

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (*Zea mays* L) en la sierra  
baja y media del Perú”**

**Presentado por:**

**EDWIN RAÚL MACURI NÚÑEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Lima – Perú**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD FENOTÍPICA DEL MAÍZ  
(*Zea mays* L.) EN LA SIERRA BAJA Y MEDIA DEL PERÚ”**

**Presentado por:  
EDWIN RAÚL MACURI NÚÑEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

**Ing. M. S. Andrés Casas Díaz  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Mg. Sc. Julián Chura Chuquija  
PATROCINADOR**

---

**Dr. Hugo Soplín Villacorta  
MIEMBRO**

---

**Ing. Mg. Sc. Ricardo Sevilla Panizo  
MIEMBRO**

**Lima – Perú  
2016**

**DEDICATORIA:**

*A mis padres, hermano, hermanas y  
todas aquellas personas que siempre  
estuvieron a mi lado brindándome  
su cariño y ayuda oportuna.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa KWS por el financiamiento del presente trabajo de investigación y al Instituto Regional de Desarrollo (IRD-Sierra) de la UNALM, por las facilidades brindadas.

Al Ing. Julián Chura Chuquiija, patrocinador del presente trabajo de tesis, por su asesoramiento, apoyo y orientación a lo largo de toda la investigación, revisión y edición de la tesis.

Al Ing. Gilberto García, por su amistad y sugerencias para la culminación de este trabajo. De igual manera a los miembros del Jurado de Tesis por su apoyo en las diferentes áreas técnicas de la investigación.

A todo el personal del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz de la UNALM, por las facilidades y el apoyo brindado.

Y un especial agradecimiento a toda mi familia y amigos, por llenarme día a día de ánimo para afrontar las adversidades de la vida.

# ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 ORIGEN, EVOLUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL MAÍZ.....	4
2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	6
2.3 EL MAÍZ EN EL MUNDO.....	6
2.4 EL MAÍZ EN EL PERÚ.....	7
2.5 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL MAÍZ.....	9
2.5.1 SISTEMA RADICULAR, TALLO Y HOJAS.....	9
2.5.2 INFLORESCENCIA MASCULINA Y FEMENINA.....	10
2.5.3 FRUTO.....	11
2.6 ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DEL MAÍZ.....	11
2.7 CLASIFICACIÓN DE LAS RAZAS DE MAÍZ EN EL PERÚ.....	16
2.8 ANÁLISIS MULTIVARIADO.....	18
2.8.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).....	19
2.8.2 ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 ÁREA EXPERIMENTAL.....	26
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	26
3.1.2 DATOS METEOROLÓGICOS.....	26
3.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	27
3.2 MATERIALES.....	28
3.2.1 MATERIAL GENÉTICO.....	28
3.2.2 MATERIAL DE CAMPO Y GABINETE.....	29
3.3 PARCELA EXPERIMENTAL.....	29

3.4 METODOLOGÍA.....	30
3.4.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	30
3.4.2 SIEMBRA.....	30
3.4.3 MANEJO AGRONÓMICO.....	30
a. ABONAMIENTO.....	30
b. CONTROL DE MALEZAS.....	31
c. CONTROL DE INSECTOS.....	31
d. RIEGO.....	31
e. COSECHA.....	31
3.5 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	31
3.5.1 CARACTERES CUANTITATIVOS.....	32
3.5.2 CARACTERES CUALITATIVOS.....	33
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34
3.6.1 ESTADÍSTICAS GENERALES.....	34
3.6.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).....	35
3.6.3 ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 ESTADÍSTICAS GENERALES.....	39
4.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).....	41
4.3 ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS.....	48
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. RECOMENDACIONES.....	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
VIII. ANEXOS.....	78

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1:</b> Datos meteorológicos registrados durante el manejo de las 335 accesiones de maíz en campo.....	27
<b>Cuadro 2:</b> Características del suelo del área experimental ubicado en Jauja (Junín)....	28
<b>Cuadro 3:</b> Caracteres morfológicos utilizados para la caracterización morfológica de 335 accesiones de maíz de la sierra baja y media del Perú.....	32
<b>Cuadro 4:</b> Descripción estadística básica para los 9 caracteres cuantitativos usados en el análisis multivariado de las 335 accesiones de maíz.....	40
<b>Cuadro 5:</b> Valores propios, porcentaje absoluto y acumulado de la variación fenotípica total explicado por los componentes principales.....	41
<b>Cuadro 6:</b> Correlación entre descriptores y los primeros 6 componentes principales usados para la discriminación de las 335 accesiones de maíz.....	44
<b>Cuadro 7:</b> Relación de los 55 grupos (G) formados por el análisis de conglomerados.....	56

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1:</b> Disposición de las hileras en la mazorca.....	34
<b>Figura 2:</b> Distancia euclidiana en un sistema de coordenadas cartesianas.....	37
<b>Figura 3:</b> Representación gráfica de los 14 componentes principales en el eje horizontal y los valores propios en el eje vertical.....	43
<b>Figura 4:</b> Dispersión de las 335 accesiones de maíz con base en el plano formado por los dos primero componentes principales.....	46
<b>Figura 5:</b> Distribución de las variables originales de las accesiones sobre el primero y segundo componente principal.....	47
<b>Figura 6:</b> Dendograma de las 335 accesiones de maíz de la sierra baja y media peruana, utilizando el método de media aritmética no ponderada (primera parte).....	52
<b>Figura 6:</b> Dendograma de las 335 accesiones de maíz de la sierra baja y media peruana, utilizando el método de media aritmética no ponderada (segunda parte).....	53
<b>Figura 7:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-128.....	67
<b>Figura 8:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión AYA-046.....	67
<b>Figura 9:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión JUN-489.....	68
<b>Figura 10:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión AREQ-208.....	68



## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-075 (Raza Confite Punteagudo).....	78
<b>Anexo 2:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión AREQ-188 (Raza Kculli).....	78
<b>Anexo 3:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-211 (Raza Paro).....	79
<b>Anexo 4:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión ANC-180 (Raza Ancashino).....	79
<b>Anexo 5:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-270 (Raza Morocho).....	80
<b>Anexo 6:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión AREQ-163 (Raza Arequipeño).....	80
<b>Anexo 7:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-154 (Raza San Gerónimo).....	81
<b>Anexo 8:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-106 (Raza Cusco Cristalino Amarillo).....	81
<b>Anexo 9:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión HCO-096 (Raza Ajaleado).....	82

<b>Anexo 10:</b> Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-266 (Raza Perilla).....	82
<b>Anexo 11:</b> Cosecha de las accesiones.....	83
<b>Anexo 12:</b> Mazorcas dispuestas en bandejas para la evaluación de los caracteres morfológicos.....	83
<b>Anexo 13:</b> Medición del diámetro de las mazorcas.....	84
<b>Anexo 14:</b> Conteo de las semillas de cada accesión.....	84
<b>Anexo 15:</b> Lista de las 335 accesiones de maíz y sus respectivas altitudes de colección, utilizadas para la caracterización morfológica.....	85
<b>Anexo 16:</b> Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz.....	88

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó en el campo experimental del fundo San Juan de Yanamucllo (IRD-Sierra; Jauja, Junín) de la UNALM, situado a 3,322 m.s.n.m. El material genético estuvo constituido por 335 accesiones de maíz de la sierra baja y media del Perú. Los objetivos fueron caracterizar morfológicamente el material en estudio, estimar la variabilidad de la muestra y determinar los caracteres más útiles para clasificar a las accesiones en grupos. Se seleccionaron 14 caracteres morfológicos del manual de descriptores del CIMMYT (9 cuantitativos y 5 cualitativos). El análisis estadístico de los datos se basó haciendo uso del Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis de Conglomerados, ayudándonos para tal fin del programa estadístico NTSYS versión 2.1. El ACP permitió identificar los caracteres que establecieron mejor las semejanzas entre los individuos: días a la floración femenina, días a la floración masculina, peso de cada grano, número de granos por hilera, número de hileras por mazorca, sanidad de las mazorcas, color de granos, color de la tusa, altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca y textura del grano; éstos estuvieron asociados a los 6 primeros componentes principales, los cuales explicaron el 75.5% de la variación fenotípica existente. Los 6 componentes constituyeron las variables sobre las cuales se realizó el Análisis de Conglomerados. El dendograma obtenido por el método UPGMA permitió clasificar las accesiones en 55 grupos a una distancia taxonómica de 2,7. La variabilidad de la muestra del germoplasma se determinó de acuerdo al tipo de mazorca que presentó cada accesión encontrándose 22 razas típicas de maíz y la presencia de cruzamientos (X), mezclas (M) y similaridad (S) entre razas.

Palabras Claves: maíz, razas, caracterización, componentes principales, conglomerados.

## **SUMMARY**

This research was conducted at the experimental field of the farm “San Juan de Yanamucllo” (IRD-Sierra, Jauja, Junin) belonging to UNALM, located to 3,322 meters above sea level. The genetic material consisted of 335 accessions of maize from the low mountains and half of Peru. The objectives were morphologically characterize the material under study, estimate the variability of the sample and determine the most useful traits to classify accessions in groups. Were selected 14 morphological characters from the descriptors manual of CIMMYT (9 quantitative and 5 qualitative). Statistical analysis of the data was based using Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis, helping to this end the Statistical Programme NTSYS version 2.1. The ACP identified the characters better established similarities between individuals: days to silking, days to male flowering, each grain weight, number of kernels per row, number of rows per ear, health cobs, color grain, rachis color, plant height, ear height, ear length and grain texture; they were associated with the first 6 principal components, which accounted for 75.5% of the existing phenotypic variation. The 6 components constituted the variables on which the Cluster Analysis was performed. The dendrogram obtained by the UPGMA method allowed classify accessions in 55 groups at a taxonomic distance of 2.7. The sampling variability of germplasm was determined according to the type of cob presented each accession finding 22 typical races of maize and the presence of crosses (X), mixtures (M) and similarity (S) between races.

**Key words:** maize, races, characterization, principal components, clusters.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguo que se conoce y utilizado por el hombre desde épocas remotas. La importancia de este cultivo a nivel mundial está dada por los diversos usos que tienen las diferentes partes de la planta, por lo que puede utilizarse en la alimentación humana y animal. La superficie mundial dedicada al cultivo del maíz durante el año 2014 fue de 175 millones de hectáreas, cuya producción alcanzó los 994 millones de toneladas (Maluenda, 2015).

En el Perú, según el IV Censo Nacional Agropecuario realizado el año 2012, la superficie agrícola nacional fue de 7 125 008 hectáreas, de las cuales solo el 58,3% del total (4 155 678 hectáreas) presentan cultivos y el 41,7% se encuentran sin cultivos. De la superficie agrícola con cultivos las dedicadas a maíz amarillo duro constituyen el 6,3% del total de la superficie y el maíz amiláceo constituye el 5,8% (INEI, 2013). Actualmente, en la región de la sierra, el 95% del área está dedicada a la producción de maíces amiláceos debido a que es utilizado por el campesino para su consumo directo, ya sea como grano verde (choclo), grano seco (cancha), hervido (mote) o transformado artesanalmente (harina, bebidas, entre otros). Asimismo, la producción de maíz amiláceo para consumo en forma de choclo y cancha, son las más importantes fuentes de ingresos para los productores de este tipo de maíz en la sierra del país.

El maíz ha sido y sigue siendo uno de los productos más importantes en la alimentación nacional y de mayor arraigo en la cultura productiva de la población rural de los andes peruanos. En el 2013, se obtuvo en el país una producción de 307,481 toneladas de maíz amiláceo, con una superficie cosechada de 216 832 hectáreas, dando un rendimiento promedio nacional de 1,418 Kg/ha. El mismo año, la región del Cusco presentó la mayor producción de maíz amiláceo con un 26% de participación en la producción nacional de este tipo de maíz (MINAGRI, 2014).

Nuestro país es una de las mayores áreas geográficas con mayor diversidad de maíz en el mundo. Esta gran diversidad es el resultado del trabajo realizado por nuestras culturas precolombinas, asociadas con la gran variedad de ambientes de vida. La preservación y utilización de esta diversidad genética es de suma importancia en la investigación y en el mejoramiento genético de este cultivo (Salhuana, 2004).

Las características morfológicas son utilizadas para estudiar la variabilidad genética de una especie vegetal, para identificar diferentes tipos de plantas y para conservar los recursos fitogenéticos (Hernández, 2013). Por presentar una variabilidad genética tan grande resulta difícil evaluar, describir y catalogar todas las formas diferentes de maíz; para facilitar esta labor, se realizan caracterizaciones morfológicas, genéticas y fisiológicas, lo cual permite tener grupos o poblaciones más o menos homogéneas denominadas razas.

La utilidad de una caracterización morfológica de los recursos genéticos vegetales, permite definir una serie de descriptores útiles por su importancia agronómica o por su valor para clasificar e identificar grupos genéticos (Tapia *et al.*, 2005). Así mismo, la caracterización incluye la descripción morfológica básica de las accesiones, identificación, clasificación, contaminación de semillas, etc. Para la caracterización se toma en cuenta los descriptores cualitativos y aquellos descriptores cuantitativos que son muy poco influenciados por el ambiente. Los descriptores de caracterización deben ser constantes para que se pueda hacer una sola caracterización.

La diversidad del maíz en el Perú se ha clasificado en razas, las cuales se diferencian por su morfología, fenología y adaptación. Las razas evolucionan en el contexto de las culturas por lo que no existe maíz silvestre (Sevilla, 2006a). La selección natural y la selección artificial juegan un papel muy importante en la adaptación de las razas a los ecosistemas y sistemas de producción, y en la especialización para los múltiples usos. Se han catalogado 52 razas de maíz en nuestro país (Grobman *et al.*, 1961; Vega, 1972), conformando la mayor fuente de variabilidad de algunos caracteres como color del grano, textura y otros caracteres organolépticos de valor comercial, la cual es preservada en el Banco de Germoplasma del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz de la UNALM.

En los países diversos como el Perú, donde existen especies que han pasado por un largo proceso de domesticación, la diversidad genética colectada debería estar

disponible para utilizar los caracteres de mayor valor y los adaptativos que se han desarrollado en el proceso. La conservación y el manejo de la diversidad vegetal son posibles si se preserva la diversidad cultural y étnica (Oscanoa y Sevilla, 2010). Es recomendable clasificar la diversidad genética del maíz en razas para planear su conservación, producir semillas, formar compuestos para facilitar el mejoramiento participativo, entre otros.

Es muy importante estimar la diversidad genética del maíz existente en el Banco de Germoplasma para su protección, conservación y uso adecuado en el mejoramiento genético. Es por ello que el siguiente trabajo establece los siguientes objetivos:

- Caracterizar una muestra de 335 accesiones de maíz de la colección nacional *ex situ* provenientes de la sierra baja y media del Perú, utilizando caracteres morfológicos (cuantitativos y cualitativos) establecidos para la especie.
- Estimar la variabilidad de las accesiones en base a las evaluaciones realizadas haciendo uso de los caracteres morfológicos.
- Determinar los caracteres más útiles para clasificar a las accesiones en grupos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 ORIGEN, EVOLUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL MAÍZ

La rápida y afortunada expansión del maíz obedece entre otros factores a que es una planta adaptable y versátil en grado notable dada su gran diversidad de formas. Se le puede cultivar desde los 58° de latitud norte en Canadá y Rusia, hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile. La mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3800 m.s.n.m. en la Cordillera de los Andes (Dowswell *et al.*, 1996).

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Las diferentes teorías se pueden resumir en dos posibles centros de origen: el primero, las tierras altas de Perú, Ecuador y Bolivia, debido fundamentalmente a la existencia de una gran diversidad de maíces en los altiplanos del Perú; además, toda la gama de colores del pericarpio del maíz que se conocen en todo el mundo puede hallarse en el Departamento de Ancash, en Perú; y el segundo, la región del sur de México y Centroamérica, que se basa en haberse encontrado polen, mazorcas y granos fósiles de maíz en el Valle de México, estableciendo la posibilidad de que esta planta fuera originaria de América Central (Poehlman y Sleper, 2003).

Manrique (1997), sostiene que el maíz tiene varios centros de origen, los cuales estarían ubicados principalmente en México y Sudamérica denominados “Centros de Domesticación”. Los Centros de Domesticación Primarios toman en cuenta los estudios realizados de las razas primitivas en relación a su distribución, historia, arqueología, lingüística y otros, estableciendo dos centros primarios: a) Americano mexicano (razas primitivas: nat-tel, chapalote) y b) Andino peruano (razas primitivas: Confite Morocho, Kulli, Chullpi). Los Centros de Domesticación Secundarios se basan en el cruzamiento del maíz con el teosinte y el tripsacum, estableciendo dos centros secundarios: a) Mexicano (maíces derivados por cruzamiento con tripsacum) y b) Guatemalteco (maíces derivados por cruzamiento con teosinte).



Si bien se conoce el origen americano del *Zea mays*, aún no se ha podido establecer con exactitud su origen evolutivo. En la actualidad se proponen dos hipótesis que explican el origen botánico del maíz: la primera plantea que el maíz moderno procede de la domesticación de varias razas de maíz silvestre efectuada posiblemente en varios lugares, luego el teosinte se interpolinizó con maíz para producir la introgresión de genes de teosinte en maíz y de maíz en teosinte; esta hipótesis es apoyada por los hallazgos arqueológicos muy tempranos de maíz y escasos y tardíos de teosinte; la segunda menciona que el maíz se originó directamente por domesticación de una o más razas de teosinte diploide anual, debido a evidencias en igualdad de número, tamaño y homología de cromosomas de ambos taxones. En el Perú, los restos arqueológicos de maíz encontrados, no muestran evidencias de introgresión temprana de genes del teosinte en el maíz primitivo (Grobman, 2004).

El maíz fue domesticado por lo menos hace 8 000 años y ya no es capaz de sobrevivir en forma silvestre. Los responsables de la diversificación y evolución del maíz, así como de la generación de casi todas las razas de maíz conocidas hasta la actualidad, fueron las culturas precolombinas. Gispert y Álvarez (1998), citados por Fernández (2009), mencionan que en la época del descubrimiento de América, el maíz se cultivaba ya en numerosas partes del Continente, especialmente en las zonas más desarrolladas de México, América Central y Sudamérica, donde formaba parte de la dieta alimenticia de la población indígena.

Brandolini (2001), señala que en 1492, Colón describe una nueva gramínea hallada en el interior de la actual Cuba por dos miembros de su tripulación, a la que denominó “maíz”, basándose en su nombre indio de “mahiz” o “marisi”. A partir de ese año se le introdujo a Europa, después del regreso de Colón de su primer viaje al Nuevo Mundo. Sin embargo, las primeras cosechas de maíz no se extendieron hasta mediados de 1,500 cuando se evidenció una mejor adaptación de las variedades traídas desde el sub-trópico y las regiones templadas de América Central y América del Sur. El maíz fue extensivamente cultivado en España, Italia y sur de Francia y luego continuó difundiendo a otros países de Europa. A principios del siglo XVI, los comerciantes y navegantes europeos introdujeron el maíz en África, al mismo tiempo que en Asia (Paliwal, 2001).

## 2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

En cuanto a su posición sistemática, el maíz, según la nomenclatura ofrecida por Linneo en 1737 (Fernández, 2009) en su libro “Genera Plantarum”, se designa como *Zea mays*, con la siguiente clasificación:

Reino: Vegetal (Plantae)

División: Angiospermae (Magnoliophita)

Subdivisión: Pterapsidae

Clase: Liliopsida

Subclase: Monocotiledóneas

Orden: Poales

Familia: Poacea

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Maydeae (Andropogoneae)

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays* L.

## 2.3 EL MAÍZ EN EL MUNDO

Según el informe del Consejo Internacional de Cereales (CIC), en el año 2014 la producción mundial del maíz alcanzó los 994 millones de toneladas métricas, superando en 2 millones de toneladas a lo alcanzado el año anterior. La superficie mundial dedicada a este cultivo en ese mismo año fue de 175 millones de hectáreas. Los seis principales países productores de maíz en el mundo son: Estados Unidos, China, Brasil, la Comunidad Europea, Argentina y Ucrania (Maluenda, 2015).

Estados Unidos es el primer productor de maíz en el mundo, cuya producción obtenida en el año 2014 fue de 361 millones de toneladas, representando cerca del 37% de la producción mundial en una superficie de 34 millones de hectáreas, mostrando mayores rendimientos respecto a la campaña anterior. El segundo productor del mundo es China cuya producción alcanzada ese mismo año fue de 215,7 millones de toneladas (3 millones de toneladas menos que la campaña anterior). El tercer productor de maíz en el mundo es Brasil cuya producción fue de 78 millones de toneladas de maíz, un 2% menos obtenidos la campaña anterior, en una superficie de 15 millones de hectáreas. La Comunidad Europea, teniendo a Francia, Rumania, Hungría e Italia como sus

principales productores comunitarios, alcanzó sus máximos volúmenes de producción con 75,3 millones de toneladas (64 millones de toneladas alcanzadas la campaña anterior) en una superficie de más de 9 millones de hectáreas (Maluenda, 2015).

El uso primario del maíz es para la alimentación animal (78%) y después para el consumo humano (13%), donde su aplicación es diversa. La versatilidad que tienen sus derivados es tal que, pueden encontrarse en medicamentos como la aspirina y los antibióticos, en cosméticos, alimentos, y en diversos productos industriales. Existen más de 1,000 productos derivados total o parcialmente del maíz. Estos productos incluyen alimentos para el hombre o para los animales domésticos, tales como: tortillas, harinas de maíz, masa, varios bocadillos, cereales, espesantes, pastas, jarabes, endulzantes, aceite de maíz, bebidas sin alcohol, cerveza y whisky (Dowswell *et al.*, 1996).

La industrialización del maíz comprende dos procesos tecnológicamente diferentes: la molienda húmeda y la molienda seca. Cada uno de estos procesos permite obtener distintos productos. El almidón de maíz es el producto más importante del procesamiento húmedo y es usado en numerosas aplicaciones alimenticias e industriales (Reyes, 1990). Tanto la molienda húmeda como la molienda seca, son utilizadas para la producción de etanol. En la actualidad, Estados Unidos es el mayor productor de etanol de maíz a nivel mundial, empleando el método de la molienda seca para su obtención (Briceño, 2012).

## **2.4 EL MAÍZ EN EL PERÚ**

Sevilla (1991), indica que el maíz es uno de los pocos cultivos que ha pasado por un proceso de evolución muy dinámico, es decir, a partir de formas muy débiles y poco productivas se generaron muchas razas que son utilizadas en diversas formas y que cubren un amplio rango de ambientes y ecosistemas. La evolución del maíz ha sido realmente un proceso de selección natural y artificial muy eficientes, que generó mucha diversidad asegurándonos la disponibilidad de abundante variación genética para el futuro.

La evolución del maíz en el continente americano fue dirigida por el hombre, desde el maíz primitivo que se empezó a cultivar hace por lo menos 6 000 años, hasta el más moderno. En nuestro país, el cultivo del maíz se desarrolló a partir del pre-cerámico. En diferentes lugares de nuestro territorio se han encontrado restos con una antigüedad

mayor de 4 000 años: Cuevas de Guitarrero en la sierra de Ancash (6,000 a 8,000 años); Casma (6,000 años); Cuevas de Rosamachay en Ayacucho (5,500 años); Los Gavilanes y Áspero en Huarney (4,500 años). Las razas originales Confite Chavinense, Protoconfite Morocho y Proto Kully se originaron en la sierra y posiblemente en esa región se cultivaban más frecuentemente (Sevilla, 2006b).

Durante la época incaica, el grado de conocimiento del maíz llegó a tal punto que lograron diferenciarse los diversos tipos existentes en cuanto a su calidad nutricional y su distribución se efectuaba de acuerdo a las actividades que realizaba el hombre. Los Incas lograron un grado muy avanzado de agricultura. Con el uso de técnicas agrícolas avanzadas (terrazas, irrigación, siembra en surcos, fertilización), las razas de maíz tuvieron un importante florecimiento en todo el imperio incaico (Grobman *et al.*, 1961).

El maíz amarillo duro se destina a la elaboración de alimentos balanceados para el consumo animal. En cambio, el maíz amiláceo es utilizado para el consumo humano directo, ya sea en grano verde bajo la forma de choclo, grano seco bajo la forma de cancha, hervido como mote o transformado artesanalmente para su consumo en harina, bebidas, entre otros. El maíz amiláceo predomina en las zonas alto andinas del Perú, por lo que puede ser cultivado desde el nivel del mar hasta los 3,900 metros de altura. Una característica saltante del maíz amiláceo es su gran variabilidad en el color del grano, en su composición y en su apariencia, que lo hacen particular al compararlos con los maíces de otros países (Huamanchumo de la Cuba, 2013).

Mientras el maíz para choclo tiene una fuerte vinculación con la demanda interna proveniente de las grandes ciudades, el maíz amiláceo grano seco es más bien el sustento alimenticio de numerosas familias andinas de las zonas rurales del Perú, cuya población va disminuyendo. En zonas más alejadas a las ciudades se observa mayor migración, casi no hay adolescentes ni jóvenes, pues consideran a la agricultura insuficiente para sostener a su familia (Oscanoa y Sevilla, 2010). Por lo general, casi todos los agricultores de la sierra, que son de avanzada edad, cultivan el maíz para consumo humano en áreas que cubren casi la mitad de sus predios, pero con una productividad muy baja.

La producción nacional de maíz amarillo duro alcanzado en el año 2013 fue de 1,365'239 toneladas, cuya superficie cosechada fue de 293,718 hectáreas y un rendimiento promedio de 4,648 Kg/ha. Por su parte, la producción del maíz amiláceo en

el mismo año fue de 307,481 toneladas, con una superficie cosechada de 216,832 hectáreas y un rendimiento promedio de 1,418 Kg/ha. La región del Cusco presenta la mayor producción de maíz amiláceo con 68,981 toneladas, seguido de las regiones de Apurímac con 41,456 toneladas y Cajamarca con 34,895 toneladas; la mayor superficie cosechada la obtuvo la región de Cajamarca con 43,367 hectáreas, seguido de Cusco y Apurímac con 25,472 y 25,041 hectáreas respectivamente; los mejores rendimientos promedio de este maíz fueron obtenidos por las regiones de Arequipa (3,699 Kg/ha), Tacna (2,931 Kg/ha), Ica (2,913 Kg/ha), Cusco (2,708 Kg/ha) y Junín (2,193 Kg/ha) en el mismo año (MINAGRI, 2014).

Respecto a la evolución del consumo per cápita de maíz amiláceo, en los últimos 50 años ha mostrado una tasa de crecimiento negativa pasando de 18 Kg/habitante en el año 1950 a 8.6 Kg/habitante en el año 2007, debido principalmente a la migración de la población andina hacia la costa, abandonando de esta manera sus hábitos de consumo tradicionales. Sin embargo, durante los últimos años esta tendencia registra en el 2011 un valor de 9.7 Kg/habitante/año producto del desarrollo de campañas de promoción gastronómicas. La dinámica del consumo per cápita de maíz choclo, ha mostrado una tasa de crecimiento positiva pasando de 7 Kg/habitante en el año 1992 a 15 Kg/habitante en el año 2010 (MINAGRI, 2012).

En cuanto al comercio exterior, el Perú exporta maíz gigante de Cusco, maíz chullpi, cancha y mote, y maíz morado. Los principales destinos de las exportaciones de maíz gigante de Cusco son España (77%), Estados Unidos (14%) y Japón (5%); para el maíz chullpi, cancha y mote los países a donde se exporta son Estados Unidos (44%), España (22%) y Ecuador (20%); el maíz morado se exporta a Estados Unidos (79%), España (10%) y Japón (6%); asimismo se exporta almidón de maíz alrededor de 2 661 toneladas siendo el principal destino Ecuador (Briceño, 2012; MINAGRI, 2012).

## **2.5 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL MAÍZ**

### **2.5.1 SISTEMA RADICULAR, TALLO Y HOJAS**

Manrique (1997), menciona que las raíces del maíz son fasciculadas, formadas por tres tipos: (1) las raíces primarias o seminales que se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad que ha sido sembrada; (2) las raíces principales o secundarias que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias y

(3) las raíces aéreas o adventicias que nacen en los nudos de la base del tallo por encima de la corona, constituyen el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrientes.

