

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SIETE RAZAS DE  
MAÍZ (*Zea mays* L.) DE CUSCO Y APURIMAC BAJO  
CONDICIONES DE CHIQUIAN (ANCASH)”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**SAMANTHA NICOLLE BISETTI RIVERA**

**LIMA – PERÚ**

**2023**



## Document Information

Analyzed document	TESIS 2023- Samantha_Bisetti.pdf (D158301568)
Submitted	2023-02-10 05:15:00
Submitted by	Raul Blas Sevillano
Submitter email	rblas@amolina.edu.pe
Similarity	8%
Analysis address	rblas.unalm@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<p>Universidad Nacional Agraria La Molina / CATALAN. 2019. DIVERSIDAD GENÉTICA DE SEIS RAZAS DE MAÍZ (Zea Mays L.) DE LA REGIÓN CUSCO.pdf</p> <p>Document CATALAN. 2019. DIVERSIDAD GENÉTICA DE SEIS RAZAS DE MAÍZ (Zea Mays L.) DE LA REGIÓN CUSCO.pdf (D126221204)</p> <p>Submitted by: dsaravia@lamolina.edu.pe</p> <p>Receiver: dsaravia.unalm@analysis.urkund.com</p>		3
<b>SA</b>	<p>FINAL- TESIS 99.1% dff.pdf</p> <p>Document FINAL- TESS 99.1% dff.pdf (D57879758)</p>		7
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-ma%C3%ADz-LowRes.pdf">https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-ma%C3%ADz-LowRes.pdf</a></p> <p>Fetches: 2021-08-06 22:56:53</p>		3
<b>W</b>	<p>URL: <a href="http://www.maizar.org.ar/vertex.php?id=392">http://www.maizar.org.ar/vertex.php?id=392</a></p> <p>Fetches: 2023-02-10 05:16:00</p>		1
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20El%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf">https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20El%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf</a></p> <p>Fetches: 2023-01-06 21:59:04</p>		2
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20ma...">https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20ma...</a></p> <p>Fetches: 2020-12-06 23:56:32</p>		16
<b>SA</b>	<p>Tesis Elvis Carbonelli Gonzales.pdf</p> <p>Document Tesis Elvis Carbonelli Gonzales.pdf (D152357696)</p>		5
<b>W</b>	<p>URL: <a href="http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/congreso/assets/images/ICONGRESO.pdf">http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ibt/congreso/assets/images/ICONGRESO.pdf</a></p> <p>Fetches: 2023-01-12 07:09:33</p>		3
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/971/253T20110024.pdf?sequence=...">https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/971/253T20110024.pdf?sequence=...</a></p> <p>Fetches: 2022-05-23 05:56:46</p>		3
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/234574936.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/234574936.pdf</a></p> <p>Fetches: 2020-11-14 07:24:23</p>		3
<b>SA</b>	<p>Caitulo_I,II,III_Morales_Tamia.docx</p> <p>Document Caitulo_I,II,III_Morales_Tamia.docx (D79131520)</p>		1

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SIETE RAZAS DE  
MAÍZ (*Zea mays* L.) DE CUSCO Y APURIMAC BAJO CONDICIONES  
DE CHIQUIAN (ANCASH)”**

**SAMANTHA NICOLLE BISETTI RIVERA**

Tesis para optar el Título Profesional de

**INGENIERA AGRÓNOMA**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

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

---

Dr. Raúl Humberto Blas Sevillano  
**ASESOR**

---

Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos  
**MIEMBRO**

---

Ing. Mg. Sc. Julián Chura Chuquiya  
**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A mi madre: Gabriela Rivera.

A mi padre: Arturo Bisetti, que desde el cielo guía cada uno de mis pasos.

A mis hermanos: Johanna, Gina y Arturo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor Dr. Raúl Blas, por su apoyo y consejo.

A la Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco.

Al Centro de Investigación de Cultivos Andinos “CICA” de Cusco.

A mi familia, en especial a mi mamá y mis hermanas, Johanna y Gina, por el empuje a cumplir esta meta.

Al Ing. Gilberto García, Sr. Benito y a la Ing. Fabiola Catalán por el constante apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A cada una de las personas involucradas en esta tesis, por su tiempo y dedicación.

Al Programa de Maíz, por el espacio, tiempo y apoyo para que se lleve a cabo este proyecto.

A Sasha y Mica Bisetti, por su compañía durante la redacción.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Origen del maíz .....	3
2.2. Taxonomía.....	4
2.3. Descripción botánica del maíz .....	4
2.4. Fenología del maíz .....	6
2.5. El maíz en el mundo.....	8
2.6. El maíz en el Perú.....	9
2.6.1. Producción y superficie del maíz en el Perú .....	9
2.7. Caracterización morfológica de razas de maíz.....	10
2.7.1. Descriptores del maíz .....	11
2.8. Razas de maíz .....	11
2.9. Análisis estadístico.....	13
2.9.1. Método univariado .....	13
2.9.2. Método multivariado .....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Área experimental .....	17
3.1.1. Ubicación política .....	17
3.1.2. Ubicación geográfica.....	17
3.1.3. Características climatológicas.....	18
3.2. Materiales y equipos.....	18
3.2.1. Material genético.....	18
3.2.2. Material de campo .....	19
3.3. Metodología .....	19
3.3.1. Preparación de terreno.....	19
3.3.2. Siembra.....	20
3.3.3. Manejo agronómico.....	20
3.3.4. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA .....	23
3.4. Análisis de datos.....	26
3.4.1. Análisis univariado.....	26
3.4.2. Análisis multivariado .....	27

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	<b>32</b>
4.1. Estadísticas básicas de los caracteres cuantitativos y cualitativos .....	32
4.2. Variabilidad de caracteres cualitativos .....	35
4.3. Variabilidad dentro de las razas.....	39
4.3.1. Cusco gigante.....	39
4.3.2. Cusco cristalino.....	39
4.3.3. Cusco Amiláceo.....	40
4.3.4. Chullpi.....	40
4.3.5. Kculli.....	41
4.3.6. Pisccorunto.....	41
4.3.7. Paro.....	42
4.4. Análisis de componentes principales.....	45
4.5. Análisis de agrupamiento.....	50
V. CONCLUSIONES .....	58
VI. RECOMENDACIONES .....	59
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
VIII. ANEXOS .....	65

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Estadística básica para 13 caracteres cuantitativos usados para evaluar las 101 accesiones de maíz.....	33
Tabla 2: Estadística básica, modas y frecuencias para los caracteres cualitativos utilizados para evaluar las 101 accesiones.....	34
Tabla 3: Frecuencias para caracter cualitativo: color de panoja.....	35
Tabla 4: Frecuencias para caracter cualitativo: orientación de hoja.....	35
Tabla 5: Frecuencias para caracter cualitativo: pubescencia.....	36
Tabla 6: Frecuencias para caracter cualitativo: presencia de lígula foliar.....	36
Tabla 7: Frecuencias para caracter cualitativo: color de tallo.....	36
Tabla 8: Frecuencias para caracter cualitativo: color de grano.....	37
Tabla 9: Frecuencias para caracter cualitativo: forma de grano.....	38
Tabla 10: Frecuencias para caracter cualitativo: color de tusa.....	38
Tabla 11: Descripción de estadística básica para los 13 descriptores cuantitativos y cualitativos de maíz en estado vegetativo, de acuerdo con las 07 razas.....	43
Tabla 12: Valores propios, porcentaje absoluto y acumulado de la variación fenotípica total explicado por los componentes principales.....	46
Tabla 13: Correlación entre descriptores y los primeros 6 componentes principales usados para la discriminación de las 101 accesiones de maíz.....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de la planta completa del maíz.....	6
Figura 2: Esquema de la fenología del maíz .....	7
Figura 3: Los diez principales países productores de maíz en el 2017.....	8
Figura 4: Cruza fraternal de maíz.....	21
Figura 5: Cosecha de maíz, Chiquián, Ancash.....	22
Figura 6: Cosecha de maíz por accesión, Chiquián, Ancash.....	23
Figura 7: Distancia euclidiana en un sistema de coordenadas cartesianas.....	30
Figura 8: Distribución de las variables originales de las accesiones en la primera y segunda dimensión.....	49
Figura 9: Distribución de las accesiones pertenecientes a las 07 razas en la primera y segunda dimensión.....	50
Figura 10: Dendograma de las 101 accesiones evaluadas de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en Chiquián, Ancash.....	57

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Distribución de 101 accesiones sembradas en campo.....	65
Anexo 2: Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Cusco Gigante.....	66
Anexo 3: Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Cusco Cristalino.....	67
Anexo 4: Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Cusco Amiláceo.....	68
Anexo 5: Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Kculli.....	69
Anexo 6: Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Chullpi.....	69
Anexo 7: Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Pisscorunto.....	70
Anexo 8: Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Paro.....	71
Anexo 9: Accesoión CMC-063 (raza Cusco Cristalino).....	72
Anexo 10: Accesoión CMC-148 (raza Cusco Cristalino).....	72
Anexo 11: Accesoión CMC-008 (raza Cusco Cristalino).....	72
Anexo 12: Accesoión CMC-011 (raza Cusco Amiláceo).....	73
Anexo 13: Accesoión CMC-124 (raza Cusco Amiláceo).....	73
Anexo 14: Accesoión CMC-255 (raza Cusco Amiláceo).....	73
Anexo 15: Accesoión CMC-586 (raza Chullpi).....	74
Anexo 16: Accesoión CCC-073 (raza Chullpi).....	74
Anexo 17: Accesoión CCC-051 (raza Chullpi).....	74
Anexo 18: Accesoión CMC-026 (raza Kculli).....	75
Anexo 19: Accesoión CMC-212 (raza Kculli).....	75
Anexo 20: Accesoión CMC-339 (raza Kculli).....	75
Anexo 21: Accesoión CMC-211 (raza Pisscorunto).....	76
Anexo 22: Accesoión CMC-436 (raza Pisscorunto).....	76
Anexo 23: Accesoión CMC-391 (raza Pisscorunto) .....	76
Anexo 24: Accesoión CMC-020 (raza Cusco Gigante) .....	77
Anexo 25: Accesoión CCC-016 (raza Cusco Gigante) .....	77
Anexo 26: Accesoión CCC-037 (raza Cusco Gigante) .....	77
Anexo 27: Accesoión CMC-185 (raza Paro) .....	78
Anexo 28: Accesoión CMC-195 (raza Paro) .....	78

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de Chiquián, en el departamento de Ancash, a una altitud aproximada de 3300 msnm. Se evaluaron 101 accesiones de maíz amiláceo, agrupadas en siete razas provenientes de Cusco y Apurímac. Los objetivos del trabajo fueron: 1) analizar de la variabilidad fenotípica, 2) identificar los descriptores más discriminantes y 3) determinar las accesiones más representativas de cada raza. Para ello, se seleccionaron 23 descriptores morfológicos del Maíz, y los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico univariado y multivariado. Los resultados muestran alta variabilidad morfológica en las siete razas. El ACP permitió obtener los nueve descriptores (floración femenina, la altura de mazorca, el ancho de mazorca, el número de hojas por debajo de la mazorca, la altura de planta, la floración masculina, la longitud de hoja, el ancho de hoja y la forma de grano) que discriminan mejor las razas de maíces amiláceos de la sierra peruana, asociados a los primeros seis componentes que describieron el 70.86% de la variabilidad. Mientras que el análisis de agrupamientos representó gráficamente las relaciones existentes entre las accesiones de distintas razas con la formación de dos grupos y 15 subgrupos a una distancia taxonómica de 1.8 y 0.8. Estos agrupamientos de las accesiones no fueron exclusivos para cada raza, sin embargo, las accesiones de las razas chullpi y cusco gigante presentaron mayor homogeneidad y pureza. Estos resultados son importantes para un manejo y uso sustentable de la diversidad de maíz peruano.

**Palabras clave:** maíz, amiláceo, accesiones, razas, ACP, clúster.

## **ABSTRACT**

This research work was carried out in the district of Chiquian, in the department of Ancash, at an approximate altitude of 3000 masl. 101 accessions of starchy corn were evaluated, grouped into seven races from Cusco and Apurimac. The objectives of the work were: 1) to analyze the phenotypic variability, 2) to identify the most discriminating descriptors and 3) to determine the representative accessions of each race. For this, 23 morphological descriptors of the maize were selected, and the data obtained were subjected to a univariate and multivariate statistical analysis tools. The results show high morphological variability in the seven races. The CPA showed the most discriminant nine descriptors for starchy maize in the Peruvian highlands (female flowering, height of the cob, width of the cob, number of leaves below the cob, height of the plant, male flowering, length of the leaf, width of the leaf and the grain form). While the cluster analysis represented graphically the relationships between the accessions of different races, showing the formation of two groups and 15 subgroups at a taxonomic distance of 1.8 and 0.8 respectively. These accessions clustering were not exclusive for each race, however the accessions of the chullpi and cusco gigante races presented greater homogeneity and purity. These results are important for the sustainable management and use of Peruvian corn diversity.

**Keywords:** characterization, clustering, CPA, morphological variability, races, starchy maize

## I. INTRODUCCIÓN

Aunque hasta el día de hoy no se han resuelto todos los detalles de su origen, el maíz (*Zea mays* L.), es considerada una de las plantas más evolucionadas y domesticadas del reino vegetal, convirtiéndose en el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX e inicios del siglo XXI; y, gracias a su productividad y gran adaptabilidad, se ha extendido a lo largo de todos los continentes, por 168 países según la FAO, siendo la tercera cosecha más importante luego del trigo y el arroz con más de 162 millones de hectáreas (MAIZAR, 2011).

En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y, recientemente, para la producción de etanol. Por el contrario, en algunos países de América Latina como Perú, un gran porcentaje del maíz que se produce o importa se destina al consumo humano (SERRATOS, 2009).

Perú, se posiciona como uno de los países con mayor diversidad debido a sus formas, colores, tamaños y texturas de grano, dando como resultado un total de 52 razas de 260 descritas en América, sembradas en costa, sierra y selva, cuya preservación y mejoramiento son el producto de un esfuerzo cooperativo de múltiples investigaciones (SEVILLA, 1993).

Dichas razas, además de ser respuesta de una larga trayectoria de trabajos de colección, investigación y mejoramiento, son producto de las necesidades de los agricultores y de la adaptación que han tenido durante la evolución a las distintas zonas de vida que tiene el país, teniendo en cuenta que Perú es considerado entre los países megadiversos, con una alta variabilidad de ecosistemas. En nuestro país, el maíz, ha sido y sigue siendo un factor de sobrevivencia, fuente de trabajo y sustento económico para muchos agricultores, arraigado a sectores marginales y con riesgo de extinción, debido a que cada vez se destinan menos recursos económicos a dichas zonas; razón que conlleva a ser eje principal de diversas búsquedas, colectas y estudios que determinan que el papel del campesino es importante para la conservación y diversificación de esta especie.

Sin embargo, actualmente existen zonas maiceras que no han sido intervenidas para su colección e identificación. En ese sentido, es necesario continuar evaluando, entre otros, sus rasgos morfológicos, que son elementos básicos para conocer y medir la variabilidad genética dentro de una población; estos caracteres, son el elemento central de la presente investigación que tiene como resultado la descripción fenotípica de distintas accesiones de maíz bajo las condiciones de la región de Chiquián, Ancash.

Es por ello, que este estudio tiene como objetivo general contribuir con el estudio de la variabilidad genética del maíz peruano para su conservación y uso sustentable en el país, dentro de este, evaluar la variabilidad fenotípica de las 101 accesiones provenientes de Cusco y Apurímac para establecer similitudes y diferencias entre ellas a través de los métodos estadísticos utilizados.

Finalmente, los resultados del presente estudio podrán ser aprovechados para planear futuros trabajos de mejoramiento genético del maíz amiláceo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) se define como un sistema metabólico cuyo producto final es, en lo fundamental, almidón depositado en unos órganos especializados: los granos (FAO, 1993), constituye uno de los granos más antiguos de los que se tiene conocimiento.

Aunque hasta el día de hoy existen discrepancias en los detalles de su origen, generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas que se cultivó hace 7000 y 10 000 años.

