplicación de métodos estadísticos multivariados, referidos como componentes principales, permitió conocer las variables con mejor discriminación para los clones en estudio, permitiendo

la selección de 8 variables cuantitativas o componentes principales para la localidad de Sanare (Lara) y 6 variables para La Cristalina (Trujillo) en los siete materiales de papa. En el caso de Sanare, los

tres primeros componentes expresaron el 83% de la variabilidad total de los materiales estudiados (cuadro 3).

El primer componente principal indico el 47% de la variabilidad total de los materiales, y estuvo compuesto por la altura de la planta, la biomasa del tubérculo-planta-1 (g), el rendimiento (kg·ha-1) y el color de la epidermis. El segundo componente estuvo

compuesto por el diámetro del tallo, longitud de estolones, el vigor, el color de la flor y la forma del tubérculo y expresó el 27% de la variabilidad de las accesiones, mientras que el tercer componente principal representó el 10% de la variabilidad, expresado por el número de tallo·planta-1, número de tubérculos·planta-1 y el color de la pulpa (parénquima reservante), los cuales explican el 83% de la variación de la información.

Cuadro 3. Valores característicos y proporción de la varianza explicada por tres componentes principales en la evaluación de las variables evaluadas en localidad de Sanare, estado Lara.

Autovalores				Variables			
Componentes Principales	Valor	Proporción	Proporción acumulada	CP1	CP2	CP3	
1	6,59	0,47	47	N° tallos·planta ⁻¹	-0,28	0,07	-0,45
2	3,74	0,27	74	Altura (cm)	-0,36	-0,13	0,05
3	1,33	0,09	83	Ø Tallo (mm)	-0,22	-0,35	0,25
4	0,11	0,08	91	Longitud estolones (cm)	-0,22	0,38	0,18
5	0,62	0,04	95	Tamaño de la hoja	0,24	-0,27	-0,02
6	0,34	0,03	98	N° Tubérculos·planta ⁻¹	-0,28	-0,11	-0,51
7	0,28	0,02	1	Biomasa tubérculo·planta ⁻¹ (g)	-0,35	-0,07	-0,13
				Rendimiento Kg·ha ⁻¹	-0,35	-0,07	-0,12
				Vigor	-0,2	-0,39	0,25
				Color del follaje	0,13	-0,34	0,02
				Color de la flor	0,2	0,39	-0,25
				Forma del tubérculo	0,13	-0,37	-0,29
				Color piel (epidermis)	0,35	-0,14	0,06
				Color de la pulpa (parénquima reservante)	0,29	-0,18	-0,45

En el análisis de componentes principales de las variables evaluadas en la localidad de La Cristalina, estado Trujillo, los tres primeros componentes representaron el 78% de la variación total (cuadro 4). El primer componente aportó el 35%, el segundo 25% y el tercero el 18% de esta variación. El alto porcentaje de la variación total explicada por los tres primeros componentes indicó que estos contenían variables que discriminaron a los materiales en estudio.

Al analizar el cuadro 4, se encontró que para el primer componente las variables de mayor influencia en la discriminación de los materiales bajo estudio fueron el diámetro de tallo, vigor, y forma del tubérculo. Las características que más aportaron en la diferenciación en el segundo componente fueron

tamaño de la hoja, número de tubérculos·planta-1 y color de la piel (epidermis). En el tercer componente la separación de los materiales se debió al aporte de las variables número de tallo·planta-1 y longitud de los estolones.

El análisis de componentes principales permitió identificar que las variables relacionadas con la morfología, y el rendimiento en campo, estuvieron asociadas a los tres componentes de mayor importancia. De esta manera, se asume que el análisis de componentes principales para los ensayos establecidos en las localidades de Sanare y La Cristalina permitió identificar que las variables relacionadas con la morfología, y el rendimiento en campo, estuvieron asociadas a los tres componentes de mayor importancia.

Cuadro 4. Valores característicos y proporción de la varianza explicada por tres componentes principales en la evaluación de las variables evaluadas en la localidad de La Cristalina, estado Trujillo.