El tallo está constituido por un eje vertical sólido, alargado y cilindro-cónico, terminando en un penacho que constituye la inflorescencia masculina o panoja; también presenta nudos y entrenudos, siendo más cortos en la base y más largos a medida que se alejan de ella. En la parte inferior de los nudos se encuentran localizados los primordios radiculares, las que dan origen a las raíces adventicias, especialmente en los nudos que se encuentran más próximos al suelo. En la parte superior de los nudos del tallo nacen las hojas, las cuales son envolventes, lanceoladas y liguladas, formada por vainas que cubren completamente el entrenudo con nervaduras paralelas (Manrique, 1997).

### **2.5.2 INFLORESCENCIA MASCULINA Y FEMENINA**

El maíz es una planta monoica cuyas flores masculinas y femeninas están presentes en la misma planta. Las flores masculinas nacen antes que las femeninas en la punta de los tallos. Las flores femeninas se desarrollan en la axila de las hojas en el punto medio del tallo, y se agrupan en filas a lo largo de un raquis grueso, cilíndrico, esponjoso y alveolado. Las flores femeninas presentan un largo estilo (de 15 cm a más) que salen hasta el final de las brácteas y son primero verdes y luego rojizos al llegar a la madurez (esto depende de genes de color dominantes o recesivos de antocianina) y se conocen como sedas, barbas de maíz, pelos de choclo o cabellos de elote (Manrique, 1997).

Las flores masculinas están en una inflorescencia llamada panoja, y las femeninas se desarrollan en una estructura especial denominada mazorca. Las flores del maíz, tanto masculinas como femeninas, se encuentran unidas en espiguillas; el par de espiguillas es la unidad floral. En la panoja, un miembro del par de espiguillas es pedicelado; cada espiguilla contiene dos flores funcionales con tres anteras (Sevilla, 2006a). Cada antera produce alrededor de 2 500 granos de polen y en promedio cada panoja tiene 10 000 anteras, por lo que se estima tiene una producción de 25 000 000 de granos de polen por panoja, es decir 25 000 granos de polen por cada óvulo para una mazorca de 1 000 granos.

La espiguilla pistilada tiene los mismos elementos que la estaminada, pero la gluma, lemma y palea son más rudimentarias. La espiguilla está formada por dos flores y solo la superior es funcional. Las espiguillas son ordenadas por pares sobre el raquis de la mazorca. Como cada espiguilla da lugar a un grano y las espiguillas se originan por pares, el número de hileras de grano de la mazorca es par. El número de hileras de grano de la mazorca está determinado principalmente por factores hereditarios; el ambiente no modifica esta característica (Sevilla, 2006a).

Kiesselbach (1949), citado por Sevilla (2006a), menciona que las flores masculinas contienen vestigios de órganos femeninos como la presencia de un pistilo rudimentario y en las flores femeninas existen tres estambres rudimentarios, por tanto, afirma que las flores del maíz son potencialmente hermafroditas. Por esta razón, a veces ocurren flores perfectas en la espiga que dan lugar a la formación de granos en la panoja y también mazorcas con anteras.

### **2.5.3 FRUTO**

El maíz presenta un fruto monospermo conocido como cariósido o grano. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro o semilla consiste de tres partes principales: la pared o pericarpio ( $2n$ ), el embrión o germen ( $2n$ ) y el endospermo ( $3n$ ). La parte más externa del endospermo en contacto con la pared del pericarpio es la capa de aleurona ( $3n$ ) que es de naturaleza proteica (Paliwal, 2001).

La forma y el color de las semillas varía según la variedad, las hay blancas, amarillas, rojo, púrpura, morado, entre otros. Gispert y Álvarez en 1998 (Fernández, 2009), mencionaron que las propiedades físicas y químicas del contenido de sustancias de reserva de las semillas determinan grandes variaciones en el tamaño de éstas.

## **2.6 ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DEL MAÍZ**

Dowswell *et al.*, (1996) señalan que todos los tipos de maíz pertenecen a la misma especie, pero el tamaño, la textura, la forma y el color de la mazorca y los granos, varían ampliamente de una raza a otra. Esta amplia diversidad es el resultado de siglos de selección, mutación e hibridación. La polinización cruzada, acompañada de continuos intercambios de genes entre poblaciones y el movimiento de las personas, han creado pools adicionales de genes. Las selecciones subsiguientes, tanto natural como artificial

han desarrollado un germoplasma que es bastante diferente en su genotipo y fenotipo del germoplasma paternal original.

Anderson y Cutler en 1942 (Fernández *et al.*, 2010), investigaron sobre el rango de variabilidad entre colecciones de germoplasma del cultivo, desarrollando el concepto de “raza” de maíz definiéndola como: “un conjunto de individuos relacionados con bastantes características en común que permiten su reconocimiento como un grupo”. En términos genéticos, una raza es un grupo de individuos con un número significativamente grande de genes en común. La clasificación en razas debe ser aplicada sólo a especies cultivadas. Las razas están íntimamente ligadas al patrimonio cultural de los pueblos, como sus costumbres, su música, su idioma y muchas otras manifestaciones culturales (Sevilla y Holle, 2004).

La región alto-andina es un centro muy importante de diversidad genética del maíz; de las 260 razas descritas en América, 132 pertenecen a la región andina. La extrema variedad de las condiciones ecológicas en las que el maíz crece en el Perú, conjuntamente a la mutación, la hibridación y una selección planificada, ha resultado en la producción de un número alto de razas indicando la gran diversidad genética existente. En nuestro país se ha acumulado una gran diversidad de maíz, sin embargo, aún no existen evidencias suficientes para demostrar que el maíz se originó aquí (Sevilla, 2004).

Las razas originales: Protoconfite Morocho, Confite Chavinense y Proto Kculli, son consideradas precursores de muchas razas de maíz del altiplano peruano, como por ejemplo la raza Confite Morocho, considerada como una de las más primitivas de todas las razas de maíz peruano. Esta raza podría haber proporcionado algunos de sus genes para el desarrollo de otras razas como Rabo de Zorro, Piricinco, Marañón, Chimlos, Morocho, Huancavelicano, Uchuquilla y Cusco (Abu-Alrub *et al.*, 2004).

Sevilla *et al.*, (2004) mencionan que, no es posible saber cuan diverso es el maíz peruano en comparación con el maíz de otros países. Las escasas evidencias genéticas y citológicas indican que el maíz andino, en general, es menos diverso que el mesoamericano. Sin embargo, la diversidad fenotípica, es decir, la variación en tipos, forma y dimensiones del grano, color del grano y modificaciones morfológicas es considerada posiblemente mayor a la de cualquier otro país.



El germoplasma del maíz fue clasificado por primera vez por Sturtevant (1899), citado por Wellhausen *et al.*, (1951), separando los individuos en seis grupos de acuerdo al color, la forma y el tipo de grano: *Zea identata* Sturt. (Dentado), *Zea everta* Sturt. (Reventón), *Zea indurata* Sturt. (Cristalino), *Zea saccharata* Sturt. (Dulce), *Zea tunicata* Sturt. (Tunicado), *Zea amylacea* Sturt. (Harinoso). Kuleshov en 1929 (Salhuana, 2004), luego de estudiar su colección mundial de maíz, afirmó que el grupo más subdividido y rico en rasgos morfológicos y biológicos era el amiláceo (endospermo blando o harinoso), encontrándose la mayor diversidad y especialización en el Perú.

La colección de maíz en el Perú fue iniciada en 1952; las muestras colectadas fueron evaluadas en términos de características morfológicas, citológicas y fisiológicas, y en base al grado de similitud en estas características se logró establecer la clasificación racial del maíz. De esta manera, la diversidad genética del maíz se clasificó y agrupó en 52 razas (Grobman *et al.*, 1961; Vega, 1972). En la sierra peruana se identificaron y caracterizaron 24 razas de maíz de las cuales 8 se siembran en casi el 80% del área de maíz en la región. En general, las razas de las zonas alto-andinas, exhiben mayor variabilidad respecto al color de la mazorca, pericarpio, capa de aleurona y endospermo a diferencia de las razas de zonas bajas; pero se considera que dichas variantes son más fenotípicas que genotípicas (Blas *et al.*, 1998).

Desde que se realizó la clasificación racial del maíz en el Perú, no se ha perdido ninguna raza ni se ha encontrado una nueva. La diversidad del maíz en nuestro país se conserva *ex-situ* en el banco de germoplasma de maíz del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz, e *in-situ* en los lugares de cultivo de las razas nativas. El número total de muestras colectadas y accesadas al banco de germoplasma en el Perú es 3,931 (Sevilla *et al.*, 2004). Todas las accesiones fueron regeneradas, algunas en varias ocasiones. Se conserva la semilla original y se tiene una foto a color de casi todas las accesiones para observar cambios en la frecuencia de genes de color o textura, lo cual se usa como un identificador para comparar las accesiones regeneradas y observar que no haya cambios en las accesiones regeneradas.

Sevilla (2006a), manifiesta que las poblaciones de maíz son altamente heterogéneas y la mayoría de los genes de las plantas están en genotipos heterocigotos. En la misma mazorca, hay caracteres del grano que no segregan (pericarpio) y caracteres del grano

que sí segregan. Si el pericarpio es coloreado, no se visualiza el color de la aleurona ni del endospermo, no hay segregación del color dentro de una misma mazorca. Si el pericarpio es incoloro, se expresa el color de la aleurona. Si la aleurona es coloreada, independientemente del color del pericarpio, no se expresa el color del endospermo. Si el pericarpio y aleurona son incoloros, se expresa el color del endospermo.

Wellhausen *et al.*, (1951) sostienen que, las razas son definidas por caracteres cuantitativos que son frecuentemente muy variables dentro de las mismas. Los caracteres vegetativos tienden a interactuar grandemente con el ambiente; los caracteres de la inflorescencia masculina tienen un comportamiento intermedio y los caracteres de la mazorca y el grano tienden a ser los mejores indicadores de las diferencias raciales. Para Grobman *et al.*, (1961), la mazorca del maíz presenta caracteres de diagnóstico más útiles que cualquier otra parte de la planta, puesto que la mazorca es el órgano más especializado de la planta del maíz y es la estructura que distingue más que cualquier otra al *Zea mays* de todas las otras especies de gramíneas.

No todas las formas o caracteres pueden describir consistentemente las plantas. Hay que elegir caracteres más estables a través de diferentes ambientes. Las características morfológicas que se manifiestan más estables bajo diferentes condiciones de medio ambiente son generalmente cualitativas. Esto significa que una característica morfológica para ser considerada como descriptor, no debe ser afectada en su expresión por las diferentes condiciones del medio ambiente, o si son afectadas, estas variantes deben ser mínimas; en cuanto así ocurra, serán descriptores consistentes que permitan una adecuada caracterización morfológica (Gómez, 2006).

Salazar *et al.*, (2006) definen la caracterización como la evaluación de la presencia, ausencia o grado de especificidad de los caracteres morfológicos, bioquímicos y moleculares, cuya expresión es poco modificada por el ambiente. Por su parte, Sevilla y Holle (2004), establecen que el objetivo principal de la caracterización es describir y dar a conocer el valor del germoplasma. Existen otros objetivos más específicos como la identificación taxonómica correcta, la descripción morfológica, la evaluación de caracteres de valor agronómico, las estimaciones de la variabilidad fenotípica y las relaciones entre características.

Los descriptores de caracterización permiten la discriminación fácil entre fenotipos; generalmente son caracteres altamente heredables que pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Por la importancia de contar con patrones de identificación, caracterización y evaluación de la mayoría de las plantas cultivadas, se han realizado estudios básicos para conocer la variabilidad de las características dentro y entre plantas y seleccionar las características cualitativas o cuantitativas que sean útiles para la descripción (Pérez *et al.*, 2004).

Poehlman y Sleper (2003), mencionan que las variaciones que ocurren en algunos caracteres de las plantas son definidas, se identifican con facilidad aun en ambientes variables y se heredan de manera simple, como por ejemplo el color de la semilla; estos caracteres determinados por pocos genes que expresan efectos fenotípicos importantes se conocen como “caracteres cualitativos”. Los caracteres controlados por muchos genes con efectos pequeños se denominan “caracteres cuantitativos”; estos caracteres son fácilmente modificados por los factores estresantes del ambiente, se expresan en una gama continua de variaciones y tienen un mecanismo de herencia complejo.

Goodman y Paterniani (1969), indicaron que de ser posible, los caracteres apropiados para estudios de Taxonomía Numérica deben ser aquellos menos afectados por los cambios ambientales. Es evidente que los caracteres de la mazorca deben utilizarse con la mayor frecuencia posible en cualquier sistema de clasificación, puesto que en el mayor número de ocasiones, la única parte disponible para recolección y estudio es la mazorca.

En un estudio realizado por Ortiz (1985), se evaluaron las características de planta, panoja, mazorca y grano en maíz con el propósito de determinar cuáles son las características más adecuadas para su utilización en la clasificación racial y usarlos como descriptores. Encontró que las características que resultan con mayor utilidad como descriptores para la clasificación racial en maíz son: altura de planta, altura de inserción de la mazorca, número de ramificaciones primarias de la panoja, largo y ancho del grano, longitud y diámetro de la mazorca, número de hileras de la mazorca y diámetro de la tusa. Estas características son de utilidad por la alta variabilidad mostrada, presentan poca influencia ambiental y permiten discriminar las colecciones pertenecientes a diferentes razas.

Vega (1972), realizó un análisis discriminante en 44 colecciones de maíz para su diferenciación en razas. El autor encontró que los caracteres externos de mazorca son los más determinantes de la diferenciación de colecciones, aunque éstos pueden ser influenciados por el medio ambiente al igual que los caracteres de panoja. Lo contrario sucedió con los caracteres internos de mazorca por lo que pueden ser mucho más efectivos al realizar una clasificación racial. Así mismo, el análisis agregado realizado sobre las colecciones analizadas por caracteres externos de mazorca se comparó favorablemente a la clasificación biológica al establecer una mejor configuración racial.

Por su parte, Cárdenas (1976) estudió la correlación entre características de panoja y de mazorca en razas de maíces peruanos; encontró que algunos caracteres de la panoja o inflorescencia masculina (número de ramificaciones secundarias, longitud de la parte no ramificada y longitud de la ramificación inferior) correlacionaron de forma directa con la mayoría de los caracteres externos de la mazorca; igualmente la longitud y el ancho de mazorca correlacionan con la mayoría de los caracteres de panoja, solo en algunas razas. El autor menciona también que existe una correlación común en algunos caracteres entre las razas Confite Morocho y Paro.

Abu-Alrub *et al.*, (2004) estudiaron la variación en los descriptores reproductivos entre grupos raciales de maíces peruanos para determinar los mejores descriptores para una clasificación exacta del germoplasma. Se encontró que las características del grano son los mejores descriptores para la clasificación racial del germoplasma de maíz del altiplano peruano seguido de las características de la mazorca, debido a que presentaron alta heredabilidad y repetibilidad. Algunas razas estaban bien clasificadas, pero otras se superponen debido a posibles interacciones y el flujo de genes entre las razas.

## **2.7 CLASIFICACIÓN DE LAS RAZAS DE MAÍZ EN EL PERÚ**

En nuestro país, las razas de maíz han sido agrupadas en seis grupos de acuerdo a su proceso evolutivo (Grobman *et al.*, 1961; Manrique, 1997; Salhuana, 2004).

1. Razas primitivas: se caracterizan por presentar rasgos morfológicos similares a los maíces encontrados en los diferentes estratos arqueológicos; así como en representaciones fitomórficas de los huacos. Este es el motivo por el cual se les considera como las más antiguas y las que posiblemente presentan características atribuidas al tipo de maíz silvestre. Se caracterizan por ser precoces y de tipo

reventón. El área de distribución de la mayoría de estas razas está localizada en las partes altas de la sierra (2,500 a 3,900 m.s.n.m.). Entre éstas tenemos: Confite Morocho, Confite Punteagudo, Confite Puneño, Kculli y Enano.

2. Razas derivadas de las primitivas: este grupo comprende las razas derivadas de las primitivas como producto de hibridación, selección y aislamiento. Su tipificación se remonta mayormente a la época de desarrollo de las culturas pre-incaicas y la incaica. Este grupo se caracteriza por ser de precocidad media y generalmente amilácea. Su distribución es tanto en la costa, sierra como en la selva; se le cultiva desde el nivel del mar hasta los 3,500 m de altura. Pertenecen a este grupo: Mochero, Alazán, Pagaladroga, Sabanero, Piricinco, Uchuquilla, Granada, Chullpi, Huayleño, Paro, Morocho, Huancavelicano, Ancashino, Shajatu, Piscorunto, Cusco Cristalino Amarillo, Cusco, Rabo de Zorro, Chaparreño.
3. Razas de reciente derivación: pertenecen todas las razas que presentan similitud con las razas anteriores considerándoselas como derivadas de ellas y resultado de hibridación y selección. Su tipificación se remonta a la época incaica y precolombina. Se caracterizan por presentar mayor grado de especialización, mayor desarrollo vegetativo, mayor rendimiento y por ser generalmente amiláceos. Su distribución está localizada generalmente en la costa y sierra, desde el nivel del mar hasta los 2,800 m de altura. Las razas pertenecientes a este grupo son: Huachano, Chancayano, Perla, San Gerónimo Huancavelicano, Cusco Gigante, Arequipeño, Chimlos, Marañón.
4. Razas introducidas: estas razas fueron importadas al Perú, y aunque ya han sufrido intercambio de genes con razas nativas, todavía conservan su morfología diferente de planta y mazorca, que las hace identificables como introducciones recientes. Entre éstas están: Pardo, Alemán, Chunchu, Cubano Dentado Amarillo.
5. Razas incipientes: este grupo está integrado por las variedades que se han tipificado en los últimos años y se caracterizan principalmente por ser especializadas y restringidas a algunos valles. A este grupo pertenecen: Jora, Coruca, Morocho Cajabambino, Morado Canteño, Sarco.
6. Razas no definidas: es un grupo de razas que tiene una dispersión geográfica limitada; algunas parecen hallarse en una etapa incipiente de desarrollo. Estas razas

están lo suficientemente bien caracterizadas como para distinguirlas de segregantes de híbridos. Las razas que pertenecen a este grupo son: Ajaleado, San Gerónimo, Perlilla, Tumbesino, Colorado, Chancayano Amarillo, Amarillo Huancabamba, Blanco Ayabaca.

## **2.8 ANÁLISIS MULTIVARIADO**

Con los últimos avances en la tecnología informática, la taxonomía numérica y los métodos estadísticos multivariados para clasificar individuos se han convertido en poderosas herramientas para la clasificación y conservación de los recursos genéticos, así como también en la formación de subgrupos principales. La mejor estrategia de clasificación numérica es la que produce los grupos más compactos y bien separados, es decir, mínima variabilidad dentro de cada grupo y la máxima variabilidad entre grupos.

En términos generales el método de análisis multivariado se refiere a todos aquellos métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples (más de dos variables) de cada individuo. En sentido estricto, son la extensión de los análisis univariados (análisis de distribución) y bivariados (clasificaciones cruzadas, correlación, análisis de varianza y regresiones simples) que se consideran como tal si todas las variables son aleatorias y están interrelacionadas (Hair *et al.*, 1992).

Kendall (1980), establece que cuando se analizan varias características o variables de un mismo individuo o cuando éste es sometido a varios tratamientos, estas variables por lo general están correlacionadas. Una serie de análisis estadísticos univariados realizados separadamente para cada característica puede conducir a interpretaciones erróneas de los resultados puesto que se ignora la correlación o interdependencia entre variables. Cuando se crean variables que son el resultado de la combinación de varias preguntas, las técnicas univariadas hacen confuso el análisis y no permiten extraer toda la información del conjunto de datos. Las técnicas multivariadas son una herramienta poderosa para analizar los datos en términos de muchas variables y permiten extraer la máxima información posible del conjunto de datos.

Bramardi (2002), sustenta que para el caso del análisis de datos resultantes de la caracterización de recursos genéticos vegetales (colecciones de germoplasma), el problema es representar geoméricamente, cuantificar la asociación entre individuos y clasificarlos respecto a un conjunto de variables, las cuales pueden ser cuantitativas,

cualitativas o la combinación de ambas. Teniendo en cuenta los objetivos que se desean alcanzar, este investigador clasifica los métodos multivariados en dos grandes grupos: (1) de ordenación y (2) de clasificación.

Dentro de los métodos de ordenación el más representativo es el Análisis de Componentes Principales que permite la reducción de un gran número de variables a uno más pequeño, conservando la propiedad de describir la dispersión de la muestra casi con la precisión que lo hacen las variables originales. En los métodos de clasificación el más utilizado es el Análisis de Conglomerados, el cual es útil para agrupar un conjunto de individuos tomando en cuenta la afinidad entre ellos (Cortés, 1991).

### **2.8.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)**

El Análisis de Componentes Principales es un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables respuesta correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas. El análisis de componentes principales se puede hacer sobre una matriz de varianza-covarianza de las muestras o sobre una matriz de correlación (Dallas, 2004).

El ACP es una herramienta útil para analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar del germoplasma, y permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre las accesiones; en el primer caso, con el fin de saber cuáles variables están o no asociadas, cuáles caracterizan en el mismo sentido o en el sentido contrario; y en el segundo, para saber cómo se distribuyen las accesiones, cuáles se parecen y cuáles no. También permite seleccionar las variables cuantitativas más discriminatorias para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores (Franco y Hidalgo, 2003). Tiene como objetivo principal el estudio de la diversidad genética de una colección de individuos (Fundora *et al.*, 1988); a esto se le añade la posibilidad de conocer los caracteres que más contribuyen a la variabilidad entre los diferentes genotipos estudiados.

Federer *et al.*, (1987) establecen que, por medio del análisis de componentes principales se generan nuevas variables compuestas llamadas Componentes Principales, los cuales son funciones lineales de todas las variables originales. Los componentes principales por definición se forman y evalúan en orden decreciente: el primer componente

principal explica la mayor parte de la variabilidad de los datos originales; el segundo componente principal explica la segunda mayor parte, y así sucesivamente. De esta manera, se reduce la dimensionalidad del conjunto de datos originales y se facilita la interpretación de los mismos, ya que normalmente los dos o tres primeros componentes principales explican una alta proporción de la variabilidad presente en las variables originales, pudiendo eliminar los últimos componentes principales.

Este análisis se inicia con “p” variables originales:  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ , y al final se obtiene igual número de variables transformadas:  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_p$ , las componentes principales, las cuales no están correlacionadas y tienen varianza ordenada de manera decreciente:  $\text{Var}(Y_1) > \text{Var}(Y_2) > \text{Var}(Y_3) > \dots > \text{Var}(Y_p) > 0$ ; la idea central es la de encontrar un pequeño número “k” de componentes principales menor que “p” ( $k < p$ ), que expliquen la mayor variabilidad de las variables originales (Pla, 1986).

Los componentes principales contienen información en diferentes proporciones de todas las variables originales y su número depende del número de éstas que se incorporen en el análisis. La contribución de las variables a cada componente principal se expresa en valores y vectores propios. El valor propio representa la varianza asociada con el componente principal y decrece a medida que se generan dichos componentes. El vector propio contiene los coeficientes de las combinaciones lineales de las “p” variables originales (Franco y Hidalgo, 2003).

Cuando se lleva a cabo un Análisis de Componentes Principales, se necesita determinar la dimensionalidad real del espacio en el que caen los datos, es decir, el número de componentes principales que tienen varianzas mayores que cero. Si varios de los valores propios son cero o están suficientemente cercanos a cero, entonces la dimensionalidad real de los datos es la del número de valores propios diferentes de cero (Dallas, 2004).

Hair *et al.*, (1992) sostienen que una base cuantitativa exacta para decidir el número de componentes principales que se deben seleccionar no ha sido desarrollada, sin embargo, existen algunos criterios para determinar el número de componentes principales a seleccionar que se están utilizando actualmente: 1) Criterio de la raíz latente: solo los componentes principales que tiene valores propios superiores a 1 se consideran significativos, mientras que los componentes principales con valores propios menores que 1 se consideran insignificantes y no se toman en cuenta; 2) Criterio del porcentaje de varianza: los componentes principales seleccionados deben representar al menos el



95% de la varianza total; en las ciencias sociales, donde la información es a menudo menos precisa, no es raro seleccionar aquellos componentes principales que representan el 60% de la varianza total (y en algunos casos incluso menos).

### **2.8.2 ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS**

Cuadras (1982), indica que el Análisis de Conglomerados o Análisis de Clusters es un conjunto de métodos que tratan de dar una explicación a las relaciones fenotípicas entre los individuos o Unidades Taxonómicas Operativas (UTOs) empleadas en la clasificación. Es un método analítico que se puede aplicar para clasificar las accesiones de un germoplasma en grupos relativamente homogéneos con base en alguna similitud existente entre ellas. El objetivo de este análisis es clasificar un conjunto de “n” accesiones o “p” variables en un número pequeño de grupos o conglomerados, donde la formación de estos grupos puede obedecer a leyes naturales o a cualquier conjunto de características comunes a las accesiones (López y Hidalgo, 1994b).

Este tipo de análisis está compuesto por dos métodos interrelacionados e igualmente importantes: el primero es el cálculo de los índices de similitud o de disimilitud entre pares de UTOs; no obstante, estos índices deben ser aplicados de acuerdo a la naturaleza de los datos y al objetivo de la caracterización; el segundo es la aplicación del método de aglomeración adecuado, que permita a partir de los índices de similitud o disimilitud generar las gráficas de árbol o dendogramas que son representaciones gráficas donde el investigador puede tener de una manera resumida el parecido que presentan los grupos de unidades taxonómicas operativas (Núñez y Escobedo, 2011).

Núñez y Escobedo (2011), mencionan que los diferentes tipos de datos que se pueden tener cuando se desea realizar un análisis de conglomerados son: 1) Datos de Doble Estado, solo presentan dos posibilidades de respuesta: ausencia o presencia; 2) Datos Multiestado o Cualitativos, presentan más de dos posibilidades de respuesta con secuencia lógica o sin ésta; 3) Datos Cuantitativos, son aquellos que pueden contarse y presentan cualquier valor real; 4) Datos Genéticos, éstos datos requieren de frecuencias alélicas y génicas por población lo suficientemente grandes; 5) Secuencias de ADN y proteínas, son usados generalmente para estudios filogenéticos y para descifrar aspectos taxonómicos relevantes.

Una vez detectado el tipo de datos que van a utilizarse en el estudio de caracterización, se procede a seleccionar el mejor índice de similitud o de disimilitud apropiado, por lo que no se debe hacer combinaciones de datos, debido a que cada tipo de datos presenta características propias que no comparte con los de otra naturaleza. Los índices de similitud están desarrollados principalmente para datos de doble estado y datos multiestado sin secuencia lógica (nominales). Los índices de disimilitud (distancias métricas) se aplican a datos multiestado con secuencia lógica y datos cuantitativos, siendo la distancia euclidiana la más utilizada (Lindgren, 1968). Las distancias genéticas son utilizadas para conocer la disimilitud de caracteres genéticos utilizando marcadores moleculares a las poblaciones. Las distancias genéticas para secuenciación se basan en patrones de sustitución de bases de ADN y de aminoácidos de proteínas.

En cuanto a los métodos de aglomeración o de agrupamiento se han establecido dos tipos: los jerárquicos y los no jerárquicos. Los jerárquicos, comúnmente utilizados, trabajan sobre la matriz de similaridad construida a partir de las medidas de asociación aplicada a los datos; el resultado final es un árbol jerárquico o dendograma (también conocido como fenograma) que identifica relaciones entre las entidades agrupadas. Los no jerárquicos tienen el inconveniente de no tener un centro fijo, por lo que el investigador tiene que poseer un amplio conocimiento sobre la especie y el método a utilizar para fijar la raíz correcta del árbol (Anderberg, 1973).

Entre los principales métodos jerárquicos, el más utilizado es el Método No Ponderado de Grupo Par Usando Promedios Aritméticos” o UPGMA por sus siglas en inglés, donde el recálculo de la matriz de distancias o de índices de similitud se hace promediando los valores de las distancias o de los índices de similitud de las UTOs del nudo o grupo con el de las otras UTOs que es lo matemáticamente lógico para el recálculo de la matriz (Sokal y Michener, 1958).