Una de las varias teorías hace referencia al origen andino, que menciona que el maíz se habría originado en los Altos Andes de Bolivia, Ecuador y Perú (Mangelsdorf y Reeves, 1959). La principal justificación, fue la presencia del maíz reventón en América del Sur y la amplia diversidad genética, especialmente en las zonas altas de Perú, sin embargo, no se ha hallado la existencia de un pariente salvaje del maíz en esta región.

Por otra parte, muchos investigadores creen que el maíz se habría originado en México, en donde el teosinte ha existido desde la antigüedad y donde ambas especies presentan una diversidad muy amplia (Wilkes, 1989). Esta teoría apunta a que el teosinte es su antepasado silvestre, siendo fácil llegar a esta conclusión por el gran parecido entre ambas plantas. Sin embargo, hay muchos argumentos en contra, siendo el principal el que el teosinte es un mal alimento, por lo que los pobladores originales de América no debieron haberse fijado en él, ni tenido incentivos para cultivarlo; sus semillas son pequeñas y están envueltas en una capa muy dura, y el trabajo para romper el grano y convertirlo en alimento es muy superior a su valor nutritivo. Además, es una planta más especializada que el maíz, y es difícil que hayan ocurrido muchas mutaciones en un corto periodo y que aquellos recolectores hubieran podido iniciar en ese lapso la domesticación del mutante preciso.

## 2.2.Taxonomía

Según la clasificación filogenética propuesta por Linneo en 1737 (Fernández, 2009), en su libro “Genera Plantarum”:

<b>Reino:</b>	Vegetal
<b>División:</b>	Angiospermae
<b>Subdivisión:</b>	Pteropsidae
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Subclase:</b>	Monocotiledóneas
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poácea
<b>Subfamilia:</b>	Panicoideae
<b>Tribu:</b>	Maydeae
<b>Género:</b>	Zea
<b>Especie:</b>	Zea mays L.

## 2.3.Descripción botánica del maíz

El maíz posee tres tipos de raíces, las primeras, fasciculadas formadas por raíces seminales (primarias) que se desarrollan a partir de la radícula de la semilla de la profundidad que ha sido sembrada; también, presentan raíces principales (secundarias) que se forman a partir de la corona, por encima de las raíces primarias y, por último, las raíces aéreas o adventicias que nacen en los nudos de la base del tallo por encima de la corona que constituyen el principal sistema de fijación de la planta y absorbe agua y nutrientes.

El tallo sólido, alargado, cilindro-cónico que presenta un penacho en la terminación, conocido como panoja (inflorescencia masculina); con nudos y entrenudos que se van alargando conforme se van alejando de la base. Los primordios radiculares, que dan origen a las raíces adventicias, se encuentran en la parte inferior de los nudos. En la parte superior de los nudos del tallo nacen las hojas, envoltentes, lanceoladas y liguladas, formadas por vainas que cubren completamente el entrenudo con nervaduras.

En la axila de las hojas se desarrollan las flores femeninas, formando grupos en filas a lo largo de un raquis grueso y cilíndrico. Presenta un estilo de 15 cm a más, que salen hasta el final de las brácteas, que primero son de color verde y con la madurez cambia a color rojizo dependiendo de los genes de color que posean, dominantes o recesivos de antocianina, y se conocen como sedas, barbas de maíz, pelos del choclo o cabellos de elote (Manrique, 1997).

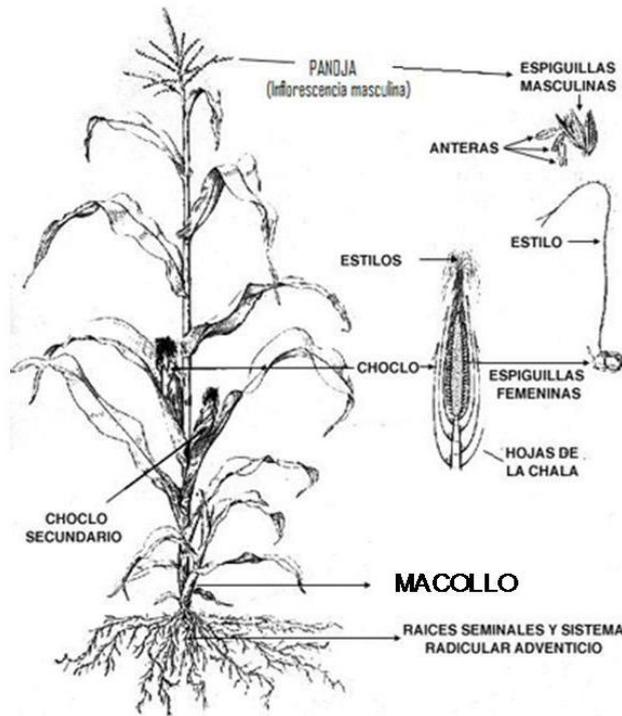
Las flores del maíz se encuentran unidas en espiguillas; el par de espiguillas es la unidad floral. En la panoja, un miembro del par de espiguillas es pedicelado; cada espiguilla contiene dos flores funcionales con tres anteras (Sevilla, 2006a).

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, 2006).

Su fruto es monospermo conocido como carióspermo o grano, el cual, a la madurez consiste en 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).

Según la raza, las mazorcas tienen de 8 a 16 hileras de granos y en cada una de ellas de 8 a 70 granos o semillas; algunas mazorcas llegan a tener mil o más granos. Estos pueden ser muy diferentes en formas y colores; a veces nacen de modo aparentemente arbitrario, rompiendo el orden de las hileras y mezclando todos los colores que pueden ir del blanco a distintos tonos de amarillo, rojo, violeta y azul.



**Figura 1:** Esquema de la planta completa del maíz  
 FUENTE: CIBA-GEIGY, 1979

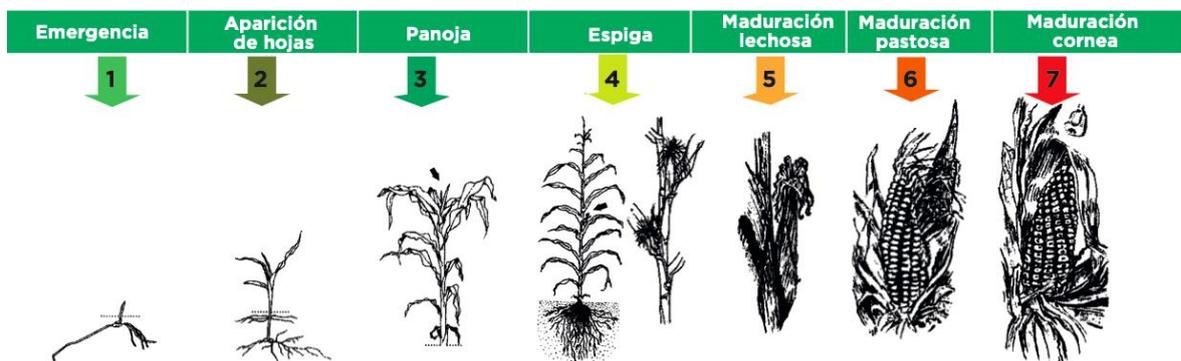
## 2.4. Fenología del maíz

El desarrollo de la planta se puede dividir en dos fases fisiológicas. En la primera, o fase vegetativa, se desarrollan y diferencian distintos tejidos hasta que aparecen las estructuras florales. La fase vegetativa consta de dos ciclos. En el primero se forman las primeras hojas y el desarrollo es ascendente; en este ciclo, la producción de materia seca es lenta y finaliza con la diferenciación tisular de los órganos de reproducción. En el segundo ciclo se desarrollan las hojas y los órganos de reproducción; este ciclo acaba con la emisión de los estigmas.

La segunda fase, de reproducción, inicia con la fertilización de las estructuras femeninas que se diferenciarán en espigas y granos. El inicio de esta etapa está marcado por el incremento de peso de las hojas y otras partes de la flor; posteriormente, el peso de los granos aumenta con rapidez (Tanaka y Yamaguchi, 1972).

En el llenado de grano, la planta concentra todos sus recursos para lograrlo, definiendo el peso final de los mismos. Esta acción presenta tres períodos bien definidos según la tasa de acumulación de materia seca en los granos. En la primera etapa el grano crece en tamaño por división de sus células, en la segunda, la tasa de llenado de granos es máximo y en la tercera, la misma disminuye gradualmente hasta llegar a ser nula, acompañada de una importante pérdida de humedad. En este estadio, se denomina madurez fisiológica.

La planta desarrolla características y diferencias morfológicas en las fases vegetativa y de reproducción, en el terreno de la evolución, de la selección natural y de la domesticación. Algunos genotipos se han adaptado a zonas ecológicas concretas, desarrollando características particulares, como por ejemplo la sensibilidad con respecto a la duración del día y a la temperatura, que limitan su adaptabilidad a zonas con diferente latitud y altitud. Por tanto, se deben realizar programas de mejora en las zonas en que se van a cultivar las variedades mejoradas, aunque esto no significa, que se puedan obtener características genéticas específicas mediante retrocruzamiento (FAO, 1993).



**Figura 2:** Esquema del crecimiento de la planta

FUENTE: MINAGRI- DGPA-DEEIA, 2018

## 2.5.El maíz en el mundo

El maíz además de ser uno de los cereales con mayor área sembrada, es considerado el grano más importante del mundo, basado en su volumen de producción. Tiene la particularidad de contar con la más amplia cantidad de países participantes. Todas estas características convierten al maíz como materia prima, los productos de su transformación, la tecnología para la producción del cereal y sus derivados en elementos centrales en las negociaciones entre países y bloques del mundo.

En 2016/2017, se alcanzó un nivel de producción de alrededor de 1,07 billones de toneladas métricas de maíz. Estados Unidos, en ese periodo, fue el mayor productor de maíz del mundo con un volumen de producción de más de 388 millones de toneladas métricas, lo que correspondió a más de un tercio de la producción mundial.

En el segundo lugar se posicionó China, con una disminución del 2.5% de la superficie cultivada respecto al 2016, recorte que se debe, en parte, a que sus reservas alcanzaron los 250 millones, el equivalente a más de un año de consumo, por lo que el gobierno de Pekín incentivó el cultivo de la soja sobre el maíz en su plan quinquenal.

En la Figura 3 se observan los diez principales países productores de maíz del 2017.



**Figura 3:** Los diez principales países productores de maíz en el 2017

FUENTE: STATISTA (2018)

## **2.6.El maíz en el Perú**

Esta gramínea es uno de los productos de mayor importancia en el Perú, puesto que es un cultivo dinamizador de la economía local, regional y nacional.

Cuando se habla de maíz en el país, se distinguen dos grandes tipos: el maíz amarillo duro (MAD) y el maíz amiláceo, entre los cuales se tienen identificadas alrededor de 52 razas a nivel nacional. El primero, de uso básicamente agroindustrial, se destina a la elaboración de alimentos balanceados para el consumo animal y su cultivo predomina en la costa, los valles interandinos y la selva del país abarcando el 56% de la superficie cultivada. El segundo, en cambio, es utilizado para el consumo humano directo, ya sea en grano verde bajo la forma de choclo, grano seco bajo la forma de cancha, o transformado artesanalmente para su consumo como mote, harina, bebidas, entre otros.

Tanto los primeros, como los más recientes estudios de esta especie han reconocido y se han referido con frecuencia a la diversidad de formas de maíz en el Perú y, tras estudiar su colección mundial de maíz, Kuleshov (1929) determinó que la mayor diversidad y especialización de maíz amiláceo tenía lugar en el Perú. Más aún, estableció que el grupo más subdividido y rico en rasgos morfológicos y biológicos es el anteriormente mencionado, con una gran variabilidad en el color de grano, textura, en su composición, apariencia y otras características morfológicas.

### **2.6.1. Producción y superficie del maíz en el Perú**

La superficie sembrada de maíz amarillo duro y maíz amiláceo, en Perú, en la campaña agosto – junio (2016-2017) fue de 256,7 y 235,6 miles de hectáreas según el boletín “Producción agrícola y ganadera” del segundo trimestre (SIEA MINAGRI, 2017).

En la actualidad, se siembra maíz amiláceo desde el nivel del mar hasta los 3,800 m de altitud. Según el III CENAGRO (1994), había 411 mil productores de este maíz, concentrados en los departamentos de Cajamarca, Cusco, Apurímac, Ayacucho, Ancash, Huancavelica, Junín y Huánuco.

La producción nacional en el 2017 logró superar las 273 000 toneladas (t), siendo Cusco la región de mayor producción con 63 054 toneladas con una participación de 22,7%; seguido de Apurímac con 41 683 t (15%), Huancavelica con 27 003 t (9,8%), La Libertad con 22 444 t (8,2%) y Ayacucho con 20 528 t (7,5%), estas cinco regiones concentran el 63,5% de la producción nacional, con un promedio nacional de 1511 kg/ha (MINAGRI, 2018).

Las diversas condiciones ambientales en las que crece este cultivo en Perú, conjuntamente con fenómenos como la hibridación, la selección planificada y la mutación, han dado como resultado la gran cantidad de razas indicando la gran diversidad genética existente. (Salhuana, 2004).

## **2.7. Caracterización morfológica de razas de maíz**

La evaluación del germoplasma vegetal es un proceso mediante el cual es posible conocer como se comporta y qué características presenta una colección bajo un determinado ambiente y, encontrar una aplicación o uso potencial para el material (Nieto *et al.*, 1984). Por tanto, la caracterización puede ofrecer resultados útiles para el desarrollo de nuevas variedades y para disponer de material que exprese mayores niveles de rendimiento, calidad y tolerancia a condiciones de estrés (Cortamira, 2006).

Por su parte Taba (1991), propone que la evaluación morfológica debe llevarse a cabo en el campo y debe estar basado en la utilización de caracteres o atributos identificables y medibles referentes a la forma, estructura o comportamiento de un individuo dentro de un banco de germoplasma, o las características de una accesión que son usados para su conservación, clasificación, regeneración y uso. Estos varían con la especie, en el caso del maíz, los descriptores fueron desarrollados por El Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (1985), que describe la caracterización, como el registro de aquellos caracteres que son altamente heredables, visibles al ojo y que se expresan en todos los ambientes.

Enríquez (1991), define a la flor y el fruto, conjuntamente con las hojas, el tronco, ramas, raíces y tejidos celulares como los órganos más importantes para una descripción morfológica a aquellos ya que son los menos influenciados por el ambiente. Estas características permiten obtener información con la que se evita la duplicación del material y minimizar las sobreestimaciones de la diversidad existente (Becerra y Paredes, 2000).

El CIMMYT (2010) propone que es urgente generar documentación apropiada de todas las colecciones del continente americano considerada como diversidad primaria del maíz, por ser el centro de origen del cereal; para facilitar el uso de información a los investigadores y mejoradores.

### **2.7.1. Descriptores del maíz**

El IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources) es una organización científica internacional autónoma bajo los auspicios del CGIAR. El IBPGR fue establecido por el CGIAR en 1974. La función básica del IBPGR es la promoción y coordinación de la recolección, conservación, documentación, evaluación y utilización de recursos fitogenéticos, y en consecuencia contribuir a elevar el nivel de vida y el bienestar de la población de todo el mundo. Esta organización publicó en 1980 una lista de descriptores de maíz, esta lista de descriptores tiene carácter internacional y por tanto proporciona un «lenguaje» universal para recursos fitogenéticos.

La adopción de este esquema proporciona un medio rápido, confiable y eficaz para almacenar, recuperar y comunicar información. Con esto se promueve la utilización de germoplasma en toda la red internacional de recursos fitogenéticos. Por tanto, se recomienda el uso de los descriptores especificados al registrar la información, tomando en cuenta el orden y número de éstos, así como los estados recomendados (CIMMYT, 1991).

### **2.8. Razas de maíz**

Mayr (1942) define una raza como una población teniendo rasgos morfológicos y fisiológicos comunes y por lo consiguiente genes comunes que determinan estas características.

