

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE UNA COLECCIÓN DE TRABAJO DE PAPA  
GUATA (*Solanum tuberosum* grupo Andigena).

BETTY SUSANA MENESES REALPE

JULIETH LASSO MARTINEZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA

2022

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE UNA COLECCIÓN DE TRABAJO DE PAPA  
GUATA (*Solanum tuberosum* grupo Andigena).

BETTY SUSANA MENESES REALPE

JULIETH LASSO MARTINEZ

Director

TULIO CESAR LAGOS BURBANO I.A, Ph.D.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO  
AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA

2022

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor. Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad Nariño.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

TULIO CESAR LAGOS BURBANO I.A, Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

---

CARLOS ANDRES BENAVIDES CARDONA

JURADO

---

DAVID ESTEBAN DUARTE

JURADO

## **AGRADECIMIENTOS**

Las autoras de este trabajo expresan sus agradecimientos al Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos de la Universidad de Nariño, al financiamiento por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, y en especial al presidente de este trabajo de grado, Doctor Tulio César Lagos Burbano.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE UNA COLECCIÓN DE TRABAJO DE PAPA  
GUATA (*Solanum tuberosum* grupo Andigena).

AGRONOMIC EVALUATION OF A WORKING COLLECTION OF PAPA GUATA  
(*Solanum tuberosum* Andigena group).

**Betty Susana Meneses R.<sup>1</sup>; Julieth Lasso Martínez.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Estudiantes de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. tanymeneses1@gmail.com, juliethlasso43@gmail.com

**RESUMEN**

La falta de información sobre evaluaciones de tipo agronómico en las colecciones de trabajo limitan la producción de variedades, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar y caracterizar el componente agronómico de 69 genotipos de papa guata (*Solanum tuberosum* grupo Andigena). A través de un diseño Alfa Lattice 7x10 se consideraron variables relacionadas con los componentes del rendimiento. Para el análisis de información se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con 14 variables cuantitativas para describir el conjunto de datos en términos de componentes, donde, los tres primeros componentes principales (CP) explicaron el 86% de la variabilidad total de la colección. El Análisis de Clasificación permitió identificar cuatro grupos, el primer grupo se conformó con un solo genotipo, el cual tuvo mayor peso de tubérculos, el grupo dos con 53 genotipos se caracterizó por su gran número de tubérculos con bajos tamaños, el grupo tres, contó con valores por debajo del promedio general en la mayoría de variables en los 5 genotipos y el grupo cuatro con 10 genotipos presentó el mayor rendimiento con respecto a los demás grupos. A partir del análisis de correlación de Pearson se seleccionaron 5 variables (Número de tallos (NT), Peso de tubérculos por planta (PTuPP), Peso de tubérculos de primera (PTu1C), Peso de tubérculos de segunda (PTu2C) y Rendimiento (Rdo) que se sometieron al Análisis de Varianza, con las que se estableció un Índice de Selección (IS), mediante el cual se escogieron los genotipos, UdenarStGua99, Betina, UdenarStGua98, UdenarStGua22, UdenarStGua29, UdenarStGua27 y UdenarStGua77, con IS superiores a 1,08 con rendimientos por encima 42,30 t/ha.

**Palabras clave:** componentes principales, alfa látice, genotipos, grupos, selección, rendimiento.

### **ABSTRACT**

The lack of information on agronomic evaluations in the working collections limits the production of varieties, therefore, the objective of this work was to evaluate and characterize the agronomic component of 69 genotypes of potato wadding (*Solanum tuberosum* Andigena group). Through a 7x10 Alpha Lattice design, variables related to yield components were considered. For the analysis of information, a Principal Component Analysis (PCA) was performed with 14 quantitative variables to describe the data set in terms of components, where the first three principal components (PC) explained 86% of the total variability of the collection. The classification analysis allowed the identification of four groups, the first group was formed with only one genotype, which had the highest tuber weight, group two with 53 genotypes was characterized by its large number of tubers with low sizes, group three had values below the general average in most variables in the 5 genotypes and group four with 10 genotypes presented the highest yield with respect to the other groups. From Pearson's correlation analysis, 5 variables were selected (number of stems (NT), weight of tubers per plant (PTuPP), weight of first tubers (PTulC), weight of second tubers (PTullC) and yield (Rdo), which were subjected to the analysis of variance, with which a Selection Index (SI) was established, by means of which the genotypes UdenarStGua99, Betina, UdenarStGua98, UdenarStGua22, UdenarStGua29, UdenarStGua27 and UdenarStGua77, with SI above 1.08 and yields above 42.30 t/ha, were chosen.

**Key words:** principal components, alpha lattice, genotypes, groups, selection, yield.

## Tabla de contenido

RESUMEN .....	6
ABSTRACT... ..	7
INTRODUCCIÓN.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Localización.....	15
Diseño experimental... ..	15
Manejo agronómico... ..	16
Variables evaluadas... ..	16
Análisis de información.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
Análisis de Componentes Principales (ACP)... ..	19
Análisis de correlación... ..	24
Análisis de varianza .....	26
Índice de selección... ..	29
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES .....	31
BIBLIOGRAFÍA .....	32
ANEXOS.....	40

## Índice de Tablas

**Tabla 1.** Genotipos evaluados de la colección trabajo de papa Guata (*Solanum tuberosum* Grupo Andigena) de la universidad de Nariño.

**Tabla 2.** Valores propios y proporción de la varianza explicada en el Análisis de Componentes Principales (ACP) de los genotipos evaluados en la Granja Experimental Botana.

**Tabla 3.** Correlación entre las variables evaluadas en la colección de *Solanum tuberosum* grupo Andigena del Grupo de Investigación Frutales Andinos con los tres primeros componentes principales (CP).

**Tabla 4.** Promedio de las variables evaluadas en cada uno de los grupos del análisis de conglomerados (clúster).

**Tabla 5.** Análisis de correlación de Pearson entre las variables estudiadas (V) de *S. tuberosum* grupo Andigena del Grupo de Investigación Frutales Andinos.

**Tabla 6.** ANDEVA para las variables NT, NTuIC, PTuIC, PTuPP y Rdo evaluadas en 69 genotipos de papa guata (*Solanum tuberosum* grupo Andigena).

**Tabla 7.** Promedio de valores en las variables involucradas en el índice de selección (10%) de 69 genotipos de una colección de papa guata.

## Índice de figuras

**Figura 1.** Dendrograma del Análisis de Clasificación con base en variables cuantitativas para la colección de trabajo de *Solanum tuberosum* grupo Andigena.

## Índice de anexos

**Anexo 1.** Datos de origen y pedigree de 69 genotipos de la colección de papa Guata (*Solanum tuberosum* Andigena).

## Glosario

**Análisis de varianza:** Un análisis de varianza prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

**Andeva:** En estadística, el análisis de la varianza es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativa

**Clon:** organismos que son idénticos desde un punto de vista genético y que se originaron por reproducción asexual.

**Correlación:** Es un tipo de asociación entre dos variables numéricas, específicamente evalúa la tendencia (creciente o decreciente) en los datos.

**Frecuencia Absoluta:** Es el número de veces que se repite un resultado en el conjunto de todos los observados

**Frecuencia Relativa:** se trata simplemente del cociente entre la frecuencia absoluta (calculada según las indicaciones del punto anterior) y el tamaño de la muestra o el número de veces que se haya realizado un experimento.

**Genotipo:** Constitución genética completa de un individuo.

**Variable:** Es cada una de las características o cualidades que poseen los individuos de una población.

**Varianza:** Es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.

## INTRODUCCIÓN

La papa, del grupo Andígena (andigenum) (*S. tuberosum* L. grupo Andígena Hawkes) (Hawkes, 1990; Huamán & Spooner, 2002; Spooner *et al.*, 2008), constituye un grupo importante de cultivares nativos y comerciales seleccionados por agricultores de la zona andina. Este grupo de plantas forman tubérculos bajo condiciones de día corto y se cultivan a lo largo de los Andes entre los 2.000 y 4.000 msnm (Hawkes, 1990; Sukhotu & Hosaka, 2006).

La papa representa el tercer alimento más consumido en el mundo. En el 2020, Colombia ocupó el puesto 36 de 183 países en el ranking de producción mundial con más de 3 millones de toneladas al año (FAO, 2021). Es un alimento cuyos beneficios se pueden obtener a través de una versatilidad de preparaciones. Este cultivo es una de las actividades económicas que mayor empleo rural directo genera en los principales departamentos productores del país, los cuales son Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia (FINAGRO, 2020). En el departamento de Nariño, la papa se produce en 21 municipios, dentro de los cuales se destacan, Pasto, Ipiales, Tuquerres y Potosí que registran el mayor volumen de producción agrícola (FEDEPAPA, 2022).