La formación del número correcto de grupos se lleva a cabo realizando un corte del dendograma a una altura definida, para lo cual existen algunos métodos pseudo-estadísticos pero que no son muy exactos, son difíciles de calcular y no son fáciles de interpretar; por lo tanto, la mejor manera de cortar la gráfica de árbol o dendograma es colocando una línea recta en alguna parte de la gráfica y contabilizar el número de grupos o cluster que se obtienen, de manera que los individuos incluidos en un mismo

grupo guarden relación entre ellos de acuerdo a las características morfológicas evaluadas (Núñez y Escobedo, 2011).

Chacón (2002), realizó la caracterización molecular de veinticinco variedades de maíz nativo de la región alto-andina con el uso de la técnica RAPDs (Amplificación Aleatoria de ADN Polimórfico). Encontró que las accesiones pertenecientes a la misma raza muestran mayor similaridad genética que las accesiones de razas diferentes; además, razas simpátricas pueden ser morfológicamente diferentes, sin embargo, el análisis molecular muestra un alto grado de similaridad entre estas razas.

Con el objetivo de evaluar el nivel de diversidad genética entre las razas y variedades autóctonas de cinco cultivos nativos de la sierra peruana, Jiménez (2006) realizó la caracterización morfológica y molecular, utilizando descriptores morfológicos y marcadores de ADN. Se observó un nivel muy alto de variación morfológica entre las accesiones en cada especie; los descriptores morfológicos responsables de 75% de la variabilidad fenotípica se identificaron utilizando el análisis de componentes principales; en la mayoría de las especies, había caracteres cuantitativos relacionados a parámetros de rendimiento, altura de la planta y la duración del período de vegetación. El análisis de agrupamiento UPGMA realizado para los principales descriptores morfológicos reveló grupos de accesiones con fenotipos similares. Los resultados del análisis molecular mostraron relación genética entre las razas Morocho y San Gerónimo, así como también entre Granada, Rabo de Zorro y Sarco.

Ortiz *et al.*, (2008), realizaron un estudio con el objetivo de: (1) utilizar una estrategia de clasificación numérica para clasificar ocho razas de maíz del altiplano peruano basados en seis rasgos vegetativos evaluados en dos años y (2) comparar esta clasificación con la clasificación racial existente. Los resultados muestran que la clasificación numérica mantiene la estructura principal de las ocho razas, pero las razas son reclasificadas en nuevos grupos. Los nuevos grupos están más separados y bien definidos con una disminución de la accesión dentro de la interacción Grupo x Medio Ambiente. La mayoría de las accesiones del Grupo 1 son de Cusco Gigante, todas las accesiones del Grupo 3 (excepto uno) son de Confite Morocho, y todas las accesiones del Grupo 7 son de Chullpi. El Grupo 2 tiene cuatro accesiones de Huayleño y cuatro accesiones de Paro, mientras que el Grupo 4 tiene cuatro accesiones de Huayleño y cinco accesiones de San Gerónimo. El Grupo 5 cuenta con accesiones de cuatro razas; y

el Grupo 6 y el Grupo 8 formaron pequeños grupos con dos y una accesión cada una, respectivamente.

Oscanoa y Sevilla (2010), con el objetivo de establecer la relación existente entre las razas de maíz de la Sierra Central del Perú realizaron una caracterización y evaluación de 359 colecciones de las cuales 17 características establecieron mejor las semejanzas entre los individuos, asociados en cuatro componentes principales. Tomando como base los cuatro componentes principales, se aplicó un Análisis de grupos, cuyo dendograma clasificó las colecciones en 12 grupos raciales de maíz y sus respectivos subgrupos a una distancia taxonómica de 3,5.

Los grupos formados fueron los siguientes: el Grupo A se formó por 18 colecciones correspondientes a la raza San Gerónimo; hay cuatro que se parecen a las razas San Gerónimo Huancavelicano, Granada, Paro y Piscorunto. El Grupo C está formado por dos sub-grupos de colecciones de las razas Confite Morocho y Confite Puntiajudo, respectivamente. El grupo E está formado por 32 colectas, de las cuales 19 pertenecen a la raza Cuzco; el otro sub-grupo incluye colecciones de: Morocho, Kculli, Paro y San Gerónimo Huancavelicano. El Grupo F está formado por 10 colectas pertenecientes a la raza Chimlos. El Grupo G está formado por 21 colectas de la raza Chullpi. El Grupo H está formado por 63 colectas, de las cuales 34 pertenecen a la raza Paro, 24 a Morocho, 4 a Huancavelicano y uno a Chullpi.

El Grupo I está formado por 71 colectas, de las cuales 30% pertenecen a la raza Paro, 25% a Cuzco, 14% a San Gerónimo y Piscorunto, 10% a San Gerónimo Huancavelicano y 7% a Huancavelicano. El Grupo J, formado por 60 colectas, de las cuales 65% pertenecen a la raza San Gerónimo; hay algunas muestras de las razas Piscorunto, Paro, San Gerónimo Huancavelicano y Chullpi. El Grupo K, formado por 39 colectas, de las cuales 23 pertenecen a la raza Cuzco, 7 a San Gerónimo y San Gerónimo Huancavelicano, 3 a Piscorunto y una a Kculli. El Grupo L está formado por 21 colectas, de las cuales 15 pertenecen a la raza Paro; hay algunas que pertenecen a las razas Morocho, San Gerónimo, Huancavelicano, Granada y Kculli. Los Grupos B y D están formados por una sola colección.

Chavarry (2014), con la finalidad de determinar las variables más eficientes para agrupar las accesiones de maíces peruanos en razas, caracterizó morfológicamente una muestra de 118 accesiones colectadas en diversas partes del Perú y almacenadas en el

Banco de Germoplasma de la UNALM. Evaluó 18 características morfológicas que se asociaron a cuatro componentes principales. De acuerdo al análisis de componentes principales los descriptores más eficientes para agrupar a las accesiones por presentar un alto coeficiente de contribución en cada componente principal fueron: altura de planta, altura de mazorca, nudo de inserción de la mazorca, número total de hojas, número de hojas sobre la mazorca, área foliar, color de tallo, longitud de mazorca, diámetro superior de mazorca, diámetro inferior de mazorca, diámetro medio de mazorca y número de hileras por mazorca. El análisis de agrupamiento permitió discriminar las accesiones en grupos; sin embargo, los grupos formados no coinciden con la clasificación racial original debido a que la raza a la que pertenece cada accesión se determinó usando pocos caracteres altamente heredables.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREA EXPERIMENTAL**

##### **3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El experimento se realizó en el fundo San Juan de Yanamucllo del Instituto Regional de Desarrollo (IRD-Sierra) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, situado a una altitud de 3,322 m.s.n.m., en la margen izquierda del río Mantaro en el distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja, departamento de Junín. Su posición geográfica es 11° 50' 33" latitud sur y 75° 22' 45" longitud oeste.

##### **3.1.2 DATOS METEOROLÓGICOS**

En el Cuadro 1 se presentan los datos meteorológicos correspondientes al área experimental durante el período vegetativo del cultivo del maíz (Octubre del 2013 a Junio del 2014). Los datos fueron obtenidos de una Estación Meteorológica instalada en el fundo, que pertenece al Programa de Cereales de la UNALM.

**Cuadro 1: Datos meteorológicos registrados durante el manejo de las 335  
accesiones de maíz en campo.**

PERIODO		PARÁMETROS				
AÑO	MESES	TEMPERATURA (C°)			%HR	PP TOTAL (mm)
		MÁXIMA	MÍNIMA	PROMEDIO		
2013	OCTUBRE	20.93	5.78	13.36	65	54.6
2013	NOVIEMBRE	21.68	5.61	13.65	64	46.0
2013	DICIEMBRE	19.62	6.97	13.30	71	121.0
2014	ENERO	19.47	6.71	13.09	73	143.4
2014	FEBRERO	19.29	7.24	13.27	80	110.2
2014	MARZO	19.05	6.54	12.70	81	137.8
2014	ABRIL	19.65	4.73	12.19	79	59.2
2014	MAYO	20.43	2.81	11.62	71	15.8
2014	JUNIO	21.59	-0.54	10.53	62	1.0
2014	JULIO	20.17	0.57	10.37	63	14.4

HR: Humedad Relativa; PP: Precipitación.

Fuente: Programa de Cereales de la UNALM.

### 3.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo del campo experimental, según el análisis realizado (Cuadro 2), es de textura franca; presenta una conductividad eléctrica de 0.68 dS/m, lo que indica que son suelos normales sin problemas de sales o muy ligeramente salinos; su pH de 7.54 señala su ligera alcalinidad.

El contenido de carbonato de calcio es 3.90%. El porcentaje de materia orgánica es muy bajo: 1.44%, por lo tanto, son suelos pobres en nitrógeno. El fósforo disponible es de 9.0 ppm, lo que representa un nivel medio de su contenido en el suelo. El potasio disponible es de 218 ppm y representa también un nivel medio en el suelo.

**Cuadro 2: Características del suelo del área experimental ubicado en Jauja (Junín).**

<b>pH (1:1)</b>		7.54
<b>CE (1:1) dS/m</b>		0.68
<b>CaCO<sub>3</sub> %</b>		3.90
<b>M.O. %</b>		1.44
<b>P ppm</b>		9.0
<b>K ppm</b>		218
<b>Clase Textural</b>		Franco
<b>CIC</b>		26.88
<b>Cationes Cambiables</b>	<b>Ca<sup>+2</sup></b>	20.56
	<b>Mg<sup>+2</sup></b>	5.43
	<b>K<sup>+</sup></b>	0.72
	<b>Na<sup>+</sup></b>	0.17
	<b>Al<sup>+3</sup> + H<sup>+</sup></b>	0.00
<b>Suma de Cationes</b>		26.88
<b>Suma de Bases</b>		26.88
<b>% de Saturación de Bases</b>		100

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, UNALM.

### 3.2 MATERIALES

#### 3.2.1 MATERIAL GENÉTICO

El material genético estuvo conformado por 335 accesiones de maíces provenientes de las zonas de sierra baja y media del Perú, las cuales han sido conservadas en el Banco de Germoplasma del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La cámara donde se conserva el germoplasma tiene un volumen total de 167.9 m<sup>3</sup> y se mantiene a 5°C y 40% de humedad relativa; sin embargo, hay variaciones en la humedad y temperatura, pero generalmente se mantiene debajo de 10°C y con una humedad relativa menor que la



ambiental, que varía entre un 70% en el verano hasta más de 90% en el invierno. La semilla se conserva en tres tipos de envases: frascos de vidrio con un litro de capacidad; recipientes de hojalata de 10 litros y 20 litros de capacidad. Las accesiones son regeneradas cada cinco años para no perder el poder germinativo de las semillas colectadas (Sevilla *et al.*, 2004).

En el Anexo 15 se observa que la muestra estuvo formada por accesiones provenientes de los siguientes departamentos: Ancash con 114 accesiones (ANC), Apurímac con 86 accesiones (APUC), Arequipa con 40 accesiones (AREQ), Ayacucho con 35 accesiones (AYA), Cajamarca con 15 accesiones (CAJ), Cusco con 3 accesiones (CUS), Huánuco con 5 accesiones (HCO), Huancavelica con 7 accesiones (HVCA), Junín con 14 accesiones (JUN), La Libertad con 6 accesiones (LIB), Pasco con 2 accesiones (PAS), Piura con 7 accesiones (PIU) y Puno con 1 accesión (PUN).

### **3.2.2 MATERIAL DE CAMPO Y GABINETE**

- Tractor y herramientas de laboreo.
- Abonos, herbicidas e insecticidas.
- Reglas graduadas para mediciones de altura de planta y de mazorca.
- Bolsas de papel de varios tamaños.
- Estacas y etiquetas.
- Sacos de tela.
- Balanza electrónica de precisión.
- Regla graduada en centímetros para las mediciones de las mazorcas.
- Cámara fotográfica.

### **3.3 PARCELA EXPERIMENTAL**

Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de un surco de 10.4 m de largo y 0.80 m de ancho. El número de parcelas utilizadas fue de 335, una parcela para cada accesión. La distribución de las accesiones fue en orden sistemático y se sembró de acuerdo a la altura de planta para evitar la competencia entre ellas.

Se sembraron 3 semillas por golpe con un distanciamiento de 0.40 m entre cada golpe. Cada surco estuvo constituido por 26 golpes. Al momento del desahije, se dejó dos plantas por golpe, dejando en total 52 plantas por surco. Las observaciones y

mediciones de altura de las plantas y altura de las mazorcas se realizaron en 10 plantas al azar de cada parcela. El área de cada parcela fue de 8.32 m<sup>2</sup> y el área total del experimento fue de 3 170.24 m<sup>2</sup>, el cual incluye el área de siete calles de 1.20 m de ancho cada una.

### **3.4 METODOLOGÍA**

#### **3.4.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO**

El suelo debe estar convenientemente bien preparado para que pueda permitir a la semilla, en su primera etapa del proceso de germinación y emergencia, encontrar las mejores condiciones para que se cumpla este proceso, de tal manera se debe tener un suelo bien mullido a fin de que tenga buena aireación y humedad.

Las lluvias humedecieron el terreno, por lo que no se realizó un riego de machaco, y por tanto se facilitó la penetración de las herramientas durante la labranza. Se llevó a cabo un arado del suelo hasta 30 cm de profundidad para voltear el terreno, luego se pasó la rastra con el fin de desterronar y nivelar el suelo. Finalmente, se realizó el surcado del campo cuyas dimensiones de cada surco fueron 0.80 m de ancho y 10.4 m de largo.

#### **3.4.2 SIEMBRA**

Se llevó a cabo el 29 de Octubre del 2013. Cada accesión se sembró en una parcela debidamente identificada y sin repetición. Al realizar el desahíje, se dejó las dos mejores plantas por golpe.

#### **3.4.3 MANEJO AGRONÓMICO**

El manejo agronómico y control fitosanitario se realizó de acuerdo al requerimiento del cultivo.

- a. **ABONAMIENTO:** la dosis aplicada fue de 180 kilos de N, 120 kilos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 120 kilos de K<sub>2</sub>O por hectárea. Se utilizaron las siguientes fuentes de NPK: Urea, Fosfato Diamónico y Cloruro de Potasio. Los abonamientos se realizaron en dos fechas: el primero fue el 15 de noviembre del 2013 con la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y potasio; el segundo abonamiento fue el 16 de diciembre del 2013 previo al aporque y se aplicó la mitad faltante del nitrógeno.

- b. **CONTROL DE MALEZAS:** para el control de malezas se realizó dos aplicaciones de herbicida selectivo a base de Atrazina (GESAPRIM 80) en dosis de un kilo por cilindro para el control de malezas de hoja ancha. La primera aplicación se realizó el 25 de noviembre del 2013. La segunda aplicación fue el 23 de diciembre del 2013. Se realizó también un deshiero manual con el uso de lampas.
- c. **CONTROL DE INSECTOS:** se aplicó una Cipermetrina (SHERPA) días después de la siembra para el control de gusanos de tierra. La dosis utilizada fue de 40cc/mochila. No se utilizó ningún otro producto químico debido a que la presencia de cogollero en la zona de Jauja es muy baja, ya que su ciclo de vida se ve afectado por las condiciones climáticas.
- d. **RIEGO:** el cultivo fue de secano durante casi todo el período vegetativo de las plantas; solo se realizó un riego por gravedad entre las etapas R5 y R6 para el llenado del grano.
- e. **COSECHA:** se realizó cuando todas las plantas llegaron a la etapa de madurez fisiológica. Dentro de cada parcela solo se cosecharon aquellas mazorcas que habían sido cruzadas planta a planta (hermanos completos) y que estaban cubiertas con bolsas de papel, las cuales fueron colocadas en sacos de tela con el número de parcela respectivo. Luego, las mazorcas cosechadas fueron llevadas a eras para que se prosiga con el secado al sol. Esta labor se realizó el 30 de Junio del 2014.

### 3.5 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

La evaluación de las características morfológicas de las mazorcas y granos del maíz, se realizaron en las instalaciones del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz de la UNALM. Se seleccionaron 14 caracteres del manual de descriptores propuesto por el CIMMYT – IBPGR (1991), de los cuales nueve fueron cuantitativos y cinco fueron cualitativos. Los caracteres morfológicos o descriptores utilizados en el presente estudio se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3: Caracteres morfológicos utilizados para la caracterización morfológica de 335 accesiones de maíz de la sierra baja y media del Perú.**

<b>Caracteres Morfológicos</b>	<b>Código</b>
Días a la floración masculina	FMAS
Días a la floración femenina	FFEM
Altura de planta (cm)	APLT
Altura de mazorca (cm)	AMZ
Longitud de mazorca (cm)	LMZ
Diámetro de mazorca (cm)	DMZ
Número de hileras por mazorca	NHILE
Número de granos por hilera	NGRAN
Peso de cada grano (g)	PESO
Color de granos	CGRANO
Textura de granos	TEXT
Disposición de las hileras	DHILE
Color de la tusa (marlo)	CTUSA
Sanidad	SANID

### 3.5.1 CARACTERES CUANTITATIVOS

a. **DÍAS A LA FLORACIÓN MASCULINA.** Para obtener una medida del período vegetativo, se tomó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas de una parcela estaban emitiendo polen.

b. **DÍAS A LA FLORACIÓN FEMENINA.** Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas de una parcela tenían estigmas de 2 a 3 cm de largo.

c. **ALTURA DE PLANTA.** Se tomó al azar la altura del tallo principal de 10 plantas desde el nivel del terreno hasta la base de la panoja.

d. **ALTURA DE MAZORCA.** Para las mismas 10 plantas cuya altura ya se había medido se determinó la distancia desde la base de la planta (superficie del suelo) hasta el nudo donde nace la mazorca superior.

e. **LONGITUD DE LA MAZORCA**. Se obtuvieron las longitudes en centímetros de diez mazorcas de cada accesión. La medida se realizó desde la base de la mazorca hasta el ápice.

f. **DIÁMETRO DE LA MAZORCA**. En las mismas mazorcas que se usaron para el dato anterior, se midió el diámetro o parte central de la mazorca en centímetros.

g. **NÚMERO DE HILERAS POR MAZORCA**. Tomando las mismas mazorcas que se usaron para los datos anteriores, se contaron las hileras de granos de las mismas.

h. **NÚMERO DE GRANOS POR HILERA**. Se contabilizó el número total de granos en un par de hileras de cada mazorca, luego se promedió el número de granos obtenidos entre dos para obtener el número de granos por hilera.

i. **PESO DE CADA GRANO**. Se contabilizaron 1000 granos del grupo de mazorcas de cada accesión y se registró su peso. Luego se calculó el peso de cada grano dividiendo el peso total de los granos entre el número de granos contados.

### 3.5.2 CARACTERES CUALITATIVOS

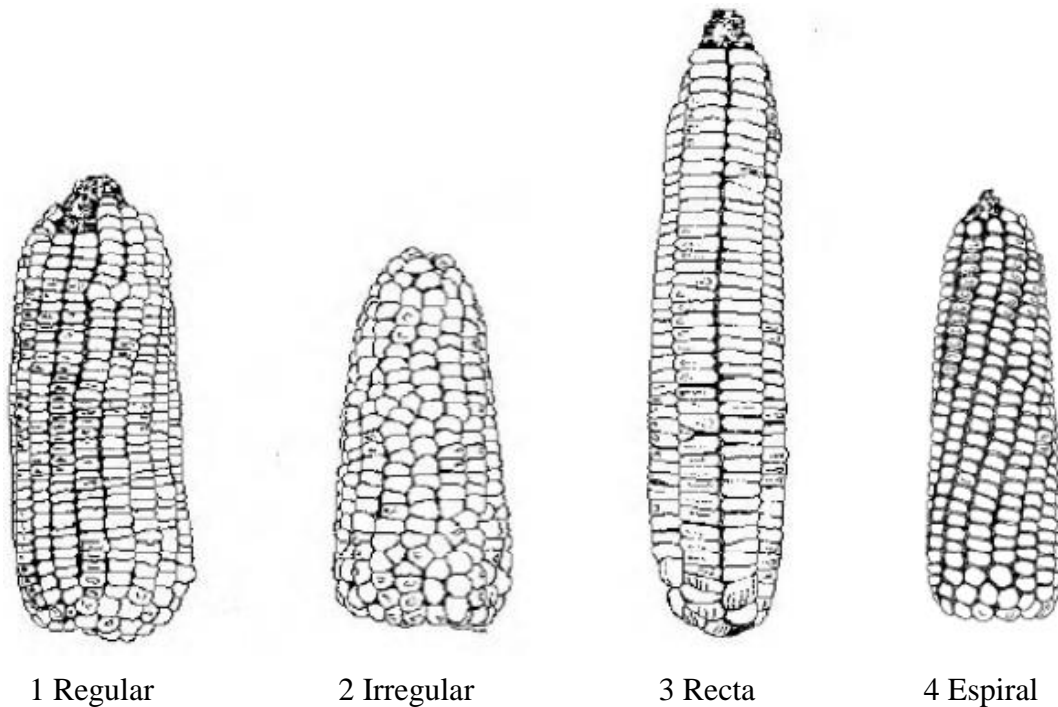
a. **COLOR DE GRANOS**: De acuerdo al orden de frecuencia se consideró los siguientes colores: (1) Amarillo, (3) Blanco, (4) Crema, (6) Marrón, (7) Marrón Capablanca, (15) Negro, (16) Púrpura, (18) Rojo, (19) Rojo Capablanca, (21) Rojo Variegado.

b. **TEXTURA DE GRANOS**. De forma visual se consideró los siguientes tipos de acuerdo a la frecuencia observada: Harinoso (1), Semiharinoso (2), Dentado (3), Semidentado (4), Semicristalino (5), Cristalino (6), Reventador (7), Dulce (8).

c. **DISPOSICIÓN DE LAS HILERAS**. Se registró la disposición de las hileras del grupo de mazorcas en base a la siguiente escala: (1) Regular, (2) Irregular, (3) Recta, (4) Espiral (Figura 1).

d. **COLOR DE LA TUSA (MARLO O CORONTA)**. En cada una de las 10 mazorcas se determinó el color del marlo luego del desgrane, considerando los siguientes tipos: Blanco (1), Rojo (2), Marrón o Café (3), Morado (4), Negro (6).

e. **SANIDAD.** Esta característica se evaluó de forma visual en las mazorcas cosechadas como carácter de adaptación y resistencia a los distintos factores bióticos y abióticos. La escala de evaluación utilizada fue: 1) Mazorcas fuertemente afectadas, 2) Mazorcas con daño moderado, 3) Mazorcas con daño regular, 4) Mazorcas con daños mínimos, 5) Mazorcas sin daño aparente.



**Figura 1. Disposición de las hileras en la mazorca.**

### **3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

#### **3.6.1 ESTADÍSTICAS GENERALES**

El análisis estadístico de los datos obtenidos de la caracterización morfológica de las 335 accesiones de maíz, se basó haciendo uso de dos Métodos de Análisis Multivariados: (1) Análisis de Componentes Principales y (2) Análisis de Conglomerados (Sneath y Sokal, 1973).

El análisis de caracteres cuantitativos comenzó con estadísticas descriptivas básicas: media, desviación estándar (DS) y coeficiente de variabilidad (CV); estos datos permiten estimar y describir el comportamiento de las diferentes accesiones en relación con cada carácter y proporcionan una idea general de la variabilidad del germoplasma. El coeficiente de variabilidad se utilizó para definir la magnitud de la variabilidad entre

los caracteres o descriptores estudiados debido a que es independiente de las unidades de medida y facilita la comparación de la variabilidad de una misma característica en dos grupos de accesiones o de caracteres medidos sobre la misma colección. Para los descriptores cualitativos se determinó la moda, es decir, la característica más frecuente.

### **3.6.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)**

Con el uso del programa NTSYS (Numerical Taxonomy System) versión 2.1 se construyó inicialmente una matriz básica de datos de tamaño 335 x 14 (335 accesiones x 14 descriptores). La matriz básica de datos estandarizada fue utilizada en el método de ordenación (ACP) para determinar qué descriptores son los responsables de la mayor variabilidad entre las accesiones. El Análisis de Componentes Principales se aplicó en este estudio, de acuerdo con el procedimiento descrito por Franco y Hidalgo (2003). El ACP permite identificar los descriptores responsables de la discriminación de las accesiones.

La contribución de las variables para cada componente principal se expresa en valores y vectores. Los valores (eigen-values o valores propios) representan la cantidad de varianza asociada a los componentes principales; disminuyen en relación con el orden en el que se generaron los componentes, es decir, el primer componente principal posee el valor propio más grande, el segundo componente principal la siguiente más grande y así sucesivamente. Los vectores o eigen-vectors son las series de puntajes que representan la correlación entre el componente principal y las variables originales. Los vectores propios cercanos a cero indican poca relación entre el componente principal y la variable original (Townend, 2002). En el presente estudio, los valores y vectores propios se calcularon utilizando el software NTSYS (Numerical Taxonomy System) versión 2.1 (Rohlf, 2000).

La selección del número de componentes no depende de la cantidad de componentes principales obtenidos ya que el análisis genera tantos componentes como variables hay en el estudio. En general, existen diversos criterios de selección que varían de acuerdo con las decisiones del investigador y que ayudan a tomar tal decisión, algunos de ellos se mencionan a continuación:

- El primer criterio, propuesto Cliff en 1987, indica que se deben considerar como aceptables aquellos componentes cuyos valores propios explican acumulativamente al menos el 70% de la varianza total (López y Hidalgo, 1994a).
- El segundo criterio, propuesto por Kaiser en 1960, indica que el valor propio de la componente seleccionada debe ser igual o mayor que 1 (López y Hidalgo, 1994a). El primer y segundo criterio fueron tomados en cuenta para determinar el número de componentes principales que representen la mayor variabilidad de los datos en el presente trabajo de investigación.
- El tercer criterio, propuesto por Catell en 1966, consiste en representar el número de componentes principales y su valor propio en la abscisa, y el porcentaje de la varianza correspondiente en la ordenada, lo que permite observar en forma gráfica el decrecimiento de los primeros componentes en relación con los demás (Pla, 1986).

### **3.6.3 ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS**

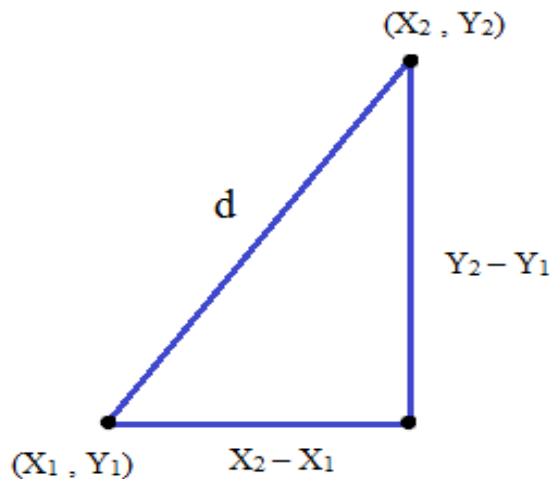
Los seis componentes principales constituyen las variables sobre las cuales se realizó el Análisis de Conglomerados o de Grupos utilizando el método basado en el ligamiento promedio entre grupos, denominado UPGMA o Método no ponderado de grupo par usando promedios aritméticos (Sokal y Michener, 1958).

Sneath y Sokal (1973) mencionan que el propósito del Análisis de Conglomerados es agrupar las observaciones de forma que los datos sean muy homogéneos dentro de los grupos (mínima varianza) y que estos grupos sean lo más heterogéneos posible entre ellos (máxima varianza). Este tipo de análisis es frecuentemente usado por mejoradores y genetistas para clasificar accesiones de maíz e identificar accesiones que tienen alto potencial de utilidad para propósitos específicos de genética y mejoramiento.

El análisis de conglomerados se llevó a cabo haciendo uso del software NTSYS (Numerical Taxonomy System) versión 2.1 (Rohlf, 2000). El proceso se inició con la estandarización de las variables en estudio, es decir, estandarizar la matriz básica de datos a las mismas unidades eliminando las diferencias en las unidades de medida de cada variable. Luego, la matriz de distancias se calculó utilizando las relaciones de disimilitud entre las Unidades Taxonómicas Operativas (UTOs). Se define la distancia entre dos grupos como el promedio de las distancias entre todos los pares de casos en que un miembro del par está en cada uno de los grupos (Cuadras, 1982).