De acuerdo con el proceso evolutivo del maíz en el país se han podido establecer cinco grupos raciales (Salhuana, 2004):

1. **Razas primitivas**, son aquellas consideradas poseedoras de “caracteres primitivos” como la precocidad, plantas y panojas pequeñas, alto índice de venación en la hoja, mazorcas pequeñas, glumas largas, granos pequeños, corontas delgadas, estructura simple de la coronta, cúpulas grandes, poca induración del tejido del raquis.

Las razas primitivas fueron casi todas de maíz reventón y algunas de ellas han persistido hasta nuestros días. Entre ellas están el confite morocho, confite puneño, enano, confite puntiagudo y kculli.

2. **Razas derivadas de las primitivas**, son aquellas que se formaron de selecciones raciales antiguas o poblaciones híbridas resultantes de cruzamiento que se efectuó entre los maíces reventones primitivos con sus inmediatos derivados. Un rasgo común entre estos es su formación en la época precolombina, entre ellas están el rabo de zorro, chaparreño, chullpi, huayleño, paro, morocho, huancavelicano, ancashino, shajatu, pisccorunto, cuzco cristalino amarillo, cuzco, granada, uchuquilla, sabanero, piricinco, mochero, pagaladroga y alazán.

3. **Razas de reciente derivación**, a este grupo pertenecen aquellas razas consideradas derivadas de las anteriormente descritas, siendo resultado de selección o hibridación. Se caracterizan por presentar mayor grado de especialización, mayor desarrollo vegetativo y mayor rendimiento. Se encuentran generalmente distribuidas en la costa y sierra desde el nivel del mar hasta los 2800 msnm, como huachano, chancayano, perla, rienda, san gerónimo huancavelicano, cuzco gigante (subrazas: A. Sacca, Cuzco gigante amarillo, Cuzco morado, D. Huayra cuzco), arequipeño, Chimlos y marañón.

4. **Razas introducidas**, son aquellas razas importadas al Perú que, a pesar de haber sufrido cambios genéticos con razas nativas, aún conservan su morfología diferente de planta y mazorca. En este grupo encontramos a la raza Pardo, Arizona, Alemán, Cubano Dentado Amarillo y Chunchu.

5. **Razas incipientes**, que parecen emerger en tiempos actuales como nuevas razas o han sido caracterizadas recientemente. Son avanzadas y tienen una distribución geográfica limitada (uno o varios valles o zonas aledañas). Jora, Coruca, Morocho Cajabambino, Morado Canteño y Sarco pertenecen a este reducido grupo.

6. **Razas imperfectamente definidas**, con una dispersión geográfica muy limitada, algunas parecen encontrarse en una etapa incipiente de desarrollo. Están lo suficientemente caracterizadas como para distinguirlas: Ajaleado, San Gerónimo, Perlilla, Tumbesino, Colorado, Chancayano Amarillo, Amarillo Huancabamba, Huarmaca y Blanco Ayabaca.

## **2.9. Análisis estadístico**

Existen métodos univariados y multivariados para una descripción de la diversidad dentro de las especies.

### **2.9.1. Método univariado**

Consiste en el análisis de cada una de las variables por separado. En el caso de los caracteres cuantitativos se utilizan estadísticas descriptivas básicas como la media, desviación estándar (DS) y coeficiente de variabilidad (CV); datos que permiten describir cómo se comportan las accesiones en relación con cada característica y proporcionará una idea general de que tan variable es cada germoplasma.

El coeficiente de variabilidad define la magnitud de la variabilidad entre los descriptores 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. Por otro lado, para los descriptores cualitativos se determina la moda, lo que mostrará la característica más frecuente.

### **2.9.2. Método multivariado**

El análisis multivariado son todas aquellas técnicas estadísticas que, simultáneamente, analizan múltiples resultados en los individuos u objetos bajo investigación. Es usado para describir y analizar observaciones multidimensionales obtenidas al revelar información sobre varias variables para cada una de las unidades o casos en estudio (Balzarini et al., 2008). Para que un análisis se considere de esta magnitud, todas las variables deben ser aleatorias y relacionadas, de tal manera que el efecto que producen no pueda ser interpretado de manera individual.

Según Dallas (2000) y Peña (2002), el objetivo principal es resumir grandes cantidades de datos a pocos parámetros, simplificando el análisis.

Existen varios métodos de análisis múltiple; uno que permite analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos.

#### **a) Análisis de componentes principales**

El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina originales, en un nuevo conjunto de variables denominadas componentes principales. Estas últimas se caracterizan por estar no correlacionadas entre sí y, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada.

Como medida de la cantidad de información incorporada en una componente se utiliza su varianza. Es decir, cuanto mayor sea su varianza mayor es la cantidad de información que lleva incorporada dicha componente. Por esta razón se selecciona como primera componente aquella que tenga mayor varianza, mientras que la última componente es la de menor varianza.

En general, la extracción de componentes principales se efectúa sobre variables tipificadas para evitar problemas derivados de la escala, aunque también se puede aplicar sobre variables expresadas en desviaciones respecto a la media. El nuevo conjunto de variables que se obtiene por el método de componentes principales es igual en número al de las variables originales.

Es importante destacar que la suma de sus varianzas es igual a la suma de las varianzas de las variables originales. La diferencia entre ambos conjuntos de variables estriba en que las componentes principales se calculan de forma que estén no correlacionadas entre sí. Cuando las variables originales están muy correlacionadas entre sí, la mayor parte de su variabilidad se puede explicar con muy pocas componentes. Si las variables originales estuvieran completamente no correlacionadas entre sí, el análisis de componentes principales carecería por completo de interés, ya que en ese caso las componentes principales coincidirían con las variables originales.

El análisis de componentes principales y los gráficos conocidos como biplot son técnicas generalmente utilizadas para examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables. Los gráficos biplots propuestos por Gabriel. K. R. en 1971, muestran las observaciones y las variables en el mismo gráfico, de forma tal que se pueden hacer interpretaciones sobre las relaciones conjuntas entre las mismas (Balzarini et al., 2008).

## **b) Análisis de agrupamiento**

El análisis de agrupamiento, conocido como análisis de conglomerados o análisis clúster, es una técnica estadística multivariante automática que busca agrupar elementos con la mayor homogeneidad en cada grupo y mayor diferencia con otros. Este método trata de situar los individuos en grupos homogéneos, no conocidos previamente, pero sugeridos por la propia esencia de los datos, de manera que aquellos que puedan ser considerados similares sean asignados a un mismo clúster, mientras que individuos diferentes se localicen en otros diferentes. En esta técnica, a diferencia del análisis discriminante (donde los grupos están establecidos a priori y la función discriminante permite reasignar los elementos a los grupos), los conglomerados son desconocidos y el proceso consiste en la formación óptima de los grupos.

Un “cluster analysis” es un método utilizado para identificar grupos teniendo como base una matriz de similitud, y arreglar en orden jerárquico especies similares que son reunidas dentro de grupos, los cuales pueden sobreponerse en sus extremos (Taba, 1991). Con este, es posible obtener un dendrograma, que es una representación gráfica arborescente que pone en manifiesto la relación en grado de similitud entre las entradas (Crisci, 1983).

El dendrograma es una valiosa herramienta visual que puede ayudar a decidir el número de grupos que podrían representar mejor la estructura de los datos teniendo en cuenta la forma en que se van anidando los clúster y la medida de similitud a la cual lo hacen. Cortando transversalmente, a una distancia determinada, las ramas del gráfico se obtiene una partición.

Sneath y Sokal citados por Silva (1992) sostienen que el análisis de agrupamiento consiste en localizar y describir conglomerados de UTOs, de acuerdo con los valores de similitud que los relacione, con el fin de hacer inferencias sobre la composición o propiedades de los elementos, además de las relaciones existentes entre ellos.

Se considera que el proceso de agrupamiento conlleva a una pérdida de información ya que se sitúan en una misma clase unidades que no son idénticas, solo semejantes, sin embargo, la síntesis de la información disponible sobre las unidades consideradas puede facilitar la visualización de relaciones multivariadas de naturaleza compleja (Balzarini et al., 2008).

Entre los tipos de análisis de clúster están los jerárquicos, que son aquellos que configurar grupos con estructura arborescente, de forma que los clústers de niveles más bajos van siendo englobados en otros clústers con niveles superiores; por otro lado, se encuentran los no jerárquicos que están diseñados para la clasificación de individuos en K grupos, es decir, se asignan los casos o grupos diferenciados que el propio análisis configura, sin que unos dependan de otros.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Área experimental**

El experimento fue instalado en Chiquián, capital de la provincia de Bolognesi, perteneciente al departamento de Ancash, en donde se realizó la primera etapa de la caracterización morfológica (evaluación de variables en estado vegetativo). La segunda etapa, luego de la cosecha, se llevó a cabo en las instalaciones de El Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

##### **3.1.1. Ubicación política**

Región: Ancash

Provincia: Bolognesi

Distrito: Chiquián

##### **3.1.2. Ubicación geográfica**

Altitud: 2900 msnm

Latitud: 10°9'4" Sur

Longitud: 77°9'22" Oeste

### **3.1.3. Características climatológicas**

Por su altitud, se ubica en la región Quechua con un clima cálido y templado con temporada de lluvias entre los meses de diciembre y marzo (155 mm), con fuertes precipitaciones y nubosidad, mientras que la menor cantidad de lluvia ocurre en julio con un promedio de 3 mm. También, se presentan heladas entre julio y setiembre. Las temperaturas durante el día oscilan entre los 12-18°C y por la noche, por debajo de 8°C.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Material genético**

El material genético que se utilizó forma parte del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco (UNSAAC). Las 101 accesiones fueron colectadas en los departamentos de Cusco y Apurímac, y pertenecen a las siguientes razas:

- 14 accesiones de Chullpi
- 15 accesiones de Pisccorunto
- 14 accesiones de Paro
- 15 accesiones de Cusco amiláceo
- 15 accesiones de Cusco cristalino
- 14 accesiones de Cusco blanco gigante
- 14 accesiones de Kculli

### **3.2.2. Materiales de campo**

- Lista de descriptores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (IBPGR,1991)
- Etiquetas para identificar las accesiones
- Etiquetas para identificación de plantas a evaluar
- Sacos de yute
- Mallas de envasado (3kg)
- Tendedero para secado de maíces
- Clavos
- Pabilo
- Centímetro, wincha, reglas
- Balanza de precisión, balanza convencional
- Libreta, lápiz
- Tablas de descriptores
- Cámara fotográfica

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Preparación de terreno**

Se realizaron distintas labores para lograr las condiciones adecuadas del terreno, que permitieron la germinación y buen desarrollo radicular de las plantas de maíz.

Al inicio fue importante el riego por gravedad, para darle la humedad adecuada al terreno y facilitar las labores de preparación y siembra. Posteriormente, el arado fue hecho a 0.35 m de profundidad usando tracción animal, luego, se utilizó la rastra para desterronar y nivelar; y finalmente, se hizo el surcado con un distanciamiento de 0.80 m entre cada surco, con cortes a 10 m.

### **3.3.2. Siembra**

La siembra se realizó el 03 de diciembre del 2017, esta fue hecha manualmente en el fondo del surco, en donde se colocaron tres semillas por golpe a un distanciamiento de 0.40 m entre ellos. Es importante mencionar que cada surco pertenecía a una accesión, haciendo un total de 101 surcos en un área de 850 m<sup>2</sup>.

Cuando las plantas tuvieron entre 4 a 6 hojas, se realizó un desahíje para dejar dos plantas por golpe.

### **3.3.3. Manejo agronómico**

Este fue hecho de acuerdo con el requerimiento del cultivo para la zona:

#### **a) Fertilización**

La fertilización del suelo consistió en el uso de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, a un nivel de 180-120-120. Las fuentes utilizadas fueron úrea, fosfato diamónico (46% de fósforo, 9% de nitrógeno), cloruro de potasio (60% de potasio).

Para la primera fertilización se hizo uso de 50% de úrea, 100% del fósforo y potasio; el otro 50% de úrea se aplicó en el momento del aporque.

Adicionalmente, se aplicó Sulfamag (Sulfato de magnesio). La función más destacada del magnesio es su papel como el átomo central de la molécula de clorofila, contribuyendo a una mejor eficiencia fotosintética en las plantas, este fue aplicado en el aporque, entre 8 a 10 gramos por planta.

#### **b) Riego**

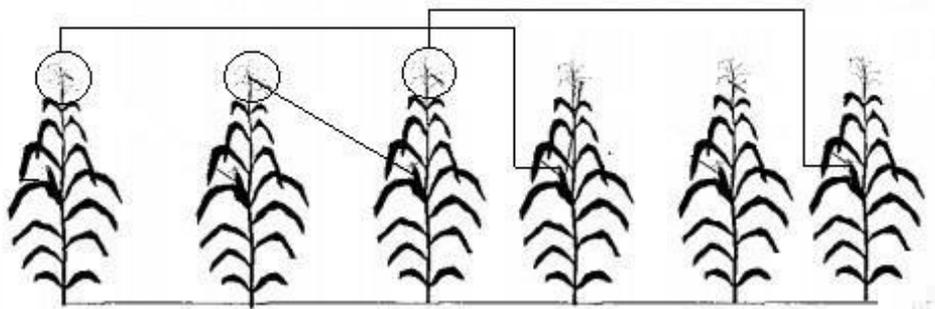
El cultivo se manejó con sistema de secano por las condiciones climáticas de Chiquián.

### c) Polinización

Para esta evaluación se realizó la técnica de polinización artificial (manual) por cruce fraternal, de tal manera que se obtuvieron individuos denominados hermanos completos.

Márquez (1985) señala que los hermanos completos son la progenie del apareamiento entre dos individuos o cruce planta a planta. La semilla puede derivar de la semilla proveniente de un cruzamiento (el directo) o bien del cruzamiento recíproco, o la mezcla de ambas mazorcas.

El día anterior a la polinización, se utilizó una bolsa para proteger la panoja y cosechar el polen. A la mañana siguiente, se sacudió la planta ligeramente para permitir una mejor recolección, el cual fue colocado en cualquier planta hermana del mismo surco que presentó los estigmas expuestos; inmediatamente después, se procedió a cubrirlos hasta la cosecha. La cosecha del polen se realizó en diferentes tiempos, dependiendo de las accesiones, entre los meses de marzo y abril.



**Figura 4:** Cruce fraternal de maíz

#### **d) Cosecha**

La cosecha se realizó en dos fases. Los más precoces fueron cosechados el 21 de julio del 2018. Primero, de cada surco se cosecharon aquellas plantas evaluadas, retirando las mazorcas cubiertas por las bolsas de papel y se colocaron en las mallas cosechadoras, posteriormente, se retiraron aquellas mazorcas que no fueron evaluadas y se separaron en un saco. En esta etapa se lograron cosechar 75 surcos, es decir, 75 accesiones.

La segunda cosecha se realizó una semana después utilizando la misma metodología. Finalmente, las mazorcas fueron colocadas en un espacio para ser secadas al sol, bajo condiciones de Chiquián por un aproximado de 15 días, para luego ser trasladadas al Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima.

Cabe resaltar, que cada cosecha estaba identificada con etiquetas de acuerdo con la accesión.



**Figura 5:** Cosecha de maíz, Chiquián, Ancash



**Figura 6:** Cosecha de maíz por accesión, Chiquián, Ancash

### **3.3.4. Caracterización morfológica**

La toma de datos de los caracteres vegetativos y de floración se realizaron *in situ*, mientras que la evaluación postcosecha de las características de la mazorca y grano se realizaron en el Programa de Investigación y Proyección Social de Maíz de la UNALM.

Sánchez (2002) manifiesta que los métodos que se deben seguir para realizar la evaluación de una accesión varían de acuerdo con la especie y el sitio de evaluación. Cuando la caracterización se realiza en el campo, se debe asegurar la suficiente cantidad de individuos por entrada, con la finalidad de poder tomar al azar un número adecuado de ellos y lograr que representen a la población. También se indica que se debe lograr que los datos tomados sean el reflejo de las características de la población, por lo que se aconseja que el mínimo número de individuos a ser evaluados por colección sea de 10, es decir, que cualquier característica medida deba ser el promedio de 10 datos colectados.