Autovalores				Variables			
Lambda	Valor	Proporción	Proporción acumulada	CP1	CP2	CP3	
1	7,3	0,35	35	-0,09	0,20	-0,39	N° tallos ·planta ⁻¹
2	5,18	0,25	59	0,22	-0,25	-0,04	Altura (cm)
3	3,86	0,18	78	0,35	0,02	-0,09	Ø tallo (mm)
4	1,97	0,09	87	-0,14	-0,03	-0,37	Longitud de estolones (cm)
5	1,66	0,08	95	-0,12	-0,32	0,27	Tamaño de la hoja
6	1,03	0,05	1	0,10	-0,30	-0,21	N° Tuberculos ·planta ⁻¹
				0,26	-0,14	-0,27	Biomasa tubérculos ·planta ⁻¹ (g)
				0,26	-0,14	-0,27	Rendimiento Kg ·ha ⁻¹
				0,31	-0,04	-0,18	Vigor
				0,27	0,22	-0,06	Color del follaje
				-0,24	0,22	-0,03	Color de la flor
				0,30	0,14	0,10	Forma del tubérculo.
				0,01	0,33	0,29	Color piel (epidermis)
				-0,02	0,27	0,21	Color pulpa (parénquima reservante)

Justiniano (2022), al evaluar la estabilidad de rendimiento de clones y variedades de papa, en tres localidades de la región Huánuco a través de las variables vigor, grado de floración, uniformidad de plantas, senescencia, número y peso de tubérculos concluyo que las variedades Yanapishgo, Kitipsho y Huevo de indio tienen estabilidad fenotípica muy uniforme, muy vigoroso, floración profusa y precoces; en cada localidad evaluada. De igual manera Vásquez et al; (2019), al estudiar la estabilidad de genotipos de papa en cuatro caseríos de Cajamarca, y utilizando el análisis de varianza combinada revelaron que este permitió determinar significancia estadística entre ambientes, genotipo y localidades.

Análisis de la varianza combinada

Al realizar el análisis de varianza de los datos obtenidos se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre localidad, clones, y la interacción de localidad x clones, lo cual demostró un comportamiento diferente en los clones evaluados y evidenció la heterogeneidad relacionada al clima y al suelo. Los resultados indicaron que los efectos de las dos localidades fueron homogéneos y que produjo una variabilidad en el comportamiento de los diferentes materiales de papa evaluados.

Martínez y Ligareto (2005), al evaluar cinco genotipos promisorios de papa en siete localidades detectaron que hubo interacción significativa entre genotipo y ambiente para las variables de rendimiento y calidad industrial; de igual manera, Pérez-López et

al; (2007), indicaron que obtuvieron diferencias altamente significativas para ambiente, variedades y en la interacción ambiente por variedades cuando evaluaron diez variedades de papa en tres localidades de México.

Con relación a las localidades (cuadro 5), en Sanare todos los materiales de papa mostraron un comportamiento similar para las variables evaluadas a excepción del rendimiento en los cuales si hubo diferencias significativas, destacándose el 397079-6, Tibisay, 399101-1 y el 391047-34. En el caso de La Cristalina hubo diferencias significativas en todos los materiales evaluados. La altura y el número de tallos por planta registrado en Sanare no reflejó en un

mayor rendimiento de tubérculos en los siete materiales evaluados. En La Cristalina los clones que desarrollaron mayores rendimientos fueron 397079-6 (22.980 kg·ha⁻¹) y 393612-1 (22.530 kg·ha⁻¹), posiblemente por ser estos clones de origen andigenum, esto explica los altos rendimientos obtenidos, ya que La Cristalina está ubicada a 2.800 m.s.n.m. Resultados similares fueron reportados por Vásquez et al. (2019), al evaluar la estabilidad de 6 genotipos de papa (Canchán, CAJ004.4, CAJ010.5, CAJ003.4, CAJ010.1 y CAJ010.4) en la región de Cajamarca Perú.

Cuadro 5. Prueba de Media de las ocho variables calculadas en papa en cada uno de los ambientes.