El índice de disimilitud (distancia) entre cada par de individuos se calcula usando la distancia euclidiana que es la más básica, directa y de mayor uso, pues usa como base la fórmula del Teorema de Pitágoras (Casas *et al.*, 1968); esta distancia es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada una de las diferencias (cada uno puede ser considerado un cateto), para así obtener la distancia (que sería la hipotenusa) entre esos dos puntos. En la Figura 2, se ejemplifica un modelo simple con dos variables, siendo este modelo válido para  $n$  catetos en  $n$  dimensiones.



**Figura 2: Distancia euclidiana en un sistema de coordenadas cartesianas.**

En un espacio bidimensional la distancia euclidiana ( $d$ ) entre dos puntos  $P_1 (X_1, Y_1)$  y  $P_2 (X_2, Y_2)$  sería:

$$d^2 = (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2$$

Una vez que se obtuvo la matriz de distancias, se realizó el agrupamiento de las UTOs haciendo uso del método jerárquico más utilizado conocido como Media Aritmética No Ponderada o UPGMA, el cual se basa en el cálculo del promedio entre coeficientes de distancia de dos grupos que tienen la posibilidad de unirse. El método supone que los dos UTOs más estrechamente relacionados son más similares entre sí de lo que son a cualquier otro UTO (Sokal y Michener, 1958).

Para agrupar las unidades taxonómicas más parecidas, el método UPGMA utiliza un algoritmo de agrupamiento secuencial que se realiza de la siguiente manera: en el primer paso se encuentran dos UTOs con la distancia más pequeña y las combina en una nueva unidad compuesta única; en la segunda ronda de agrupación, de nuevo dos UTOs

más similares (simple o compuesto) se encuentran y son agrupados. El proceso se repite hasta quedar una sola agrupación, de manera que entre más grande sea la distancia entre agrupaciones más diferentes son (Sneath y Sokal, 1973).

La representación gráfica que se genera al unir las UTOs en grupos son conocidos como dendogramas; éstas representan la relación o grado de semejanza entre varios individuos o unidades taxonómicas operativas; esta gráfica se caracteriza porque los individuos se ubican en forma transversal a la escala de los valores de distancia taxonómica. La escala se inicia en 0 no teniendo un límite; a medida que la escala se separa del eje de las accesiones crece el valor de la distancia, las accesiones ubicadas más separadas entre sí en el dendograma presentan mayor distancia taxonómica, siendo por lo tanto más diferentes en sus características (Sneath y Sokal, 1973).

Si cortamos la gráfica en algún lugar trazando una línea recta perpendicular al eje de los valores de distancia y paralela al eje de las accesiones, se pueden observar las agrupaciones que se generan entre los diferentes UTOs y empezar a contabilizar los grupos formados a la distancia de corte establecida a criterio del investigador. No existe una regla establecida que indique donde realizar el corte, por lo que el investigador puede subir o bajar su línea de corte, y de esta manera puede aumentar o reducir el número de grupos formados inicialmente; sin embargo, en ambos casos se debe asegurar una alta semejanza de las características morfológicas de las accesiones contenidas en los grupos (Núñez y Escobedo, 2011).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 ESTADÍSTICAS GENERALES**

En el Cuadro 4 se presentan valores de las medias, desviaciones estándar, rangos entre valores mínimos y máximos, y coeficientes de variabilidad de los 9 caracteres cuantitativos usados en el presente trabajo de investigación, estimados para las 335 accesiones de maíz.

Para las accesiones evaluadas, las variables días a floración masculina variaron entre 91 y 140 días después de la siembra, con un promedio de  $111 \pm 8.76$  días. Los días a floración femenina variaron entre 95 y 151 días después de la siembra, con un promedio de  $117 \pm 9.16$  días. La altura de planta varió entre 105 y 243 cm, con un promedio de  $161 \pm 23.41$  cm. Los datos de altura de mazorca variaron entre 41 y 198 cm, con un promedio de  $85 \pm 21.34$  cm. La longitud de mazorca varió entre 6.3 y 15.3 cm, con un promedio de  $10 \pm 1.28$  cm. El ancho de mazorca varió entre 3.0 y 5.4 cm, con un promedio de  $4 \pm 0.48$  cm. El número de hileras por mazorca varió entre 8 y 16, con un promedio de  $12 \pm 1.56$  hileras. El número de granos por hilera varió entre 8 y 26, con un promedio de  $18 \pm 2.50$  granos. Finalmente, el peso de cada grano varió entre 0.06 y 0.58 gramos, con un promedio de  $0.28 \pm 0.09$  gramos.

Los caracteres cuantitativos que mostraron los datos más variables fueron el peso de cada grano y la altura de la mazorca ya que presentaron los mayores coeficientes de variabilidad siendo éstos de 33.37 y 25.16% respectivamente. Sin embargo, los caracteres días a floración masculina y días a floración femenina mostraron datos más homogéneos debido a que presentaron los menores coeficientes de variación siendo éstos de 7.93 y 7.81% respectivamente. El diámetro de mazorca (10.98%), longitud de mazorca (12.32%), número de hileras por mazorca (12.55%), número de granos por hilera (13.58%) y altura de planta (14.57%) mostraron datos regularmente homogéneos.

Para el caso de los caracteres cualitativos se determinó la moda, siendo el color amarillo el más predominante para la variable color de granos con 181 accesiones; seguida del color blanco con 82 accesiones. La textura harinosa del grano fue la más frecuente con 275 accesiones, seguidas de la textura semi-harinosa con 41 accesiones, reventador con 8 accesiones, mezcla de harinoso y semi-harinoso con 5 accesiones, mezcla de harinoso y dulce con 2 accesiones, semi-harinoso y harinoso con 2 accesiones, dulce y harinoso con 1 accesión y finalmente la textura cristalina con 1 accesión. La disposición irregular de las hileras en la mazorca fue la más frecuente con 281 accesiones, seguidas de la disposición regular con 52 accesiones y la disposición en espiral con 2 accesiones. No se observaron accesiones con la disposición recta de las hileras (Anexo 16).

El color de tusa más frecuente fue el blanco con 259 accesiones, seguido del color rojo con 48 accesiones, el color marrón con 15 accesiones, el color morado con 12 accesiones y el color negro con 1 accesión. La escala de sanidad más frecuente fue el de daño regular con 162 accesiones, seguido de daño moderado con 91 accesiones, daño mínimo con 59 accesiones, fuertemente dañado con 20 accesiones y mazorcas sin daño aparente con 3 accesiones (Anexo 16).

**Cuadro 4: Descripción estadística básica para los 9 caracteres cuantitativos usados en el análisis multivariado de las 335 accesiones de maíz.**

<b>Caracteres</b>	<b>Media</b>	<b>DS</b>	<b>Rango</b>	<b>CV (%)</b>
Días a floración masculina	111	8.76	91 - 140	7.93
Días a floración femenina	117	9.16	95 - 151	7.81
Altura de planta (cm)	161	23.41	105 - 243	14.57
Altura de mazorca (cm)	85	21.34	41 - 198	25.16
Longitud de mazorca (cm)	10	1.28	6.3 - 15.3	12.32
Ancho de mazorca (cm)	4	0.48	3.0 - 5.4	10.98
Número de hileras	12	1.56	8 - 16	12.55
Número de granos por hilera	18	2.50	8 - 26	13.58
Peso de cada grano (g)	0.28	0.09	0.06 - 0.58	33.37

DS = Desviación Estándar, CV = Coeficiente de Variación

## 4.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Con el fin de obtener nuevas variables no correlacionadas entre sí y determinar qué caracteres son los responsables de la mayor parte de la variabilidad morfológica observada entre las accesiones de maíz, se realizó el Análisis de Componentes Principales de acuerdo con el procedimiento descrito por Franco y Hidalgo (2003). El ACP genera un número de componentes igual al número de descriptores usados en el ensayo; en nuestro caso como tenemos 14 descriptores morfológicos se generaron 14 componentes principales, de los cuales el primer componente principal tiene el mayor valor propio y el último componente principal el menor valor propio.

En el Cuadro 5 se muestran los valores propios o varianzas totales de cada uno de los componentes principales generados a partir de las variables originales; además, se muestra el porcentaje de la varianza total absoluta que viene a ser el valor propio expresado en porcentaje y el porcentaje de la varianza total acumulada que alcanza el 100% en el décimo cuarto componente principal.

**Cuadro 5: Valores propios, porcentaje absoluto y acumulado de la variación fenotípica total explicado por los componentes principales.**

Componentes Principales	Valor Propio	Porcentaje de la varianza total	
		Absoluto (%)	Acumulado (%)
1	3.70	26.4	26.4
2	1.92	13.7	40.1
3	1.45	10.4	50.5
4	1.37	9.8	60.2
5	1.13	8.1	68.3
6	1.01	7.2	75.5
7	0.93	6.6	82.2
8	0.85	6.0	88.2
9	0.65	4.6	92.8
10	0.40	2.8	95.7
11	0.31	2.2	97.9
12	0.15	1.1	99.0
13	0.11	0.8	99.8
14	0.03	0.2	100
<b>Total Valor Propio</b>	14	100	

Se observa que el valor propio o varianza asociada con cada componente principal es diferente y decrece en orden. El valor propio del primer componente principal es 3.70, del segundo componente principal es 1.92, del tercer componente principal es 1.45, del cuarto componente principal es 1.37, del quinto componente principal es 1.13, del sexto componente principal es 1.01. Del séptimo componente principal hacia adelante presentan valores propios menores a 1.

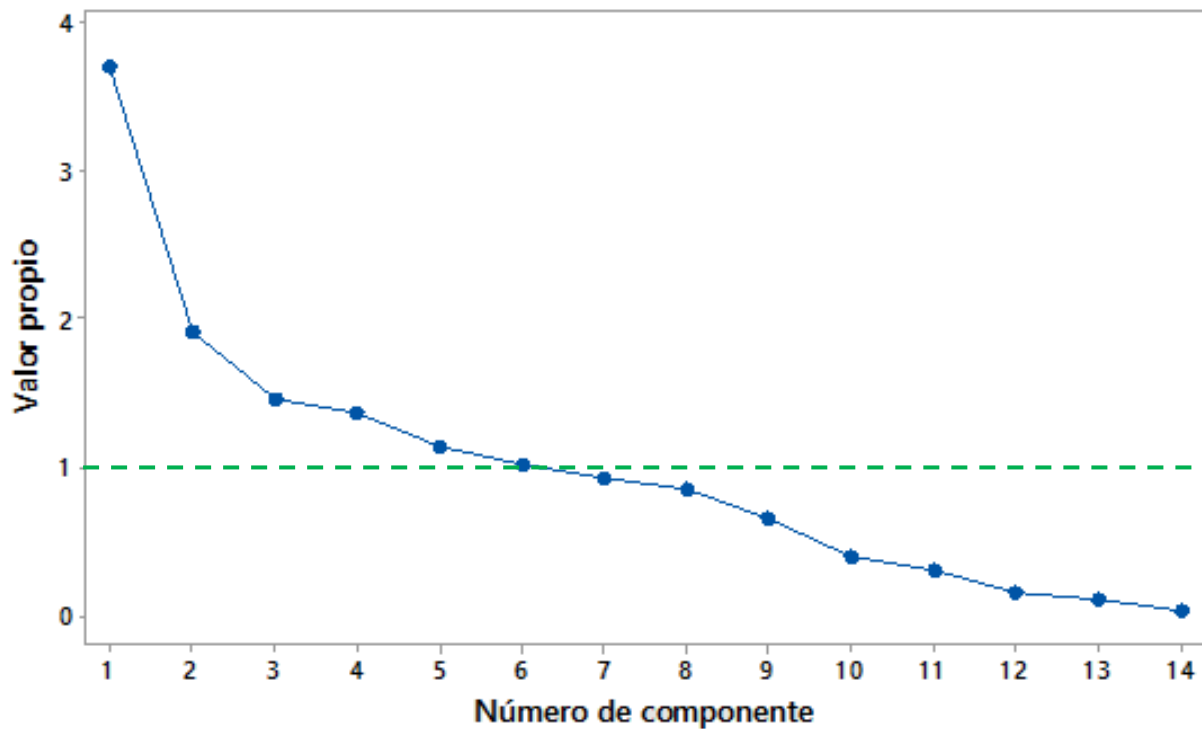
Así mismo, el primer componente principal contribuyó con el 26.4% de la variación total de los datos, el segundo componente con el 13.7%, el tercer componente con 10.4%, el cuarto componente con 9.8%, el quinto componente con 8.1% y el sexto componente con 7.2% de la varianza fenotípica total. Basándonos en el criterio establecido por Cliff en 1987 (López y Hidalgo, 1994a), seleccionamos solamente los seis primeros componentes principales ya que ellos juntos explican el 75.5% de la variación fenotípica total observada entre las accesiones de maíz, reduciendo considerablemente la dimensionalidad de los datos. Los 8 componentes principales restantes representan en conjunto solamente el 24.5% de la variación total de los datos, por lo tanto se puede prescindir de ellos.

En términos generales, el análisis de componentes principales permite reducir la dimensionalidad de datos en un estudio de diversidad genética. Para nuestro trabajo de investigación, el espacio original donde se distribuían las 335 accesiones de maíz estaba determinado por 14 dimensiones; luego del ACP las 335 accesiones pasaron a distribuirse en un espacio determinado solamente por seis dimensiones que representan la mayor variabilidad de los datos (más del 70% de la varianza total).

Lo ideal es que los estudios de diversidad genética se lleven a cabo en tres o incluso en dos dimensiones; pero también es necesario que éstos acumulen la mayor variabilidad de los datos posibles; si en este estudio obviáramos el sexto componente principal trabajaríamos con el 68% de la variabilidad total de los datos; y si obviáramos el sexto, quinto y cuarto componente principal solamente trabajaríamos con el 50%; mientras que al trabajar con los seis componentes principales usamos el 76% de la variabilidad total de los datos.

En la Figura 3 se muestra un gráfico de sedimentación que presenta en el eje de las abscisas a los 14 componentes principales y en el eje de las ordenadas el valor propio de cada uno de estos componentes. Teniendo en consideración el criterio establecido por

Kaiser en 1960 (López y Hidalgo, 1994a), se seleccionaron también los seis primeros componentes principales debido a que éstos presentan un valor propio mayor o igual a 1; es decir, si cortamos la gráfica al nivel de 1 en el eje de los valores propios, podemos observar que por encima de la línea trazada se ubican los seis primeros componentes principales, los mismos que explican más del 70% de la variación fenotípica total.



**Figura 3: Representación gráfica de los 14 componentes principales en el eje horizontal y los valores propios en el eje vertical.**

En el Cuadro 6 se observa la correlación entre las variables originales y los seis primeros componentes principales seleccionados. La interpretación de las correlaciones entre las variables originales y los componentes principales se deben centrar en los coeficientes de contribución; mientras más altos sean estos coeficientes, independientemente del signo, más eficientes serán en la discriminación de las accesiones; por tanto, las variables con coeficiente negativo (-) significan que están caracterizando en sentido contrario en relación con las variables positivas (+) y viceversa.

Ferreira (1987), menciona que los coeficientes de correlación que se distribuyen en los componentes indican el grado de contribución de cada variable original asociada al componente principal, por tanto, recomienda tomar en cuenta el comportamiento observado en las accesiones durante la caracterización morfológica en relación con cada variable considerada en el estudio.

En base al criterio anterior, los días a floración femenina y días a floración masculina con coeficientes de correlación de 0.43 y 0.42 respectivamente fueron las variables que más contribuyeron en forma positiva a dar origen al primer componente principal; de forma secundaria lo hicieron la altura de planta y altura de mazorca. Por el contrario, el peso de cada grano y el diámetro de mazorca fueron las variables que más contribuyeron a generar este primer componente en forma negativa.

**Cuadro 6: Correlación entre descriptores y los primeros 6 componentes principales usados para la discriminación de las 335 accesiones de maíz.**

<b>Descriptor</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>	<b>PC4</b>	<b>PC5</b>	<b>PC6</b>
Días a floración masculina	0.42	-0.06	0.16	0.08	-0.36	0.01
Días a floración femenina	0.43	-0.03	0.18	0.07	-0.34	-0.03
Altura de planta	0.30	0.21	-0.25	-0.54	-0.06	0.07
Altura de mazorca	0.35	0.13	-0.28	-0.48	-0.02	0.04
Longitud de mazorca	0.17	0.37	0.32	-0.02	0.42	0.34
Diámetro de mazorca	-0.34	0.33	-0.04	-0.19	-0.34	-0.10
Número de hileras	0.01	0.46	0.04	0.23	-0.27	-0.56
Número de granos por hilera	0.17	0.49	0.23	0.15	0.37	-0.05
Color de granos	-0.04	-0.09	0.55	-0.26	-0.13	0.03
Textura de granos	0.09	0.08	-0.02	0.32	-0.32	0.54
Disposición de hileras	0.01	0.15	-0.19	0.24	-0.22	0.39
Color de tusa	-0.08	-0.13	0.55	-0.27	-0.17	0.02
Sanidad	-0.26	0.44	0.05	-0.08	-0.20	0.12
Peso de cada grano	-0.41	0.05	-0.01	-0.22	-0.08	0.31

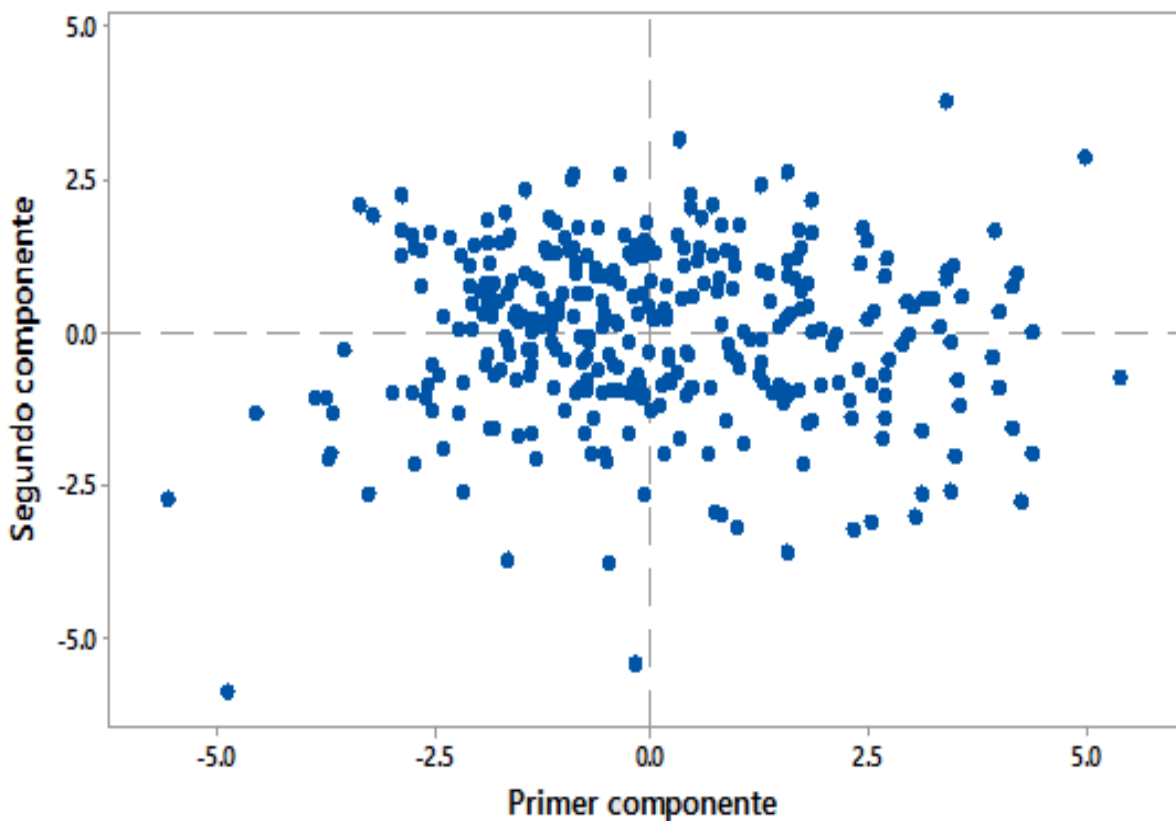


Así mismo, el número de granos por hilera, el número de hileras por mazorca y la sanidad de las mazorcas cuyos coeficientes de correlación son 0.49, 0.46 y 0.44 respectivamente, fueron las variables que más contribuyeron en forma positiva a generar el segundo componente principal; de forma secundaria lo hicieron las variables longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Las variables color de granos y color de la tusa cuyo coeficiente de correlación es 0.55 en ambas variables, indican que fueron las características que más contribuyeron a generar en mayor grado al tercer componente principal. Los resultados anteriores indican que el tercer componente permitió distinguir las accesiones que presentan mazorcas con granos de color amarillo y tusas de color blanco, por ser las más frecuentes.

Las variables altura de planta y altura de mazorca con coeficientes de correlación de 0.54 y 0.48 respectivamente, han contribuido en forma negativa a generar el cuarto componente principal; en consecuencia, este componente permitió distinguir las accesiones con la menor altura de planta y mazorca, así como también, accesiones con la mayor altura de planta y mazorca. El quinto componente principal se generó con la contribución positiva de la variable longitud de mazorca cuyo coeficiente de correlación fue 0.42; en este quinto componente fue posible distinguir las accesiones que mostraron mazorcas con la mayor longitud registrada.

La variable textura del grano fue la que más contribuyó en forma positiva a generar el sexto componente principal; por el contrario, el número de hileras por mazorca fue la variable que más contribuyó a generar este último componente en forma negativa. Estos resultados indican que en el sexto componente se permitió distinguir las accesiones que presentan granos de textura harinosa y que registran igualmente valores bajos en el número de hileras por mazorca.

La distribución de las 335 accesiones de maíz en la Figura 4, refleja de manera esquemática las correlaciones mostradas en el Cuadro 6. En el plano del primer componente principal, en sentido positivo, influyen de manera importante las variables días a floración masculina y días a floración femenina; y en sentido negativo fue determinante la variable peso de cada grano. En el plano del segundo componente principal, en sentido positivo, influyen de manera importante las variables número de granos por hilera, el número de hileras por mazorca y la sanidad de las mazorcas.

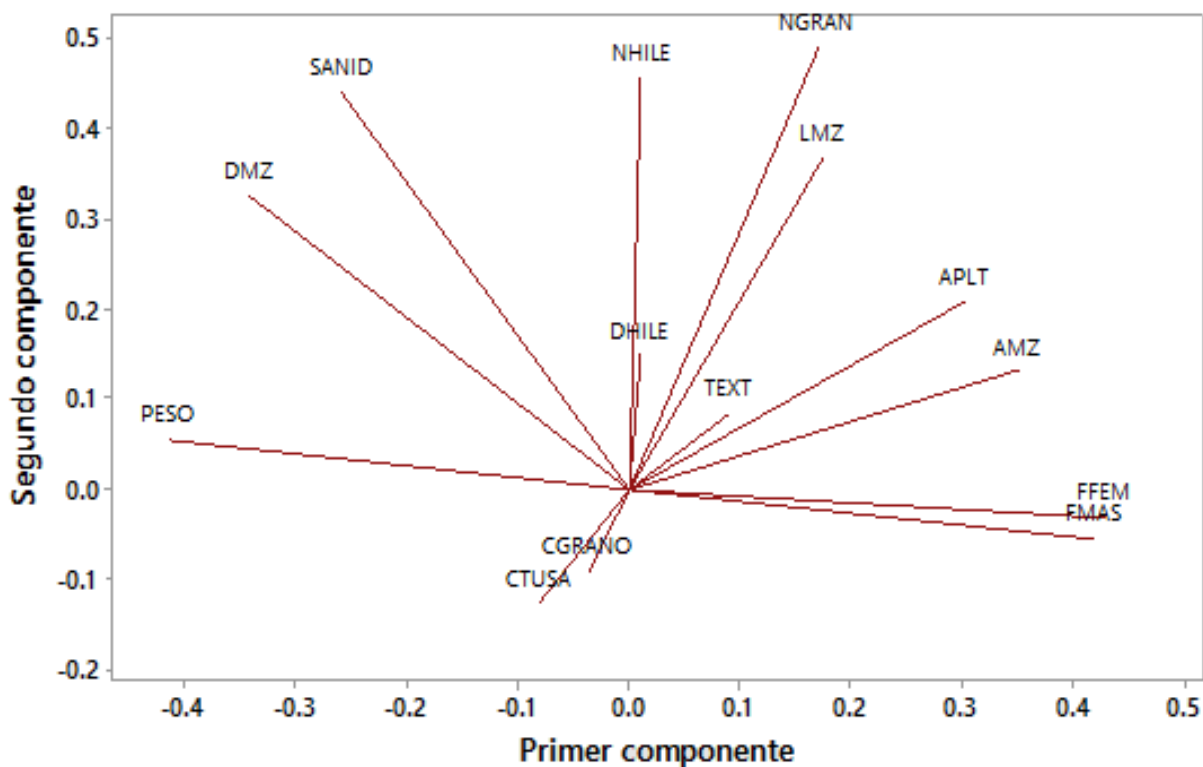


**Figura 4: Dispersión de las 335 accesiones de maíz con base en el plano formado por los dos primeros componentes principales.**

Debido a que estamos utilizando datos estandarizados, las coordenadas de las variables sobre cada componente principal son iguales a la correlación entre las variables originales y los componentes principales (Cuadro 6); por tanto, es posible representar la proyección de las variables originales sobre los dos primeros ejes principales (Figura 5). El procedimiento para ubicar las variables sobre el espacio bidimensional consiste en proyectar por ejemplo 0.42 en el primer eje y -0.06 en el segundo eje para el caso de la variable días a floración masculina, y continuar sucesivamente hasta completar de ubicar todas las variables originales.

En la Figura 5 se muestra un gráfico bidimensional para las 14 variables o descriptores morfológicos utilizados para la caracterización de las 335 accesiones de maíz; en el eje de las abscisas se representan los coeficientes de correlación del primer componente principal y en el eje de las ordenadas se representan los coeficientes de correlación del segundo componente principal. Se puede observar que las variables tienden a formar

grupos y ubicarse en una determinada zona del plano, las variables que presentan mayor contribución relativa con el primer componente principal se ubican muy cercanos entre sí, igualmente sucede con las variables que presentan mayor contribución relativa con el segundo componente principal.



**Figura 5: Distribución de las variables originales de las accesiones sobre el primero y segundo componente principal.**

En el Figura 5 se puede apreciar que las variables más vinculadas en forma positiva con el primer eje son los días a floración masculina (FMAS) y días a floración femenina (FFEM) debido a que presentan los mayores coeficientes de correlación positiva; y en forma negativa el peso de cada grano (PESO). Las variables más vinculadas al segundo eje en sentido positivo son el número de granos por hilera (NGRAN), el número de hileras por mazorca (NHILE) y la sanidad de las mazorcas (SANID); de manera secundaria, la disposición de las hileras (DHILE) contribuye al segundo eje por presentar un menor coeficiente de correlación.

En la Figura 5 también se puede observar el grado de asociación entre las variables que están determinadas por la separación angular que forman sus proyecciones. En base a

esto, la mejor asociación está constituida por la variable días a floración masculina (FMAS) con la variable días a floración femenina (FFEM), seguida por la asociación constituida por las variables número de hileras por mazorca (NHILE) y disposición de las hileras en la mazorca (DHILE). Se observa también que las variables color de granos (CGRANO) y color de la tusa (CTUSA) tienden a asociarse.

En consecuencia, se puede mencionar que el primer componente principal posee aproximadamente el 27% de la variabilidad total de los datos. El segundo componente principal posee aproximadamente el 14% de la variabilidad total de los datos. El tercer componente principal posee aproximadamente el 11% de la variabilidad total de los datos. El cuarto componente principal posee aproximadamente el 10% de la variabilidad total y es una variable asociada al tamaño de las plantas, ya que su formación se debe a los caracteres de altura de planta y altura de mazorca. El quinto componente principal posee aproximadamente el 8% de la variabilidad total. El sexto componente principal presenta aproximadamente el 7% de la variabilidad total de los datos evaluados.