En el presente caso se tomaron aleatoriamente 10 plantas por accesión, las cuales fueron evaluadas de acuerdo con la lista de los descriptores del maíz publicado por Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (IBPGR, 1991). Se han utilizado 23 descriptores, de los cuales 10 son cualitativos y 13 son cuantitativos.

## **a) Caracteres cualitativos evaluados**

### **Descriptores de la planta:**

- Color de tallo: se pudieron tomar hasta tres colores del tallo de acuerdo con su frecuencia y se observó entre las mazorcas más altas definidos por los siguientes códigos: (1) verde, (2) rojo sol, (3) rojo, (4) morado y (5) café.
- Pubescencia de la vaina foliar, se observó en el momento de la floración bajo los siguientes códigos: (3) escaso, (5) intermedia y (7) denso.
- Orientación de la hoja, lo cual se determinó por la forma de crecimiento de las hojas: decumbente o colgantes.
- Presencia de la lígula foliar, en donde se colocó la presencia o no de esta.
- Color de la espiga, se observaron si son verdes, rosadas, moradas.
- Color de hojas, se observó el color predominante en las hojas y se colocaron los códigos respectivos (1) Verde, (2) Rojo sol, (3) Rojo, (4) Morado y (5) Café.

### **Descriptores del grano:**

- Forma de la superficie del grano, de acuerdo con los códigos (1) contraído, (2) dentado, (3) plano, (4) redondo, (5) puntiagudo y (6) muy puntiagudo.
- Color del grano, se establecieron nuevos códigos para la determinación de los colores: (1) Blanco, (2) Crema, (3) Amarillo, (4) Naranja, (5) Naranja jaspeado,
- (6) Rojo, (7) Rojo Capa blanca, (8) Rojo Variegado, (9) Morado, (10) Púrpura moteado, (11) Marrón, (12) Marrón Capa Blanca, (13) Marrón Jaspeado y (14) Negro.

### **Descriptores de la mazorca:**

- Disposición de hileras de granos, lo cual se observó en las 10 mazorcas y se colocó la moda utilizando los códigos (1) Regular, (2) Irregular, (3) Recta y (4) En espiral.
- El color de la tuza con los números (1) Blanco, (2) Rojo, (3) Morado, (4) Marrón y (5) Negro. Se colocó el color que predominaba.

## **b) Caracteres cuantitativos evaluados**

### **Descriptores de la planta:**

- Floración masculina y femenina, se colocaron los días después de la siembra en el que se dieron las floraciones respectivas.
- Altura de la planta [cm]: Medido desde el suelo hasta la base de la espiga, después del estado lechoso.
- Altura de la mazorca [cm]: Medido desde el suelo hasta el nudo de la mazorca más alta, después del estado lechoso.
- Número de hojas arriba de la mazorca más alta, donde se contó el total incluida la hoja de la mazorca.
- Número de hojas debajo de la mazorca más alta
- Número total de hojas por planta, es la suma de ambos datos tomados anteriormente.
- Longitud de la hoja [cm], se midió desde la lígula hasta el ápice de la hoja que sobresale de la mazorca más alta, después de la floración.
- Ancho de la hoja [cm], se midió la misma hoja en el punto medio de su longitud.

### **Descriptores de la mazorca:**

- Longitud de la mazorca [cm], se obtuvieron las medidas de la longitud de las mazorcas de 10 plantas de cada accesión, y se determinó el promedio.
- Ancho de la mazorca [cm], se sacó el promedio de la medida de las 10 mazorcas de cada accesión.
- Número de hileras por mazorca, se hizo un conteo minucioso de las hileras de las 10 mazorcas de la cada accesión.
- Número de granos por hilera, se contaron dos hileras completas de la mazorca y se obtuvo el promedio entre las dos.

### **Descripto del grano:**

- **Peso de 100 granos:** De las mazorcas secas se tomaron al azar 100 granos y se pesaron en balanza de precisión.

Adicionalmente, se contó el número total de plantas que llegaron a la madurez por accesión.

## **3.4. Análisis de datos**

### **3.4.1. Análisis univariado**

Consistió en el análisis de cada una de las variables por separado. En el caso de los caracteres cuantitativos se hizo a partir de estadísticas descriptivas básicas como la media, desviación estándar (DS) y coeficiente de variabilidad (CV); datos que permitieron describir cómo se comportaron las accesiones en relación con cada característica y proporciona una idea general de que tan variable es cada accesión y raza. El coeficiente de variabilidad definió la magnitud de la variabilidad entre los descriptores 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.

### **Fórmulas utilizadas:**

- Media

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Siendo (Xi,...Xn) el conjunto de observaciones y “n” el número total de datos.

- Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Siendo  $X_i$  un conjunto de valor de datos,  $\bar{X}$  es la media del conjunto de datos y  $n$  es el número total de datos.

- Coeficiente de variabilidad

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Siendo  $S$  la desviación estándar y  $\bar{X}$  la media del conjunto de datos.

Por otro lado, para los descriptores cualitativos tales como: color de tallo, pubescencia, orientación de hojas, presencia de lígula foliar, color de panoja, disposición de hileras en la mazorca, color de grano, forma de grano y color de tusa, se determinó la moda, la cual muestra el estado más frecuente del descriptor dentro de las 10 plantas que fueron evaluadas.

### 3.4.2. Análisis multivariado

#### a) Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de componentes principales fue usado para para describir y analizar observaciones multidimensionales obtenidas al revelar información sobre varias variables para cada una de las unidades. Además, permitió analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos de las 101 accesiones y las variables cuantitativas (floración masculina y femenina, altura de la planta y mazorca, número de hojas por encima de la mazorca, número de hojas por debajo de la mazorca, longitud y ancho de hojas, longitud y ancho de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y peso de 100 granos).

Este análisis se logró con el uso del programa NTSYS (Numerical Taxonomic System) versión 2.2 y R, en la que primero se construyó una matriz básica con los datos obtenidos de tamaño 101 x 22 (101 accesiones y 22 descriptores utilizados), la cual se procedió a estandarizar ya que no todas las variables se encontraban en las mismas unidades comparables, lo cual implica intrínsecamente que todas las variables tienen la misma importancia.

Los individuos (101 accesiones) se consideran como puntos en un espacio de 22 dimensiones (22 descriptores). El análisis consiste en la transformación del conjunto de variables  $Y_1, Y_2, \dots, Y_{22}$  en un nuevo conjunto  $X_1, X_2, \dots, X_{22}$  en el que cada  $X_i$  es una combinación lineal de las  $Y_i$ , es decir:

$$X_i = a_{i1}Y_1 + a_{i2}Y_2 + \dots + a_{i22}Y_{22}$$

Siendo la suma de los cuadrados de los coeficientes  $a_{ij}$  igual a la unidad, por ser las  $a_{ij}$  los cosenos directores de la recta representada por la ecuación:

$$\sum_{j=1}^{22} a_{ij}^2 = 1$$

Los componentes principales se obtienen diagonalizando la matriz de covarianzas C:

$$C = A D \lambda A' \quad (AA' = A'A = I)$$

Siendo D  $\lambda$  la matriz diagonal  $D \lambda = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_{22})$  que contiene los valores propios de C. Estos valores se obtienen resolviendo la ecuación  $|C - \lambda_{22}I| = 0$ .

Se demuestra que  $\lambda$  nunca puede ser negativo y que la sumatoria de las  $\lambda$  es igual a 22 en este caso. Como cada  $\lambda$  lleva asociado un vector propio, y estos son ortogonales entre sí, se obtienen unas nuevas variables en función a las antiguas que no están correlacionadas entre sí.

Se demuestra, también, que la varianza de  $X_i$  es  $\lambda_i$ , lo que implica que cada valor propio explica un porcentaje de la variación total registrada y además el primer componente principal  $X_1$  es aquel que tiene mayor varianza de todas las nuevas variables no correlacionadas con  $X_1$ , y  $X_3$  aquella que tiene mayor varianza de todas las nuevas variables no correlacionadas con  $X_1$  y  $X_2$ , .. etc.

Por lo tanto, se obtuvo una tabla con la contribución de las variables para cada componente principal expresada en valores (eigen-values o valores propios) que representan la cantidad de varianza asociada a los componentes principales. Los CP son una combinación lineal de las variables originales y contienen la mayor cantidad de información posible de estas en orden decreciente, es decir, cada componente subsiguiente toma en cuenta tanto de la variabilidad restante como sea posible (Johnson, 1999).

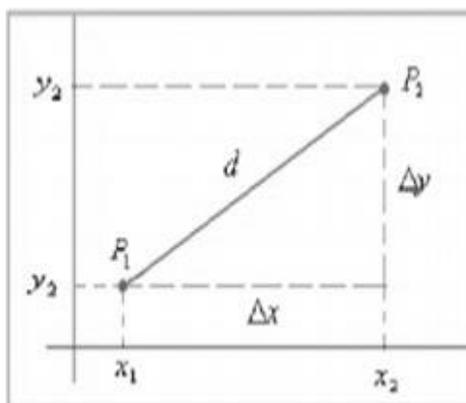
Para la selección del número de componentes, se tomó el criterio de Cliff (1987) que indica que se deben considerar como aceptables aquellos componentes cuyos valores propios explican acumulativamente al menos el 70% de la varianza total (López y Hidalgo, 1994a).

## **b) Análisis de agrupamiento**

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).

Para el análisis de agrupamiento se calculó la matriz de distancia, empleando el coeficiente de distancia taxonómica promedio y la representación del agrupamiento se realizó mediante el dendograma obtenido según el algoritmo UPGMA (Unweighted Pair Group of Arithmetic Mean) usando el programa NTSYS - pc versión 2.2.

El índice de disimilitud (distancia) entre cada par de individuos se calculó usando la distancia euclidiana, siendo esta 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 7, se ejemplifica un modelo simple con dos variables, siendo este modelo válido para  $n$  catetos en  $n$  dimensiones.



**Figura 7:** 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 Unidades Taxonómicas Operativas (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).

En un primer paso, los dos taxones terminales con la distancia genética más pequeña (por ejemplo, los taxones A y B) se agrupan para formar una nueva unidad taxonómica operaciones (OTU) AB. A continuación, se calcula una nueva matriz de distancia más pequeña, que incluye OTU AB en lugar de los taxones A y B. En este proceso, se utilizan medios para deducir distancias entre la nueva unidad taxonómica operacional AB y los taxones terminales restantes; esta distancia es:

$$d_{(AB)X} = \frac{1}{2} (d_{AX} + d_{BX})$$

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 generó al unir las UTOs en grupos son los dendogramas; estas representan el grado de semejanza entre varios individuos y 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). En ese sentido, para el presente estudio se establecieron dos cortes, uno a 1.8 y otro a 0.8.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Estadísticas básicas de los caracteres cuantitativos y cualitativos

En la tabla 1 se observan las 13 variables cuantitativas con sus respectivos valores máximos y mínimos, la media, desviación estándar y el coeficiente de variabilidad (%), de acuerdo con los datos tomados de las 101 accesiones de maíces amiláceos.

La floración masculina varió en un rango entre 80 y 153 días después de la siembra, con un promedio de  $98.85 \pm 16.22$ , mientras que los días de floración femenina se encuentran entre 88 y 140 con una media de  $104.85 \pm 14.21$ .

En cuanto a las características de la planta, se obtuvo un promedio en la altura de planta de  $209.33 \pm 27.24$  cm, con un mínimo de 117.30 cm y un máximo de 279.50 cm; la altura de mazorca fluctuó entre 61.60 y 187 cm, con un promedio de  $110.84 \pm 25.96$ . La cantidad de hojas por encima y debajo de la mazorca tuvieron rangos de 4 y 6, y 4 y 9, con promedios de  $4 \pm 0.49$  y  $6 \pm 1.02$ , respectivamente.

Por otro lado, en referencia a las características de la mazorca, su longitud varió entre 8.29 y 14.34 cm, con una media de  $10.97 \pm 1.29$ ; las medidas del ancho se encontraron entre 4.28 y 7.59 cm, con un promedio de  $5.62 \text{ cm} \pm 0.63$ . El número de hileras por mazorca presenta un rango muy amplio que va desde 7.8 hileras hasta 28 como máximo, con un promedio de  $12.05 \pm 4.05$ ; el número de granos por hilera varió entre 26.50 a 41.20, con una media de 33.18 granos. Por último, el valor mínimo y máximo para el peso de 100 granos fue de 0.03 y 0.13 gr, respectivamente, con un promedio de  $0.07 \pm 0.02$ .

El coeficiente de variabilidad va desde 9.09 a 33.64%, datos menores a 50%, lo cual sugiere poca variabilidad. En el caso de longitud de hoja, número de granos por hilera, número de hojas por encima de la mazorca, ancho de mazorca, longitud de mazorca, altura de planta, floración femenina, floración masculina, ancho de hoja, tienen un CV < 20%, lo que indica que la especie tiene poca variabilidad en estos caracteres. Por otro lado, la altura de mazorca y peso de 100 granos tiene un coeficiente de variabilidad mayor a 20%, es decir, son variables, lo cual también ocurre para el descriptor número de hileras por mazorca que presenta un CV de 33%, siendo el carácter con mayor variabilidad.

**Tabla 1:** Estadística básica para 13 caracteres cuantitativos usados para evaluar las 101 accesiones de maíz

	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de variabilidad (%)</b>
<b>Floración masculina</b>	80.00	153.00	98.85	16.22	16.41
<b>Floración femenina</b>	88.00	140.00	104.85	14.21	13.55
<b>Altura de planta</b>	117.30	279.50	209.33	27.24	13.01
<b>Altura de mazorca</b>	61.60	187.00	110.84	25.96	23.42
<b>Longitud de hoja</b>	70.29	108.37	84.86	7.71	9.09
<b>Ancho de hoja</b>	6.85	17.37	9.40	1.56	16.58
<b>Número de hojas por encima de la mazorca</b>	4.10	6.40	4.87	0.49	9.98
<b>Número de hojas por debajo de la mazorca</b>	4.00	9.20	6.08	1.02	16.83
<b>Longitud de mazorca</b>	8.29	14.34	10.97	1.29	11.72
<b>Ancho de mazorca</b>	4.28	7.59	5.62	0.63	11.21
<b>Número de hilera/mazorca</b>	7.80	28.00	12.05	4.05	33.64
<b>Número de granos/hilera</b>	26.50	41.20	33.18	3.20	9.66
<b>Peso de 100 granos</b>	0.03	0.13	0.07	0.02	26.37

Las variables cualitativas fueron analizadas con la moda, seleccionando el carácter que se repite con mayor frecuencia dentro de las accesiones. Es importante destacar que para que estos caracteres fueran evaluados en el programa, se optó por la codificación con números.

Como se puede observar en la tabla 2, el color de hojas que se observó en las 101 accesiones fue el verde, las cuales estaban posicionadas de manera colgante en 75 de estas. En cuanto al color de panoja, el morado fue el color representativo (78 accesiones presentaron este color); el color de tallo predominante fue el café (presente en 56 accesiones). La lígula foliar estuvo presente en 95 de las accesiones y 55 de las mismas, presentaron pubescencia escasa.

Por otro lado, la disposición de hileras característica en las mazorcas fue la de manera irregular (característica presente en 74 accesiones). Asimismo, los granos presentaron colores variados pero el que estuvo presente en 26 de las accesiones fue el amarillo, y la forma característica de 60 accesiones fue puntiagudo. Por último, el color de la tusa según el análisis y que se observó en 69 accesiones, fue el blanco.

**Tabla 2:** Modas y frecuencias para los caracteres cualitativos utilizados para evaluar las 101 accesiones

<b>Caracteres</b>	<b>Moda</b>	<b>Código</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Color de hojas</b>	Verde	1	101
<b>Orientación de hojas</b>	Colgante	2	75
<b>Color de panoja</b>	Morado	4	78
<b>Color de tallo</b>	Café	5	56
<b>Lígula foliar</b>	Presente	1	95
<b>Pubescencia</b>	Escasa	3	55
<b>Disposición de hileras en la mazorca</b>	Irregular	2	74
<b>Color de grano</b>	Amarillo	3	26
<b>Forma de grano</b>	Puntiagudo	5	60
<b>Color de tusa</b>	Blanco	1	69

## 4.2.Descripción cualitativa

**Tabla 3:** Frecuencias para caracter cualitativo: color de panoja

<b>Código</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Verde	3	2.97
4	Morado	19	18.81
6	Rosado	79	78.22

De acuerdo con la observación y el análisis realizado, el 78% de maíces amiláceos que crecieron bajo las condiciones de Ancash presentaron una coloración rosada en la panoja, mientras que el 18%, tuvo un color morado y solo el 3% presentó una panoja verde, que pudo darse por la madurez de la planta.