La sostenibilidad del cultivo depende del aprovechamiento de los recursos genéticos, lo cual implica la disponibilidad de germoplasma, la caracterización morfológica y molecular para cuantificar e identificar su variabilidad (Hidalgo, 2003), con el fin de trazar estrategias de conservación y uso del germoplasma en programas de mejoramiento genético (Chávez, 2003; Valencia *et al.*, 2010).

El mejoramiento genético de la papa (*Solanum tuberosum* L.) está orientado principalmente a formar cultivares de alto rendimiento comercial y buena estabilidad, aun en presencia de factores bióticos y abióticos adversos, para lo cual se utilizan varios métodos desde la selección fenotípica por características de interés, hasta el uso de herramientas biotecnológicas avanzadas lo que ha permitido satisfacer las demandas de los agricultores y del mercado, (Cuesta *et al.*, 2015., Velázquez *et al.*, 2018).

Se ha propuesto el uso del Análisis de Componentes Principales (ACP) como una técnica estadística de análisis que reduce la dimensión de un conjunto de datos multivariados, remueve las interrelaciones existentes entre variables. Cada una explica una parte específica de la información y mediante combinación lineal de las variables originales otorgan la posibilidad de resumir la información total en pocas componentes que reducen la dimensión del problema, a estos vectores se le llama componente principal. Esta prueba también nos expresa la mayor parte de la varianza de los datos ortogonales, y determina que esta prueba es una herramienta útil para simplificar el análisis e interpretación de la gran cantidad de variables consideradas en una evaluación exhaustiva (Sandoval, 2022).

Así como también la Matriz de correlaciones ayuda a identificar correlaciones lineales entre pares de variables. Los mismos son cantidades que pueden tomar valores comprendidos entre -1 y +1. Cuanto más extremo sea el coeficiente, mejor asociación lineal existe entre el par de variables. (Miranda, 2010).

Los programas de investigación han progresado en la comprensión de los diversos factores limitantes de la producción que involucran la introducción de materiales que respondan a los objetivos de mejoramiento y se ajusten a las exigencias del mercado y del usuario (Cuestas, 2002; Madroñero *et al.*, 2013). Estos avances son difíciles de obtener, Algunas tardaron décadas en lograrse, por eso es necesario trabajar e investigar en nuevas formas que hagan más seguro y dinámico dicho trabajo.

La falta de información sobre evaluaciones de tipo agronómico y de calidad en las colecciones de trabajo, limitan la producción de variedades mejoradas, por ello es necesario determinar el potencial que tiene cada genotipo y para conservar la biodiversidad de los recursos genéticos de papa. La implementación de un Índice de selección (IS) presenta una ventaja aparente, pues haría la selección sobre variables expresadas como un valor predicho, el potencial del comportamiento y seleccionar a los individuos superiores de una población de prueba. (Pacheco *et al.* 2016). Por ende, la caracterización morfológica es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación, no solo porque permite describir el germoplasma, sino también porque se logra su clasificación (Hernández Villarreal, 2013), por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar y caracterizar

agronómicamente 69 genotipos de papa guata (*Solanum tuberosum* grupo Andigena) con base en las variables asociadas al rendimiento de una colección de trabajo de la Universidad de Nariño, con el fin de seleccionar genotipos que puedan ser incluidos en programas de mejoramiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** Este trabajo se llevó a cabo en la Granja Experimental Botana de la Universidad Nariño, ubicada en el municipio de Pasto (Nariño) a una altitud de 2820 msnm, 01°09'12" LN y 77°18'31" LO, con una temperatura promedio de 12,6°C, 900 horas sol/año, humedad relativa del 79%, precipitación de 967 mm/año, evaporación promedio anual 994,4 mm y brillo solar promedio anual 1377 horas (IDEAM, 2018).

**Diseño experimental.** El diseño experimental que se utilizó en el ensayo para analizar fue el de Alfa Látice 7 x 10 con dos repeticiones. Cada repetición presentó 10 bloques incompletos para un total de 20. Con los 69 genotipos tabla 1, se distribuyeron al azar siete genotipos en cada bloque incompleto. Los surcos fueron de 2 metros de largo con distancias entre surcos de 1,20 m, la distancia de siembra entre plantas fué de 0,40 m, la parcela útil fue de 1,44m<sup>2</sup>. El área experimental del ensayo fue de 336m<sup>2</sup> y la parcela experimental fue de 2,4m<sup>2</sup>, con una densidad de siembra de 20.833 Plantas/ha.

El modelo estadístico del Diseño Alfa Látice es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + b_j(R_k) + G_i + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:  $Y_{ijk}$  = variable de respuesta en la repetición k-ésima, bloque incompleto j-ésimo dentro de la repetición k-ésima,  $\mu$  = efecto de la media general del experimento,  $R_k$ = efecto de la repetición k-ésima,  $b_j(R_k)$  = efecto del bloque incompleto j-ésimo dentro de la repetición k-ésima,  $G_i$  = efecto del genotipo i-ésimo,  $\varepsilon_{ijk}$ = error experimental.

**Tabla 1.** Genotipos evaluados de la colección trabajo de papa Guata (*Solanum tuberosum* grupo Andigena) de la universidad de Nariño.

GENOTIPOS							
Betina	UdenarStGua28	UdenarStGua42	UdenarStGua58	UdenarStGua69	UdenarStGua79	UdenarStGua79	UdenarStGua93
UdenarStGua12	UdenarStGua29	UdenarStGua44	UdenarStGua59	UdenarStGua70	UdenarStGua80	UdenarStGua80	UdenarStGua94
UdenarStGua20	UdenarStGua30	UdenarStGua46	UdenarStGua60	UdenarStGua71	UdenarStGua82	UdenarStGua82	UdenarStGua95
UdenarStGua21	UdenarStGua31	UdenarStGua47	UdenarStGua61	UdenarStGua72	UdenarStGua83	UdenarStGua83	UdenarStGua97
UdenarStGua22	UdenarStGua33	UdenarStGua49	UdenarStGua62	UdenarStGua73	UdenarStGua84	UdenarStGua84	UdenarStGua98
UdenarStGua23	UdenarStGua35	UdenarStGua51	UdenarStGua63	UdenarStGua74	UdenarStGua86	UdenarStGua86	UdenarStGua99
UdenarStGua24	UdenarStGua36	UdenarStGua53	UdenarStGua65	UdenarStGua75	UdenarStGua87	UdenarStGua87	Blanca de los Ángeles
UdenarStGua25	UdenarStGua38	UdenarStGua55	UdenarStGua66	UdenarStGua76	UdenarStGua89	UdenarStGua89	Pestañuda
UdenarStGua26	UdenarStGua39	UdenarStGua56	UdenarStGua67	UdenarStGua77	UdenarStGua90	UdenarStGua90	Capiro
UdenarStGua27	UdenarStGua41	UdenarStGua57	UdenarStGua68	UdenarStGua78	UdenarStGua91	UdenarStGua91	

**Manejo agronómico.** Se realizaron dos aplicaciones de fertilizaciones durante el ciclo productivo, con una dosis de aplicación de 40 g/planta de fertilizante compuesto 10 - 30 - 10 a las siete y doce semanas después de la siembra, simultáneo con las labores de aporque. En el manejo de plagas y enfermedades se realizaron dieciséis aspersiones de agroquímicos. Dentro de los fungicidas se menciona a Mancozeb, Thiamethoxam, Carbendazim, Dimetomorf, Propamocarb y en cuanto a insecticidas se utilizó Cipermetrina, Profenofos. En la fertilización foliar se realizó la práctica de forma intercalada, a partir de los 15 días después de la siembra, con una intensidad de una semana entre aplicaciones.

**Variables evaluadas.** Las variables evaluadas fueron las siguientes:

**Número de tallos por planta (NT).** Se hizo un conteo del número de tallos por cada planta de la parcela útil al final de la etapa vegetativa.

**Número de estolones por planta (NE).** En el estado de cosecha, se obtuvo el número de estolones por planta (promedio de 5 plantas).

**Peso de tubérculo (Ptu).** Se tomaron 10 tubérculos al azar de cada parcela útil, se pesaron y se obtuvo el peso promedio en gramos (g) de tubérculo.

**Número de tubérculos no comerciales por planta (Ntunc).** Se hizo el conteo del número de tubérculos no comerciales de la parcela útil y se obtuvo el promedio en referencia al número de plantas, que son los que pesan menos de 80 g o que miden menos de 30 mm de diámetro, según el criterio planteado por Centro Internacional de la Papa (CIP) en el 2010.