La mayor parte de los descriptores morfológicos presentaron un coeficiente de correlación superior a 0.4 (independientemente del signo) con alguno de los seis componentes principales seleccionados; los caracteres diámetro de mazorca y disposición de las hileras presentaron coeficientes de correlación de 0.34 en sentido negativo con el primer componente principal y de 0.39 en sentido positivo con el sexto componente principal respectivamente, por lo tanto, se puede decir que estos caracteres fueron los que menos discriminaron a las accesiones estudiadas en este trabajo de investigación.

### **4.3 ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS**

La clasificación de las accesiones del germoplasma de maíz en grupos relativamente homogéneos se llevó a cabo haciendo uso del método de clasificación más utilizado conocido como Análisis de Grupos o Conglomerados. Los seis componentes principales anteriormente seleccionados constituyeron las variables sobre las cuales se realizó el Análisis de Conglomerados.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la caracterización morfológica para cada una de las accesiones, se determinó la raza de acuerdo al tipo de mazorca que presentó cada accesión, encontrándose 22 razas típicas de maíz. Se observó que las dos accesiones

pertenecientes a la raza Chullpi (JUN-489 y APUC-172) mostraron cruzamientos (X), por lo que no puede ser considerada como una raza típica en este estudio.

Las razas típicas encontradas fueron las siguientes: tres accesiones pertenecen a la raza Ajaleado (una accesión evidencia cruzamiento), dos accesiones pertenecen a la raza Amarillo Huancabamba, setenta y dos accesiones pertenecen a la raza Ancashino (seis accesiones presentan mezcla, once presentan cruzamiento y una se parece a esta raza), veinticuatro pertenecen a la raza Arequipeño (una accesión se parece a esta raza, 3 presentan mezcla y 2 evidencian cruzamiento), una accesión pertenece a la raza Chaparreo, una accesión pertenece a la raza Chimlos, dos pertenecen a la raza Chuncho, nueve pertenecen a la raza Confite Punteagudo (dos accesiones muestran cruzamiento), cuatro pertenecen a la raza Coruca, seis pertenecen a la raza Cusco Cristalino Amarillo (dos accesiones muestran mezcla y cruzamiento), dos pertenecen a la raza Huancavelicano.

Once accesiones pertenecen a la raza Huayleño (una accesión muestra mezcla y tres accesiones evidencian cruzamiento), siete accesiones pertenecen a la raza Kculli (dos accesiones evidencian mezcla y cruzamiento), cuarenta y siete pertenecen a la raza Morocho (cuatro accesiones se parecen a esta raza, 3 muestran mezcla y 12 muestran cruzamiento), seis accesiones pertenecen a la raza Morocho Cajabambino, ochenta y ocho pertenecen a la raza Paro (seis accesiones se parecen a esta raza, 8 muestran mezcla y 12 evidencian cruzamiento), dos accesiones pertenecen a la raza Perlilla (una muestra mezcla), tres accesiones pertenecen a la raza Rabo de Zorro (una muestra cruzamiento), dos accesiones pertenecen a la raza Sabanero (una accesión se parece a esta raza), trece pertenecen a la raza San Gerónimo (tres accesiones muestran parecido, mezcla y cruzamiento), dieciséis pertenecen a la raza San Gerónimo Huancavelicano (una presenta cruzamiento), diez pertenecen a la raza Shajatu (una presenta mezcla) y dos accesiones (HCO-131 y AYA-032) que no fueron posibles de identificarlas debido a la poca cantidad de mazorcas, las cuales presentaban deformaciones y granos vanos.

El dendograma obtenido (Figura 6) por el método UPGMA muestra las distancias entre las accesiones sobre la base de las características fenotípicas medidas y cuya escala de valores de distancia va desde 0.37 hasta el máximo valor de 7.40 en el cual todas las accesiones forman un solo grupo o cluster. Tomando en cuenta el criterio establecido por Núñez y Escobedo (2011), al trazar una línea recta en la escala a una distancia de

2.7 aproximadamente, el dendograma se divide en 55 grupos en las cuales son clasificadas las 335 accesiones de maíz. En el Cuadro 7 se muestra la relación de los grupos formados mediante el Análisis de Conglomerados.

El Grupo 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 16, 19, 24, 25, 27, 30, 33, 35, 36, 37 están conformados cada uno por una sola accesión cuyas razas son Chullpi (X), Morocho (X), Paro, Perllilla, Ancashino, San Gerónimo, San Gerónimo, Morocho, Kculli, Rabo de Zorro, Kculli, Paro, Morocho, Morocho, Coruca, Arequipeño, Confite Punteagudo, Paro, Morocho (M) y Confite Punteagudo respectivamente.

El Grupo 3 está formado por dos accesiones, una de la raza Morocho (cruzado con Paro) y el otro de la raza Chullpi (X). Este grupo presenta un ciclo vegetativo tardío con un rango entre 133 y 140 días hasta la floración masculina; las plantas son de porte medio-alto con un rango entre 155 y 172 cm de altura; las mazorcas son ligeramente más largas y más delgadas respecto al promedio; presentan 12 hileras por mazorca y 19 granos por hilera en promedio; la sanidad de las mazorcas presenta una clasificación regular y el peso de cada grano es de 0.26 gramos en promedio.

El Grupo 9 está conformado por 1 accesión de la raza Morocho, 1 accesión de la raza Paro (X), 1 accesión de la raza Cusco Cristalino Amarillo, 1 accesión de la raza San Gerónimo Huancavelicano (X), 1 accesión de la raza Chaparreño y 2 accesiones de la raza Arequipeño. Este grupo presenta una floración masculina temprana que ocurre en un rango entre los 91 y 103 días después de la siembra; la altura de las plantas son de porte bajo al igual que la altura de la mazorca; las mazorcas son pequeñas; presenta 10 hileras por mazorca y 15 granos por hilera en promedio; la textura es del tipo harinoso y semi-harinoso; la sanidad de las mazorcas presenta una clasificación de daño regular a mínimo.

El Grupo 11 está formado por una accesión de la raza Ancashino y una accesión de la raza Paro (S). Las plantas son de altura media (167 cm en promedio); la floración masculina ocurre a los 119 días en promedio; las mazorcas son pequeñas; presentan 13 hileras en promedio y 17 granos por hilera en promedio; la textura es del tipo harinoso; la sanidad evidentemente es muy baja presentando daños severos en las mazorcas.

El Grupo 14 está conformado por tres accesiones de la raza Kculli (una de ellas muestra evidencia de cruza con otra raza). Las plantas de este grupo son precoces con un rango

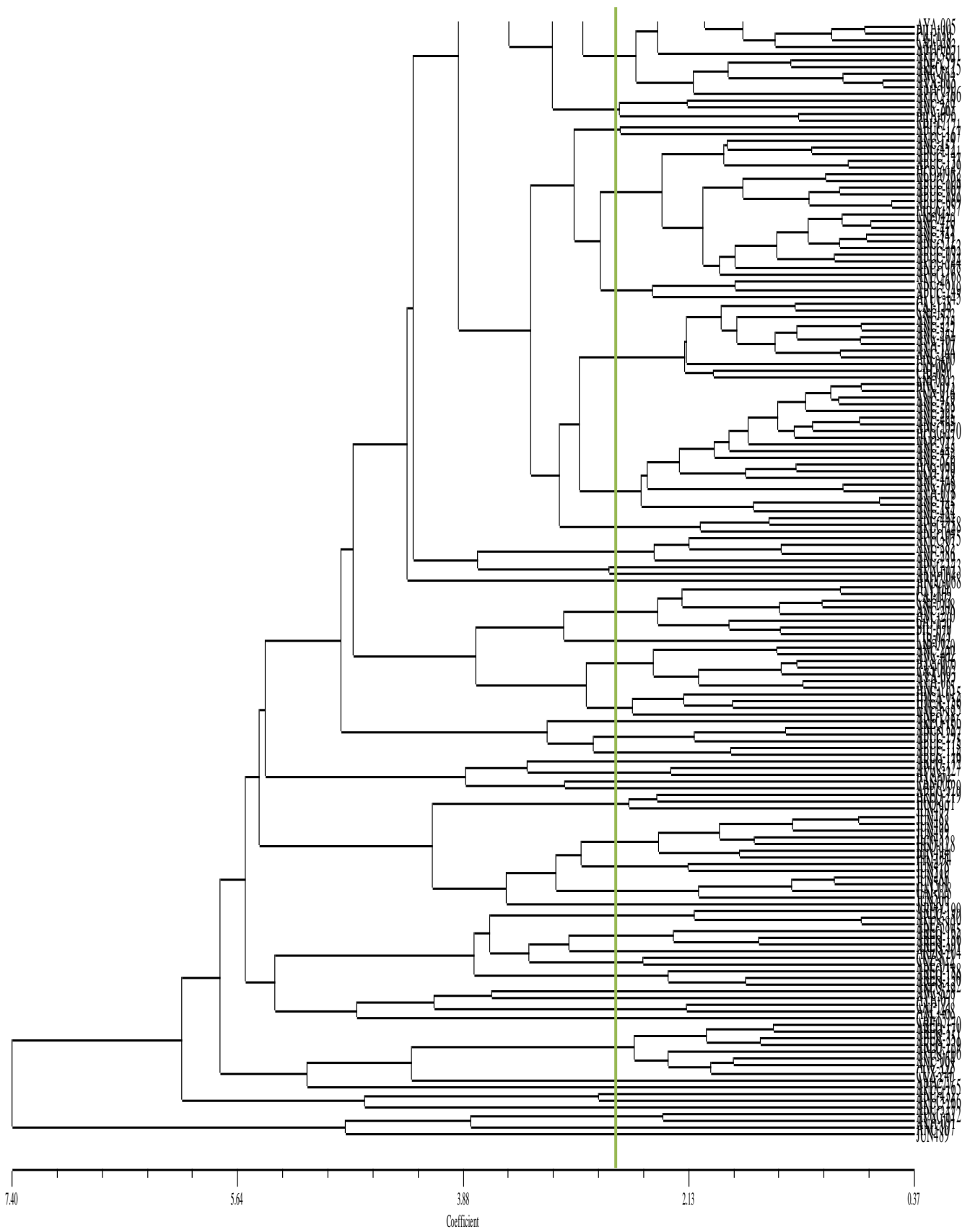
entre 108 y 112 días hasta la floración masculina; la altura de las plantas es de porte medio-bajo; mazorcas ligeramente alargadas; con 11 hileras por mazorca y 20 granos por hilera en promedio; los granos son de color negro según la escala de clasificación, la tusa es de color morado y su textura es del tipo harinoso.

El Grupo 15 presenta dos accesiones, una de la raza Ancashino (M) y otra de la raza Cusco Cristalino Amarillo (M). Las plantas son de porte bajo presentando un rango entre 122 y 140 cm de altura; la floración masculina ocurre a los 107 días después de la siembra por lo que son de tipo precoz; las mazorcas son pequeñas; el número de hileras por mazorca es de 12 en promedio y el número de granos por hilera es de 15; son de textura harinosa y la sanidad de las mazorcas es de clasificación regular.

El Grupo 17 se formó por la agrupación de tres accesiones, dos de ellas de la raza Kculli y la otra de la raza Paro (S). La altura de las plantas son de porte medio-alto con un rango entre 140 y 181 cm; son precoces ya que la floración masculina ocurre a los 107 días en promedio; las mazorcas son pequeñas; presentan además 11 hileras por mazorca y 15 granos por hilera en promedio; la textura es de tipo harinoso; las tusas son de color morado y el peso promedio de cada grano es de 0.40 gramos. Oscanoa y Sevilla (2010), también reportaron la formación de dos grupos en los que se incluían a las razas Paro y Kculli cuyas accesiones mostraron características fenotípicas muy similares.

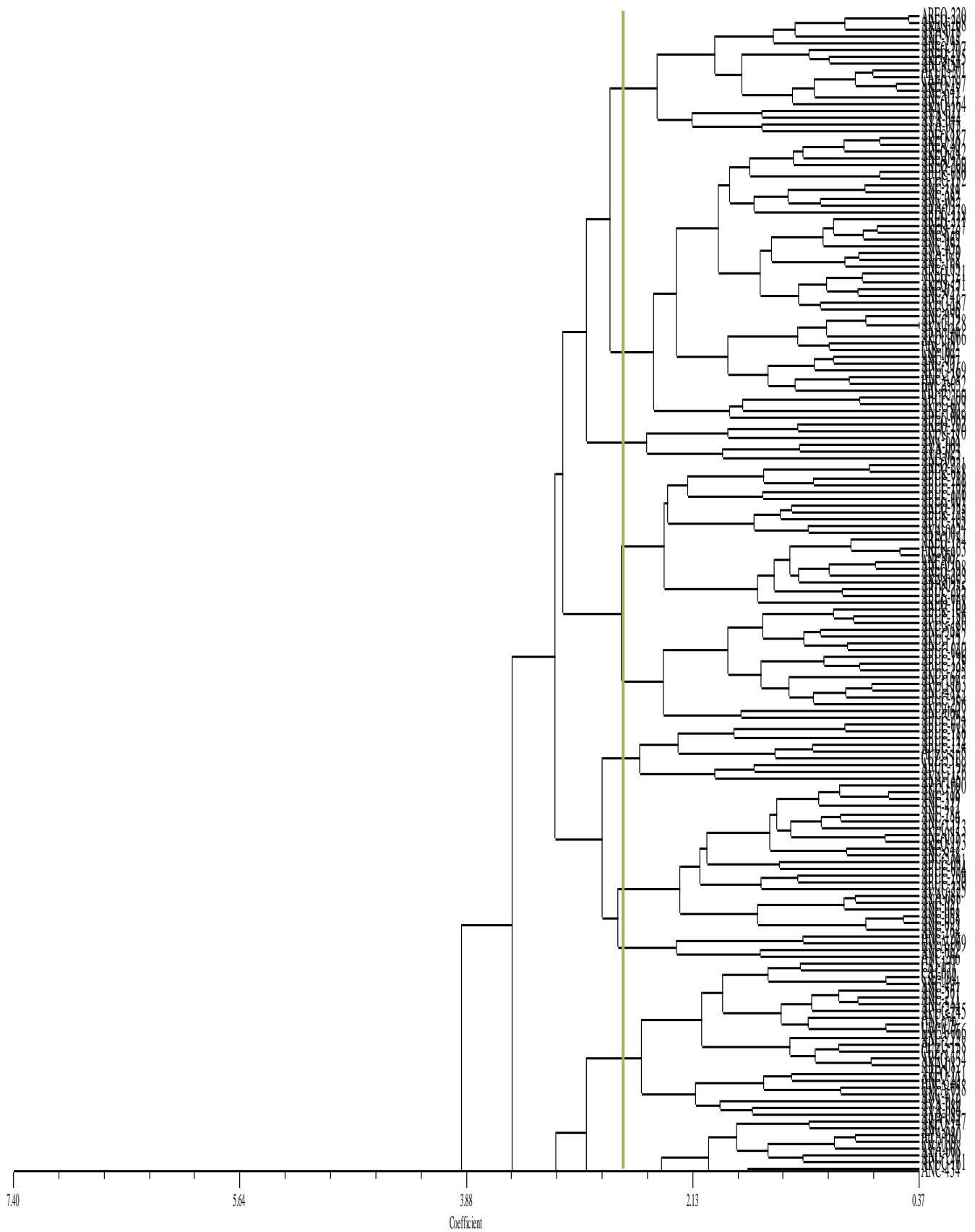
El Grupo 18 está formado por dos accesiones de la raza Paro y una accesión de la raza Arequipeño. La floración masculina para este grupo ocurre a los 110 días y la floración femenina a los 117 días después de la siembra; la altura de las plantas presenta un rango entre 143 y 174 cm; las mazorcas son medianas con una longitud de 10.4 cm; el número de hileras es de 14 en promedio y el número de granos por hilera es de 18 en promedio, son de textura harinosa, el color de tusa más frecuente es el marrón; las mazorcas presentan buen aspecto con relación a la sanidad.

El Grupo 20 está conformado por tres accesiones de la raza Paro y una accesión de la raza Morocho. Las plantas de este grupo son de porte alto con un rango entre 192 y 224 cm de altura; la floración masculina ocurre entre los 127 días después de la siembra; las mazorcas son pequeñas, el número de hileras es 11 y el número de granos por hilera es 15, son de textura harinosa, las tusas son de color blanco, la sanidad que presentan las mazorcas son de clasificación moderada; las semillas son muy ligeras siendo el peso promedio de cada grano de 0.15 gramos.



**Figura 6: Dendrograma de las 335 accesiones de maíz de la sierra baja y media peruana, utilizando el método de media aritmética no ponderada (primera parte).**





**Figura 6: Dendrograma de las 335 accesiones de maíz de la sierra baja y media peruana, utilizando el método de media aritmética no ponderada (segunda parte).**

El Grupo 21 se formó por la agrupación de dos accesiones pertenecientes a la raza Paro (X). Las plantas de este grupo son de porte alto con un rango entre 200 y 227 cm; su ciclo vegetativo es de tipo semi-precoz presentando un rango entre 119 y 121 días hasta la floración masculina; las mazorcas son largas y ligeramente más anchas; el número de hileras presenta un rango entre 11 y 14, el número de granos por hilera es de 18, son de textura harinosa, blanco el color de las tusas, sanidad regular y 0.26 gramos el peso promedio de cada grano.

El Grupo 22 presenta 4 accesiones de la raza Paro, una accesión de la raza Morocho (S), una accesión de la raza Ajaleado (X) y una accesión de la raza Ancashino. Las plantas presentan un periodo vegetativo semi-precoz con un rango entre 110 y 121 días hasta la floración masculina; la altura de las plantas presenta un rango entre 194 y 225 cm; las mazorcas son largas y delgadas; el número de hileras presenta un rango entre 9 y 12; el número de granos por hilera es de 18 en promedio, todos son de textura harinosa y blanco el color de la tusa, las mazorcas presentan sanidad de regular a severo y el peso promedio de cada grano es de 0.17 gramos.

El Grupo 23 está formado por tres accesiones, una de la raza San Gerónimo, otra de la raza Arequipeño y una raza no identificada debido a la carencia de datos observables que limitan la correcta identificación de la raza. Este grupo presenta plantas altas con un rango entre 170 y 219 cm; su periodo vegetativo es del tipo precoz con un rango entre 102 y 123 días hasta la floración masculina; las mazorcas son largas y delgadas; el número de hileras presenta un rango entre 10 y 13; presenta 20 granos por hilera en promedio, las tusas son de color blanco y los granos son de textura harinosa.

El Grupo 26 se formó por dos accesiones, una de la raza Morocho (S) y otra de raza no identificada. La floración masculina para este grupo ocurre a los 108 días en promedio; la altura de planta es de 144 cm, por lo que son de porte bajo; las mazorcas son pequeñas con 8.6 cm de longitud; presenta en promedio 8 hileras por mazorca; el número de granos por hilera tiene un rango entre 11 y 17, siendo éstos de color amarillo, la tusa es de color blanco, la textura es de tipo harinoso, presentan además la peor sanidad.

El Grupo 28 se conformó por la agrupación de dos accesiones pertenecientes a la raza Morocho. Son plantas precoces de 102 días hasta la floración masculina; de altura baja al igual que la altura de la mazorca; las mazorcas son largas y delgadas, el número de

hileras es de 10; presenta 17 granos por hilera, textura semi-harinosa, el color de la tusa es blanco y el peso promedio de cada grano es de 0.43 gramos.

El Grupo 29 está formado por tres accesiones, una de la raza Morocho (X), una de la raza Ancashino (X) y una de la raza Paro (X). Las plantas de este grupo son precoces ocurriendo la floración masculina entre los 102 y 106 días después de la siembra, la altura de las plantas es de 159 cm en promedio; las mazorcas son pequeñas; el número de hileras es de 13 en promedio y el número de granos por hilera presenta un rango entre 16 y 20; los granos son de color amarillo, la tusa de color blanco; las mazorcas presentan una sanidad media y el peso promedio de cada grano es de 0.36 gramos.

El Grupo 31 está formado por 3 accesiones de la raza Confite Punteagudo y una accesión de la raza Ancashino. Las plantas presentan una altura baja de 144 cm en promedio; la floración masculina ocurre a los 122 días después de la siembra; las mazorcas son pequeñas de 9.6 cm de largo en promedio; el número de hileras por mazorca presenta un rango entre 13 y 16; el número de granos por hilera es de 19 en promedio; las semillas son muy ligeras siendo el peso promedio de cada grano 0.16 gramos.

El Grupo 32 se formó por la agrupación de cuatro accesiones de la raza Paro, una accesión de la raza Morocho, una accesión de la raza San Gerónimo Huancavelicano y una accesión de la raza Shajatu. Este grupo se caracteriza por presentar plantas de periodo vegetativo semi-tardío con un rango entre 114 y 132 días hasta la floración masculina; en promedio presenta plantas de 145 cm de altura (porte bajo), altura de mazorca de 80 cm, longitud de mazorca de 9.2 cm, número de hileras de 14 y número de granos por hilera de 19; la textura es del tipo harinoso; la sanidad de las mazorcas es baja y el peso promedio de cada grano es de 0.17 gramos.

El Grupo 34 está formado por 8 accesiones, de las cuales dos pertenecen a la raza Paro, dos pertenecen a la raza Morocho Cajabambino, una a la raza Sabanero (S), una a la raza Rabo de Zorro, una a la raza Morocho y una a la raza San Gerónimo (M). En este grupo las plantas presentan un altura de 165 cm en promedio; su ciclo vegetativo presenta un rango entre 126 y 136 días hasta la floración masculina; las mazorcas tienen 10.7 cm de largo en promedio; el número promedio de hileras por mazorca es de 10; todas las accesiones son de textura harinosa; el color más frecuente para las tusas fue el blanco y el peso promedio de cada grano es de 0.20 gramos.

**Cuadro 7: Relación de los 55 grupos (G) formados por el análisis de conglomerados.**

G	ACCESIÓN	RAZA	G	ACCESIÓN	RAZA	G	ACCESIÓN	RAZA	
1	JUN-489	Chullpi (X)	20	JUN-501	Paro	34	PIU-071	Sabanero (S)	
2	ANC-107	Morocho (X)		JUN-486	Paro (X)		PIU-070	Rabo de Zorro	
3	AYA-091	Morocho X Paro	21	JUN-510	Paro (X)		CAJ-130	Morocho Cajabambino	
	APUC-172	Chullpi (X)		JUN-478	Paro (X)		ANC-270	Paro	
4	ANC-327	Paro	22	PIU-094	Morocho (S)		ANC-208	Paro	
5	APUC-266	Perlilla		JUN-494	Paro		CAJ-073	Morocho	
6	ANC-473	Ancashino		HCO-128	Ajaleado (X)		CAJ-109	Morocho Cajabambino	
7	APUC-165	San Gerónimo		JUN-487	Paro			JUN-509	San Gerónimo (M)
8	AYA-277	San Gerónimo		JUN-499	Paro		35	APUC-068	Paro
9	CUZ-246	Morocho		JUN-498	Paro		36	AYA-004	Morocho (M)
	ANC-198	Paro (X)	JUN-487	Ancashino	37	APUC-173	Confite Punteagudo		
	ANC-064	Ancashino	23	JUN-499		San Gerónimo	ANC-232	Paro	
	APUC-106	Cusco Cristalino Amarillo		HCO-131	No identificado	38	ANC-286	Huayleño (X)	
	AREQ-229	Arequipeño (S)	AREQ-219	Arequipeño	ANC-283		Ancashino		
	APUC-251	San Gerónimo Huancavelicano (X)	24	APUC-129	Morocho		APUC-075	Confite Punteagudo	
	AREQ-171	Chaparreño	25	PAS-006	Morocho		39	ANC-104	Ancashino (X)
AREQ-170	Arequipeño	26	AYA-032	No identificado	APUC-258	Ancashino (X)			
10	CAJ-132		Morocho	APUC-127	Morocho (S)	ANC-444		Huayleño	
11	ANC-468	Ancashino	27	AREQ-172	Coruca	40	ANC-484	Ancashino	
	CAJ-121	Paro (S)	28	APUC-116	Morocho		ANC-145	Ancashino	
12	AYA-077	Kculli		APUC-115	Morocho		ANC-442	Huayleño	
13	ANC-328	Rabo de Zorro	29	APUC-175	Morocho (X)		AYA-078	Ancashino	
	AREQ-132	Kculli (X)		APUC-297	Ancashino (X)		ANC-105	Morocho (S)	
	AREQ-130	Kculli	ANC-115	Paro (X)	ANC-478		Ancashino (M)		
14	AREQ-188	Kculli	30	AREQ-166	Arequipeño		HCO-129	Chimlos	
	ANC-014	Ancashino (M)	31	ANC-288	Ancashino		ANC-066	Ancashino	
CUZ-322	Cusco Cristalino Amarillo (M)	HVCA-155		Confite Punteagudo	ANC-326		Ancashino (X)		
16	AREQ-204	Kculli		HVCA-156	Confite Punteagudo		ANC-445	Paro	
17	AREQ-191	Kculli (M)	HVCA-015	Confite Punteagudo	ANC-243	Paro			
	AREQ-136	Kculli	32	ANC-115	Paro	HCO-097	Ajaleado		
	AREQ-165	Paro (S)		AYA-087	Paro (M)	APUC-270	Morocho		
ANC-380	Paro	AYA-093		Paro	ANC-565	Ancashino			
APUC-150	Paro	PAS-007		Morocho	ANC-465	Shajatu			
AREQ-199	Arequipeño	AYA-076		San Gerónimo Huancavelicano	ANC-562	Paro			
19	JUN-493	Paro		ANC-402	Shajatu	ANC-268	Ancashino		
20	JUN-500	Paro	ANC-230	Paro	ANC-419	Paro			
	CAJ-128	Morocho	33	LIB-062	Confite Punteagudo				

**Cuadro 7: Relación de los 55 grupos (G) formados por el análisis de conglomerados  
(continuación).**

G	ACCESIÓN	RAZA	G	ACCESIÓN	RAZA	G	ACCESIÓN	RAZA
40	PUN-014	Paro – Ancashino (M)	44	APUC-171	Confite Punteagudo	47	ANC-542	Ancashino
	ANC-093	Paro		45	PIU-017		Morocho (X)	APUC-245
41	LIB-051	Shajatu	AYA-096		Paro (S)		ANC-544	Shajatu
	CAJ-090	Sabanero	ANC-263		Paro		ANC-271	Ancashino
	LIB-060	Shajatu	ANC-430		Paro (S)		ANC-567	Paro
	ANC-490	Ancashino (M)	46	APUC-166	Ancashino		ANC-491	Paro
	ANC-144	Paro		AYA-090	Paro		CAJ-094	Morocho Cajabambino
	AYA-107	Morocho		AYA-013	San Gerónimo Huancavelicano		CAJ-076	Morocho Cajabambino
	ANC-464	Shajatu		ANC-164	Paro (X)		CAJ-137	Morocho (X)
	ANC-537	Paro		AREQ-175	Arequipeño		48	ANC-266
	ANC-325	Rabo de Zorro (X)		ANC-259	Huayleño	ANC-062		Huayleño
	ANC-573	Ancashino		APUC-071	Paro	HVCA-069		Paro
CAJ-113	Morocho Cajabambino	AYA-083		Ancashino (X)	ANC-126	Ancashino		
CAJ-138	Morocho Cajabambino	CAJ-028		Morocho (M)	49	ANC-264	Huayleño (X)	
42	APUC-145	Shajatu		PIU-110		Amarillo Huancabamba	ANC-095	Ancashino
	APUC-249	Morocho (S)	AYA-005	Paro (M)		ANC-058	Paro	
	ANC-461	Ancashino	ANC-434	Paro (M)		ANC-061	Paro	
43	APUC-168	Morocho	APUC-161	San Gerónimo Huancavelicano		ANC-051	Paro	
	ANC-196	Ancashino	ANC-120	Ancashino		AYA-088	Paro	
	APUC-144	Morocho	AYA-008	San Gerónimo		APUC-225	Paro (M)	
	APUC-032	Paro	PIU-039	Amarillo Huancabamba		APUC-120	Ancashino	
	APUC-162	Paro X Ancashino	AYA-080	San Gerónimo		APUC-209	Paro	
	ANC-322	Ancashino (X)	ANC-337	Huayleño (X)		APUC-074	Ancashino (M)	
	ANC-141	Paro	AREQ-147	Arequipeño (X)	APUC-081	Morocho		
	ANC-415	Ancashino (M)	47	AYA-089	Paro	ANC-338	Huayleño	
	ANC-420	Ancashino (X)		AYA-084	Paro (S)	ANC-341	Paro	
	LIB-042	Morocho		AYA-010	San Gerónimo	AREQ-193	Arequipeño (M)	
APUC-257	Shajatu	ANC-472		Ancashino X Paro	ANC-085	Ancashino		
APUC-069	Paro	HVCA-058		San Gerónimo Huancavelicano	APUC-113	Paro		
APUC-197	Morocho	ANC-340		Huayleño	ANC-139	Ancashino		
APUC-067	Morocho	AREQ-111		Arequipeño	ANC-284	Ancashino		
APUC-108	Paro (M)	AYA-082		Morocho	ANC-412	Paro (X)		
HCO-096	Ajaleado	AREQ-134		San Gerónimo (S)	ANC-399	Paro		
APUC-149	Shajatu	CUZ-377		Morocho (M)	ANC-118	Ancashino		
APUC-137	Chuncho	APUC-138	Morocho (X)	APUC-090	Ancashino			
APUC-141	Perlilla (M)	ANC-272	Paro	50	AYA-145	Ancashino		
ANC-452	Morocho	HVCA-066	Paro		APUC-126	Paro		
ANC-129	Huayleño	CAJ-079	Ancashino		APUC-199	Paro		
44	APUC-167	Confite Punteagudo (X)				CUZ-351	Chuncho	