**Tabla 4:** Frecuencias para caracter cualitativo: orientación de hoja

<b>Código</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Erecta	26	25.74
2	Colgante	75	74.26

En cuanto a la orientación de las hojas, 75 acciones presentaron hojas colgantes y solo 26 de ellas tuvieron hojas erectas. Entre las razas con hojas erectas están Cusco Cristalino, Cusco Amiláceo y Chullpi.

**Tabla 5:** Frecuencias para caracter cualitativo: pubescencia

<b>Código</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
3	Escasa	55	54.46
5	Intermedia	13	12.87
7	Densa	33	32.67

Más del 50% de los maíces amiláceos sembrados bajo las condiciones de Chiquián tuvieron una pubescencia escasa. La pubescencia densa se hizo presente en el 32% de la población, sobre todo en todas las accesiones pertenecientes a la raza Paro; solo el 12% tuvo una pubescencia intermedia.

**Tabla 6:** Frecuencias para caracter cualitativo: presencia de lígula foliar

<b>Código</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
0	Ausente	6	5.94
1	Presente	95	94.06

Solo seis accesiones de maíz pertenecientes a las razas cusco cristalino, kculli y chullpi no presentaron lígula foliar, representando el 5.94% de la población total.

**Tabla 7:** Frecuencias para caracter cualitativo: color de tallo

<b>Código</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Verde	19	18.81
4	Rojo	26	25.74
5	Café	56	55.45

El 55% de las accesiones caracterizadas presentaron alelos que determinaron el color café para el tallo en los maíces amiláceos, seguido del color rojo con un 26% y el verde con 19%.

**Tabla 8:** Frecuencias para caracter cualitativo: color de grano

<b>Código</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Blanco	13	12.87
2	Crema	10	9.90
3	Amarillo	26	25.74
4	Naranja	1	0.99
5	Naranja jaspeado	3	2.97
6	Rojo	8	7.92
7	Rojo Capa Blanca	15	14.85
8	Rojo Variegado	3	2.97
9	Morado	4	3.96
10	Purpura moteado	15	14.85
11	Marrón	3	2.97

Lo referente a color de grano, se obtuvo una gran variabilidad debido a que fueron siete razas estudiadas, con 101 accesiones, de las cuales 61 fueron consideradas como “mezclas” por no poseer, a simple vista, las características predominantes de las razas a las que pertenecían. Sin embargo, se pudo observar una fuerte presencia del color amarillo en los maíces amiláceos estudiados con un porcentaje de 25.75% (sobre todo en la raza chullpi con un amarillo uniforme en todas las accesiones), seguido de los colores naranja capa blanca y púrpura moteado con 14.85% cada uno. El color que menos se observó fue el naranja con solo 0.99%.

**Tabla 9:** Frecuencias para caracter cualitativo: forma de grano

<b>Código</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Contraído	7	6.93
2	Dentado	1	0.99
4	Redondo	17	16.83
5	Puntiagudo	60	59.41
6	Muy Puntiagudo	16	15.84

Los maíces serranos evaluados se caracterizaron por la presencia de granos puntiagudos (forma presente en 60 accesiones).

**Tabla 10:** Frecuencias para caracter cualitativo: color de tusa

<b>Código</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Blanco	69	68.32
2	Rojo	9	8.91
3	Morado	4	3.96
4	Marrón	19	18.81

La tabla 10 muestra como resultado que el blanco es el color que predomina para las tusas de los maíces de la sierra del Perú, seguido del color marrón con 18.81% dejando de lado los colores rojo y morado, con menos de 14% de presencia entre ambos.

### **4.3. Variabilidad dentro de las razas**

#### **4.3.1. Cusco gigante**

Esta raza, bajo las condiciones de Chiquián, presentó las plantas más altas con 237 cm de altura, de color verde y marrón, con un promedio de 11 hojas en total. Fue una de las razas más tardías con 115 días de floración. Las mazorcas se mostraron largas y relativamente gruesas y elipsoidales, de 12.97 cm de largo y 6.10 cm de ancho, con 12 hileras dispuestas de forma regular. Los granos fueron grandes de color blanco, y tusa blanca. Estas características difieren de lo descrito por Grobman, Salhuana y Sevilla (1961) en el libro *Races of Maizes in Peru*, donde mencionan que esta raza presenta plantas de altura media de 200 cm, de color rojo claro con 10 hojas y es tardía, pues florece a los 140 días (25 días después de lo mostrado en la investigación). Las mazorcas son grandes, gruesas y elipsoidales, de 18 cm de largo y 7 cm de diámetro, con 8 hileras regulares. Sin embargo, coinciden en que los granos son muy grandes, siendo los de mayor tamaño entre todas las razas; son gruesos, chatos y casi siempre circulares, de color blanco y la tusa es blanca, roja, guinda o marrón.

#### **4.3.2. Cusco Cristalino**

La raza cusco cristalino bajo las condiciones de Chiquián, en Ancash, fue una de las plantas más precoces con una floración masculina de 92 días y una floración femenina de 96 días. De porte relativamente bajo en comparación con las demás razas (190 cm) y un promedio de 10.17 hojas que se insertan en el tallo de manera erecta. Su mazorca presentó una longitud promedio de 11.06 cm y un ancho de 5.03 cm, con 10.3 hileras por mazorca. Sus granos fueron muy variables en cuanto a colores (amarillo, naranja jaspeado, rojo variegado), con granos redondos y puntiagudos (en algunos casos) irregulares y tusa de color blanco (y en otros casos, rojas o moradas). Algunas de estas descripciones se contraponen a lo escrito por Grobman, Salhuana y Sevilla (1961), donde mencionan que la raza Cusco Cristalino comprende plantas de 1.60 m de altura, de color rojizo, con 12 hojas y florece a los 130 días. Las mazorcas son cónicas de 15 cm de largo y 5 cm de diámetro con 8 hileras regulares. Los granos son chatos, grandes y circulares, el endospermo amarillo, cristalino al exterior y blanco harinoso en el centro. El pericarpio incoloro y la tusa tienen una gama de colores imperando el incoloro-rojo.

Es importante resaltar que, según lo descrito, en Cuzco esta raza se cultiva como una subraza de semilla relativamente más pequeña, más dura y precoz a alturas de 3,000 a 3,500 msnm. En el valle de Urubamba el Cuzco Cristalino se aproxima mucho a las dimensiones más grandes de la planta, mazorca y granos del Cuzco Gigante.

#### **4.3.3. Cuzco amiláceo**

Las 15 accesiones de la raza Cuzco Amiláceo mostraron plantas de porte mediano entre las demás razas con 193.52 cm de altura, con un promedio de 10.45 hojas por planta, de tallo morado y una floración masculina de 94.67 días y una floración femenina de 100.07 días. Su mazorca bajo estas condiciones se caracterizó por medir 10.64 cm de longitud y un ancho de 5.36 cm, de 11 hileras que presentaron granos puntiagudos de color crema y rojo capa blanca que se presentan de forma regular, en tusas de color marrón y blanco. Según lo propuesto por Grobman, Salhuana y Sevilla (1961), estas plantas si presentan un promedio de 10 hojas por planta, sin embargo, su altura es menor en aproximadamente 30 cm, y con una floración mucho más tarde (48-50 días después), con mazorcas mucho más largas, pero del mismo ancho. Los granos son chatos, grandes y circulares con endospermo blanco harinoso y pericarpio generalmente incoloro-blanco, rojo o rojo variegado, muy parecido a lo obtenido en campo.

#### **4.3.4. Chullpi**

Las 14 accesiones de Chullpi evaluadas en campo presentaron plantas altas con más de 2 m de altura de color café con un promedio de 12.44 hojas, tardías con una floración masculina de 117 días después de la siembra. Sus mazorcas son cortas y anchas, con 20 hileras en promedio, fácil de reconocer, sus granos son de color amarillo uniforme, delgados, con tusa blanca. Según lo presentado por Grobman, Salhuana y Sevilla (1961), estas plantas coinciden en la gran altura que presentan, colores y promedio de hojas (11-12), son tardías ya que florecen a los 144 días, mostrando una diferencia de 27 días. Sus mazorcas son cortas, ovoidales con 18 hileras difícilmente identificables, con tusa blanca. Además, esta raza Chullpi está ampliamente distribuida en la sierra peruana. Su centro de dispersión está localizado en los departamentos del Cuzco, Apurímac, Huancavelica y Ayacucho, donde se le encuentra en su forma más pura.

#### **4.3.5. Kculli**

La raza Kculli presentó plantas altas de más de 2 metros de altura, con tallos de color café, con un promedio de 10 hojas colgantes de color verde que florecieron a los 93 días. De mazorca larga y delgada, con un promedio de 10.55 hileras por mazorca y 31.44 granos puntiagudos por cada una de ellas, los cuales se disponen de manera irregular, con colores rojos y morados. Estas características se alejan de lo descrito en *Races of Maize in Peru* (Grobman, Salhuana y Sevilla, 1961) que menciona plantas pequeñas de apenas 92 cm, de color púrpura que florece a los 60 días no tiene macollos y posee 10 hojas. Mazorca corta, esfero-cónica, ahusada pronunciadamente hacia la punta; de ancho intermedio, número promedio de hileras, 12 dispuestas irregularmente. Sin embargo, coinciden en que presentan colores del pericarpio y la coronta generalmente cereza-morado muy oscuro.

#### **4.3.6. Pisccorunto**

En la caracterización realizada en Ancash, la raza pisccorunto tuvo plantas medianas de 206.29 cm de altura, de color café con 10 hojas en promedio, que florecieron a los 88 días posicionándose como la raza más precoz entre las estudiadas bajo las condiciones de la sierra en Ancash. Las mazorcas fueron medianas con 10.43 cm de largo y 5.52 cm de ancho, de 12 hileras entre regulares e irregulares, con granos púrpuras moteado y tusa de color blanco. Grobman et al. (1961), presentan a esta misma raza con plantas medianas de 1.50 m de altura, de color rojo y púrpura con 12 hojas e hijuelos, que florecen a los 130 días con una diferencia significativa en cuanto a lo observado. En cuanto a las características de la mazorca, coinciden con lo descrito sobre su tamaño pequeño de 12 cm de largo y 5 cm de diámetro y 12 hileras regulares; los granos son grandes, largos y anchos, el endospermo blanco harinoso y aleurona moteada de color púrpura, el pericarpio incoloro y la tusa de color blanco. El Pisccorunto se halla con más frecuencia en la región de la sierra meridional en los departamentos de Apurímac y el Cuzco, a una altura de 3,000 msnm. Se cultiva en pequeñas parcelas o es seleccionado de mezclas segregantes, siendo el tipo de mazorca considerada solo inferior al Chullpi como maíz para tostar.

#### **4.3.7. Paro**

La raza paro, presentó plantas de más de dos metros de altura, de color café con 10 hojas en promedio. Son relativamente precoces con 88 días de floración. Las mazorcas son las más pequeñas en longitud con 9.62 cm, con 13.97 hileras regulares con granos puntiagudos y muy puntiagudos de color rojo y marrón en su mayoría. Contraponiéndose a lo escrito por Grobman et al. (1961), que describen a la raza Paro con plantas pequeñas de 1.30 m, con menos hojas y de floración de 144 días, mucho después que lo observado en campo. Por otro lado, coincide en la forma de mazorca, con 14-16 hileras, con tusas de colores variados y granos delgados de fácil desgrane.

**Tabla 11:** Descripción de estadística básica para los 13 descriptores cuantitativos y cualitativos del maíz en estado vegetativo, de acuerdo con las 07 razas

	Floración femenina (días)	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Número total de hojas	Color de tallo	Color de panoja	Color de hojas	Presencia de ligula	Pubescencia	Longitud de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)	Orientación de hojas
<b>Cusco gigante (14)</b>	121.93 ± 11.68	115.21 ± 12.07	237.81 ± 17.41	129.27 ± 14.27	11.01 ± 0.96	Verde/ Café	Rosado/Morado	Verde	Presente	Escasa	93.11 + 8.42	10.58 + 0.65	Colgante
<b>Cusco cristalino (15)</b>	96.27 ± 2.89	92.8 ± 10.99	190.51 ± 16.91	94.59 ± 17.48	10.17 ± 1.22	Morado/Café	Morado	Verde	Presente	Escasa/Intermedia	78.64 + 4.95	8.2 + 0.54	Erecta
<b>Cusco amiláceo (15)</b>	100.07 ± 10.19	94.67 ± 14.68	193.52 ± 26.17	102.32 ± 14.64	10.45 ± 1.37	Morado	Morado	Verde	Presente	Escasa/ Densa	78.23 + 4.51	8.31 + 0.79	Erecta
<b>Chullpi (14)</b>	122.79 ± 14.82	117 ± 13.60	233.20 ± 32.82	148.65 ± 30.72	12.44 ± 1.82	Café	Morado	Verde	Presente	Escasa	92.61 + 5.94	11.07 + 2.84	Erecta / Colgante
<b>Kculli (14)</b>	99.57 ± 9.36	93 ± 18.76	211.93 ± 13.79	100.11 ± 11.66	10.62 ± 0.84	Café	Rosado/ Morado	Verde	Presente	Intermedia/	84.83 + 5.33	9.52 + 0.48	Colgante
<b>Piscorunto (15)</b>	95.93 ± 5.87	88.07 ± 6.30	206.29 ± 16.12	107.48 ± 21.12	10.53 ± 0.69	Café	Rosado/ Morado	Verde	Presente	Escasa/Demsa	85.45 + 4.65	9.37 + 0.92	Colgante
<b>Paro (14)</b>	96.36 ± 4.51	88.84 ± 4.71	206.85 ± 19.23	109.13 ± 12.85	10.96 ± 0.7	Café	Rosado/ Café	Verde	Presente	Escasa	84.95 + 2.95	9.58 + 0.49	Colgante

Continuación ...

	Longitud de mazorca (cm)	Ancho de mazorca (cm)	Número de hileras	Número de granos	Color de granos	Disposición de hileras	Forma de granos	Color de tusa	Peso de 100 semillas
<b>Cusco gigante (14)</b>	12.97 ± 1.15	6.10 ± 0.38	12.05 ± 0.87	33.18 ± 3.04	Blanco/Crema	Regular	Redondo/Puntiagudo	Blanco/Marrón	0.11 ± 0.02
<b>Cusco cristalino (15)</b>	11.06 ± 1	5.03 ± 0.33	10.30 ± 1.45	33.68 ± 3.11	Amarillo/ Naranja jaspeado/ Rojo variegado	Irregular	Redondo/ Puntiagudo/ Muy puntiagudo	Blando/ Rojo/ Marrón	0.07 ± 0.01
<b>Cusco amiláceo (15)</b>	10.64 ± 0.8	5.36 ± 0.25	11.09 ± 0.75	32.74 ± 2.91	Crema/ Rojo CB	Regular	Puntiagudo	Marrón/ Blanco	0.07 ± 0.009
<b>Chullpi (14)</b>	9.91 + 1.10	6.67 + 0.59	20.53 + 4.17	34.78 + 4.05	Amarillo	Irregular	Contraído	Blanco	0.05 + 0.01
<b>Kculli (14)</b>	10.95 ± 0.53	5.32 ± 0.35	10.55 ± 0.81	31.44 ± 2.42	Rojo/Morado	Irregular	Puntiagudo	Marrón/Morado	0.08 ± 0.01
<b>Piscacorunto (15)</b>	10.43 ± 1.18	5.52 ± 0.30	12.33 ± 2.09	32.30 ± 2.81	Púrpura moteado	Irregular/ Espiral	Puntiagudo/ Muy puntiagudo	Blanco	0.07 ± 0.01
<b>Paro (14)</b>	9.62 ± 0.77	5.59 ± 0.28	13.97 ± 1.37	32.11 ± 3.26	Rojo CP/ Crema	Regular	Puntiagudo/ Muy puntiagudo	Rojo/ Marrón	0.05 ± 0.01

#### **4.4. Análisis de componentes principales**

Con el fin de determinar qué variables son las responsables de la mayor variabilidad morfológica entre las accesiones y tratar de reducir el número de variables sin la menor pérdida de información, se realizó el ACP. Este análisis genera un número de componentes igual al número de descriptores utilizados, que en este caso fueron un total de 22, por la eliminación de la variable 17 “color de hojas” por no mostrar variabilidad.