**Peso de tubérculos no comerciales/planta (Ptunc).** Se registró el peso en g en cada parcela útil del Ntunc.

**Número de tubérculos de primera por planta (NTuIC).** Se hizo el conteo del número de tubérculos de tamaño I de la parcela útil, lo que correspondió al número de tubérculos con un peso de 200 - 300g o que midan más de 60mm (CIP, 2010).

**Peso de tubérculos de primera por planta (PTuIC).** Se registró el peso en g en cada parcela útil de NTuIC.

**Número de tubérculos de segunda por planta (NTuIIC).** Se hizo el conteo del número de tubérculos de tamaño II de la parcela útil y se registró el número de tubérculos con un peso de 80 - 200g o que midan entre 30 - 60mm (CIP, 2010).

**Peso de tubérculos de segunda por planta (PTuIIC).** Se registró el peso en g en cada parcela útil del NTuIIC.

**Número de tubérculos comerciales por planta (NTuC).** Se hizo el conteo del número de tubérculos comerciales de la parcela útil y se obtiene al sumar NTuIC+NTuIIC.

**Peso de tubérculos comerciales/planta (PTuC).** Se obtiene al sumar en la parcela útil PTuIC+PTuIIC.

**Número de tubérculos por planta (NTuPP).** En la época de cosecha, se obtuvo el número de tubérculos por planta sumando  $N_{tunc} + N_{TuIC} + N_{TuIIC}$ .

**Peso de tubérculos por planta (PTuPP).** En la época de cosecha, se obtuvo el peso de tubérculos por planta sumando  $P_{tunc} + P_{TuIC} + P_{TuIIC}$ .

**Rendimiento (Rdo).** El rendimiento se estimó con base en la cosecha de la parcela útil, proyectado bajo condiciones experimentales en t/ha.

**Análisis de la información.** Se sometieron al Análisis de Componentes Principales (ACP) aquellas variables cuantitativas que superaron el 25% en el coeficiente de variación - Con base en el ACP, se realizó el Análisis de Clasificación Jerárquico bajo el criterio de Ward.

Con la finalidad de medir la relación estadística entre las variables se sometieron al Análisis de Correlación de Pearson. En base a este análisis, se escogieron entre las variables correlacionadas, las más importantes debido a que mostraron valores altos en la correlación con las demás variables, y presentaron los valores más altos en la correlación con el rendimiento. Estas variables se llevaron al Análisis de Varianza (ANDEVA) con base en el modelo del Diseño Alfa Látice con el fin de comprobar la hipótesis nula ( $H_0$ ) bajo el modelo fijo, que plantea la igualdad entre las medias de tratamiento.

En las variables donde se rechazó la  $H_0$ , se hizo la prueba de comparación de medias con base en lo planteado por Lagos-Santander *et al.* (2020), quienes establecen que los valores superiores a la media más una desviación estándar ( $\mu + \sigma$ ), presentan diferencias significativas respecto a las demás medias, a un nivel de significancia de 0,05.

Para elegir los mejores genotipos se empleó un índice de selección siguiendo la metodología planteada por Lagos *et al.* (2015). En primer lugar, se estandarizaron los datos con la fórmula:

$$Z = \frac{(X_i - X)}{S}$$

Dónde:  $Z$ = estandarización,  $X_i$ =observación individual,  $X$ =media,  $S$ =desviación estándar.

Con los datos estandarizados, se estableció el índice de selección (IS), de la siguiente forma:

$$IS = (NT \times 0,05) + (PTuPP \times 0,05) + (PTuIC \times 0,2) + (PTuIIc \times 0,1) + (Rdo \times 0,6)$$

Dónde: NT= número de tallos, PTuPP= peso de tubérculos por planta, PTuIC= peso de tubérculos comerciales categoría 1, PTuIIc= peso de tubérculos comerciales categoría 2, Rdo=Rendimiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de Componentes Principales (ACP).** Se sometieron a este análisis 14 variables cuantitativas debido a que mostraron altos valores en el coeficiente de variación (>25%). En la Tabla 2 indica que los tres primeros componentes principales (CP) explican el 86% de la variabilidad total encontrada en la colección de 69 genotipos de papa guata. En este caso, se pueden retener para el análisis, estos tres CP. Resultados similares fueron reportados por Martínez & Ligarreto (2005), quienes realizaron una evaluación agronómica respecto a 11 variables de papa donde los 3 primeros componentes representan el 86,09% de la variación total. De acuerdo con Yeater *et al.* (2015) sí existen muchas variables altamente correlacionadas es común que la varianza se distribuya en un número reducido de CP, contrario a lo que ocurre cuando existen pocas variables de carácter redundante. Lo que indica que, para el ACP se pueden utilizar aquellos componentes que explican más del 80% de la variabilidad total de la población estudiada.

**Tabla 2.** Valores propios y proporción de la varianza explicada en el Análisis de Componentes Principales (ACP) de los genotipos evaluados en la Granja Experimental Botana.

Componente	Valor propio	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)
1	6,40	0,46	0,46
2	3,75	0,27	0,73
3	1,88	0,13	0,86
4	0,58	0,04	0,90
5	0,53	0,04	0,94

La Tabla 2, expone la correlación entre las variables evaluadas en la colección de *Solanum tuberosum* grupo Andigena del Grupo de Investigación Frutales Andinos con los tres primeros componentes principales (CP) del ACP. Las variables que más contribuyen en la formación del CP1 son, en su orden, el NTuIC (0,31), el NTuPP (0,31), el NE (0,32) y el NTuC (0,36). Como puede verse el CP1 está relacionado con el número de estructuras de los componentes de rendimiento. De acuerdo con Cisneros 2015, dice que el Número de tallos (NT) se correlaciona directamente con el rendimiento y a medida que aumenta el número de tallos aumenta el rendimiento. De igual forma el Número de estolones (NE) es importante, ya que con un buen desarrollo y crecimiento de estolones es esencial para la buena producción de tubérculos (Segura *et al.*, 2006). Con esto se puede establecer que el Rendimiento (Rdo) presenta un mayor valor de correlación con este CP1.

Las características más correlacionadas con el CP2, fueron el NTuPP (-0,305), el PTuC (-0,311), el PTuIC (0,311), el Ptu (0,369) y el NTunC (-0,415), en su orden. En general este CP está definido por aquellas variables que aporta la variabilidad del peso del tubérculo. El Ptu es una variable que define el potencial de rendimiento, Gardner *et al.* (1985), Hay & Walker (1989) sostienen que existe alta correlación entre peso de tubérculos y peso total de la planta.

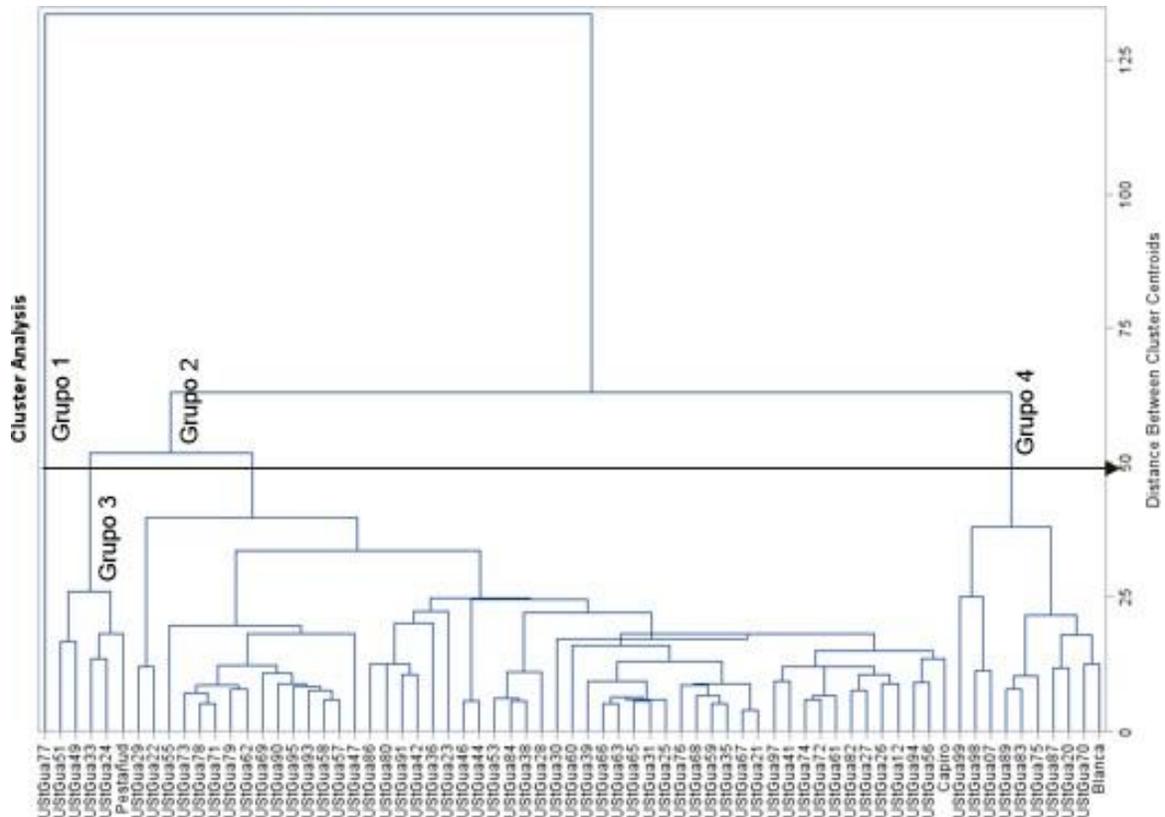
El comportamiento de estas variables analizadas en el CP2 sostiene una relación estrecha con el rendimiento del cultivo de papa.