**Cuadro 7: Relación de los 55 grupos (G) formados por el análisis de conglomerados  
(continuación).**

G	ACCESIÓN	RAZA	G	ACCESIÓN	RAZA	G	ACCESIÓN	RAZA
50	APUC-136	Paro	52	APUC-001	Cusco Cristalino Amarillo	54	AYA-079	Huancavelicano
	APUC-124	Paro (S)		APUC-176	Morocho (X)		ANC-453	Paro (X)
	APUC-112	Ancashino		APUC-109	Cusco Cristalino Amarillo (X)		ANC-063	Ancashino
	APUC-188	Ancashino		APUC-211	Paro		ANC-136	Ancashino (X)
	APUC-072	Cusco Cristalino Amarillo		APUC-088	Ancashino (M)		AREQ-237	Arequipeño
APUC-254	San Gerónimo Huancavelicano	AREQ-221		Morocho	AREQ-211		Arequipeño	
51	ANC-060	Paro	53	ANC-067	Paro		APUC-139	Ancashino
	APUC-256	Morocho (X)		AYA-023	Paro (X)		AYA-037	Paro
	APUC-164	Morocho		AYA-001	Paro (M)		ANC-082	Paro (M)
	ANC-489	Ancashino (X)		ANC-138	Ancashino		ANC-389	Ancashino
	APUC-163	Morocho		APUC-110	Paro		ANC-111	Shajatu (M)
	ANC-166	Ancashino		AREQ-202	Arequipeño (M) Kculli		APUC-132	Huancavelicano
	APUC-295	Morocho	54	APUC-089	San Gerónimo Huancavelicano		APUC-080	San Gerónimo Huancavelicano
	APUC-135	Morocho		ANC-180	Ancashino		AREQ-209	Coruca
	APUC-196	Morocho (X)		APUC-073	Ancashino		ANC-092	San Gerónimo Huancavelicano
	APUC-040	Paro		APUC-200	San Gerónimo Huancavelicano	AREQ-242	Arequipeño (M)	
	ANC-177	Ancashino		PIU-063	Paro	ANC-240	Ancashino	
	APUC-152	San Gerónimo		HVCA-052	San Gerónimo Huancavelicano	AREQ-187	Coruca	
	ANC-568	San Gerónimo (X)		ANC-428	Paro	55	ANC-181	Ancashino
	APUC-186	Morocho (X)		APUC-169	Ancashino		AYA-015	San Gerónimo Huancavelicano
	APUC-156	Morocho (X)		ANC-307	Ancashino		AYA-044	Paro
APUC-104	Cusco Cristalino Amarillo	ANC-097		Ancashino	AYA-027		San Gerónimo	
AREQ-168	San Gerónimo	LIB-162		Ancashino (S)	AREQ-164		Arequipeño	
APUC-087	Morocho	ANC-081		Paro	ANC-071		Ancashino	
APUC-255	San Gerónimo Huancavelicano	APUC-066		Ancashino	ANC-345		Paro	
AYA-095	Ancashino	AYA-046		San Gerónimo Huancavelicano	AREQ-197		Arequipeño (X)	
AREQ-203	Arequipeño	APUC-128	San Gerónimo Huancavelicano	CAJ-033	Paro			
AREQ-198	Arequipeño	ANC-059	Ancashino	APUC-201	Morocho			
ANC-096	Ancashino	ANC-106	Ancashino (X)	ANC-054	Ancashino			
LIB-169	Paro (X)	APUC-187	Paro (X)	AREQ-145	Arequipeño			
AREQ-163	Arequipeño	ANC-142	Morocho (X)	AREQ-207	Arequipeño			
AREQ-184	Arequipeño	ANC-057	Ancashino	ANC-295	Huayleño (M)			
AYA-002	San Gerónimo Huancavelicano	AREQ-151	Coruca	ANC-113	Ancashino			
APUC-154	San Gerónimo	AREQ-121	Paro	AYA-018	Ancashino			
APUC-105	Morocho	ANC-165	Ancashino	AREQ-208	Arequipeño			
APUC-275	Morocho	ANC-168	Paro	AREQ-220	Arequipeño			
AREQ-183	Arequipeño							

El Grupo 38 está formado por cuatro accesiones, de las cuales una pertenece a la raza Paro, una pertenece a la raza Huayleño (X), una a la raza Ancashino y una a la raza Confite Punteagudo. Para este grupo las plantas son de porte bajo al igual que la altura de la mazorca (112 cm y 55 cm en promedio respectivamente); la floración masculina ocurre a los 106 días en promedio siendo del tipo precoz; las mazorcas son pequeñas con una longitud de 9.7 cm en promedio; el número de hileras por mazorca presenta un rango entre 13 y 16, y el número de granos por hilera es de 19 en promedio; el color blanco de la tusa se presentó en todas las accesiones; el peso promedio de cada grano es de 0.22 gramos.

El Grupo 39 está formado por dos accesiones de la raza Ancashino (X) y una accesión de la raza Huayleño. Las plantas de este grupo son de porte alto con un rango entre 188 y 192 cm; el periodo vegetativo es del tipo precoz presentándose la floración masculina en un rango entre los 110 y 113 días después de la siembra; las mazorcas son largas y delgadas con una longitud de 11.8 cm en promedio; presentan 12 hileras por mazorca y el número de granos por hilera tiene un rango entre 18 y 21; la textura es del tipo harinoso, la sanidad de las mazorcas es de regular a moderada y el peso de cada grano es de 0.20 gramos en promedio.

El Grupo 40 está formado por 20 accesiones, de las cuales 8 accesiones pertenecen a la raza Ancashino, 1 a la raza Huayleño, 2 a la raza Morocho, 1 a la raza Chimlos, 1 a la raza Ajaleado, 1 a la raza Shajatu y 6 pertenecen a la raza Paro (una de estas accesiones tiene una mezcla con la raza Ancashino). Las plantas de este grupo son de porte alto con un rango entre 169 y 201 cm de altura; la floración masculina ocurre en un rango entre 100 y 121 días después de la siembra; las mazorcas son pequeñas de 10.8 cm de largo en promedio; el número de hileras por mazorca presenta un rango entre 12 y 16; el número de granos por hilera presenta un rango entre 18 y 22, todos los granos son de textura harinosa, predominando el blanco para el color de la tusa. En contraste a lo reportado en el estudio realizado por Oscanoa y Sevilla (2010), todas las colecciones pertenecientes a la raza Chimlos formaron un solo grupo; sin embargo, en nuestro estudio esta raza con solamente una accesión se agrupó con accesiones de la raza Ancashino, Huayleño, Morocho, Ajaleado, Shajatu y Paro.

El Grupo 41 está formado por 12 accesiones, tres de ellas pertenecen a la raza Shajatu, dos a la raza Ancashino, dos a la raza Morocho Cajabambino, dos a la raza Paro, una a la raza Sabanero, una a la raza Morocho y una a la raza Rabo de Zorro (X). Las plantas presentan una altura media-alta con un rango entre 166 y 198 cm; la floración masculina se presenta a los 124 días en promedio con un rango entre 116 y 131 días después de la siembra siendo del tipo semi-tardío; las mazorcas son largas y delgadas con una longitud de 11.1 cm en promedio; presentan 13 hileras por mazorca y 20 granos por hilera en promedio; la textura es del tipo harinoso y blanco el color de la tusa; el peso de cada grano presenta un rango entre 0.13 y 0.30 gramos

El Grupo 42 está formado por una accesión de la raza Shajatu, una accesión de la raza Morocho (S) y una accesión de la raza Ancashino. Este grupo presenta plantas de altura media (152 cm en promedio) y un periodo vegetativo de tipo precoz (109 días en promedio hasta la floración masculina); las mazorcas son más largas pero delgadas con una longitud de 12.9 cm en promedio; presenta un rango entre 11 y 14 hileras por mazorca y un promedio de 23 granos por hilera; son de textura harinosa y semi-harinosa, las mazorcas presentan una mala sanidad y el peso promedio de cada grano es de 0.23 gramos.

El Grupo 43 está formado por 21 accesiones, de las cuales seis pertenecen a la raza Morocho, cuatro pertenecen a la raza Ancashino, dos pertenecen a la raza Shajatu, uno pertenece a la raza Ajaleado, uno pertenece a la raza Chunchu, uno pertenece a la raza Perlilla (M), uno pertenece a la raza Huayleño y cinco pertenecen a la raza Paro (una de estas accesiones muestra cruce de polen con la raza Ancashino). Este grupo presenta plantas de altura media-alta con un rango entre 135 y 179 cm; su ciclo vegetativo es precoz presentando un rango entre 96 y 115 días hasta la floración masculina; las mazorcas son más grandes presentando una longitud de 12.2 cm en promedio; presentan además entre 11 y 15 hileras por mazorca con un rango entre 18 y 24 granos por hilera; el color predominante de los granos es el amarillo cuya textura es del tipo harinoso y semi-harinoso; todas las tusas son de color blanco; el peso promedio de cada grano es de 0.23 gramos.



El Grupo 44 está conformado solo por dos accesiones pertenecientes a la raza Confite Punteagudo. Estas tienen un ciclo vegetativo del tipo precoz con un promedio de 109 días hasta la floración masculina; las plantas son de porte medio con un rango de 145 a 169 cm de altura; las mazorcas tienen 11.3 cm de longitud en promedio; presentan entre 13 y 16 hileras por mazorca y entre 20 y 22 granos por hilera; la textura de los granos es del tipo reventador (popcorn); el color de la tusa es blanco y presentan buena sanidad; los granos son muy ligeros siendo su peso por cada grano de 0.18 gramos en promedio.

El Grupo 45 está formado por tres accesiones de la raza Paro y una accesión de la raza Morocho (X). Este grupo presenta plantas con un periodo vegetativo semi-precoz con un rango entre 114 y 127 días hasta la floración masculina; la altura de las plantas tiene un rango entre 152 y 165 cm, siendo éstas de porte medio; las mazorcas son pequeñas; el número de hileras por mazorca tiene un rango entre 12 y 14, con 18 granos por hilera en promedio; los granos son de textura harinosa y semi-harinosa, las tusas presentan los colores blanco y rojo en igual proporción y el peso de cada grano es de 0.31 gramos en promedio.

El Grupo 46 está formado por 19 accesiones, de las cuales tres pertenecen a la raza Ancashino, cinco pertenecen a la raza Paro, dos pertenecen a la raza San Gerónimo Huancavelicano, dos pertenecen a la raza Arequipeño, dos pertenecen a la raza Huayleño, uno pertenece a la raza Morocho (M), dos pertenecen a la raza Amarillo Huancabamba y dos pertenecen a la raza San Gerónimo. Este grupo presenta plantas de altura media (155 cm en promedio) y un periodo vegetativo de tipo precoz (108 días hasta la floración masculina); las mazorcas son pequeñas con una longitud de 8.9 cm en promedio; el número de hileras por mazorca tiene un rango entre 12 y 15; el número de granos por hilera es de 15 en promedio, la textura de los granos es del tipo harinoso siendo el color amarillo el más frecuente para éstos; la sanidad se ve afectada mostrando daños moderados; el peso de cada grano es de 0.27 gramos en promedio .

El Grupo 47 está formado por 23 accesiones, seis pertenecen a la raza Paro, dos pertenecen a la raza San Gerónimo, uno pertenece a la raza San Gerónimo Huancavelicano, uno pertenece a la raza Huayleño, uno pertenece a la raza Arequipeño, cuatro a la raza Morocho, uno a la raza Confite Punteagudo, uno a la raza Shajatu, dos a la raza Morocho Cajabambino y cuatro pertenecen a la raza Ancashino (una de estas accesiones muestra cruce con la raza Paro). Las plantas de este grupo presentan plantas

de altura media con 151 cm en promedio; el periodo vegetativo es de tipo semi-precoz, presentándose la floración masculina a los 117 días en promedio; la dimensión de las mazorcas es de 10 cm de longitud en promedio; presentan además 12 hileras en promedio por mazorca con 17 granos por hilera, la textura es del tipo harinoso y semi-harinoso, el color de tusa más frecuente es el blanco, las mazorcas presentan una mala sanidad con daños severos, los granos son muy ligeros siendo el peso de cada grano 0.21 gramos en promedio.

El Grupo 48 presenta solo cuatro accesiones, dos accesiones de la raza Paro, una de la raza Huayleño y una de la raza Ancashino. Este grupo presenta plantas de altura media y floración temprana; las mazorcas son pequeñas; el número de hileras presentó un rango entre 14 y 16, con un número de granos por hilera de 20 en promedio; la textura es del tipo harinoso y el color de tusa más frecuente es el rojo; el peso promedio de cada grano es de 0.28 gramos.

El Grupo 49 está formado por 22 accesiones, de las cuales dos pertenecen a la raza Huayleño, diez pertenecen a la raza Paro, ocho pertenecen a la raza Ancashino, uno pertenece a la raza Morocho y uno pertenece a la raza Arequipeño (M). Este grupo presenta plantas con altura media-alta con un rango entre 134 y 234 cm; su ciclo vegetativo es precoz presentándose la floración masculina a los 107 días después de la siembra; las mazorcas presentan una longitud de 10.5 cm en promedio; el número de hileras promedio es de 13 y el número de granos por hilera es de 18 en promedio; la textura de granos es del tipo harinoso y semi-harinoso; el peso de cada grano es de 0.35 gramos en promedio.

El Grupo 50 está formado por solo nueve accesiones, de las cuales tres son de la raza Ancashino, cuatro son de la raza Paro, uno de la raza Chunchu y uno de la raza Cusco Cristalino Amarillo. Las plantas de este grupo presentan un altura media-baja con un rango entre 114 y 166 cm; su periodo vegetativo es precoz con un promedio de 110 días hasta la floración masculina, las mazorcas presentan una longitud promedio de 11.4 cm, con un rango entre 10 y 13 hileras por mazorca; el número de granos por hilera tiene un rango entre 16 y 21, siendo todos de textura harinosa; los colores de tusa más frecuentes fueron el blanco y el rojo; la sanidad de las mazorcas es baja evidenciando daños regulares y moderados; el peso de cada grano es de 0.34 gramos en promedio.

El Grupo 51 está formado por 17 accesiones, de las cuales una es de la raza San Gerónimo Huancavelicano, una es de la raza Cusco Cristalino Amarillo, dos pertenecen a la raza Paro, ocho pertenecen a la raza Morocho, dos a la raza San Gerónimo y tres a la raza Ancashino. Las plantas presentaron un rango entre 138 y 179 cm de altura; la floración masculina ocurre a los 106 días por lo que su periodo vegetativo es de tipo precoz; las dimensiones de las mazorcas fueron en promedio de 10.9 centímetros para la longitud; el número de hileras fue de 11 en promedio con 16 y 20 granos por hilera; los granos son de textura harinosa y semi-harinosa; las mazorcas presentaron daños moderados y severos.

El Grupo 52 está formado por 21 accesiones, dos de la raza San Gerónimo, cinco de la raza Morocho, dos de la raza San Gerónimo Huancavelicano, tres de la raza Ancashino, cinco de la raza Arequipeño, dos de la raza Paro y dos de la raza Cusco Cristalino Amarillo. Este grupo presenta plantas de altura media-alta con un rango entre 128 y 184 cm; el ciclo vegetativo es precoz con 102 días hasta la floración masculina y un rango entre 95 y 109 días; las mazorcas son pequeñas; presentan 11 hileras en promedio con un número de granos por hilera que varía entre 15 y 20, la gran mayoría presentan granos de textura harinosa y semi-harinosa, siendo el color amarillo de los granos el más frecuente, el color de la tusa más frecuente es el blanco; las mazorcas presentan sanidad regular y daños mínimos.

El Grupo 53 está conformado por solo 6 accesiones, de las cuales 4 pertenecen a la raza Paro, 1 pertenece a la raza Ancashino y 1 pertenece a la raza Arequipeño mezclado con la raza Kculli. Las plantas de este grupo son de altura media-alta con un rango entre 169 y 195 cm; su periodo vegetativo es precoz con rango entre 101 y 112 días hasta la floración masculina; las mazorcas presentan una longitud entre 9.8 y 11.7 cm; presentan además un número de hileras promedio de 14, con un número de granos por hilera entre 18 y 21; los daños a las mazorcas fueron mínimos y el peso de cada grano presentó un rango entre 0.35 y 0.42 gramos con una media de 0.39 g.

El Grupo 54 está formado por 42 accesiones, de las cuales 7 pertenecen a la raza San Gerónimo Huancavelicano, 16 pertenecen a la raza Ancashino, 9 pertenecen a la raza Paro, 1 pertenece a la raza Morocho (X), 3 pertenecen a la raza Coruca, 2 pertenecen a la raza Huancavelicano, 3 pertenecen a la raza Arequipeño y 1 a la raza Shajatu (M). Este grupo presenta plantas de altura media-alta con un rango entre 144 y 195 cm; la antesis

ocurre entre los 102 y 114 días; las mazorcas son pequeñas con longitud promedio de 10.4 cm; el número de hileras presenta un rango entre 11 y 16, presentando entre 15 y 22 granos de textura harinosa por hilera; todas las mazorcas tienen la tusa de color blanco a excepción de cuatro accesiones que presentan tusas de color rojo.

El Grupo 55 está formado por 18 accesiones, 5 de la raza Ancashino, 1 de la raza San Gerónimo Huancavelicano, 3 de la raza Paro, 1 de la raza San Gerónimo, 6 de la raza Arequipeño, 1 de la raza Morocho y 1 de la raza Huayleño (M). Las accesiones de este grupo presentan plantas de altura media entre 120 y 169 centímetros; su periodo vegetativo es precoz con un rango entre 98 y 112 días hasta la floración masculina; las mazorcas son pequeñas; presentan también entre 13 y 16 hileras por mazorca, y entre 16 y 22 granos por hilera; casi todas las mazorcas presentan granos de textura harinosa y de color amarillo, la tusa es de color blanco; la sanidad de las mazorcas evidenciaron daños de regular a mínimo y el peso de cada grano presentó un rango entre 0.31 y 0.47 gramos.

De acuerdo al dendograma mostrado en la Figura 6, se puede observar que las accesiones APUC-128 y AYA-046 son los más semejantes en cuanto a sus características morfológicas evaluadas en este estudio, pues se agrupan con un coeficiente de distancia de 0,37 (ambas accesiones pertenecen a la raza San Gerónimo Huancavelicano); mientras que las accesiones JUN-489 (raza Chullpi con evidencia de cruzamiento), AREQ-208 (raza Arequipeño) y AREQ-220 (raza Arequipeño) son las más diferentes morfológicamente, ya que solo se incluyen en un mismo grupo con un coeficiente de distancia de 7,40.

Los descriptores más eficientes que permitieron discriminar las 335 accesiones de maíz en 55 grupos fueron: días a la floración masculina, días a la floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, color de granos, color de la tusa, textura del grano, sanidad y peso de cada grano. Estas variables presentaron los mayores coeficientes de correlación, indicando un alto nivel de asociación en cada componente principal. Resultados similares fueron reportados por Jiménez (2006), Oscanoa y Sevilla (2010), y Chavarry (2014), en los cuales los caracteres morfológicos que mejor establecieron las semejanzas entre los individuos estudiados fueron los días a floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, longitud de mazorca, entre otros.

De los resultados obtenidos podemos observar que la raza Paro se incluyó en la gran mayoría de los grupos como consecuencia de una amplia variabilidad mostrada en sus características morfológicas; lo mismo sucede con la raza Ancashino cuyas accesiones se distribuyeron en diferentes grupos al igual que la raza Morocho. Estos resultados coinciden con la clasificación realizada por Oscanoa y Sevilla (2010), quienes mediante el uso de caracteres morfológicos lograron determinar 12 grupos raciales de maíz, observando que la raza Paro y Morocho se asignaron en diferentes grupos.

Los mismos autores tuvieron resultados muy similares a los obtenidos en el presente estudio al asignar, por ejemplo, a la raza Kculli en distintos grupos raciales, lo mismo sucedió con las razas San Gerónimo, San Gerónimo Huancavelicano, Huancavelicano y Chullpi. Sin embargo, en nuestro caso las accesiones de la raza Confite Punteagudo fueron distribuidos en diferentes grupos, mientras que los datos obtenidos por Oscanoa y Sevilla (2010), muestran que las colecciones de la raza Confite Punteagudo se asignaron en un solo grupo junto con las colecciones de la raza Confite Morocho.

Jiménez (2006), encontró una alta relación entre las razas Rabo de Zorro y Morocho las cuales fueron agrupadas básicamente por presentar plantas con floración temprana. Estos datos no coinciden con los resultados obtenidos en nuestro estudio debido a que las razas Rabo de Zorro y Morocho se asignaron en el grupo 34 y también en el grupo 41 que se caracterizaron por mostrar una floración tardía. Sin embargo, los grupos donde se incluyen a las razas San Gerónimo y San Gerónimo Huancavelicano se caracterizaron principalmente por presentar plantas con floración temprana coincidiendo plenamente con lo reportado por el autor descrito anteriormente.

En el análisis de conglomerados se puede observar que los grupos formados no coinciden plenamente con la clasificación racial original. Una de las razones que generan esta disconformidad es que la clasificación racial original (Grobman *et al.*, 1961) se basó en la observación fenotípica de las mazorcas y granos tomando en cuenta muchas características a la vez; sin embargo, la agrupación por taxonomía numérica solo utiliza el criterio morfológico. Las razas se clasifican no solo con criterios morfológicos, se consideran también criterios culturales y ecológicos (Sevilla y Holle, 2004).

Otra explicación a la evidente distribución de las accesiones que pertenecen a la misma raza y que fueron asignados en los diferentes grupos es que existen razas que son distintas en sus caracteres morfológicos pero que son genéticamente muy relacionadas como lo sustentan Blas *et al.*, (1998), según los resultados obtenidos al realizar la caracterización molecular en razas de maíces peruanos. Resultados similares fueron reportados por Chacón (2002), encontrando que las razas que ocupan la misma área geográfica pueden ser morfológicamente diferentes como por ejemplo Piscorunto y Cusco Cristalino Amarillo, sin embargo el análisis molecular muestra un grado alto de similitud, indicando la efectividad de los marcadores moleculares en evidenciar similitud o diferencias no mostradas en el análisis fenotípico.

Existen también muchas razas que son parecidas fenotípicamente pero que tienen origen distinto, como lo reportado por Blas *et al.*, (2000), quienes encontraron una alta relación entre algunas razas de la costa y la sierra, como por ejemplo Chaparreo y Huayleño, Chancayano y Chullpi, Perla y Huanuqueño; esto indicaría una supuesta alta cercanía genética, por lo que se podría decir que la diversidad del maíz en la región andina es más fenotípica que genética.

Los resultados también muestran cruzamientos (X), mezclas (M) y similitud (S) entre razas; lo sucedido se debe probablemente al manejo que se le dio a las accesiones cuando fueron regeneradas con anterioridad, provocando las hibridaciones entre las diferentes razas y la introgresión de genes entre las mismas. Cabe resaltar que, la mayor parte del maíz que tienen los agricultores son por lo general cruzamientos, mezclas o similares; por tanto, las muestras de maíz colectadas en los campos de los agricultores y accesadas luego al banco de germoplasma, van a presentar estas mezclas o cruas generando que algunas razas se agrupen o separen casi al azar cuando se realiza un análisis de conglomerados a estas colectas. Esto coincide con lo mencionado por Blas *et al.*, (2000) quienes indicaron que, muchas razas son distintas en sus caracteres morfológicos, pero son genéticamente muy relacionados, pero también esto podría ser por probables mezclas en las entradas.

En las Figuras 7 y 8 se observan las accesiones APUC-128 y AYA-046 (ambas accesiones pertenecen a la raza San Gerónimo Huancavelicano) que son las que se agruparon a la menor distancia taxonómica, siendo ésta de 0,37. Esto indica que las dos accesiones presentaron características morfológicas muy parecidas pero con adaptaciones distintas, en el presente trabajo de investigación.

**Figura 7: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-128.**



**Figura 8: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión AYA-046.**





En la Figura 9 se muestra la accesión JUN-489 perteneciente a la raza Chullpi (X) y en la Figura 10 se muestra la accesión AREQ-208 perteneciente a la raza Arequipeño. Estas accesiones se agruparon a la mayor distancia taxonómica, siendo ésta de 7,40. Esto indica que las dos accesiones presentaron características morfológicas muy diferentes, en el presente estudio.

**Figura 9: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión JUN-489.**



**Figura 10: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión AREQ-208.**





## V. CONCLUSIONES

- La caracterización morfológica de una muestra de 335 accesiones de maíz conservadas en el Banco de Germoplasma del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la UNALM, permitió discriminar las accesiones en 55 grupos por taxonomía numérica.
- En base a los caracteres evaluados se logró estimar la variabilidad de las accesiones, determinando 22 razas típicas de maíz, las cuales fueron: Ajaleado, Amarillo Huancabamba, Ancashino, Arequipeño, Chaparreo, Chimlos, Chuncho, Confito Punteagudo, Coruca, Cusco Cristalino Amarillo, Huancavelicano, Huayleño, Kculli, Morocho, Morocho Cajabambino, Paro, Perlilla, Rabo de Zorro, Sabanero, San Gerónimo, San Gerónimo Huancavelicano y Shajatu. Además, se evidenció la existencia de cruzamientos (X), mezclas (M) y similaridad (S) entre razas de maíz de la sierra baja y media del Perú.
- De acuerdo al Análisis de Componentes Principales, los descriptores que más contribuyen en cada componente principal por presentar un alto coeficiente de correlación fueron en orden de importancia: días a la floración femenina, días a la floración masculina, peso de cada grano, número de granos por hilera, número de hileras por mazorca, sanidad, color de granos, color de la tusa, altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca y textura del grano.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar una prospección de las accesiones que se colectaron en los diferentes departamentos con la finalidad de incrementar el número de accesiones poco representadas en la colección actual.
- Realizar más trabajos de investigación para dar a conocer la variabilidad total existente en maíz, conservadas en el Banco de Germoplasma del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la UNALM.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABU-ALRUB, I; J, CHRISTIANSEN; R, ORTIZ; R, SEVILLA; S, MADSEN. 2004. Assessing tassel, kernel and ear variation in Peruvian highland maize. Proceeding of the Plant Genetic Resources Newsletter. IPGRI. p. 34-41.
2. ANDERBERG, M. 1973. Cluster analysis for applications. New York, Academic Press. 361 p.
3. BLAS, R; S, RIBAUT; R, SEVILLA; J, CHURA. 1998. Caracterización molecular de razas de maíz peruano. Resúmenes del Primer Congreso Peruano de Biotecnología y Bioingeniería. Trujillo-Perú.
4. BLAS, R; J, RIBAUT; M, WARBURTON; J, CHURA; R, SEVILLA. 2000. Análisis Molecular de razas de maíz peruano con marcadores AFLP y microsatélites (SSR). Cuarto Congreso Peruano de Genética. La Molina. Lima-Perú. p. 241-250.
5. BRAMARDI, S. 2002. Análisis multivariado. Su aplicación en la caracterización de recursos genéticos. Facultad de Ciencias Agrarias, Univ. Conahue, Estación Exp. INTA, Argentina. 60 p.
6. BRANDOLINI, A. 2001. Classification of Italian Maize (*Zea mays* L.) germplasm. Plant Genetic Resources Newsletter. Edición N°126, p. 1-11.
7. BRICEÑO, H. 2012. El Maíz. Una planta de todos los tiempos. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. 1 ed. Huánuco-Perú. 123 p.
8. CÁRDENAS, A. 1976. Correlación entre características de Panoja y de Mazorca en Razas de Maíces Peruanos. Tesis UNALM. Lima-Perú. 72 p.