Clon y variedades	N° tallo·planta ⁻¹		Altura (cm)		Ø tallo (mm)		Longitud de estolones (cm)		Tamaño de hoja (cm)		N° Tubérculos·planta ⁻¹		Biomasa tubérculos·planta ⁻¹ (g)		Rendi-miento (kg·ha ⁻¹)	
	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂
391002-6	2,28 ^a	2,10 ^a	31,74 ^a	36,95 ^a	7,52 ^a	10,72 ^a	18,46 ^a	15,05 ^b	26 ^a	23,5a	7a	9a	416a	394,75b	16640b	15790 ^b
391047-34	2,84 ^a	2,45 ^a	36,7 ^a	36,53 ^a	7,76 ^a	9,88 ^b	13,83 ^a	20,8 ^b	25,95 ^a	17,7b	11a	7b	453a	449b	18120a	17960 ^a
393612-1	2,26 ^a	2,03 ^b	27,94 ^a	33,76 ^a	8,34 ^a	11,69 ^a	14,12 ^a	17,08 ^a	28,93 ^a	16,9b	10a	9a	399a	563,25a	15960b	22530 ^b
397079-6	3,02 ^a	2,05 ^b	37,64 ^a	36,90 ^a	7,69 ^a	9,98 ^b	21,59 ^a	20,18 ^a	20,46 ^a	25,15 ^a	13a	15a	519a	574,5a	20760a	22980 ^a
399101-1	2,90 ^a	1,88 ^b	31,00 ^a	37,98 ^b	7,13 ^a	10,28 ^a	13,88 ^a	12,00 ^a	30,97 ^a	22,45b	12a	11a	459a	446,75b	18380a	17870 ^a
Granola	2,34 ^a	2,25 ^a	21,06 ^a	27,53 ^b	6,29 ^a	8,45 ^b	18,95 ^a	17,58 ^a	24,52 ^a	20,13a	8a	8a	320,4a	322b	12816b	12900 ^b
Tibisay	2,38 ^a	1,68 ^b	31,96 ^a	33,38 ^a	7,53 ^a	9,17 ^b	15,48 ^a	17,05 ^a	35,19 ^a	30,13a	12a	7b	467a	366,5b	18680a	14660 ^b

Pruebas de medias Tukey Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). L₁ = Sanare, estado Lara y L₂ = La Cristalina, estado Trujillo.

En cuanto a la biomasa del tubérculo, todos los clones presentaron tubérculos con biomasa promedio superior a 130 g. tubérculos-1, lo cual indicó el comportamiento favorable de los clones en cuanto a esta importante característica para la industria, además del rendimiento y la forma, tal como lo expreso Cotes et al; (2000). Estrada (2000), planteó que el ambiente estuvo determinado por una serie de condiciones variables para diferentes años en un mismo lugar y para diferentes lugares en un mismo año; por lo tanto, es necesario repetir las pruebas de adaptación tantas veces como sea posible, a fin de apreciar las reacciones del cultivo ante el ambiente. La diferenciación del ambiente permitió identificar al clon 397079-6 como el de mejor comportamiento en base al rendimiento, el cual podría ser utilizado en un programa de mejoramiento genético o recomendarlo para ser sembrado tal como lo indicaron Abalo et al; (2003).

Finalmente se tiene que conocer la magnitud de la interacción que hay entre el ambiente y la especie de forma previa, esto permite identificar genotipos más estables o con mejor adaptación específica a la hora de realizar la selección y recomendación del cultivar en la etapa final del mejoramiento genético.

Conclusiones

Los parámetros de componentes principales realizado en las localidades de Sanare y Trujillo, con los datos de las variables morfológicas, agronómicas y rendimiento, permitió realizar el agrupamiento de los clones y variedades de papa evaluados y aunado a esto se logró obtener la máxima homogeneidad y la mayor diferencia entre grupos.

Las características similares encontradas en los materiales 393612-1, 391002-6 y 391047-34 en cuanto a morfología fueron: el número de tallos, vigor,

color de las flores y del follaje; de igual manera los clones 397079-6 y 399101-1, presentaron similitudes en cuanto a la longitud de los estolones y el rendimiento en ambas localidades. De acuerdo a los resultados de las características morfológicas de estos clones posiblemente podrían estar emparentados, y el clon 397079-6 fue el mejor en todas las variables evaluadas en esta investigación.