En el CP3, se destaca el aporte a su formación del PTunC (0,46) y del PTuIIC (0,571) que fue el que mejor se presentó de las variables. En este caso, el CP está definido por los componentes de Rdo de menor calidad, los cuales presentan similitud con el de Herreño (2015), quien encontró una mayor producción con tubérculos de segunda categoría. Según Monteros *et al.* (2017), por lo general, la industria requiere de tubérculos de tamaño medio para una mayor facilidad y menor costo de procesamiento.

**Tabla 3.** Correlación entre las variables evaluadas en la colección de *Solanum tuberosum* grupo Andigena del Grupo de Investigación Frutales Andinos con los tres primeros componentes principales (CP).

Variable (V)	Correlación V-CP		
	CP1	CP2	CP3
Número de tallos por planta (NT)	0,253	-0,177	-0,054
Número de estolones por planta (NE)	0,315	-0,292	-0,062
Peso de tubérculo (Ptu)	0,089	0,369	-0,173
Número de tubérculos comerciales Y/Planta (NTuIC)	0,307	0,147	-0,303
Peso de tubérculos comerciales de I/planta (PTuIC)	0,265	0,311	-0,256
Número de tubérculos comerciales II/planta (NTuIIC)	0,289	-0,249	-0,065
Peso de tubérculos comerciales II/planta (PTuIIC)	0,177	0,183	0,571
Número de tubérculos no comerciales/planta (NTunC)	0,178	-0,415	0,083
Peso de tubérculos no comerciales/planta (PTunC)	0,223	-0,149	0,464
Número de tubérculos por planta (NTuPP)	0,311	-0,305	-0,062
Peso de tubérculos por planta (PTuPP)	0,292	0,268	-0,006
Número de tubérculos comerciales/planta (NTuC)	0,358	-0,069	-0,211

Peso de tubérculos comerciales/planta (PTuC)	0,278	0,311	0,258
Rendimiento (Rdo)	0,281	0,271	-0,206



**Figura 1.** Dendrograma del Análisis de Clasificación con base en variables cuantitativas para la colección de trabajo de *Solanum tuberosum* grupo Andigena.

El Análisis de Clasificación permitió identificar cuatro grupos (Figura 1), los cuales son homogéneos dentro de ellos y heterogéneos entre ellos. Las principales características que los diferencian se observan en la Tabla 3. El genotipo UdenarStGua77 pertenece al primer grupo, el cual presenta características únicas entre los genotipos evaluados. Este grupo se caracteriza por tener bajo PTunc (0,13 Kg/planta). El NtuC (9,75) y el PTuIC (1,43 Kg/planta) son mayores que el PG, el Rdo (52,80 t/ha) fue alto similar al grupo dos, menor que el grupo cuatro y superior al PG (33,66). Este genotipo registró el mayor PtU (242,50 g) con un valor superior al promedio general. Los estudios realizados por Rojas & Sarmiento (2014), indican que el peso de los tubérculos es determinante en el rendimiento, debido a que

participan en un 56,5% en la composición de esta variable. Esta información se asemeja con los resultados encontrados en este trabajo, donde la correlación del PTuIC con el rendimiento fue de 0,88 como se presenta en la tabla Tabla 4. Lo cual significa que a mayor PTuIC se obtendrá mayor Rdo.

El grupo dos está formado por 53 genotipos, que corresponden al 77% de la población estudiada. Estos genotipos se caracterizan por tener un Rdo (51, 20) más alto que el PG (33,66). Además, respecto al Promedio General (PG), presentaron altos valores de PTunc (0,29 Kg/planta), PTuIIC (0,66 Kg/planta), NT (7,70), NTuIC (8,67), NTuIIC (11,83), NTunc (14,67), NTuC (20,5), NTuPP (35,17) y mayor NE (37,70) (Tabla 4). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Walworth & Carling (2002), quienes indican que un mayor número de tubérculos por planta podría resultar en una disminución en el tamaño, aún en condiciones no limitantes.

**Tabla 4.** Promedio de las variables evaluadas en cada uno de los grupos del análisis de conglomerados (clúster).

Clúster	NT	NE	Ptu	NTuIC	PTuIC	NTuIIC	PTuIIC
1	3,30	13,20	242,50	5,33	1,43	4,42	0,51
2	7,70	37,70	107,50	8,67	1,18	11,83	0,66
3	2,20	12,00	47,50	1,17	0,13	3,50	0,12
4	3,50	21,00	167,50	7,50	1,83	6,00	0,56
<b>PG</b>	4,26	17,90	112,57	4,17	0,80	5,56	0,51
Clúster	Ntunc	Ptunc	NTuPP	PTuPP	NTuC	PTuC	Rdo
1	2,64	0,13	10,92	2,07	9,75	1,94	52,80
2	14,67	0,29	35,17	2,13	20,5	1,84	51,20
3	5,83	0,05	10,50	0,30	4,67	0,25	8,47
4	4,17	0,12	17,67	2,51	13,50	2,39	73,70

<b>PG</b>	6,25	0,18	15,84	1,48	9,64	1,31	33,66
-----------	------	------	-------	------	------	------	-------

PG = promedio general de los 69 clones evaluados.

Dentro del tercer grupo están los genotipos Pestañuda, UdenarStGua24, UdenarStGua33, UdenarStGua49 y UdenarStGua51 que conciernen al 7.3 % de la población estudiada. Este grupo es el de peor desempeño, dado que presentan valores bajos respecto a los otros grupos, además todos los valores están por debajo del PG. Se destaca por presentar un menor PTuPP (0,30 Kg) y el más bajo Rdo (8,47 t/ha) se observa que todo el grupo se encuentra por debajo del PG (Tabla 4). El comportamiento de estas variables son los componentes que definen el bajo rendimiento (Zvomuya & Rosen, 2002).

El cuarto grupo estuvo conformado por 10 genotipos, los cuales representan el 14.5 % de la población. Este grupo presenta el mejor desempeño en cuanto a Rdo, el cual, es superior a todos los grupos y al PG, con un promedio de 73 t/ha (Tabla 3). También registró valores superiores al PG en las variables PTuIC (1,83 Kg/planta), PTuC (2,39 Kg/planta), PTuPP (2,51 Kg/planta), NTuPP (2,51), NTuIC (7,50), NTuC (13,50), NE (21,00) y Ptu (167,50 g). En este grupo podrían encontrarse aquellos genotipos que puedan originar variedades de alto rendimiento. El Rdo permite direccionar el proceso de selección de genotipos superiores (Cotes, 2000).

Como puede observarse, los grupos uno, dos y cuatro tienen un gran potencial de Rdo. Con base en ellos, se podría proponer y construir estrategias encaminadas a mejorar el rendimiento del país, el cual es de 21,98 t/ha (Fedepapa, 2022).

**Análisis de correlación.** En la Tabla 5, se presenta el Análisis de Correlación simple de Pearson entre las variables que se sometieron al ACP. Como puede observarse el NT presentó un alto coeficiente de correlación con el NE ( $r= 0,59^{**}$ ) y PTuPP ( $r= 0,58^{**}$ ) y correlaciones moderadas con las demás variables, excepto con PTunC el cual no presentó asociación. Por consiguiente, indica que a mayor número de tallos (NT) se incrementa el NE y el Ptu. El número de estolones y tallos principales son indicativos del rendimiento de una planta de papa. En esta especie, cada planta proviene de un tubérculo que forma un conjunto de tallos. Cada tallo forma raíces, estolones y tubérculos, por lo tanto, se comporta como una planta

individual que se conoce como un tallo principal; por eso, el número de tallos y estolones son un factor agronómico determinante en la producción (Velásquez *et al.*, 2017).