9. CASAS, E; W, HANSON; E, WELLHAUSEN. 1968. Genetic relationships among collections representing three Mexican race composites of *Zea mays* L. *Genetics* 59. p. 299-310.
10. CHACÓN, M. 2002. Caracterización molecular de germoplasma de maíz nativo de la región alto-andina y de variedades mejoradas con germoplasma introducido. Tesis Mg. Sc. Lima-Perú. 59 p.
11. CHAVARRY, B. 2014. Caracterización morfológica de una muestra de accesiones de maíces peruanos del banco de germoplasma de maíz (*Zea mays* L.) de la UNALM. Tesis Mg. Sc. Lima-Perú. 101 p.
12. CIMMYT – IBPGR. 1991. Descriptores para Maíz. International Maize and Wheat Improvement Center, México/International Board for Plant Genetic Resources, Rome. 100 p.
13. CORTÉS, T. 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando Métodos Multivariados. Tesis Mg. Sc. Montecillo-México. Colegio de Post-graduados. 168 p.
14. CUADRAS, C. M. 1982. Métodos de Análisis Multivariante. Ed. Universidad de Barcelona. 642 p.
15. DALLAS, E. J. 2004. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Kansas State University. Edamsa Impresiones, S.A. México. 566 p.
16. DOWSWELL, C; R, PALIWAL; R, CANTRELL. 1996. Maize in Third World. Ed. Westview. 268 p.
17. FEDERER, W; E, MCCULLOC; J, MILLES-MCDERMONT. 1987. Illustrative examples of Principal Components. *Journal of Sensory Studies*. 2; p. 37-57.
18. FERNÁNDEZ, L. 2009. Identificación de razas de maíz (*Zea mays* L) presentes en el germoplasma cubano. Tesis Doctor en Ciencias Biológicas. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” INIFAT. República de Cuba. 172 p.

19. FERNÁNDEZ, L; J, CROSSA; Z, FUNDORA-MAYOR; L, CASTIÑEIRAS; G, GÁLVEZ; M, GARCÍA; C, GIRAUDY. 2010. Identificación y caracterización de razas de maíz en sistemas campesinos tradicionales de dos áreas rurales de Cuba. INIFAT. Revista Biociencias. Vol. 1. Núm. 1. p. 4-18.
20. FERREIRA, P. 1987. Análisis multivariado aplicado a problemas de clasificación y tipificación. En: Taller sobre aplicaciones del análisis multivariado. Instituto de Educación Continuada (IDEC). Antigua. 12 p.
21. FRANCO, T; R, HIDALGO. 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín Técnico N°8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p.
22. FUNDORA, Z; M, DIAZ; M, BAEZ; J, SOTO. 1988. Análisis de los componentes principales de la variación en siete cultivares de cebolla. Ciencias de la Agricultura 33. p. 78-81.
23. GÓMEZ, R. 2006. Guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas. En: Manual para la caracterización in situ de cultivos nativos. R. Estrada, T. Medina, A. Roldán. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). 1 ed. Lima-Perú. 2006. p. 26-50.
24. GOODMAN, M; E, PATERNIANI. 1969. The races of maize. III. Choices of appropriate characters for racial classification. Econ. Bot. 23. p. 65-273.
25. GROBMAN, A. 2004. El origen del maíz. En: Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). UNALM. p. 426-470.
26. GROBMAN, A; W, SALHUANA; R, SEVILLA; P, MANGELSDORF. 1961. Races of Maize in Peru: Their Origins, Evolution and Classification. National Academy of Sciences, NRC Publication 915. Washington D.C. USA.
27. HAIR, J; R, ANDERSON; R, TATHAM; W, BLACK. 1992. Multivariate data analysis. MacMillan Publ. Co. Nueva York. 544 p.
28. HERNÁNDEZ, A. 2013. Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Revista Bio-Ciencias; 2(3). p. 113-118.

29. HUAMANCHUMO DE LA CUBA, CECILIA. 2013. La cadena de valor de maíz en el Perú: diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Boletín Informativo. Lima-Perú. 107 p.
30. INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2013. Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Documento Informativo. Lima-Perú. 63 p.
31. JIMÉNEZ, J. 2006. Biodiversity of traditional seed propagated crops cultivated in peruvian highland. Ph. D. Thesis. Lima-Perú. 170 p.
32. KENDALL, M. 1980. Multivariate Analysis. Griffin. Londres. 218 p.
33. LINDGREN, B. 1968. Statistical Theory. Segunda edición. McMillan Company. New York, USA. 521 p.
34. LÓPEZ, J; M, HIDALGO. 1994a. Análisis de componentes principales y análisis factorial. En: M, Ato y J. J. López (eds.). Fundamentos de estadística con SYSTAT. Addison Wesley Iberoamericana. p. 457-503.
35. LÓPEZ, J; M, HIDALGO. 1994b. Análisis de conglomerados. En: M, Ato y J. J. López (eds.). Fundamentos de estadística con SYSTAT. Addison Wesley Iberoamericana. p. 505-532.
36. MALUENDA GARCÍA, J. 2015. Máximos Históricos en Producción, Consumos y Stocks en Maíz. Consejo Internacional de Cereales. Boletín Informativo. Madrid-España. 9 p.
37. MANRIQUE, A. 1997. El maíz en el Perú. 2 ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima-Perú. 362 p.
38. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2012. El Maíz Amiláceo: Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva. Dirección General de Competitividad Agraria. Boletín Informativo. Lima-Perú. 38 p.

39. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2014. Anuario “Producción de Principales Productos Agrícolas 2013”. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. Lima-Perú. 273 p.
40. NÚÑEZ, C; D, ESCOBEDO. 2011. Uso correcto del análisis cluster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agronomía Mesoamericana*. México. 22(2). p. 415-427.
41. ORTIZ, R. 1985. Efecto ambiental, interacción genotipo medioambiente y heredabilidad de las características morfológicas usadas en la clasificación racial de maíz en la sierra alta del Perú. Tesis Mg. Sc. UNALM. Lima-Perú.
42. ORTIZ, R; J, CROSSA; J, FRANCO; R, SEVILLA; J, BURGUEÑO. 2008. Classification of Peruvian highland maize races using plant traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Volume 55. p. 151-162.
43. OSCANOVA, C; R, SEVILLA. 2010. Diversidad de razas de maíz en la sierra central del Perú. En: Primer Congreso Peruano de Mejoramiento Genético y Biotecnología Agrícola. Proceeding. UNALM. Lima-Perú. p. 90-93.
44. PALIWAL, R. L. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Rome. Volumen 28. 392 p.
45. PÉREZ, G; H, GONZÁLEZ; C, MENDOZA; V, PEÑA. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubences* R & P) landraces. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(1). p. 88-92.
46. PLA, L. 1986. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales. OEA. Washington D.C. 93 p.
47. POEHLMAN, J; D, SLEPER. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa S.A. México, D.F. Segunda Edición. 511 p.
48. REYES, C. 1990. El maíz y su cultivo. Primera edición. A.G.T. Editor S.A. Impreso en México. 459 p.

49. ROHLF, F. 2000. NTSYS-pc, Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Version 2.1. Exeter Publications, New York, USA. 38 p.
50. SALAZAR, E; P, LEÓN; M, ROSAS; C, MUÑOZ. 2006. Estado de la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos cultivados y silvestres en Chile. Boletín INIA N°156. Santiago. 181 p.
51. SALHUANA, W. 2004. Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú. En: Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). UNALM. Lima-Perú. p. 204-251.
52. SEVILLA, R. 1991. Diversidad del maíz en la región andina. En: Experiencias en el cultivo de maíz en el área andina. Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina (PROCIANDINO). Volumen 1. Quito-Ecuador. p. 1-23.
53. SEVILLA, R. 2004. Mejoramiento del maíz en la sierra del Perú. En: Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). UNALM. Lima-Perú. p. 158-187.
54. SEVILLA, R. 2006a. Colecta y clasificación para programar la conservación in situ de la diversidad de maíz en la Amazonía peruana. En: Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrobiodiversidad en la región Ucayali, 16 de enero del 2003, Pucallpa, Perú. Bioversity International. Cali, Colombia. p. 33-50.
55. SEVILLA, R. 2006b. Descriptores para la caracterización del cultivo de maíz. En: Manual para la caracterización in situ de cultivos nativos. R. Estrada, T. Medina, A. Roldán. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). 1 ed. Lima-Perú. 2006. p. 51-60.
56. SEVILLA, R; M, HOLLE. 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Luis León Asociados S.R.L. Primera Edición. Lima-Perú. 445 p.
57. SEVILLA, R; W, SALHUANA; J, CHURA. 2004. La colección de germoplasma de maíz del Perú. En: Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). UNALM. Lima-Perú. p. 188-203.



58. SNEATH, P; R, SOKAL. 1973. Numerical Taxonomy. The Principles and Practices of Numerical Classification, W. H. Freeman and Company. San Francisco. 573 p.
59. SOKAL, R. R; C. D, MICHENER. 1958. A Statistical Method for Evaluating Systematics Relationships. Univ. Kansas Sci. Bull. 38:1409-1438.
60. TAPIA, C; E, GUTIÉRREZ; M, WARBURTON; V, SANTACRUZ; M, VILLEGAS. 2005. Characterization of mandarin (*Citrus* spp.) using morphological and AFLP markers. Interciencia 30 (11). p. 687–693.
61. TOWNEND, J. 2002. Practical Statistics for Environmental and Biological Scientists, Biochemistry and Molecular Biology Education. John Wiley & Sons Inc. Volume 30. 272 p.
62. VEGA, M. 1972. Análisis Discriminante para la Diferenciación de Razas de Maíz. Tesis Ingeniero Estadístico. UNALM. Lima-Perú. 99 p.
63. WELLHAUSEN, E; L, ROBERTS; E, HERNÁNDEZ. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. Folleto Técnico N°5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 236 p.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-075  
(raza Confite Punteagudo).**



**Anexo 2: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión AREQ-188  
(raza Kculli).**





**Anexo 3: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-211  
(raza Paro).**



**Anexo 4: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión ANC-180  
(raza Ancashino).**



**Anexo 5: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-270  
(raza Morocho).**



**Anexo 6: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión AREQ-163  
(raza Arequipeño).**





**Anexo 7: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-154  
(raza San Gerónimo).**



**Anexo 8: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-106  
(raza Cusco Cristalino Amarillo).**



**Anexo 9: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión HCO-096  
(raza Ajaleado).**



**Anexo 10: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión APUC-266  
(raza Perlilla).**





**Anexo 11: Cosecha de las accesiones.**



**Anexo 12: Mazorcas dispuestas en bandejas para la evaluación de los caracteres morfológicos.**



**Anexo 13: Medición del diámetro de las mazorcas.**



**Anexo 14: Conteo de las semillas de cada accesión.**





**Anexo 15: Lista de las 335 accesiones de maíz y sus respectivas altitudes de colección, utilizadas para la caracterización morfológica.**

N°	Accesión	Altitud (msnm)	N°	Accesión	Altitud (msnm)	N°	Accesión	Altitud (msnm)	N°	Accesión	Altitud (msnm)
1	ANC-295	2800	37	ANC-337	2800	73	ANC-420	2500	109	ANC-468	2800
2	ANC-240	2600	38	ANC-442	2400	74	ANC-444	2400	110	ANC-472	2800
3	ANC-341	2300	39	ANC-445	2400	75	ANC-104	1750	111	ANC-484	2800
4	ANC-014	2800	40	ANC-478	2800	76	ANC-105	2288	112	ANC-489	2600
5	ANC-181	2700	41	ANC-085	2585	77	ANC-106	1700	113	ANC-490	2600
6	ANC-064	2688	42	ANC-567	2600	78	ANC-107	2288	114	ANC-491	2600
7	ANC-284	2400	43	ANC-307	2600	79	ANC-118	2600	115	APUC-201	2800
8	ANC-059	2600	44	ANC-081	2585	80	ANC-120	2300	116	APUC-075	2700
9	ANC-058	2688	45	ANC-062	2688	81	ANC-136	2500	117	APUC-106	2377
10	ANC-093	2400	46	ANC-139	2800	82	ANC-141	2200	118	APUC-176	2350
11	ANC-113	2600	47	ANC-345	2500	83	ANC-142	2600	119	APUC-110	2377
12	ANC-066	2600	48	ANC-071	2585	84	ANC-144	2100	120	APUC-080	2800
13	ANC-057	2600	49	ANC-452	2800	85	ANC-145	2200	121	APUC-171	2300
14	ANC-138	2800	50	ANC-082	2585	86	ANC-196	2700	122	APUC-104	2377
15	ANC-051	2600	51	ANC-430	2400	87	ANC-230	2300	123	APUC-072	2750
16	ANC-264	2800	52	ANC-243	2650	88	ANC-263	2600	124	APUC-132	2500
17	ANC-095	2400	53	ANC-453	2800	89	ANC-266	2300	125	APUC-090	2460
18	ANC-067	2688	54	ANC-061	2600	90	ANC-270	2300	126	APUC-154	2500
19	ANC-097	2600	55	ANC-565	2600	91	ANC-271	2300	127	APUC-200	2800
20	ANC-166	2650	56	ANC-115	2600	92	ANC-272	2300	128	APUC-122	2500
21	ANC-465	2800	57	ANC-473	2800	93	ANC-283	2300	129	APUC-187	2600
22	ANC-054	2688	58	ANC-461	2800	94	ANC-286	2300	130	APUC-124	2500
23	ANC-180	2600	59	ANC-573	2600	95	ANC-322	2600	131	APUC-199	2800
24	ANC-092	2400	60	ANC-325	2600	96	ANC-338	2300	132	APUC-150	2500
25	ANC-165	2750	61	ANC-326	2500	97	ANC-380	2250	133	APUC-209	2800
26	ANC-428	2400	62	ANC-177	2700	98	ANC-389	2600	134	APUC-255	2700
27	ANC-111	2600	63	ANC-419	2500	99	ANC-399	2000	135	APUC-188	2600
28	ANC-126	2780	64	ANC-327	2500	100	ANC-412	2800	136	APUC-073	2750
29	ANC-129	2500	65	ANC-164	2650	101	ANC-415	2200	137	APUC-081	2350
30	ANC-096	2400	66	ANC-562	2400	102	ANC-542	2000	138	APUC-211	2800
31	ANC-259	2800	67	ANC-434	2400	103	ANC-544	2000	139	APUC-196	2700
32	ANC-568	2600	68	ANC-328	2600	104	ANC-115	2600	140	APUC-071	2750
33	ANC-168	2700	69	ANC-537	2800	105	ANC-232	2385	141	APUC-172	2360
34	ANC-060	2688	70	ANC-268	2400	106	ANC-288	2800	142	APUC-032	2300
35	ANC-198	2800	71	ANC-208	2700	107	ANC-340	2500	143	APUC-040	2800
36	ANC-063	2600	72	ANC-464	2800	108	ANC-402	2400	144	APUC-066	2750

**Anexo 15: Lista de las 335 accesiones de maíz y sus respectivas altitudes de colección, utilizadas para la caracterización morfológica (continuación).**

N°	Accesión	Altitud (msnm)	N°	Accesión	Altitud (msnm)	N°	Accesión	Altitud (msnm)	N°	Accesión	Altitud (msnm)
145	APUC-067	2750	185	APUC-175	2350	225	AREQ-166	2600	265	AYA-084	2520
146	APUC-068	2750	186	APUC-186	2600	226	AREQ-191	2620	266	AYA-087	2520
147	APUC-069	2750	187	APUC-197	2700	227	AREQ-164	2600	267	AYA-089	2620
148	APUC-074	2680	188	APUC-225	2700	228	AREQ-172	2600	268	AYA-090	2570
149	APUC-087	2400	189	APUC-245	2350	229	AREQ-147	2560	269	AYA-091	2570
150	APUC-088	2460	190	APUC-249	2700	230	AREQ-151	2660	270	AYA-093	2400
151	APUC-089	2460	191	APUC-251	2750	231	AREQ-111	2600	271	AYA-095	2700
152	APUC-105	2377	192	APUC-254	2800	232	AREQ-132	2460	272	AYA-096	2640
153	APUC-108	2377	193	APUC-256	2350	233	AREQ-134	2340	273	AYA-107	2780
154	APUC-109	2377	194	APUC-257	2300	234	AREQ-171	2620	274	AYA-145	2690
155	APUC-112	2377	195	APUC-258	2100	235	AREQ-175	2600	275	AYA-032	2350
156	APUC-113	2377	196	APUC-266	2300	236	AREQ-193	2300	276	CAJ-138	2300
157	APUC-115	2377	197	APUC-270	2750	237	AREQ-198	2600	277	CAJ-137	2300
158	APUC-116	2377	198	APUC-275	2600	238	AREQ-203	2500	278	CAJ-090	2000
159	APUC-120	2300	199	APUC-295	2620	239	AREQ-204	2300	279	CAJ-076	2600
160	APUC-126	2500	200	APUC-297	2780	240	AREQ-229	2300	280	CAJ-073	2600
161	APUC-127	2500	201	AREQ-220	2400	241	AYA-001	2700	281	CAJ-094	2600
162	APUC-128	2500	202	AREQ-187	2400	242	AYA-277	2746	282	CAJ-033	2350
163	APUC-129	2500	203	AREQ-199	2600	243	AYA-027	2500	283	CAJ-128	2400
164	APUC-135	2500	204	AREQ-221	2400	244	AYA-018	2500	284	CAJ-109	2750
165	APUC-136	2500	205	AREQ-242	2400	245	AYA-015	2100	285	CAJ-028	2300
166	APUC-137	2500	206	AREQ-207	2600	246	AYA-023	2500	286	CAJ-079	2000
167	APUC-138	2500	207	AREQ-219	2620	247	AYA-044	2600	287	CAJ-113	2400
168	APUC-139	2500	208	AREQ-188	2410	248	AYA-079	2450	288	CAJ-121	2400
169	APUC-141	2500	209	AREQ-202	2400	249	AYA-080	2650	289	CAJ-130	2200
170	APUC-144	2500	210	AREQ-211	2600	250	AYA-288	2700	290	CAJ-132	2200
171	APUC-145	2500	211	AREQ-165	2600	251	AYA-088	2650	291	CUZ-322	2800
172	APUC-149	2500	212	AREQ-184	2400	252	AYA-046	2800	292	CUZ-377	2790
173	APUC-152	2500	213	AREQ-145	2580	253	AYA-002	2500	293	CUZ-246	1000
174	APUC-156	2500	214	AREQ-170	2600	254	AYA-004	2500	294	HCO-097	2400
175	APUC-161	2500	215	AREQ-197	2400	255	AYA-005	2600	295	HCO-096	2700
176	APUC-162	2500	216	AREQ-130	2460	256	AYA-008	2600	296	HCO-128	2700
177	APUC-163	2500	217	AREQ-208	2600	257	AYA-010	2500	297	HCO-129	2700
178	APUC-164	2500	218	AREQ-136	2280	258	AYA-013	2500	298	HCO-131	2400
179	APUC-165	2500	219	AREQ-163	2600	259	AYA-037	2500	299	HVCA-015	2600
180	APUC-166	2500	220	AREQ-183	2400	260	AYA-076	2450	300	HVCA-052	2400
181	APUC-167	2500	221	AREQ-168	2600	261	AYA-077	2400	301	HVCA-058	2800
182	APUC-168	2500	222	AREQ-209	2580	262	AYA-078	2620	302	HVCA-066	2650
183	APUC-169	2300	223	AREQ-121	2550	263	AYA-082	2600	303	HVCA-069	2800
184	APUC-173	2350	224	AREQ-237	2400	264	AYA-083	2540	304	HVCA-156	1800

**Anexo 15: Lista de las 335 accesiones de maíz y sus respectivas altitudes de colección, utilizadas para la caracterización morfológica (continuación).**

<b>N°</b>	<b>Accesión</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
305	HVCA-155	1800
306	JUN-487	2246
307	JUN-487	2246
308	JUN-486	2236
309	JUN-499	2470
310	JUN-501	2509
311	JUN-489	2709
312	JUN-509	2607
313	JUN-478	2511
314	JUN-510	2607
315	JUN-493	2236
316	JUN-494	2236
317	JUN-498	2470
318	JUN-499	2470
319	JUN-500	2470
320	LIB-042	2635
321	LIB-062	2800
322	LIB-051	2800
323	LIB-169	2400
324	LIB-060	2800
325	LIB-162	2710
326	PAS-006	1814
327	PAS-007	1800
328	PIU-039	2400
329	PIU-070	2300
330	PIU-071	2300
331	PIU-094	2200
332	PIU-110	2500
333	PIU-017	2100
334	PIU-063	2700
335	PUN-014	2000

**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz.**

ACCESIÓN	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	LMZ	DMZ	NHILE	NGRAN	CGRANO	TEXT	DHILE	CTUSA	SANID	PESO
AREQ-220	105	111	138	66	9.6	5.1	14	19	1	1	2	1	4	0.433
AREQ-187	105	111	165	86	10.7	4.9	14	18	1	1	2	2	4	0.371
AREQ-199	111	117	174	85	10.1	5.3	14	17	18	1	1	3	4	0.401
AREQ-221	103	109	147	70	10.8	4.4	12	19	1	2	1	1	4	0.382
AREQ-242	108	117	180	90	9.6	4.9	12	19	6	1	2	1	4	0.336
AREQ-207	103	109	160	83	10.5	5.0	13	19	1	1	2	1	4	0.359
AREQ-219	103	108	170	131	11.3	3.3	10	21	1	1	1	1	1	0.245
APUC-201	102	107	142	87	9.7	5.0	15	18	1	2	2	1	4	0.420
AREQ-188	112	118	164	88	11.0	4.7	12	19	15	1	1	4	3	0.337
AREQ-202	112	118	172	102	9.8	5.1	14	18	19	1	2	1	4	0.371
AREQ-211	111	119	188	113	10.7	4.9	14	20	1	1	2	1	3	0.305
AREQ-165	104	111	181	82	9.9	4.8	11	14	18	1	2	4	4	0.452
AREQ-184	95	99	130	62	9.1	4.5	12	16	3	1	2	1	3	0.307
AYA-001	106	112	190	106	11.7	5.1	14	21	1	1	1	1	4	0.423
AREQ-145	101	104	152	76	11.4	5.2	14	19	1	1	2	1	4	0.472
AREQ-170	97	102	107	50	8.0	4.7	11	16	1	1	1	1	3	0.350
AREQ-197	103	108	158	76	9.3	5.3	14	17	1	1	2	1	4	0.390
APUC-075	103	108	107	57	9.6	4.0	16	18	4	7	2	1	4	0.156
AREQ-130	108	119	145	75	11.6	4.0	10	21	15	1	1	4	2	0.359
AREQ-208	102	108	133	68	9.2	5.0	13	20	1	1	2	1	4	0.409
APUC-106	100	103	111	61	11.3	4.6	9	16	1	1	1	1	4	0.490
AREQ-136	108	120	140	70	8.7	4.7	10	15	15	1	1	4	3	0.392
AREQ-163	99	104	140	66	8.5	4.6	12	16	1	1	2	1	3	0.363
AREQ-183	102	104	171	86	9.0	4.7	12	19	1	1	2	1	3	0.405
AREQ-168	100	108	138	71	8.3	4.4	10	16	1	1	2	2	3	0.352
AREQ-209	108	113	164	84	10.7	4.9	12	19	1	1	1	1	4	0.392
APUC-176	106	113	148	67	10.9	4.9	12	17	1	2	2	1	4	0.397
APUC-110	112	120	195	114	10.8	5.1	13	19	6	1	2	3	3	0.419
AREQ-121	113	116	180	92	9.3	4.4	12	19	1	1	2	1	4	0.317
AREQ-237	112	120	181	100	9.6	4.7	12	22	3	1	2	1	4	0.351
AYA-277	94	99	128	59	7.4	5.1	11	10	21	1	2	2	3	0.579
AREQ-166	108	114	163	86	9.3	4.6	10	16	18	10	2	1	3	0.416
AREQ-191	108	112	167	82	8.8	4.7	11	15	18	1	2	4	3	0.369
APUC-080	111	118	162	95	11.4	4.9	11	20	3	1	2	1	5	0.415
APUC-171	105	110	169	93	11.0	3.9	16	22	4	7	2	1	5	0.178
APUC-104	113	119	159	78	10.4	4.5	10	20	1	1	2	2	4	0.404
AREQ-164	110	117	154	78	8.9	5.3	14	16	1	1	2	1	4	0.398
AYA-027	112	120	154	72	10.0	5.0	16	20	1	1	2	1	3	0.425
APUC-072	112	118	145	69	11.7	4.7	10	18	7	1	2	2	3	0.452

**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz  
(continuación).**

ACCESIÓN	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	LMZ	DMZ	NHILE	NGRAN	CGRANO	TEXT	DHILE	CTUSA	SANID	PESO
APUC-132	111	116	170	90	11.4	4.9	11	19	3	1	2	1	4	0.402
AREQ-172	108	116	197	108	6.3	3.3	10	17	1	1	1	1	1	0.223
AYA-018	106	115	124	54	11.0	5.4	14	18	1	1	2	1	4	0.379
CAJ-138	121	127	191	106	11.4	3.7	12	20	1	2	2	1	3	0.142
APUC-090	111	117	167	80	10.7	4.5	12	17	1	1	1	3	4	0.373
APUC-154	109	117	169	80	10.4	4.3	10	16	3	1	2	1	4	0.389
AYA-015	110	116	131	57	11.5	5.0	14	22	1	1	2	1	4	0.310
APUC-200	108	112	183	100	10.1	4.8	12	21	3	1	1	1	3	0.423
APUC-001	105	110	161	76	10.3	5.1	11	19	1	2	2	2	4	0.504
APUC-187	113	120	169	89	11.2	4.5	12	19	1	1	2	1	3	0.306
CUZ-322	106	113	140	60	9.3	4.4	11	15	1	1	1	3	3	0.493
CAJ-137	116	125	131	62	11.4	3.1	12	19	1	2	2	1	3	0.178
APUC-124	111	116	151	77	11.8	4.2	12	20	18	1	2	2	3	0.350
APUC-199	112	120	128	62	10.6	4.1	11	18	15	1	1	1	3	0.299
APUC-150	110	117	143	75	10.6	5.1	13	18	19	1	2	3	4	0.356
APUC-209	108	113	134	57	10.5	4.5	12	20	19	1	2	1	3	0.377
APUC-255	108	112	132	54	10.0	4.7	11	17	1	1	2	1	3	0.481
APUC-188	112	118	131	63	11.3	4.6	10	20	19	1	2	1	3	0.435
AYA-023	111	120	180	99	11.5	5.2	14	19	3	1	1	1	5	0.378
AYA-044	112	119	162	97	11.0	5.1	15	21	1	1	2	1	4	0.307
APUC-073	108	116	182	103	11.9	4.6	12	18	1	1	1	1	3	0.357
APUC-081	107	111	153	77	11.5	4.6	11	21	1	2	1	2	4	0.419
AREQ-147	104	111	158	85	8.5	4.6	12	15	1	1	2	1	3	0.334
AREQ-151	110	117	181	103	10.7	4.8	14	16	1	1	2	1	2	0.329
AYA-079	107	113	175	96	9.1	5.0	14	20	1	1	2	1	2	0.339
JUN-487	121	126	225	139	10.0	4.0	11	19	3	1	2	1	2	0.216
JUN-487	112	120	217	146	9.5	4.0	10	17	3	1	2	1	2	0.177
APUC-211	104	110	130	63	12.0	4.4	11	18	7	1	2	1	3	0.358
APUC-196	108	114	151	79	12.7	4.0	11	19	1	2	2	1	3	0.281
ANC-295	99	105	120	61	9.6	5.1	16	20	1	1	2	1	4	0.344
ANC-240	104	111	170	99	10.5	4.7	13	18	3	1	2	2	4	0.336
ANC-341	108	114	174	93	10.3	5.1	14	19	19	1	2	1	2	0.388
APUC-071	112	118	171	94	9.5	5.2	14	14	3	1	2	1	3	0.442
AYA-080	108	116	181	90	8.9	4.1	12	15	1	1	2	1	3	0.310
CUZ-351	112	122	150	66	12.0	4.0	13	17	18	1	2	2	2	0.247
ANC-014	108	118	122	51	9.5	4.7	13	15	3	1	2	4	3	0.311
APUC-172	140	151	155	89	12.0	4.5	13	18	3	13	2	1	3	0.314
AYA-088	110	117	148	75	9.5	4.6	13	17	3	1	1	1	4	0.391
ANC-181	102	108	152	73	10.6	4.7	14	22	1	1	2	1	4	0.327
ANC-064	94	97	118	54	8.9	4.7	12	14	1	1	2	1	3	0.507
ANC-284	102	110	166	89	11.1	4.6	13	18	18	1	2	1	3	0.376