La tabla 12 muestra la varianza total de cada uno de los componentes principales que han sido originados de las variables evaluadas; además, se muestra este valor en porcentaje y el acumulado, que alcanza el 100% con el componente 22.

Cliff (1987), indicó que se deben considerar como aceptables los componentes cuyos valores propios expliquen un 70% o más de la varianza total (López e Hidalgo, 1994a). En base a este criterio en la interpretación y toma de decisiones de los datos de la Tabla 13 se tomaron en cuenta los primeros seis componentes, que en su totalidad explicaron el 70,87% de la varianza, ya que la población presenta una alta variabilidad morfológica (es necesario 12 componentes para lograr explicar el 90% de la varianza).

El valor propio o varianza asociada con cada componente principal es diferente y decrece en orden, entonces, el primer componente describe el mayor porcentaje de varianza, con un valor propio de 6.99, seguido del segundo componente con un valor propio de 3.15, el tercero con 1.79, el cuarto con 1.39, el quinto con 1.14 y el sexto 1.11. Esto también puede ser expresado en porcentaje absoluto y acumulado, en este caso, el primer componente contribuyó con un 31.77% de la variación total, el segundo componente representa el 14,31%, el tercero un 8.13%, el cuarto 6.33%, el quinto 5.22% y el sexto, 5.08%, logrando un acumulado de 70,86% del total de la variación. Los componentes principales restantes representan un acumulado de solo 29.14%, por lo que se puede prescindir de ellos.

La presente caracterización está compuesta de 101 accesiones de maíz en un espacio original de 22 dimensiones, sin embargo, luego de aplicar el ACP, el mismo número de accesiones pasó a distribuirse en un espacio de tan sólo seis dimensiones que representan la mayor variabilidad (70% del total).

**Tabla 12:** Valores propios, porcentaje absoluto y acumulado de la variación fenotípica total explicado por los componentes principales

<b>Componente principal</b>	<b>Valor propio</b>	<b>Varianza Absoluta (%)</b>	<b>Varianza Acumulada (%)</b>
1	6.99	31.78	31.78
2	3.15	14.32	46.1
3	1.79	8.14	54.24
4	1.39	6.32	60.56
5	1.15	5.22	65.78
6	1.12	5.09	70.87
7	0.97	4.43	75.3
8	0.89	4.06	79.36
9	0.71	3.24	82.6
10	0.65	2.95	85.55
11	0.61	2.76	88.31
12	0.51	2.33	90.64
13	0.42	1.91	92.55
14	0.39	1.77	94.32
15	0.32	1.44	95.76
16	0.24	1.1	96.86
17	0.21	0.96	97.82
18	0.16	0.71	98.53
19	0.12	0.56	99.09
20	0.09	0.41	99.5
21	0.07	0.3	99.8
22	0.04	0.2	100

En la tabla 13 se observa la correlación entre las variables originales y los componentes principales. La interpretación de las correlaciones entre las variables originales y los componentes principales se deben centrar en los coeficientes de correlación; 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), sugirió que las cargas o correlaciones que se distribuyen en los componentes indican el peso de cada variable asociada o el grado de contribución al componente, por tanto, recomienda tomar en cuenta el comportamiento observado en las accesiones durante el trabajo de caracterización en relación con cada variable considerada en el estudio. En este caso para asegurar la significación se tomaron los datos mayores a  $\pm 0.5$ .

En base a los criterios anteriormente mencionados, la floración femenina (0.8910), la altura de mazorca (0.8551), el ancho de mazorca (0.8434), el número de hojas por debajo de la mazorca (0.8290), la altura de planta (0.7925), la floración masculina (0.7898), la longitud de hoja (0.7824), el ancho de hoja (0.6990) y la forma de grano (-0.6274) respectivamente, fueron aquellas que contribuyeron a la formación del primer componente. Estos nueve descriptores son aquellos que discriminan mejor los individuos de la población estudiada.

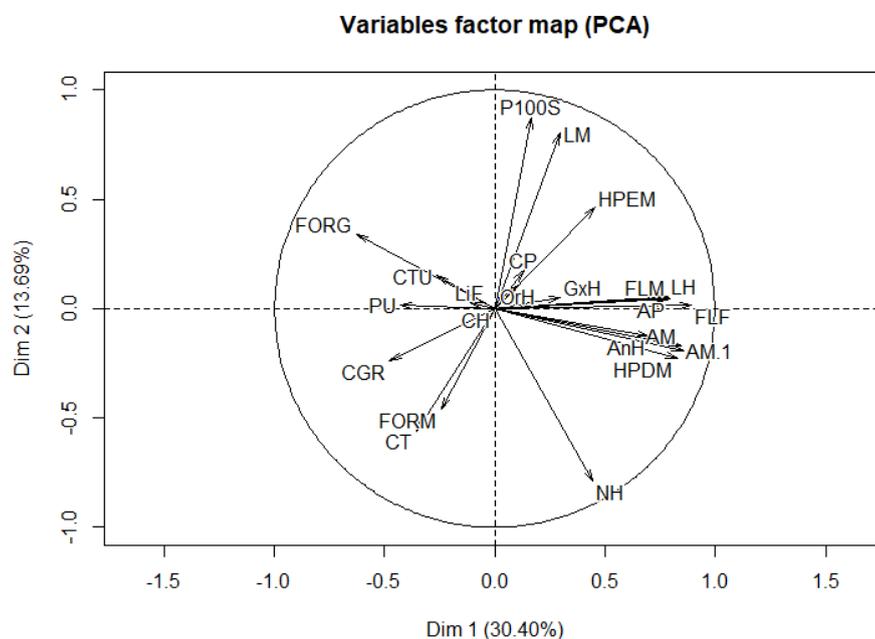
Por otro lado, el peso de 100 granos, longitud de mazorca, el número de hileras por mazorca y el color de tallo, fueron las variables que contribuyeron para la formación del segundo componente. Para el tercer componente, fue la orientación de hojas la única variable que contribuyó de manera positiva con una correlación de 0.8597. El cuarto componente tuvo una correlación negativa con el color de panoja de -0.5622 y una correlación positiva con la lígula foliar de 0.5580. El color de tusa fue la única variable que tuvo una contribución alta para la conformación del quinto componente; asimismo, el número de granos por hilera, con una correlación de -0.6609 contribuyó a la formación del sexto componente.

**Tabla 13:** Correlación entre descriptores y los primeros 6 componentes principales usados para la discriminación de las 101 accesiones de maíz

Dim	Variables	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
v1	Peso de 100 granos	0.1683	0.8751	0.2093	0.0161	0.0633	0.1589
v2	Floración masculina	0.7898	0.0486	-0.1047	-0.0912	0.0372	0.2253
v3	Floración femenina	0.891	0.0143	-0.0309	-0.0912	0.0477	0.1345
v4	Longitud de mazorca	0.2941	0.8024	0.1395	0.1475	-0.2522	-0.2407
v5	Ancho de mazorca	0.8434	-0.1678	-0.1197	-0.1746	0.0833	-0.1037
v6	Disposición de hileras en la mazorca	-0.2442	-0.4601	0.2187	0.0795	-0.0666	-0.0752
v7	Color de grano	-0.4771	-0.2382	0.3995	-0.2846	0.0433	-0.2151
v8	Forma de grano	-0.6274	0.3403	-0.1702	-0.2525	-0.0342	-0.1656
v9	Color de tusa	-0.2653	0.1499	0.1872	-0.1865	-0.5993	0.2379
v10	Altura de planta	0.7925	0.0436	0.101	-0.1147	-0.0699	-0.1449
v11	Altura de mazorca	0.8551	-0.1924	-0.0422	-0.0485	-0.0823	-0.1425
v12	Número de hojas por encima de la mazorca	0.4548	0.4614	-0.4443	-0.3472	0.1361	-0.1893
v13	Número de hojas por debajo de la mazorca	0.829	-0.227	0.2078	0.1558	-0.0813	0.1726
v14	Color de tallo	-0.3571	-0.5586	0.2509	-0.1997	-0.2894	-0.0451
v15	Pubescencia	-0.4302	0.0172	0.0364	-0.2864	0.251	-0.3921
v17	Color de panoja	0.1319	0.1754	0.3368	-0.5622	0.1269	-0.2436
v18	Longitud de hoja	0.7824	0.0551	0.2722	-0.1164	0.0092	-0.0262
v19	Ancho de la hoja	0.6999	-0.123	0.2863	0.0656	0.0232	-0.0658
v20	Orientación de la hoja	0.105	0.1049	0.8597	-0.0191	0.1051	0.0521
v21	Lígula foliar	-0.1105	0.0256	0.2411	0.558	0.5324	-0.1838
v22	Número de hileras/mazorca	0.4455	-0.7902	-0.2058	-0.115	0.0545	-0.1427
v23	Número de granos/hilera	0.2975	0.0481	-0.057	0.4404	-0.4546	-0.6609

La dispersión de las poblaciones con respecto al primer componente (eje horizontal) refleja su diversidad en cuanto a su floración masculina, floración femenina, la altura de planta, la longitud de hoja, orientación de hoja, granos por hilera, pubescencia y presencia de lígula foliar, asimismo, el ancho de mazorca, el ancho de hoja y el número de hojas por debajo de la mazorca. El segundo componente principal situado en el eje vertical determina la dispersión de las razas atribuible al peso de 100 semillas, la longitud de mazorca, el color de tuza, forma de mazorca y número de hileras.

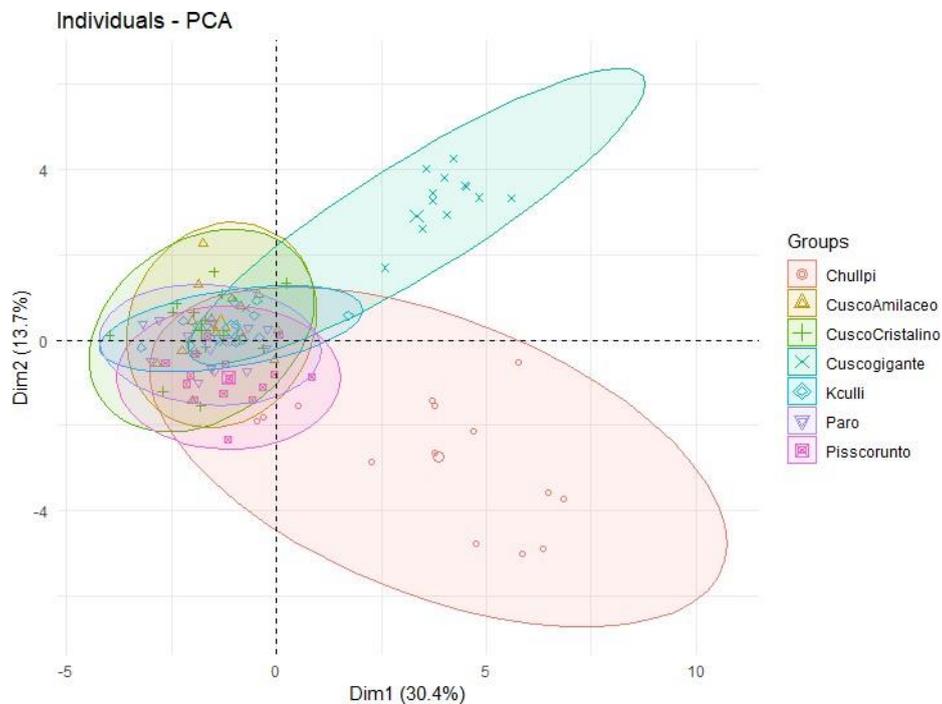
Esto concuerda con lo estudiado por Dávalos (2017), con respecto a los maíces de la selva, que posee a las variables floración femenina y masculina, altura de planta y de mazorca, longitud de mazorca y número de hileras distribuidas en las primeras dos dimensiones.



**Figura 8:** Distribución de las variables originales de las accesiones en la primera y segunda dimensión

De acuerdo con la Figura 8, se observa que la mayoría de las accesiones de la raza cusco gigante se dispersan en el primer cuadrante con características relacionadas al mayor número de hojas por encima de la mazorca, la mayor longitud de la mazorca ( $12.97 \pm 1.15$  cm) y con el mayor peso de las 100 semillas ( $0.11 \pm 0.02$  gramos). También, la distribución de varias de las accesiones de raza chullpi en la parte inferior derecha, caracterizada por plantas que poseen el mayor número de hojas por debajo de la mazorca, el mayor ancho de hoja ( $11.07 \pm 2.84$  cm), el mayor un ancho de mazorca ( $6.67 \pm 0.59$  cm) y mayor número de hileras ( $20.53 \pm 4.15$ ).

A demás, ambas razas se han localizado en la parte derecha del gráfico de dimensiones por poseer las accesiones más tardías en floración; chullpi con una floración masculina de  $117 \pm 13.60$  días y femenina de  $122,79 \pm 14.82$  días y cusco gigante con una floración masculina de  $115.21 \pm 12.07$  días y femenina de  $121.93 \pm 11.68$  días.



**Figura 9:** Distribución de las accesiones pertenecientes a las 07 razas en la primera y segunda dimensión

También la Figura 9, muestra que la mayoría de las accesiones de las razas chullpi y cusco gigante están bien separadas y forman grupos distintos. Sin embargo, las razas cusco amiláceo, cusco cristalino, kculli, paro y pisscorunto no forman grupos separados por raza, se muestran como un solo grupo. Esto sugiere que hay una mezcla en la colección.

#### 4.5. Análisis de agrupamiento

El análisis de clúster es la técnica que permitió descubrir asociaciones y estructuras en los datos que no son evidentes a priori. Este agrupamiento está basado en la idea de distancia y similitud, en este caso, entre las 101 accesiones estudiadas.

Para representar de manera gráfica las distancias obtenidas entre las accesiones se obtuvo un dendrograma basada en las descripciones morfológicas hechas. Este gráfico cuenta con una escala de valores que va desde 0 a 1.9, valor en donde todas las razas forman un solo clúster.

En este caso, se trazaron dos líneas rectas en la escala, la primera a una distancia de 1.8, y otra a una distancia de 0.8. La primera, como se observa, permitió dos grandes grupos y con el segundo, se obtuvieron 15 subgrupos.

Al trazar una línea en el coeficiente 1.8, se puede observar la formación de dos grandes grupos (I y II), en el grupo II se encuentran 11 accesiones pertenecientes a la raza Chullpi, mientras que el grupo I agrupa las restantes 90 accesiones pertenecientes a las 07 razas en estudio.

El II, conformado por la mayor cantidad de accesiones de Chullpi se diferencia por poseer una floración masculina dentro de un rango de 117 a 129 días después de la siembra y una floración femenina entre 120 a 140 días después de la siembra, rangos que son mucho mayores que los del grupo I que va desde 80 a 129 y 90 a 133 días después de la siembra respectivamente.

Por otro lado, el peso de 100 semillas para el grupo II oscila entre un rango de 0.036 a 0.049 gr, inferior al rango del grupo I que varía desde 0.061 a 0.130 gr. Asimismo, el promedio de hileras por mazorca varía entre 14.8 – 28, superior al grupo I. Y el número de granos por hilera entre 27.89 – 41.20, superior al grupo I.