**Tabla 5.** Análisis de correlación de Pearson entre las variables estudiadas (V) de *S. tuberosum* grupo Andigena del Grupo de Investigación Frutales Andinos.

V	NE	Ptu	NTuI C	PTuIC	NTuII C	PTuII C	Ntunc	Ptunc	NTuP P	PTuP P	Rdo
NT	0,59**	ns	0,33*	0,22*	0,40**	0,35**	0,49**	0,30*	0,58**	0,36**	0,23*
NE	1,00	ns	0,42**	0,22*	0,77*	0,55**	0,82**	0,47**	0,97**	0,47**	0,28*
Ptu		1,00	0,26*	0,45**	ns	0,17*	-0,27*	ns	ns	0,40**	0,46**
NTuI C			1,00	0,75*	0,32*	0,31*	ns	ns	0,44**	0,67**	0,67**
PTuIC				1,00	ns	0,37**	ns	ns	ns	0,88**	0,88**
NTuII C					1,00	0,67**	0,47**	0,29*	0,80**	0,37**	0,28*
PTuII C						1,00	0,22*	0,34**	0,51**	0,71**	0,60**
Ntunc							1,00	0,54**	0,84**	ns	Ns
Ptunc								1,00	0,47**	0,39**	Ns
NTuP P									1,00	0,42**	0,23*
PTuP P										1,00	0,88**

NT= Número de tallo, NE= Número de estolones por planta, Ptu= Peso de tubérculo, NTuIC= Número de tubérculos comerciales categoría I/planta, PTuIC= Peso de tubérculos comerciales categoría I/planta, NTuIIC= Número de tubérculos comerciales categoría II/planta, PTuIIC= peso de tubérculos comerciales categoría II/Planta, Ntunc= Número de tubérculos no comerciales/planta, Ptunc= Peso de tubérculos no comerciales/planta, NTuPP= Número de tubérculos por planta, PTuPP= Peso de tubérculos por planta, Rdo= Rendimiento, Ns= no significativo.

La densidad de tallos afecta el rendimiento porque este es determinado por el número y tamaño de los tubérculos. Es decir, cuando hay menor densidad de tallo hay menor

competencia de tubérculos, por lo general se obtiene un número grande de tubérculos (Bouzo, 2008).

El PTuPP obtuvo alta correlación con las variables Rdo ( $r= 0,88^*$ ), PTuIC ( $r= 0,88^*$ ) y PTuIIC ( $r= 0,71^*$ ), además, obtuvo una correlación moderada con las demás variables a excepción de NTunC, con la cual no tuvo ninguna relación. La variable PTuIC se correlacionó altamente con el Rdo ( $r= 0,88^*$ ), con PTuPP ( $r= 0,88^*$ ) y con NTuIC ( $r= 0,75^*$ ), igualmente presentó una correlación moderada con el NT ( $r= 0,22^*$ ), el NE ( $r= 0,22^*$ ), Ptu ( $r= 0,45^*$ ) y el PTuIIC ( $r= 37^*$ ). El PTuIIC se correlacionó con las variables Rdo con ( $r= 0,60^*$ ), PTuPP ( $r= 0,71^*$ ), NTuIIC ( $r= 0,67^*$ ), NE ( $r= 0,55^*$ ) y NTuPP ( $r= 0,51^*$ ). Con las demás variables su correlación fue moderada.

Las variables que más se correlacionan con el Rdo fueron NTuIC ( $r= 0,67$ ), PTuIC ( $r= 0,88^*$ ), PTuLLC ( $r= 0,60^*$ ) y PTuPP ( $r= 0,88^*$ ).

Como puede notarse, el rendimiento se asocia muy bien con las variables relacionadas con el peso de tubérculo, es decir, que, a mayor peso de tubérculos por planta, se obtendrá mayor rendimiento. Estudios similares muestran que el número y tamaño de tubérculos por planta son variables que determinan la producción y se han clasificado dentro de los componentes de rendimiento de la papa (Lynch *et al.*, 2001; Porras & Brenes, 2015; Contreras *et al.*, 2018).

**Análisis de varianza.** Las variables que se sometieron al ANDEVA Tabla 6. Fueron aquellas que, representan en su gran mayoría a las demás variables, se escogieron las que lograron representar a cada estructura en la planta. En el caso de NT se eligió por su correlación con las variables de número de estructuras, y número de tubérculos, siendo una variable indicadora de producción en una planta. Las variables PTuPP, PTuIC Y PTuIIC fueron elegidas por presentar mayor asociación con el Rdo y en la mayoría de las variables de peso. De igual forma, con las variables NT, NTuIC, PTuIC, PTuPP y el Rdo. Por medio de la correlación estadística se puede explicar la relación con las demás, las cuales presentaron diferencias significativas entre los genotipos a un nivel de significancia de 0,05.

**Tabla 6.** ANDEVA para las variables NT, PTuPP, Rdo, PTuIC, PTullC evaluadas en 69 genotipos de papa guata (*Solanum tuberosum* grupo Andigena).

FV	GL	NT	PTuPP	Rdo	PTuIC	PTullC
<b>Repeticiones (Rep.)</b>	1	1,30Ns	3,307**	1511,68*	1,66*	0,27*
<b>Bloques/Rep.</b>	18	4,79*	0,789**	519,73**	0,40**	0,084*
<b>Genotipos</b>	68	2,33*	0,41*	309,09*	0,22*	0,041*
<b>Error</b>	50	1,35	0,17	128,59	0,099	0,026
<b>Media</b>		4,26	1,42	33,63	0,8	0,46
<b>CV</b>		27,32	29,06	33,72	39,16	34,96
<b>R2</b>		0,78	0,84	0,83	0,83	0,78

Ns= diferencias no significativas, \*= diferencias significativas al nivel del 95% de confiabilidad, \*\*=Altamente significativas, CV = coeficiente de variación (%), PTuPP = peso de tubérculo por planta, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación, NT= número de tallo por planta, Rdo= rendimiento PTuIC= peso de tubérculos comerciales categoría I/planta, PTullc= Peso de tubérculo de segunda categoría.

En el NT, los genotipos UdenarStGua21, UdenarStGua23, UdenarStGua24, UdenarStGua27, UdenarStGua29, UdenarStGua33, UdenarStGua36, UdenarStGua42, UdenarStGua56, UdenarStGua94 y UdenarStGua99 presentaron diferencias significativas respecto al 84,05 % de la población estudiada con promedios que fluctúan entre 5,51, y 7,30 tallos/planta y una media de 6,35±0.61 tallos/planta, la cual es superior a la Media Poblacional (MP) de 4,25 tallos/planta. Estos resultados son similares a los reportados por Pinango (2016), quien al utilizar semilla certificada la producción de tallos incrementa al obtener, promedios de 6,68 tallos por planta, además, es mayor a la reportada por (Taramuel & Fernando, 2017) quien obtuvo 5,59 tallos por planta.

En cuanto al PTuPP los genotipos que presentaron diferencias significativas respecto al 87% de los clones evaluados fueron Betina, UdenarStGua20, UdenarStGua22, UdenarStGua23, UdenarStGua27, UdenarStGua29, UdenarStGua77, UdenarStGua98 y UdenarStGua99. Estos clones presentaron un rango de 2,01 y 2,64 Kg/planta y una media de 2,42± 0,24 Kg/planta, superior a la MP (1,43 Kg/planta). Estos promedios son superiores a los que

obtuvo Salomón; *et al.*; (2002) de 0.495 a 0.678 Kg/planta, asimismo los resultados encontrados por Peña *et al.*, (2019) con un promedio de 0,8 kg/planta.

En el PTuIC los genotipos obtuvieron diferencias significativas en relación al 88% de los clones evaluados son Betina, UdenarStGua20, UdenarStGua27, UdenarStGua75, UdenarStGua77, UdenarStGua87, UdenarStGua98, y UdenarStGua99. Estos genotipos presentaron un rango de 1,19 y 1,89 Kg/planta y una media  $1,54 \pm 0,23$  Kg/planta, superaron la MP (0,80 Kg/planta). Resultados similares fueron encontrados por Peña *et al.*, (2019) en tubérculos de primera categoría donde obtuvo como resultado un promedio general de 1,83 kg.