**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz  
(continuación).**

ACCESIÓN	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	LMZ	DMZ	NHILE	NGRAN	CGRANO	TEXT	DHILE	CTUSA	SANID	PESO
ANC-059	108	115	154	79	10.2	4.7	13	19	1	1	2	1	3	0.267
ANC-058	105	112	151	67	10.4	5.1	13	16	19	1	2	1	3	0.351
ANC-093	110	120	176	88	10.6	4.5	13	21	3	1	2	1	3	0.285
ANC-113	98	103	134	60	10.4	5.1	14	21	1	1	2	1	4	0.427
ANC-066	112	120	191	112	12.5	4.0	13	20	1	1	1	1	3	0.291
CAJ-090	129	143	186	117	11.2	4.2	14	23	3	1	1	1	2	0.181
ANC-057	108	114	169	87	10.2	4.8	13	18	1	1	2	1	2	0.358
ANC-138	101	109	173	90	10.0	5.2	14	21	18	1	2	2	3	0.376
JUN-486	126	131	224	130	8.0	3.8	11	15	3	1	2	1	2	0.187
JUN-499	123	128	219	138	10.3	4.0	11	22	3	1	2	1	3	0.227
ANC-051	104	111	148	71	9.3	4.8	15	19	6	1	2	2	3	0.355
ANC-264	102	110	145	66	9.7	4.8	14	17	18	1	2	1	3	0.360
ANC-095	104	111	152	70	10.9	5.1	13	16	1	1	2	3	3	0.411
ANC-067	101	109	169	81	10.7	5.1	14	19	1	1	1	1	4	0.350
ANC-097	103	113	161	71	10.0	4.7	16	21	6	1	2	1	3	0.268
ANC-166	104	113	179	94	10.6	4.2	11	17	3	1	2	1	2	0.294
ANC-465	116	124	184	103	11.6	4.5	14	20	3	1	2	1	3	0.197
JUN-501	126	136	217	141	8.5	3.5	11	15	3	1	2	1	2	0.109
ANC-054	98	104	161	80	10.2	5.2	13	18	1	1	2	1	4	0.418
ANC-180	104	110	169	93	10.6	5.0	13	16	1	1	1	1	3	0.281
ANC-092	102	111	175	87	9.5	5.0	13	17	1	1	2	2	3	0.342
JUN-489	130	138	215	126	12.6	4.1	12	21	4	23	2	1	4	0.161
JUN-509	126	130	183	98	9.5	4.1	11	17	3	1	2	1	2	0.229
ANC-165	103	111	173	90	9.7	4.7	14	19	1	1	2	1	4	0.269
ANC-428	106	112	149	79	9.3	4.6	15	20	1	1	2	1	3	0.218
JUN-478	121	126	227	133	10.6	5.0	14	18	3	1	2	1	3	0.206
ANC-111	106	115	172	86	11.4	4.7	12	20	1	1	2	1	4	0.308
ANC-126	113	121	175	86	11.4	4.4	14	19	16	1	2	2	4	0.227
ANC-129	113	122	154	75	11.4	4.4	14	23	1	1	2	1	3	0.212
ANC-096	102	109	149	69	9.8	4.8	12	16	3	1	2	1	3	0.269
ANC-259	107	111	123	50	8.6	4.3	14	16	6	1	2	2	2	0.233
ANC-568	113	119	158	85	10.3	4.0	10	18	3	1	2	1	3	0.319
HCO-097	111	117	195	113	10.9	4.0	14	20	1	1	2	1	3	0.203
ANC-168	108	113	173	88	9.6	4.9	13	20	3	1	2	1	3	0.290
ANC-060	102	109	157	92	10.0	4.4	10	16	1	1	2	2	1	0.335
ANC-198	98	102	142	66	10.0	5.0	11	17	1	1	2	1	3	0.511
JUN-510	119	128	200	119	9.9	4.5	11	18	1	1	2	1	3	0.323
ANC-063	103	114	195	97	11.4	4.8	13	17	3	1	2	1	3	0.306
ANC-337	101	106	147	72	7.7	4.7	12	14	1	1	2	1	3	0.330
ANC-442	114	129	177	89	10.2	4.3	14	20	6	1	1	1	3	0.146
ANC-445	113	124	188	102	11.6	4.6	15	22	1	1	2	1	3	0.228

**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz  
(continuación).**

ACCESIÓN	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	LMZ	DMZ	NHILE	NGRAN	CGRANO	TEXT	DHILE	CTUSA	SANID	PESO
ANC-478	105	114	201	115	12.2	4.4	13	22	1	1	1	1	4	0.152
ANC-085	109	118	157	77	11.3	4.7	13	18	3	1	2	3	4	0.284
ANC-567	116	124	165	84	9.6	3.8	14	16	1	1	2	1	2	0.186
ANC-307	103	109	152	70	10.0	4.3	15	21	3	1	2	1	3	0.264
ANC-081	108	118	149	76	10.9	5.2	13	15	1	1	2	1	3	0.341
ANC-062	106	114	144	66	10.9	4.1	16	21	6	1	2	3	4	0.297
ANC-139	102	108	164	80	10.5	5.0	13	17	18	1	2	1	3	0.336
ANC-345	102	108	161	87	9.3	5.0	14	17	1	1	2	1	4	0.359
ANC-071	104	111	169	80	9.5	5.2	16	18	1	1	2	1	3	0.362
JUN-493	126	132	243	198	9.6	4.0	10	19	3	1	2	1	1	0.213
ANC-452	111	119	135	67	12.6	3.9	14	24	1	2	2	1	3	0.170
ANC-082	113	116	160	84	10.3	4.8	13	20	1	1	2	2	3	0.350
CAJ-076	114	120	138	86	11.0	3.5	12	20	1	1	2	1	2	0.180
PAS-006	111	120	115	64	9.0	3.5	11	19	1	2	1	1	1	0.116
ANC-430	118	125	161	85	8.6	4.6	14	15	18	1	2	2	3	0.294
ANC-243	121	127	190	102	10.5	4.5	14	18	1	1	2	1	3	0.209
ANC-453	108	116	184	129	10.0	4.9	14	18	3	1	2	1	3	0.359
JUN-494	111	120	218	178	11.8	4.1	10	18	3	1	2	1	1	0.147
JUN-498	112	122	220	154	10.0	3.6	12	19	3	1	2	1	2	0.212
HCO-096	96	100	179	108	11.5	3.9	14	22	1	2	2	1	3	0.157
HCO-128	112	115	197	124	10.5	3.8	12	16	3	1	2	1	2	0.171
ANC-061	101	107	151	76	8.6	4.8	15	18	1	1	2	2	3	0.322
ANC-565	115	124	191	105	10.7	4.3	14	20	1	1	2	2	3	0.229
ANC-115	106	111	160	85	9.5	4.7	14	16	1	10	2	1	3	0.319
ANC-473	119	125	175	92	14.1	4.0	14	24	19	1	2	3	2	0.211
ANC-461	114	123	151	86	12.7	3.8	14	21	18	1	2	1	2	0.202
ANC-573	116	126	184	111	10.5	4.1	14	22	19	1	2	1	3	0.127
LIB-042	113	121	157	84	11.9	3.8	12	21	1	2	2	1	3	0.198
ANC-325	127	132	192	103	11.5	3.9	14	20	1	1	2	1	3	0.128
ANC-326	100	111	193	122	10.7	4.3	16	20	1	1	2	1	3	0.211
CAJ-073	126	132	158	83	11.6	3.6	10	18	1	1	2	1	2	0.198
CAJ-094	123	128	143	88	11.8	3.8	13	18	1	1	2	1	2	0.157
ANC-177	108	117	168	74	10.6	4.2	12	16	1	1	2	2	2	0.288
ANC-419	112	119	188	94	12.4	4.3	13	18	1	1	2	1	3	0.299
ANC-327	114	124	220	142	13.7	4.4	14	26	3	1	2	1	3	0.213
ANC-164	108	117	160	66	9.7	5.0	13	18	3	1	1	1	3	0.188
ANC-562	110	119	186	96	10.5	4.5	15	19	1	1	2	1	3	0.183
ANC-434	104	111	145	67	9.0	4.3	14	15	1	1	2	1	2	0.231
CAJ-033	105	108	158	81	10.0	5.0	14	18	3	1	2	1	4	0.358
ANC-328	130	138	142	76	11.2	3.7	13	21	18	1	1	3	3	0.146
ANC-537	128	133	198	104	11.5	4.1	14	20	6	1	2	1	2	0.164

**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz  
(continuación).**

ACCESIÓN	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	LMZ	DMZ	NHILE	NGRAN	CGRANO	TEXT	DHILE	CTUSA	SANID	PESO
ANC-268	113	117	185	109	10.6	4.5	13	19	1	1	2	1	3	0.245
ANC-208	127	130	169	94	11.6	3.2	10	20	3	1	2	1	2	0.156
LIB-062	130	139	198	109	11.8	4.0	11	19	1	7	2	1	2	0.161
ANC-464	128	138	177	98	11.4	4.2	14	19	3	1	2	1	2	0.207
LIB-051	131	139	178	115	9.8	3.9	15	21	1	1	2	1	2	0.154
ANC-420	111	123	171	81	12.5	4.0	12	19	3	1	2	1	3	0.279
LIB-169	102	108	138	58	9.0	4.5	12	15	1	1	2	1	3	0.392
CAJ-128	127	129	198	126	9.7	4.0	11	15	1	1	2	1	2	0.182
ANC-444	113	118	190	93	12.8	3.9	12	21	18	1	2	2	3	0.197
CAJ-109	129	136	171	88	9.9	3.9	10	17	1	1	2	1	2	0.229
LIB-060	124	138	187	95	10.4	3.6	13	19	16	1	2	1	2	0.138
ANC-104	110	118	188	106	10.9	3.7	12	18	1	1	2	4	2	0.162
ANC-105	107	113	189	112	10.8	4.0	13	19	1	1	2	1	2	0.192
ANC-106	105	114	168	100	10.2	4.3	13	18	1	1	2	1	3	0.208
ANC-107	128	131	200	121	9.4	4.3	12	14	1	13	2	1	3	0.226
ANC-118	106	113	165	84	11.0	4.5	13	18	1	1	2	4	3	0.292
ANC-120	106	111	168	80	8.1	4.4	13	12	1	1	2	2	3	0.276
ANC-136	108	118	184	101	10.3	4.6	13	18	1	1	2	1	4	0.275
ANC-141	111	119	149	72	12.7	4.3	13	21	1	1	2	1	3	0.216
ANC-142	107	114	168	87	10.5	4.9	12	17	1	1	2	1	3	0.368
ANC-144	124	130	168	92	12.6	3.9	13	20	3	1	2	1	3	0.170
ANC-145	114	124	169	95	9.8	4.1	14	18	1	1	1	2	3	0.183
ANC-196	104	111	139	72	12.0	4.4	13	24	1	1	2	1	2	0.271
ANC-230	129	136	139	81	10.0	4.0	14	20	1	1	2	1	2	0.122
ANC-263	114	124	152	76	8.8	4.2	14	20	18	1	2	2	2	0.253
ANC-266	103	111	141	55	10.7	4.9	14	21	19	1	2	2	4	0.328
ANC-270	130	133	170	108	11.7	3.7	12	19	1	1	2	1	1	0.163
ANC-271	112	122	160	88	10.7	3.9	13	17	3	1	2	1	2	0.162
ANC-272	109	117	134	55	11.1	4.3	13	18	3	1	2	1	2	0.253
ANC-283	102	108	119	62	9.6	4.8	15	19	1	1	2	1	3	0.253
ANC-286	104	116	113	48	10.2	4.3	14	19	3	1	2	1	3	0.222
ANC-322	113	117	156	74	12.4	4.4	13	20	3	1	2	1	2	0.220
ANC-338	102	108	234	65	9.7	4.7	14	19	6	1	2	3	2	0.298
ANC-380	110	117	150	67	10.6	5.1	13	18	18	1	2	4	4	0.267
ANC-389	111	116	173	87	11.3	4.7	13	22	3	1	2	1	3	0.352
ANC-399	112	116	150	90	10.8	4.6	12	17	1	1	2	4	3	0.321
ANC-412	113	116	150	77	11.0	4.6	12	16	16	1	1	1	3	0.314
ANC-415	114	120	172	88	12.4	4.2	13	21	1	1	2	1	2	0.292
ANC-542	112	117	171	79	10.0	4.0	14	20	3	1	2	2	1	0.258
ANC-544	112	119	169	89	10.7	4.0	14	16	3	1	2	1	2	0.165
APUC-032	111	119	143	71	11.7	3.9	11	23	1	1	2	1	2	0.216



**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz  
(continuación).**

ACCESIÓN	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	LMZ	DMZ	NHILE	NGRAN	CGRANO	TEXT	DHILE	CTUSA	SANID	PESO
APUC-040	106	113	150	71	10.0	4.4	11	19	3	1	2	2	2	0.305
APUC-066	104	113	144	69	11.0	4.5	12	18	1	1	2	1	3	0.294
APUC-067	103	111	173	95	10.6	4.1	11	23	1	2	2	1	4	0.336
APUC-068	104	112	150	71	13.6	4.4	11	23	19	1	2	1	3	0.363
APUC-069	105	110	169	85	11.0	4.5	12	23	1	1	2	1	2	0.300
APUC-074	103	108	169	85	11.5	4.5	11	18	19	1	1	1	4	0.367
APUC-087	99	103	141	61	10.0	4.3	11	18	1	2	2	2	3	0.387
APUC-088	99	107	163	68	10.3	4.5	12	19	1	1	2	2	3	0.391
APUC-089	102	108	161	87	10.7	4.1	11	18	3	1	1	1	3	0.301
APUC-105	102	107	157	81	9.6	4.5	11	17	1	2	2	1	3	0.420
APUC-108	104	113	173	96	11.8	4.5	13	24	1	1	2	1	3	0.245
APUC-109	100	106	140	75	11.4	4.4	11	19	1	2	2	1	3	0.410
APUC-112	105	113	166	87	11.5	4.0	10	16	19	1	2	1	3	0.354
APUC-113	104	112	174	78	10.0	4.8	12	17	19	1	2	1	3	0.352
APUC-115	101	108	160	87	11.6	4.5	10	17	1	2	4	1	4	0.444
APUC-116	102	108	152	67	10.8	4.1	9	17	6	2	4	1	3	0.406
APUC-120	108	115	149	60	12.1	4.5	12	17	1	1	1	3	4	0.296
APUC-126	110	113	126	63	11.0	3.9	12	21	16	1	2	1	2	0.262
APUC-127	105	109	144	70	8.8	3.5	9	17	1	1	1	1	1	0.333
APUC-128	103	114	159	71	9.6	4.7	13	17	1	1	2	1	3	0.288
APUC-129	103	109	131	61	10.6	3.6	9	20	3	2	1	1	2	0.266
APUC-135	108	114	159	69	11.6	4.2	11	20	1	1	2	2	3	0.297
APUC-136	108	117	165	78	11.4	4.1	11	21	18	1	2	2	2	0.264
APUC-137	113	124	173	82	13.6	4.0	13	23	1	2	2	1	3	0.223
APUC-138	112	119	148	68	10.6	4.2	13	19	1	2	2	1	3	0.262
APUC-139	107	117	155	80	11.8	4.3	13	19	1	1	1	1	4	0.288
APUC-141	108	117	146	67	12.2	3.8	15	23	1	6	2	1	3	0.168
APUC-144	110	117	149	65	13.0	3.9	12	21	1	1	2	1	3	0.214
APUC-145	109	117	160	92	13.9	3.6	11	23	3	1	2	2	2	0.244
APUC-149	115	118	161	87	12.5	3.9	13	23	1	2	2	1	3	0.144
APUC-152	108	116	154	66	10.7	4.2	10	17	3	1	2	1	3	0.349
APUC-156	105	111	159	89	11.5	4.3	12	17	1	2	2	2	3	0.326
APUC-161	99	108	169	93	8.7	4.7	12	14	1	1	2	2	2	0.150
APUC-162	109	116	157	77	11.9	4.3	12	20	1	1	2	1	3	0.249
APUC-163	105	113	168	80	11.5	4.0	10	20	1	2	2	1	2	0.330
APUC-164	107	114	171	82	11.5	4.0	10	18	1	1	2	1	2	0.286
APUC-165	92	95	105	45	7.0	4.0	8	8	3	1	2	1	1	0.552
APUC-166	104	111	137	78	9.8	4.4	12	14	3	1	1	1	2	0.307
APUC-167	113	118	145	69	11.6	4.1	13	20	1	7	2	1	3	0.189
APUC-168	112	119	167	86	12.0	4.0	12	23	1	1	1	1	3	0.223
APUC-169	110	117	157	78	11.2	4.6	14	20	1	1	2	1	3	0.262

**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz  
(continuación).**

ACCESIÓN	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	LMZ	DMZ	NHILE	NGRAN	CGRANO	TEXT	DHILE	CTUSA	SANID	PESO
APUC-173	99	103	142	66	9.0	3.0	13	16	3	7	2	1	2	0.107
APUC-175	102	108	152	73	10.4	4.7	13	20	1	14	2	1	3	0.377
APUC-186	102	108	162	85	10.4	4.5	12	19	1	2	2	3	2	0.362
APUC-197	106	111	169	90	13.1	4.3	12	21	1	2	2	1	3	0.269
APUC-225	106	113	141	72	10.1	4.4	12	19	19	1	2	3	3	0.306
APUC-245	114	117	170	98	9.3	3.4	13	17	1	1	2	1	2	0.154
APUC-249	104	111	145	73	12.0	4.0	14	25	18	2	2	2	1	0.258
APUC-251	98	102	117	61	8.9	4.4	10	14	3	1	1	1	4	0.398
APUC-254	98	103	138	79	10.3	4.3	10	17	3	1	2	1	2	0.379
APUC-256	108	112	177	95	11.5	4.0	12	18	1	2	2	1	2	0.244
APUC-257	102	108	168	85	12.4	4.0	12	18	3	1	2	1	3	0.250
APUC-258	113	120	192	111	11.6	3.9	12	20	18	1	2	1	3	0.229
APUC-266	128	138	166	85	15.3	4.0	13	24	1	2	2	2	2	0.159
APUC-270	114	117	180	102	10.9	3.9	14	22	1	2	2	2	3	0.190
APUC-275	102	108	176	99	9.6	4.4	11	20	1	2	2	1	3	0.434
APUC-295	106	111	163	82	11.2	4.0	11	20	1	2	2	2	2	0.333
APUC-297	102	108	165	88	9.6	4.8	13	18	1	10	2	1	3	0.388
AREQ-111	110	117	145	75	8.0	4.0	10	16	1	1	2	1	2	0.218
AREQ-132	111	119	154	65	11.3	4.3	12	20	15	1	1	4	2	0.237
AREQ-134	113	119	142	70	9.6	4.4	11	18	1	1	2	1	2	0.213
AREQ-171	91	96	108	41	8.0	4.3	12	18	3	1	2	1	3	0.291
AREQ-175	107	111	130	62	8.6	4.6	14	20	1	1	2	2	2	0.283
AREQ-193	107	114	154	87	10.6	4.8	13	19	19	1	2	1	3	0.347
AREQ-198	103	109	142	74	9.3	4.5	13	16	3	1	2	1	3	0.343
AREQ-203	107	114	141	70	9.2	4.8	11	16	3	1	2	1	3	0.430
AREQ-204	102	109	141	80	8.7	3.7	10	14	15	1	1	6	3	0.239
AREQ-229	97	102	127	45	7.9	4.2	10	14	3	1	2	1	3	0.329
AYA-046	104	111	157	78	10.3	4.7	13	17	1	1	2	1	3	0.284
AYA-002	108	113	184	96	9.8	4.7	10	16	1	1	2	1	3	0.307
AYA-004	99	106	131	68	9.7	3.7	13	19	1	14	2	1	2	0.196
AYA-005	111	117	167	83	8.9	4.0	15	15	1	1	2	1	3	0.212
AYA-008	111	117	175	92	9.3	4.6	13	16	1	1	2	1	3	0.285
AYA-010	111	117	152	76	8.2	4.3	12	15	18	1	2	1	2	0.276
AYA-013	112	117	140	68	9.3	4.4	13	17	1	1	1	1	3	0.276
AYA-037	111	115	149	73	11.4	4.8	12	19	3	1	2	1	4	0.326
AYA-076	132	136	143	82	9.1	4.3	15	19	1	1	2	1	3	0.192
AYA-077	129	134	122	69	9.4	3.8	10	15	15	1	2	4	3	0.217
AYA-078	100	112	181	105	9.1	3.7	12	21	3	1	2	1	2	0.188
AYA-082	114	124	146	69	10.1	4.1	12	18	1	1	2	1	3	0.238
AYA-083	112	117	158	84	8.8	4.6	14	16	3	1	2	2	3	0.247
AYA-084	114	119	159	102	9.1	4.3	12	17	16	1	2	1	2	0.196

**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz  
(continuación).**

ACCESIÓN	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	LMZ	DMZ	NHILE	NGRAN	CGRANO	TEXT	DHILE	CTUSA	SANID	PESO
AYA-087	114	121	150	73	8.6	4.0	14	18	3	1	2	1	2	0.187
AYA-089	111	120	157	88	9.0	4.2	12	17	1	1	1	1	2	0.270
AYA-090	111	119	141	73	10.0	5.0	12	17	3	1	1	1	2	0.217
AYA-091	133	139	172	95	11.6	4.2	12	20	3	10	2	3	3	0.206
AYA-093	126	131	150	79	8.7	4.4	14	17	3	1	2	1	2	0.171
AYA-095	108	113	128	56	9.0	4.4	12	19	1	1	2	1	3	0.365
AYA-096	127	130	165	79	9.9	4.6	12	19	3	1	2	1	3	0.350
AYA-107	128	135	166	88	10.7	4.3	14	20	1	1	2	1	2	0.222
AYA-145	114	118	114	54	11.4	4.8	12	21	3	1	1	1	3	0.363
CAJ-028	113	122	154	85	9.0	4.2	13	15	3	2	2	1	3	0.227
CAJ-079	113	120	143	82	10.8	4.0	13	17	3	2	2	1	2	0.120
CAJ-113	128	142	189	92	11.4	4.3	11	19	1	2	2	1	2	0.298
CAJ-121	118	125	169	90	8.7	4.0	13	19	18	1	1	2	1	0.196
CAJ-130	136	136	157	99	11.5	3.8	11	12	1	2	2	2	1	0.264
CAJ-132	127	134	153	88	14.0	3.0	10	12	18	1	2	2	1	0.419
CUZ-377	115	125	149	70	9.8	4.4	11	19	1	2	2	1	3	0.316
HCO-129	113	117	174	107	11.2	4.3	13	20	3	1	1	1	4	0.247
HCO-131	102	111	200	135	10.9	3.6	13	19	1	1	1	1	1	0.098
HVCA-015	115	125	165	98	9.2	3.5	13	19	3	7	2	1	3	0.155
HVCA-052	111	117	147	73	8.8	4.6	14	21	1	1	2	1	2	0.257
HVCA-058	117	125	163	76	9.5	4.2	11	15	1	1	2	1	2	0.267
HVCA-066	119	125	142	68	10.2	4.5	12	20	1	1	2	1	2	0.195
HVCA-069	112	117	153	76	10.4	4.6	14	21	18	1	2	2	3	0.261
HVCA-156	128	134	148	83	10.5	3.6	14	22	3	7	2	1	3	0.157
JUN-499	113	118	194	130	11.1	3.4	9	16	6	1	1	1	1	0.133
JUN-500	129	139	192	135	10.3	4.0	11	16	3	1	1	1	2	0.125
LIB-162	110	119	145	59	9.2	4.8	13	18	1	1	2	1	3	0.339
PAS-007	130	134	168	94	9.0	4.8	15	18	1	2	2	1	2	0.204
PIU-039	110	118	164	87	8.9	4.4	12	14	1	1	2	1	3	0.285
PIU-070	136	143	145	77	10.2	3.3	10	17	1	1	2	1	2	0.179
PIU-071	134	143	165	101	9.7	3.4	10	18	3	1	2	1	1	0.165
PIU-094	110	117	215	181	12.0	3.0	12	20	1	1	2	1	3	0.127
PIU-110	109	116	156	84	8.4	4.4	13	18	1	1	2	1	2	0.267
PUN-014	113	122	169	104	11.0	4.7	14	19	1	1	2	1	3	0.299
AYA-032	110	117	144	67	8.5	3.5	8	11	1	1	1	1	1	0.282
HVCA-155	126	131	141	86	9.2	3.7	16	19	4	7	2	1	3	0.112
CUZ-246	103	108	125	50	9.4	4.8	10	15	1	2	2	2	4	0.490
PIU-017	127	134	152	74	10.1	4.9	12	17	1	2	2	1	4	0.349
PIU-063	114	123	147	78	9.9	4.6	13	18	1	1	2	1	3	0.244
ANC-115	114	124	142	84	8.7	4.0	16	20	3	1	2	1	2	0.146
ANC-232	116	126	110	52	9.4	4.1	13	19	1	1	2	1	2	0.266

**Anexo 16: Matriz básica de datos obtenidas de las 335 accesiones de maíz  
(continuación).**

<b>ACCESIÓN</b>	<b>FMAS</b>	<b>FFEM</b>	<b>APLT</b>	<b>AMZ</b>	<b>LMZ</b>	<b>DMZ</b>	<b>NHILE</b>	<b>NGRAN</b>	<b>CGRANO</b>	<b>TEXT</b>	<b>DHILE</b>	<b>CTUSA</b>	<b>SANID</b>	<b>PESO</b>
ANC-288	120	126	122	72	9.7	3.9	14	19	6	10	2	2	2	0.207
ANC-340	115	122	136	67	9.5	4.0	11	15	3	1	2	1	1	0.180
ANC-402	131	136	121	68	10.4	3.9	13	19	1	1	2	2	2	0.140
ANC-468	120	128	165	94	8.0	3.7	14	15	18	1	1	1	1	0.059
ANC-472	114	120	158	91	9.1	3.9	12	15	3	1	2	1	2	0.176
ANC-484	108	119	177	117	9.0	3.7	15	19	6	1	2	1	2	0.163
ANC-489	105	115	160	87	11.1	4.0	10	19	1	2	2	1	3	0.198
ANC-490	123	126	178	107	11.4	4.1	14	22	6	1	2	1	2	0.218
ANC-491	124	129	140	81	11.2	4.0	12	18	1	1	2	1	2	0.182