Es importante recalcar el porqué las tres accesiones de Chullpi restantes no pertenecen al grupo II, estas se caracterizan por poseer una floración masculina y femenina inferior (93 y 99 días después de la siembra en promedio). El tamaño de planta, en general, es mucho más pequeña, con valores de 197.13 cm y 113.03 cm para altura de planta y mazorca respectivamente, y 84.34 cm, 8.87 cm para la longitud y ancho de las hojas; Además, su mazorca se caracteriza por poseer menor número de hileras, pero mayor número de granos por cada una (16 y 36, respectivamente).

Paralelamente se trazó una línea en el coeficiente 0.8, la cual permitió que se formaran 15 subgrupos (algunos de la misma raza y otros no), que poseen similitudes en cuanto a su caracterización morfológica.

El subgrupo A está conformado por 3 accesiones de la raza cusco cristalino y una accesión de cusco amiláceo (mezcla), las cuales se caracterizan por una longitud de mazorca de 10.5 cm, con 30.8 granos por hilera en promedio, el color de la tuza es morado, una floración femenina de 92,5 días después de la siembra.

El subgrupo B, está conformado por 2 accesiones de cusco cristalino y 5 accesiones de cusco amiláceo, las cuales se agrupan por contar con una floración masculina de 94 días después de la siembra y, su floración femenina de 98.5 días. Su tallo se caracteriza por ser de color morado, con un promedio de 4 hojas por encima de la mazorca y 5, por debajo; con pubescencia escasa y panoja morada.

Los granos de la mazorca presentan colores variables, pero mantienen un grano puntiagudo, distribuidos de manera regular-irregular en la mazorca, con un promedio de 10 hileras y 31 granos por cada una; además presenta un color blanco como moda en el color de tuza.

El subgrupo C, con una accesión de la raza cusco cristalino y una accesión de cusco amiláceo (mezcla). Este par se caracteriza por poseer una floración masculina de 96 días en promedio y una floración femenina de 101.5 días, además de una mazorca regular con un ancho de 5.5 cm. Por otro lado, la altura de mazorca rodea los 125,85 cm, con una longitud de hoja de 77,36 cm.

El subgrupo D, cuenta con dos accesiones de cusco cristalino (mezclas), una de cusco amiláceo (mezcla), una de cusco gigante (mezcla), diez de paro (seis mezclas), dos de kculli (mezcla) y seis de la raza pisccorunto (cinco mezclas), son las que forman parte de este amplio grupo. Estás 22 accesiones presentaron una floración masculina de 89 días, y una floración femenina de 97 días después de la siembra.

También, se caracterizan por poseer una altura de planta de 202.75 cm y una altura de mazorca de 98.89 cm, donde predomina el color café en el tallo; por otro lado, sus hojas de color verde comprenden una longitud de 82.24 cm y un ancho de 8.90 cm en promedio. Su mazorca mide, en promedio, 10,60 cm de longitud y 5.39 cm de ancho, con una disposición de hileras irregular en todas las accesiones, con un promedio de 11 hileras por mazorca y 32 granos por hilera de color y forma variable, con una tuza predominantemente blanca.

El subgrupo E está conformado por tres accesiones de la raza Paro (mezcla), diferenciados por la longitud de su mazorca que bordea los 11-12 cm con un ancho de 5.39 cm aproximadamente. Entre estas tres accesiones predomina el color rojo capa blanca, con granos entre puntiagudos y muy puntiagudos de disposición irregular. La planta en estado vegetativo presentaba un promedio de 4 hojas por encima de la mazorca y 5 por debajo, las cuales tenían una longitud 82 cm y ancho de 8.6 cm. el color de su tallo es de color café. Además, presentan 11 hileras por mazorca, y en cada hilera un promedio de 36 granos.

El subgrupo F está representado por una accesión de la raza pisccorunto, una de cusco gigante y nueve accesiones de la raza kculli. Estas 11 accesiones son descritas como mezclas ya que según lo observado no representan características puras de las razas a las que pertenecen.

Según lo descrito, estas accesiones tienen en común una floración masculina de 89 días después de la siembra y una floración femenina de 97-98 días aproximadamente; con una longitud de mazorca de 10,97 cm y un ancho de 5,35 con una disposición de granos mayormente regular, puntiagudos y de color rojo. El peso de las 100 semillas es de 0.08 gr.

Los subgrupos G (cuatro accesiones) y H (dos accesiones), son conformados por accesiones de la misma raza que tienen en común la disposición irregular de hileras de granos en la mazorca, los cuales tienen un color púrpura moteado y formas entre puntiagudo y muy puntiagudo. Sin embargo, el grupo G presenta una longitud de mazorca mayor que el grupo H, de 10.80 cm contra 8.63 cm, pero un ancho menor con 5.48 cm contra 5.85 cm en el grupo H. Por otro lado, ambos grupos cuentan con un promedio de número de hojas por debajo por encima de la mazorca iguales, con valores de 4 y 6 respectivamente (en promedio).

También presentan diferencias significativas en los días de floración masculina, mientras que el grupo G tiene un promedio de 90 días después de la siembra, el grupo H floreció 4 días después en promedio (94 dds), igualmente en la floración femenina, las accesiones del grupo H tardaron 102 días después de la siembra, y las del otro grupo, 98 días (también una diferencia de 4 días). En cuanto a sus plantas en estado vegetativo, las del primer grupo mencionado tuvieron una altura mayor con 2 metros y 22 cm en promedio (altura de planta) y la altura de mazorca superó los 131 cm, en contraparte, las del segundo grupo tuvieron una altura de planta de 188.31 cm y de mazorca de 96 cm.

Las hojas de las plantas de las accesiones del grupo G son más largas (89.26 cm) pero menos anchas (9.91 cm) que las del otro grupo (86,38 cm de largo y 10,72 cm de ancho). Asimismo, muestran diferencias en la cantidad de hileras por mazorca, si bien las del primer grupo tienen un promedio de 11 hileras por mazorca, tienen un promedio de 35 granos por cada una de ellas, contraponiéndose a las mazorcas de las dos accesiones del grupo H, que tienen 16 hileras en promedio, pero solo 30 granos por cada una de ellas.

El subgrupo I conformado por tres accesiones de dos distintas razas tiene como característica diferencial que su mazorca presenta un promedio de 9 hileras por mazorca con 34 granos puntiagudos por hilera; también, presenta 5 hojas por encima de la mazorca y 4 por debajo. Presenta plantas con tallo café y de porte alto con 201.5 cm y una altura de mazorca de 100 cm menos, con 102.47 cm. Por otro lado, su floración masculina y femenina se dieron a los 91 y 98 días después de la siembra respectivamente.

Las tres accesiones de cusco amiláceo del subgrupo J tienen características similares en cuanto a su floración femenina y masculina, con un promedio de 87 y 97 días después de la siembra respectivamente. Sus plantas presentaron una altura de 195.03 cm y una altura de mazorca de 97.97 cm en promedio; con tallo de color verde, pubescencia densa, hojas de color verde con una longitud de 79.81 cm y ancho de 8.52 cm. La mazorca presenta una longitud de 10.96 cm y un ancho de 5.38 cm con granos de color rojo capa blanca de forma puntiaguda, la misma que presenta 11 hileras en promedio con 34 granos por cada una.

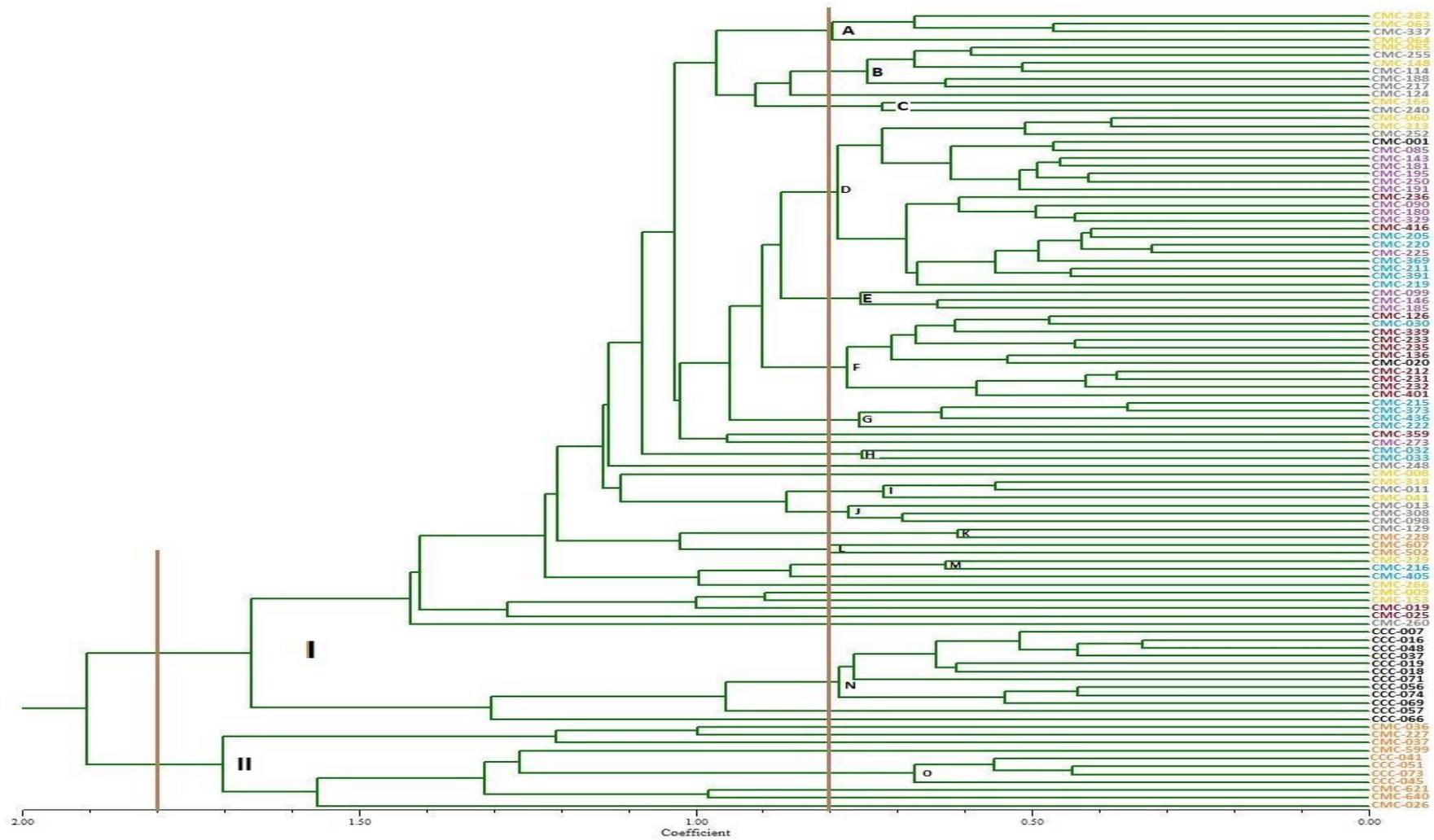
El subgrupo K, con una accesión de cusco amiláceo (mezcla) y una de chullpi, a pesar de ser de razas diferentes presentan características similares en los descriptores floración masculina (88 días después de la siembra), floración femenina (96 días después de la siembra). Sus plantas presentaron 4 hojas por encima de la mazorca y 6 hojas por debajo de la misma. Las mazorcas presentaron una longitud de 10.35 cm y 5.92 cm de ancho, en promedio, con 36 granos por hilera, de color amarillo, pero de distinta forma y su tuza, de color blanco con un peso de 100 granos de 0,064 gr.

El subgrupo L, formado por dos accesiones de la raza chullpi, se diferencia del resto de accesiones de la misma raza por poseer una floración masculina y femenina menor, de aproximadamente 95.5 y 100.5 días después de la siembra, respectivamente. Asimismo, en campo presentó una altura de planta menor, de 202.15 cm y una altura de mazorca de 116.30 cm en promedio, con hojas de 82.96 cm de longitud y 8.69 cm de ancho. En el caso de la cosecha, sus mazorcas 17 hileras de granos (número menor que las otras accesiones de la raza chullpi) y 36 granos por cada una de ellas, de color amarillo uniforme; también, es representado por poseer un peso de 100 granos muy bajo (de 0.040 gr).

Una accesión de cusco cristalino y una de pisccorunto forman el subgrupo M. Estas dos accesiones a pesar de ser de dos razas distintas presentan características muy similares, por ejemplo, en el caso de la floración femenina, ambas se dieron 95 días después de la siembra y su floración masculina en un promedio de 84 días. La altura de planta fue de 180.12 cm y la altura de mazorca 85.15 cm en promedio, con panoja morada. Su mazorca, con una longitud de 10.90 cm y un ancho de 5.08 cm, presentó un promedio de 10 hileras dispuestas en espiral, con un promedio de 20 granos puntiagudos en cada una de ellas, sin embargo, se diferenciaron en el color de este. Por último, el peso de 100 granos tuvo un promedio de 0.070 gramos.

El subgrupo N está conformado por 10 accesiones de raza Cusco Gigante, caracterizados por contar con una altura de planta de 244 cm, y una altura de mazorca de 132 cm, con tallo y hojas de color verde, las cuales tienen una longitud aproximada de 95 cm y 10.8 cm de ancho. Además, cuentan con una floración masculina de 120 días y 127 días de floración femenina. Su mazorca regular cuenta con, en su mayoría, 8 hileras con 33 granos por cada una de ellas y sus granos son redondos de color blanco.

El último subgrupo O, tiene como representantes cuatro accesiones de la raza Chullpi, con una planta en estado vegetativo de altura de 271 cm, y una altura de mazorca de 182,70 cm. Con una floración masculina de 128 días y 139 días en floración femenina. Su mazorca se caracteriza por poseer 24 hileras en promedio y 35 granos por cada una de ellas, poseen un color amarillo uniforme y grano contraído.



**Figura 10:** Dendrograma de las 101 accesiones evaluadas de maíz (*Zea mays* L.) en Chiquián, Ancash

## **V. CONCLUSIONES**

La población de 101 accesiones de maíces amiláceos de la sierra del Perú presenta una alta variabilidad morfológica.

Las características morfológicas con mayor poder discriminatorio para las 101 accesiones fueron la floración femenina, la altura de mazorca, el ancho de mazorca, el número de hojas por debajo de la mazorca, la altura de planta, la floración masculina, la longitud de hoja, el ancho de hoja y la forma de grano.

Las razas Chullpi y Blanco gigante muestran mayor homogeneidad en cuanto a sus características morfológicas bajo condiciones del distrito de Chiquián en Ancash. En el resto de accesiones se observa razas atípicas (mezcla).

## **VI. RECOMENDACIONES**

Es importante tener en cuenta los 09 descriptores con mayor poder discriminatorio para evaluar la variabilidad de maíces amiláceos serranos.

Repetir la evaluación agromorfológica en distintas localidades para ver su potencial productivo.

Tener en consideración las recomendaciones establecidas de los bancos de germoplasma de maíz para la regeneración de material.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asturias, MA. 2004. Maíz, alimento sagrado a negocio del hambre. Quito, Ecuador.
- Balzarini, M; Di Rienzo, A; Cazanovez, F; González, L; Tablada, M; Guzmán, W; Robledo, W. 2008. InfoStat software estadístico InfoStat versión 2008: manual de usuario. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Becerra, V; Paredes, M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. Agricultura Técnica 60(3):270-281.
- Casas, E; Hanson, W; Wellhausen, E.1968. Genetic relationships among collections representing three Mexican race composites of *Zea mays* L. Genetics 59. p. 299-310.
- Castillo, F; Goodman M; Herrera, B; Sanchez, J; Ortega, R. 2000. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. Revista Fitotecnia Mexicana 23(2):335-353.
- Catalán, F. 2016. Caracterización agrobotánica de ciento treinta y uno accesiones de maíz (*Zea mays* L) de la subcuenca del Rio Ollabamba Distrito de Mariscal Gamarra Provincia de Grau – Apurímac. Cusco, Perú, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 116 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y del Trigo). 1991. Descriptores para maíz. Roma.
- Cliff, N. 1987. Analyzing multivariate data. 235 pp.
- Cortamira, O. 2006. Particularidades nutricionales del grano de maíz en la alimentación de cerdos. *In* Maíz y Nutrición: Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Argentina, ILSI. (2): 35-38.