Betina, UdenarStGua20, UdenarStGua22, UdenarStGua23, UdenarStGua26, UdenarStGua27, UdenarStGua29, UdenarStGua35 y UdenarStGua99 presentaron diferencias significativas en el PTuIIC respecto al 87% de la población evaluada fueron los promedios de PTuIIC oscilaron entre de 0,68 y 1.06 Kg/planta, con una media de  $0,77 \pm 0,12$  Kg/planta que estuvo por encima de la MP (0,46 Kg/planta). Estos pesos están por debajo de los registrados por Peña *et al.*, (2019) que alcanzó un promedio de 6,94 kg en esta categoría.

Los genotipos de mayor Rdo fueron Betina, UdenarStGua22, UdenarStGua29, UdenarStGua75, UdenarStGua77, UdenarStGua83, UdenarStGua94, UdenarStGua98 y UdenarStGua99. Estos presentaron diferencias significativas respecto al 87% de los clones evaluados, con valores entre 50,31 y 77,00 t/ha y una media de  $58,23 \pm 11,97$  t/ha, que superó a la MP (33,59 t/ha). Estos rendimientos son superiores a los promedios de diez estudios experimentales de Colombia publicados entre 2005 y 2009 donde muestran rendimientos entre  $15,9 \pm 9,5$  t/ha y  $23,3 \pm 7,9$  t/ha (Escallón *et al.*, 2005; Becerra-Sanabria *et al.*, 2007; Muñoz & Lucero, 2008; Pérez *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2009). Igualmente se encontró resultados experimentales con genotipos peruanos que mostraron rendimientos de 5 a 27,4 t/ha (Rojas-Mercado & Seminario, 2014; Seminario *et al.*, 2016); y los resultados de la Evaluación del rendimiento de genotipos de papa provenientes de Marajabú, edo. Trujillo, Venezuela con rendimiento en un rango de 42.857 a 57.049 kg/ha. (Salazar *et al.*, 2008).

**Índice de selección.** Los genotipos seleccionados (Tabla 7) corresponden, en su orden, a UdenarStGua99, Betina, UdenarStGua98, UdenarStGua22, UdenarStGua29, UdenarStGua27 y UdenarStGua77, con Índices de selección mayores a 1,08 y con un valor máximo de 2,71. Estos genotipos se caracterizaron por presentar diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas, igualmente superaron a la MP en todas las variables que componen el IS. En cuanto al Rdo, mostraron en promedio 26,13 t/ha, adicionales a la MP (33,66 t/ha) y en cuanto a Betina, variedad registrada con adaptación amplia y con potencial de alto rendimiento, mostró un Rdo de 73,71 t/h que superó en gran medida su historial de producción de 40 t/ha (Ñústez & Estrada, 2002).

Al seleccionar estos siete genotipos, se obtuvo un Diferencial de selección (DS) 0,95 en el NT que corresponde a una ganancia del 18,55%. En el PTuPP la ganancia fue del 42% con DS de 1,02, en el PTuIC de 45,5% con DS 0,67, en el PTuIIC de 38% con DS 0,27 y en el Rdo de 45% con un DS de 26,13.

**Tabla 7.** Promedio de valores en las variables involucradas en el índice de selección (10%) de 69 genotipos de una colección de papa guata.

Nombre	Grupo	NT	PTuPP	PTuIC	PTuIIC	Rdo	IS
UdenarStGua99	4	7,30	2,63	1,74	0,81	77,00	2,71
Betina	4	3,86	2,64	1,63	0,81	73,71	2,38
UdenarStGua98	4	4,77	2,49	1,89	0,59	71,29	2,31
UdenarStGua22	2	4,60	2,56	0,98	1,06	50,31	1,23
UdenarStGua29	2	6,56	2,14	1,08	0,68	51,15	1,15
UdenarStGua27	2	6,75	2,63	1,54	0,72	42,30	1,09
UdenarStGua77	1	2,51	2,01	1,42	0,44	52,80	1,08
MS		5,19	2,44	1,47	0,73	59,79	
MP		4,25	1,43	0,80	0,46	33,66	
DS		0,95	1,02	0,67	0,27	26,13	

MS= Media de Selección, MP= Media Poblacional, DS= Diferencial de selección, IS= Índice de selección, NT= Número de tallos, PTuPP= peso de tubérculo por planta, Rdo= rendimiento PTullc= peso de tubérculo de primera categoría PTullc= peso de tubérculo de segunda categoría.

Los buenos rendimientos observados en los genotipos a través del IS, hacen que estos puedan ser recomendados en programas de mejoramiento genético, debido a que podrían contribuir a la rentabilidad y calidad del cultivo, por consiguiente, al desarrollo de nuevas variedades. Villanueva (2018) considera importante el rendimiento total de tubérculos y el rendimiento de tubérculos comerciales, porque permiten diferenciar, además de seleccionar materiales para el mejoramiento agronómico y genético contribuyendo al desarrollo del sector agrícola y de los campesinos.

## **CONCLUSIONES**

El Análisis de Componentes Principales permitió establecer altos niveles de variabilidad genética en la población estudiada. A través del Análisis de Clasificación se identificaron cuatro grupos con particularidades al interior de cada grupo.

Mediante el IS se identificaron los genotipos UdenarStGua99, Betina, UdenarStGua98, UdenarStGua22, UdenarStGua29, UdenarStGua27 y UdenarStGua77 los cuales se podrían recomendar en programas de mejoramiento de la especie por su calidad y atributos.

## **RECOMENDACIONES**

Las variables seleccionadas podrían facilitar nuevas investigaciones y contribuirán a la selección agronómica de genotipos superiores de papa, por lo tanto, se recomienda incluirlos genotipos UdenarStGua99, Betina, UdenarStGua98 UdenarStGua22, UdenarStGua29, UdenarStGua27 y UdenarStGua77 de papa de alto rendimiento en futuras investigaciones, donde puedan ser sometidas a diferentes condiciones como el cultivo bajo condiciones orgánicas entre otras.

## BIBLIOGRAFÍA

Becerra,L;Navia-de Mosquera,S; Núñez,C. (2007). Efectos de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar “Guaneña”, en el departamento de Nariño. Rev. Latinoam. Papa 14(1):51-60.

Bouzo, C. (2008). El Cultivo de papa en Argentina. Universidad Nacional del Litoral

Chávez, J. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica, pp. 72-77. En: Franco, T. y R. Hidalgo (eds.). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico IPGRI No 8. International Plant Genetics Resources Institute (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p. [TC1] recuperado de: [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/\\_migrated/uploads/tx\\_news/An%C3%A1lisis\\_estad%C3%ADstico\\_de\\_datos\\_de\\_caracterizaci%C3%B3n\\_morfol%C3%B3gica\\_de\\_recursos\\_fitogen%C3%A9ticos\\_894.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/An%C3%A1lisis_estad%C3%ADstico_de_datos_de_caracterizaci%C3%B3n_morfol%C3%B3gica_de_recursos_fitogen%C3%A9ticos_894.pdf)

Cisneros, C. (2015). Evaluación del rendimiento agronómico de diez clones de papa criolla, (*Solanum phureja* Juz et Buck L.) en el municipio de Mutiscua, Norte de Santander. Tesis de pregrado. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander.

Centro Internacional de la Papa (CIP). (2010). Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales.

Cotes, J. (2000). Análisis e interpretación de la interacción genotipo por ambiente en 24 clones de papa *Solanum tuberosum* sp. andigena. Tesis de Magíster en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 86 p.

Contreras, G.; Pulido, M.; Perea, J.; Barros, J.; Barrionuevo, A. (2018). Análisis de caracteres componentes del rendimiento en cinco variedades de papa andina (*Solanum tuberosum* Ssp. Andígena). Revista del CIZAS. v.19, n.1 y 2, p16-27

Cuesta, X.; Rivadeneira J.; Monteros C. (2015). Mejoramiento Genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Quito (Ecuador), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 62p.

Cuesta, Andrade, H., Bastidas O., Quevedo R., Sherwood, S. (2002). Botánica y mejoramiento genético, M. Pumisacho (Ed). El cultivo de la papa en Ecuador pág (37-42) Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Escallón, R.; M. Ramírez.; C.E. Núñez. (2005). Evaluación del potencial del rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont. De Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz. and Buk). Agron. Colomb. 23:35-41.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). FAOSTAT. [TC2] Recuperado de <http://www.fao.org/economic/ptop/pagina-principal/es/>

Fedepapa. Federación Colombiana de Productores de papa. (2022). Guía ambiental para el cultivo de la papa. Bogotá, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2022/09/Regional-Narin%CC%83o.pdf>

Fedepapa. (2022), Federación De Papa. (s. f.). <https://fedepapa.com>.