Referencias

- Abalo G, Hakiza JJ, El-Bedewy R, Adipala E. 2003. Genotype x environment interaction studies on yield of selected potato genotypes in Uganda. *African Crop Science Journal* 11(1):9-15.
- Borrego, F, Fernández J, López A, Parga B, Murillo M. y Carvajal A. (1999). Correlación y componentes principales de variación en variedades de papa (*Solanum tuberosum*). *Agronomía Mesoamericana* 10(2):61-70.
- Coronados VY, Viltres V, Sistach V. 2017. Aplicación de técnicas estadísticas multivariantes en el análisis de datos. *Rev Cub de Med Fis y Rehab.* 9(2):1-12.
- Cotes J, Ñustez CE, Martínez R y Estrada N. 2000. Análisis de la interacción genotipo por ambiente en papa (*Solanum tuberosum* ssp. andigena), a través de una metodología no paramétrica. *Agronomía Colombiana* 17:43-56.
- Estrada R N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Centro de Información para el desarrollo CID/ CIP. La Paz, Bolivia. 372 p.
- FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Agricultura Rome Avalaible Disponible en: <http://faostat.fao.org/faostat/collection?>

- subset=agriculture. Fecha de recuperación: abril 2019.
- Fernández-Chuairey L, Rangel-Montes de Oca L, Varela-Nualles M, Pino-Roque J, del Pozo-Fernández J, & Lim-Chang N. 2022. Análisis de componentes principales, una herramienta eficaz en las Ciencias Técnicas Agropecuarias. *Rev Cie Téc Agr* 31(1):5-14.
- Jolliffe T y Cadima J. 2016. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions. Revista Científica de la UCSA*, Vol.6 (2):11-19.
- Justiniano JJ. 2022. Estabilidad de rendimiento de clones y variedades nativas de papa (*Solanum spp.*) con pulpa pigmentada, en tres localidades de la Región Huánuco, Tesis para optar El Título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica Carrera Profesional De Ingeniería Agronómica. Perú 120p
- Márquez-Vasallo Y, Salomón-Díaz JL y Acosta-Roca R. 2020. Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) *Cultivos Tropicales*, Vol. 41(1):12-21
- Martínez NM y Ligarreto GA. 2005. Evaluación de cinco genotipos promisorios de papa *Solanum tuberosum* sp. andígena según desempeño agronómico y calidad industrial. *Agronomía Colombiana* 23(1):17-27.
- Meza N, Daboín-León B, Renaud-Rodríguez D y Rivero R. 2018a. Rendimiento de clones de papa con resistencia a la candelilla tardía. *Agronomía Tropical*, 68 (3-4): 177- 182.
- Meza NM, Ramírez-Guerrero HO y Daboín-León BM. 2018b. Evaluación de características de calidad de clones promisorios y variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) *Revista Facultad Agronomía (LUZ)* 35(2):152-167.
- Pasini G. 2017. Principal component analysis for stock portfolio management. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 115(1): 153-167.
- Pérez-López DJ, Vásquez-García LM, Sahagún-Castellanos J y Rivera-Peña A. 2007. Variabilidad y caracterización de diez variedades de papa en tres localidades del estado de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1):13-19.
- Quispe-Choque G y Huanca-Alanoca N. 2023. Análisis de correlación y coeficientes de sendero para componentes de rendimiento en nueve líneas experimentales de tomate J. *Selva Andina Res. Soc.* vol.14 (2):26-35.
- Sharifi P, Aminpanah H, Erfani R. 2017. Evaluation of Genotype Environment Interaction in Rice Based on AMMI Model in Iran. *Rice Science* 24(3): 173-180.
- Vásquez V, Cabrera H HA, Jiménez LA. y Colunche A. 2019 Estabilidad del rendimiento de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) *Ecología Aplicada*, 18(1): 7-14.
- Zou H and Xue L. 2018. A Selective Overview of Sparse Principal Component Analysis. *Proceedings of the IEE*. 106(8): 1311 – 1320.