FINAGRO. Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario. Bogotá- Colombia. (2020). disponible en [www.finagro.com.co/noticias/sector-papero-se-prepara-para-aumentar-el-consumo-de-papa-en-colombia](http://www.finagro.com.co/noticias/sector-papero-se-prepara-para-aumentar-el-consumo-de-papa-en-colombia).

Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. (1985). Physiology of crop plants. Iowa State University Press, USA. 325 p.

Hawkes, J. (1990). The potato: evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, London [TC3]. 733–735 (1990). DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03044023>

Hay, R.K.M.; Walker, A.J. (1989). An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical. pp. 190.

Hernández, A. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Revista Bio Ciencias. v.2, n.3, p113-118. <https://core.ac.uk/download/pdf/26952733.pdf>.

Herreño, E. (2015). Evaluación de la producción y características del tubérculo de nueve genotipos nativos de papa criolla (*solanum phureja* juz et buck l.) en el municipio de Mutiscua –Norte de Santander. Tesis de pregrado. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander.

Hidalgo, R. (2003). Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. pp. 2-26. En: Franco, T. y R. Hidalgo (eds.). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico IPGRI No 8. International Plant Genetics Resources Institute (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p[TC4] recuperado de. [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/\\_migrated/uploads/tx\\_news/An%C3%A1lisis\\_estad%C3%ADstico\\_de\\_datos\\_de\\_caracterizaci%C3%B3n\\_morfol%C3%B3gica\\_de\\_recurso\\_fitogen%C3%A9ticos\\_894.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/An%C3%A1lisis_estad%C3%ADstico_de_datos_de_caracterizaci%C3%B3n_morfol%C3%B3gica_de_recurso_fitogen%C3%A9ticos_894.pdf)

Huamán, Z.; Spooner, D. (2002). Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*). Amer. J. Bot. 89(6): 947-965. doi: 10.3732/ajb.89.6.947

IDEAM. Colombia Nariño granja Botana. (2018). disponible en <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>.

Lagos, T.; Apraez, J.; Lagos, L.; Duarte, D. (2015). Comportamiento de 50 familias de medios hermanos de *Solanum quitoense* Lam bajo selección recurrente. *Temas Agrarios*, 20(2), (19 – 29. <http://dx.doi.org/10.21897/rta.v20i2.755>

Lagos Santander, L.K.; Vallejo Cabrera, F.A.; Lagos Burbano, T.C., Duarte Alvarado, D.E. (2020). Evaluación agronómica de familias de medios hermanos de lulo de Castilla, *Solanum*

*quitoense* Lam. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 23(1):e1334.  
<http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1334>

Lynch, D.; Kozub, G.; Kawchuk, L. (2001). The relationship between yield, mainstem number, and tuber number in five maincrop and two early-maturing cultivars. *American Journal of Potato Research*. v.78, p83-90.

Martínez, N.; Ligarreto g. (2005). Evaluación de cinco genotipos promisorios de papa *Solanum tuberosum* sp. andigena según desempeño agronómico y calidad industrial. *Agron. colombo*. [En línea]. 2005, vol.23, n.1, pp.17-27. ISSN 0120-9965.

Madroñero, I.; Rosero, J.; Rodríguez, L.; Navia, J.; Benavides, C. (2013). Caracterización morfoagronómica de genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum* L. Grupo Andigenum) EN NARIÑO. Vol. 18:(2) Julio - Diciembre 2013 (50 - 66).

Miranda, R. (2010). Caracterización de la producción de papa en el departamento de Nariño mediante el análisis de datos multivariados. <http://hdl.handle.net/10584/9007>

Monteros, C.; Comina, P.; Rivadeneira, J.; Suquillo, J.; Sevillano, C. (2017). Evaluación del comportamiento agronómico y calidad industrial de variedades de papa con aptitud para procesamiento de bastones fritos. Memorias del VII congreso ecuatoriano de la papa. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Muñoz, L.A.; A.M.; Lucero. (2008). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. *Agron. Colomb*. 26:340-346.

Ñúñez & Estrada. (2002). Grupo de investigación en papa. Universidad Nacional de Colombia. Investigador obtentor (Betina). <https://www.papaunc.com/catalogo/betina>

Pacheco, Á.; Vargas, M.; Alvarado, G.; Rodríguez, F.; Crossa, J.; y Burgueño, J. (2016). "GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows). International Maize and Wheat Improvement Center [Distributor]. Consultado en <http://hdl.handle.net/11529/10203>

Pérez, L.; L.E. Rodríguez.; M.I. Gómez. (2008). Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. Agron. Colomb. 26:477-486.

Peña, R. F., Ruiz, J. E. L., & León, V. J. P. (2019). Estudio de evaluación agronómica en el cultivo de papa (*Solanum* spp.) con tolerancia al déficit hídrico – Ecuador. *Revista de investigación en agroproducción sustentable*, 3(3), Doi <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20193.500>

Pinango, L. (2016). Efecto de diferentes densidades de siembra y orígenes de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la tasa de extracción de tubérculo-semilla. (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Porras, C. & Brenes, A. (2015). Calidad de los tubérculos y componentes de rendimiento de híbridos F1 de papa (*Solanum tuberosum*). *Agronomía Costarricense*. v.39, p37-46.

Rodríguez, L.E.; C.E. Nústez.; N. Estrada. (2009). Criolla latina, Criolla paisa, y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). *Agron. Colomb.* 27:289-303.

Rodríguez, L.E., C.E. Nústez, & S.L. Navia. (2008). Criolla Guaneña y Criolla galeras, nuevas variedades de papa diploide para la subregión Nudo de los Pastos-Colombia. Presentado en: XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa y VI Seminario Latinoamericano de Uso y Comercialización de la Papa. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar de Plata, ARG, 30 nov. - 6 dic. Presentación MEJ 12-166.

Rojas, L.; Sarmiento, J. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo *Phureja*) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 165-175.

Rojas-Mercado, L.P.; & J.F. Seminario. (2014). Productividad de 10 cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Sci. Agropecu.* 5:165-175. doi: 10.17268/sci.agropecu.2014. 04.01.

Salazar, M.; Zambrano, J.; Valecillos, H. (2008). Evaluación del rendimiento y características de calidad de trece clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agricultura Andina Volumen 14*, enero-junio 2008. pp. 101-117, rescatado de <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/agri/n14/articulo7.pdf>

Salomón, J.; A. Estévez, M. E. González, J. G. Castillo. (2002). Selección de parentales para la producción de semilla botánica de papa (*Solanum tuberosum* L.). vol. 23, núm. 4, 2002, pp. 71-74, Cuba.

Sandoval, w. (2022). *Análisis de Componentes Principales*. Amazonaws.com. [https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/931871\\_33029808c35b48c3a2f598cf34ba0dad.html](https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/931871_33029808c35b48c3a2f598cf34ba0dad.html)

Spooner, D.; F. Rodríguez, Z. Polgár, H. Ballard & S.H. Jansky. (2008). Genomic origins of potato polyploids: GBSSI gene sequencing data. *The plant genome. Crop Sci.* 48, Supl. 1, 27-36. doi: 10.2135/cropsci2007.09.0504tpg

Segura, M.; M. Santo & C. Nústez. (2006). Desarrollo fenológico de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca) *Fitotecnia Colombiana* 6 (2): 33-43

Seminario, J.; A. Seminario, & A. Domínguez. (2016). Potencial productivo de 12 cultivares de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo *Phureja*) de la región Cajamarca. *Fiat Lux* 12(2):115-127.

Sukhotu, T.; Hosaka, K. (2006). Origin and evolution of Andigena potatoes revealed by chloroplast and nuclear DNA markers. *Genome.* 49: 636-647. DOI: 10.1139/G06-014

Taramuel, M.; Xavier, F. (2017). Evaluación del peso del Tubérculo y Densidad de Siembra en la producción de semilla registrada de papa (*solanum tuberosum* L.) variedad "Superchola" en la granja yuyucocha, Ibarra (no date) rraae. Available at: [https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTN\\_09060355cbb34fba23edfaf4017a44cb](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTN_09060355cbb34fba23edfaf4017a44cb).

Valencia, R.; Lobo, M.; Ligarreto, G. (2010). Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu. 11(1): 85-94. doi: 568-1-10-20131228.pdf

Walworth & Carling. (2002). Tuber initiation and development in irrigated and non irrigated potatoes. American Journal of Potato Research 79: 387–395.

Vázquez-Carrillo, María Gricelda, Santiago-Ramos, David, Rubio-Covarrubias, Oswaldo Ángel. (2018). Interacción genotipo-ambiente en la calidad de tubérculos y hojuelas fritas de genotipos de papa cultivados en el centro de México. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 10(2), 77-89. Epub 23 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.04.004>

Vásquez, H. (2017). Fenología y caracterización morfológica de 43 entradas de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo *phureja*) de la región Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca: 76-141. Recuperado de: Tesis - fenología y caracterización morfológica de 43 entradas de papa chaucha.pdf

Villanueva-Guevara, R.; Seminario, Juan; Valdez-Yopla, M. (2018). Rendimiento de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) amarillos precoces del grupo Phureja 1 Agronomía Mesoamericana, vol. 29, núm. 3, 2018 Universidad de Costa Rica, Costa Rica Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43756297012> DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32623>.

Yeater, K.; M., Duke, S. E. and Riedell, W.E. (2015). Multivariate analysis: greater insights into complex systems. *Agron. J.* 107:799-810.

Zvomuya, J. Rosen, C. J. (2002). Biomass partitioning and nitrogen use efficiency of 'Superior' potato following genetic transformation for resistance to Colorado potato beetle. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127: 703–709.

**Anexo 1.** Datos de origen y pedigree de 69 genotipos de la colección de papa Guata (*Solanum tuberosum* Andigena).

No.	Introducción	Origen	Pedigree
1	UdenarStGua07	UNAL-Colombia	Betina
2	UdenarStGua12	Colombia	Brasilera M4
3	UdenarStGua20	UNAL-Colombia	Unica M2 (Unica Vieja La Cocha)
4	UdenarStGua21	Colombia	Guata 21 (Surco21)
5	UdenarStGua22	Colombia	Guata 23 (Surco23)
6	UdenarStGua23	Colombia	Guata 25 (Chola Surco 25)
7	UdenarStGua24	Colombia	Capiro Certificada M2 (Capiro)
8	UdenarStGua25	Colombia	Chola Ecuatoriana
9	UdenarStGua26	Colombia	Guata Negra Cordoba
10	UdenarStGua27	Colombia	Nevada M6
11	UdenarStGua28	Colombia	Pamba Lisa
12	UdenarStGua29	Colombia	Parda Pastusa Surco 22 M2
13	UdenarStGua30	Colombia	Roja Nariño M1 [UdenarStGua05-Des4(Jr-Pso-Nr)-04/015(P1-s1)]
14	UdenarStGua31	UNAL-Colombia	Suprema Certificada M2 (Suprema)
15	UdenarStGua33	Colombia	Capiro blanca M6
16	UdenarStGua35	Colombia	Guata Carriza M5[UdenarStGua07-carriza(Pan-Cum-Nr)-05/1997(Clon001)]
17	UdenarStGua36	Colombia	Guata M5 Gualcala (Guata Gualcala)
18	UdenarStGua38	Colombia	NN Roja Huila M3
19	UdenarStGua39	Colombia	Parda Suprema M6
20	UdenarStGua41	Colombia	San Pedro Invernadero
21	UdenarStGua42	CORPOICA	15060096 - CARETA AMARILLA
22	UdenarStGua44	CORPOICA	15062408 - RONCILLA
23	UdenarStGua46	CORPOICA	15062424 - COLOMBIANA

24	UdenarStGua47	CORPOICA	15062453 - INDUSTRIAL
25	UdenarStGua49	CORPOICA	15062462 - GUETAR
26	UdenarStGua51	CORPOICA	15062421 - SABANERA
27	UdenarStGua53	CIP-Perú	CIP 300046.22- [(392973.48=(95.048))x(393613.2=(TXY.2))]
28	UdenarStGua55	CIP-Perú	CIP 377744.1 Kori-INIA-[(M-1266-14 MEX)x(374035.1)]
39	UdenarStGua56	CIP-Perú	CIP 380496.6 Chagllina-INIA-[(INDIA-1058 B)x(XY BULK)]
30	UdenarStGua57	CIP-Perú	CIP 384866.5 Amarilis-INIA- [(376724.1=(85LB70.5))x(BULK PRECOZ)]
31	UdenarStGua58	CIP-Perú	CIP 387164.4 LBr-40-[(382171.10)x(575049=(CEW-69-1))]
32	UdenarStGua59	CIP-Perú	CIP 389746.2-[(381379.9)x(386614.16=(XY.16))]
33	UdenarStGua60	CIP-Perú	CIP 391002.6-[(386209.1)x(386206.4)]
34	UdenarStGua61	CIP-Perú	CIP 391011.17-[(387041.12)x(386206.4)]
35	UdenarStGua62	CIP-Perú	CIP 391046.14-[(386209.1)x(387338.3)]
36	UdenarStGua63	CIP-Perú	CIP 391058.175-[(387170.16)x(387338.3)]
37	UdenarStGua65	CIP-Perú	CIP 391691.96 INIA 309;SERRANITA-[(381381.9)x(LB-CUZ.1)]
38	UdenarStGua66	CIP-Perú	CIP 392285.72-[(36.14)x(382157.30)]
39	UdenarStGua67	CIP-Perú	CIP 392633.64-[(387132.2)x(387334.5)]
40	UdenarStGua68	CIP-Perú	CIP 392657.171-[(387341.1)x(387170.9)]
41	UdenarStGua69	CIP-Perú	CIP 392657.8-[(387341.1)x(387170.9)]
42	UdenarStGua70	CIP-Perú	CIP 393073.179-[(387015.13)x(389746.2)]
43	UdenarStGua71	CIP-Perú	CIP 393077.159-[(387348.20)x(389746.2)]
44	UdenarStGua72	CIP-Perú	CIP 393079.24-[(387004.13)x(390357.4)]
45	UdenarStGua73	CIP-Perú	CIP 393079.4-[(387004.13)x(390357.4)]
46	UdenarStGua74	CIP-Perú	CIP 393220.54-[(381400.22)x(387170.9)]
47	UdenarStGua75	CIP-Perú	CIP 393280.82-[(387015.3)x(386316.14=(XY.14))]
48	UdenarStGua76	CIP-Perú	CIP 393371.159-[(387170.16)x(389746.2)]

49	UdenarStGua77	CIP-Perú	CIP 393371.164-[(387170.16)x(389746.2)]
50	UdenarStGua78	CIP-Perú	CIP 393371.58 INIA 310;Chucmarina-[(387170.16)x(389746.2)]
51	UdenarStGua79	CIP-Perú	CIP 393382.44-[(387205.5)x(387338.3)]
52	UdenarStGua80	CIP-Perú	CIP 394611.112-[(780280=(PW-88-6203))x(676008=(I-1039))]
53	UdenarStGua82	CIP-Perú	CIP 394904.20-[(720118.1=(37-35A))x(C90.205)]
54	UdenarStGua83	CIP-Perú	CIP 395112.32-[(391686.15)x(393079.4)]
55	UdenarStGua84	CIP-Perú	CIP 395193.6-[(388611.22=(C91.612))x(C92.030)]
56	UdenarStGua86	CIP-Perú	CIP 395446.1-[(BWH-87.446R)x(393613.2=(TXY.2))]
57	UdenarStGua87	CIP-Perú	CIP 396012.266-[(391004.10)x(393280.58)]
58	UdenarStGua89	CIP-Perú	CIP 396034.268-[(393042.50)x(393280.64)]
59	UdenarStGua90	CIP-Perú	CIP 396038.101-[(393077.54)x(393280.64)]
60	UdenarStGua91	CIP-Perú	CIP 396285.1-[(393617.1=(TXY.11))x(104.12 LB)]
61	UdenarStGua93	CIP-Perú	CIP 397196.3-[(392797.22)x(388611.22=(C91.612))]
62	UdenarStGua94	CIP-Perú	CIP 398190.404-[(393077.54)x(392639.2)]
63	UdenarStGua95	CIP-Perú	CIP 398192.41-[(393077.54)x(392633.54)]
64	UdenarStGua97	CIP-Perú	CIP 398193.553-[(393077.54)x(392633.64)]
65	UdenarStGua98	CIP-Perú	CIP 398208.620
66	UdenarStGua99	CIP-Perú	CIP 399053.15-[(395230.1)x(395322.11)]
67	blanca de los angeles	Udenar-Colombia	Blanca de Los Angeles
68	pestañuda	Tangua	Pestañuda
69	capiro	La Cruz de Amarillo	Capiro