- Cosio, P. 2016. Caracterización y evaluación del germoplasma de maíz del CICA (Centro de Investigación de Cultivos Andinos). Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco. Cusco, Perú.
- Crisci, J. 1983. Introducción a la teoría práctica de la economía numérica. Secretaría de la Organización de Estados Americanos (OEA). Washington, D.C. p. 39-67. Dallas, E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. México. p. 121-154.
- Dávalos, A. 2017. Diversidad de maíz (*Zea mays* L.) en la selva peruana. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 82 p.
- Enríquez, G. 1991. Descripción y evaluación de los recursos fitogenéticos. In Técnicas para el manejo y uso de los recursos genéticos vegetales. Departamento de Recursos Fitogenéticos, INIAP. Quito, Ecuador. p. 116-117.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Italia). 1993. El maíz en la nutrición humana. Italia, Roma.
- Fernández, L. 2009. Identificación de razas de maíz (*zea mays* L.) presentes en el germoplasma cubano. La Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical.
- Ferreira, P. 1987. Análisis multivariado aplicado a problemas de clasificación y tipificación. Instituto de Educación Continuada (IDEC). 12 p.
- Granados, G; Lafitte, H; Paliwal, R; Violic, A. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Roma, Italia.
- Grobman, A; Salhuana, W; Sevilla, R. 1961. Races of maize in Peru, their origins, evolution and classification. Washington D.C, United States.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2013. La cadena de valor del maíz en el Perú. Lima, Perú. Disponible en: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=392>

- Johnson, D. 1999. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Thomson Paraninfo. México. 566 p.
- Kuleshov, N. 1929. The geographical distribution of the varietal diversity of maize in the world. P. 506-510.
- López, J; Hidalgo, M. 1994a. Análisis de componentes principales y análisis factorial. In: Ato, M; López, J (eds.). Fundamentos de estadística con SYSTAT. Addison Wesley Iberoamericana. p. 457-503.
- Macuri Núñez, E. 2016. Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (*Zea mays* L) en la sierra baja y media del Perú. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 107 p.
- MAIZAR (Asociación Maíz y Sorgo Argentino, Argentina). 2011. El maíz primero en el mundo. Argentina. Consultado 15 abr. 2018.
- Mangelsdorf, P; Reeves, R. 1959. The origin of corn II. Teosinte, a hybrid of corn and *Tripsacum*. Botanical Museum Leaflets, Harvard University 18(8):357- 387.
- Manrique Chávez, A. 1997. El Maíz en el Perú. Lima, Perú, CONCYTEC.
- Márquez, S. (1985). Genotécnia Vegetal. México. (1): 1-351.
- Mayr, E. 1942. Systematics and the Origin of Species. Columbia University Press. New York, United States.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú); SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Perú). 2018. Requerimientos agroclimáticos del cultivo de Maíz Amiláceo (Ficha técnica). Lima, Perú. 2 p.
- Nieto, C. et al. 1984. Guía para el manejo y preservación de los recursos fitogenéticos, INIAP-CIID. Quito, Ecuador. (47):15-25.
- Núñez, C; Escobedo, D. 2011. Uso correcto del Análisis Clúster en la caracterización de Germoplasma Vegetal. Agronomía Mesoamericana 22(2): 415-427.

- Oliszewski, N; Olivera, D. 2009. Variabilidad Racial de Macrorrestos Arqueológicos de Zea mays (Poaceae) y sus relaciones con el proceso agropastoral en la Puna Meridional Argentina (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). *Revista Darwiniana* 47(1). 76-91.
- Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariados. In Mac Graw Hill. Madrid, España. p. 133-158.
- Salhuana, W. 2004. Diversidad y descripción de las razas de maíz del Perú. Lima, Perú. Disponible en: [https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/50301000/Races\\_of\\_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20maiz%20en%20Peru.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20maiz%20en%20Peru.pdf).
- Salhuana, W; Valdez, A; Scheuch, F; Davelouis, J. 2004. Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigación en Maíz (PCIM) 1953 – 2003. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Sánchez, V. 2002. Caracterización agromorfológica y molecular de 18 accesiones de maíz blanco de altura. Quito, Ecuador.
- Serratos Hernández, JA. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Ciudad de México, México, Greenpeace.
- Sevilla, R. 1993. Experiencias en el cultivo del Maíz en el área andina 2. Ecuador.
- Sevilla, R. 2004. Mejoramiento del maíz en la sierra del Perú. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sevilla, R; Holle , M. 2004. Recursos genéticos vegetales. Lima, Perú.
- Sevilla, R. 2006a. Colecta y clasificación para programar la conservación in situ de la diversidad de maíz en la Amazonía peruana. In Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrobiodiversidad en la región Ucayali, 16 de enero del 2003. Pucallpa, Perú. Cali, Colombia. p. 33-50.
- SIEA (Sistema Integrado de Estadística Agraria). 2017. Boletín estadístico de la Producción

Agrícola y Ganadera 2017 II – Trimestre. Lima, Perú:19.

Sneath, P; Sokal, R. 1973. Numerical Taxonomy. The Principles and Practices of Numerical Classification, W. H. Freeman and Company. San Francisco. 573 p.

Sokal, R; Michener, C. 1958. A Statistical Method for Evaluating Systematics Relationships. Univ. Kansas Sci. Bull. 38:1409-1438.

Tanaka, A; Yamaguchi, J. 1972. Dry matter, yield components and grain yield of the maize plant. Japón.

Wilkes, H. 1989. Maize: domestication, racial evolution and spread. In Harris, D; Hillman, G (eds.). Forage and farming. London. p. 440-454.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1:** Distribución de 101 accesiones sembradas en campo

SURCO	CÓDIGO	RAZA	SURCO	CÓDIGO	RAZA
1	CMC - 282	Cusco Cristalino	80	CCC - 018	Cusco Gigante
2	CMC - 008	Cusco Cristalino	79	CCC - 019	Cusco Gigante
3	CMC - 009	Cusco Cristalino	78	CCC - 016	Cusco Gigante
4	CMC - 318	Cusco Cristalino	77	CCC - 007	Cusco Gigante
5	CMC - 041	Cusco Cristalino	76	CMC - 020	Cusco Gigante
6	CMC - 060	Cusco Cristalino	75	CMC - 001	Cusco Gigante
7	CMC - 063	Cusco Cristalino	74	CMC - 405	Pissccorunto
8	CMC - 064	Cusco Cristalino	73	CMC - 391	Pissccorunto
9	CMC - 065	Cusco Cristalino	72	CMC - 396	Pissccorunto
10	CMC - 148	Cusco Cristalino	71	CMC - 373	Pissccorunto
11	CMC - 153	Cusco Cristalino	70	CMC - 436	Pissccorunto
12	CMC - 166	Cusco Cristalino	69	CMC - 222	Pissccorunto
13	CMC - 213	Cusco Cristalino	68	CMC - 219	Pissccorunto
14	CMC - 229	Cusco Cristalino	67	CMC - 215	Pissccorunto
15	CMC - 266	Cusco Cristalino	66	CMC - 211	Pissccorunto
16	CMC - 260	Cusco Amiláceo	65	CMC - 220	Pissccorunto
17	CMC - 011	Cusco Amiláceo	64	CMC - 216	Pissccorunto
18	CMC - 013	Cusco Amiláceo	63	CMC - 205	Pissccorunto
19	CMC - 308	Cusco Amiláceo	62	CMC - 033	Pissccorunto
20	CMC - 098	Cusco Amiláceo	61	CMC - 032	Pissccorunto
21	CMC - 114	Cusco Amiláceo	60	CMC - 030	Pissccorunto
22	CMC - 124	Cusco Amiláceo	59	CMC - 416	Kculli
23	CMC - 129	Cusco Amiláceo	58	CMC - 401	Kculli
24	CMC - 188	Cusco Amiláceo	57	CMC - 359	Kculli
25	CMC - 217	Cusco Amiláceo	56	CMC - 339	Kculli
26	CMC - 252	Cusco Amiláceo	55	CMC - 236	Kculli

SURCO	CÓDIGO	RAZA
81	CCC - 037	Cusco Gigante
82	CCC - 048	Cusco Gigante
83	CCC - 056	Cusco Gigante
84	CCC - 057	Cusco Gigante
85	CCC - 066	Cusco Gigante
86	CCC - 069	Cusco Gigante
87	CCC - 071	Cusco Gigante
88	CCC - 074	Cusco Gigante
89	CMC - 085	Paro
90	CMC - 090	Paro
91	CMC - 099	Paro
92	CMC - 143	Paro
93	CMC - 146	Paro
94	CMC - 180	Paro
95	CMC - 181	Paro

**Anexo 2:** Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Cusco Gigante

Número de entrada	Nombre local	Raza	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Latitud Sur	Latitud Oeste	Altitud (m)
CCC-018	-	Cusco gigante	Cusco	Calca	Coya	Paullo Chico	13° 24' 34.3"	71° 54' 02"	3062
CCC-019	-	Cusco gigante	Cusco	Calca	Coya	Paullo Chico	-	-	-
CCC-016	-	Cusco gigante	Cusco	Urubamba	Ollantaytambo	Palomar	13° 18' 39.1"	72° 06' 38.1"	2887
CCC-007	-	Cusco gigante	Cusco	Quispicanchi	Andahuaylillas	Andahuaylillas	13° 40' 12.4"	71° 40' 28.1"	3120
CMC-020	Saqsa gigante	Cusco gigante	Cusco	Urubamba	Urubamba	Urubamba	13°18'19.74"	72°06'56.40"	2878
CMC-001	Hathun Paraqay	Cusco gigante	Cusco	Urubamba	Yucay	Yucay	13°19'00"	72°05'21"	2860
CCC-037	-	Cusco gigante	Cusco	Paucartambo	Cai Cai	Seqsencalla	13° 39' 51.5"	71° 39' 46.7"	3243
CCC-048	-	Cusco gigante	Cusco	Calca	Calca	Hunuraqui	13° 20' 10"	71° 59' 24.9"	3244
CCC-056	-	Cusco gigante	Cusco	Paucartambo	Cai Cai	Vilcabamba	13° 33' 12.6"	71° 43' 02.1"	3056
CCC-057	-	Cusco gigante	Cusco	Calca	Taray	Taray	13° 25' 37.7"	71° 52' 01.6"	2990
CCC-066	Tik'a Sara	Cusco gigante	Cusco	Calca	Calca	Hunuraqui	13° 20' 12.3"	71° 59' 19.4"	3247
CCC-069	Capuli	Cusco gigante	Cusco	Calca	Lamay	Huychu	13° 20' 11.5"	72° 02' 20.9"	2896
CCC-071	Saqsa	Cusco gigante	Cusco	Calca	Taray	Taray	13° 25' 37.7"	71° 52' 01.6"	2990
CCC-074	-	Cusco gigante	Cusco	Calca	Taray	Taray	-	-	2990

**Anexo 3:** Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Cusco Cristalino

Número de entrada	Nombre local	Raza	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Latitud Sur	Latitud Oeste	Altitud (m)
CMC-008	Q'ello	Cusco cristalino	Cusco	Quispicanchi	Urcos	Urcos	13°41'22.20"	71°37'05.37"	3193
CMC-009	Q'ello	Cusco cristalino	Cusco	Cusco	San Jerónimo	Kayra	13°33'26.31"	71°52'28.65"	3279
CMC-318	Q'ello Sara	Cusco cristalino	-	-	-	-	-	-	-
CMC-041	Q'ello	Cusco cristalino	Cusco	Cusco	San Jerónimo	San Jerónimo	13°32'57.05"	71°53'35.37"	3227
CMC-060	Q'ello	Cusco cristalino	Apurímac	Abancay	Cachora	Cachora	13°30'46.13"	72°48'44.66"	2909
CMC-063	Q'ello	Cusco cristalino	Apurímac	Andahuaylas	Huancarama	Kishuarpata	13°38'30.48"	73°05'31.17"	2968
CMC-064	Q'ello	Cusco cristalino	Apurímac	Andahuaylas	San Jerónimo	Polloca	13°39'09.30"	73°22'01.37"	3500
CMC-065	Morocho	Cusco cristalino	Apurímac	Chincheros	Uripa	Tolorabamba	13°31'52.81"	73°40'29.05"	3218
CMC-148	Q'ello (Puka Qello)	Cusco cristalino	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Anqopaccha	13°36'07.55"	73°18'20.01"	3116
CMC-153	Q'ello Saqsa	Cusco cristalino	Apurímac	Andahuaylas	San Jerónimo	San Jerónimo	13°39'09.30"	73°22'01.37"	3500
CMC-166	Amarillo K'ayra	Cusco cristalino	Cusco	Cusco	San Jerónimo	San Jerónimo	13°33'26.31"	71°52'28.65"	3279
CMC-213	Pillpi Canchero	Cusco cristalino	Cusco	Paucartambo	Challabamba	Challabamba	13°12'43.07"	71°38'59.67"	2818
CMC-229	Q'ello	Cusco cristalino	Cusco	Canchis	Maragani	Maragani	14°21'24.83"	71°10'09.69"	3705
CMC-266	Puka Chaminco	Cusco cristalino	Cusco	Urcos	Quiquijana	Quiquijana	13°49'21.22"	71°32'31.29"	3218

**Anexo 4:** Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Cusco Amiláceo

Número de entrada	Nombre local	Raza	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Latitud Sur	Latitud Oeste	Altitud (m)
CMC-011	Puka	Cusco Amiláceo	Cusco	Paruro	Paruro	Paruro	13°45`48"	71°50`58"	3113
CMC-013	Puka	Cusco Amiláceo	Cusco	Quispicanchi	Urcos	Urcos	13°41`22.20"	71°37`05.37"	3193
CMC-308	Yurac Hank'asara	Cusco Amiláceo	Cusco	Paucartambo	Sunchubamba	Ccapachi	13°14`12.54"	71°38`17.19"	2829
CMC-098	Puka Sara	Cusco Amiláceo	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Argama	13°36`31.58"	73°20`18.33"	2784
CMC-114	Queso K'apchillo	Cusco Amiláceo	Apurímac	Andahuaylas	San Jerónimo		13°39`09.30"	73°22`01.37"	3500
CMC-124	Cheqche	Cusco Amiláceo	Cusco	Cusco	Saylla	Saylla	13°34`13.17"	71°49`40.63"	3160
CMC-129	Surpo (Saqsá Micito)	Cusco Amiláceo	Apurímac	Antabamba	Antabamba	Colaccota	14°21`35.20"	72°52`05.09"	3292
CMC-188	Wayrasara	Cusco Amiláceo	Apurímac	Abancay	Cachora	Asil	13°30`46.13"	72°48`44.66"	2909
CMC-217	Cheqche	Cusco Amiláceo	Apurímac	Aymaraes	Challwanca	Jayo Atajara	14°17`42.71"	73°14`32.28"	2923
CMC-252	Oq'e Yaurisqui	Cusco Amiláceo	Cusco	Paruro	Yaurisqui	Yaurisqui	13°40`00.50"	71°57`21.07"	3477
CMC-255	Paraqay	Cusco Amiláceo	Cusco	Urcos	Quiquijana	Callatiac	13°49`21.22"	71°32`31.29"	3218
CMC-248	T'ika Sara	Cusco Amiláceo	Cusco	Cusco	San Jerónimo	Kayra	13°33`26.31"	71°52`28.65"	3279
CMC-337	Paraqay Almidón	Cusco Amiláceo	Cusco	Calca	Lamay	Huama	13°20`18.41"	71°52`10.82"	3681

**Anexo 5:** Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Kculli

Número de entrada	Nombre local	Raza	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Latitud Sur	Latitud Oeste	Altitud (m)
CMC-401	Kulli	Kculli	Cusco	Quispicanchi	Cusipata	Aycopata	13°54'40.51"	71°30'08.67"	3381
CMC-359	Kulli	Kculli	Apurímac	Abancay	Huanipaca	Tambobamba	13°28'45.96"	72°53'27.14"	2450
CMC-339	Kulli	Kculli	Cusco	Calca	Lamay	Huama	13°20'18.41" 7	71°52'10.82"	3680
CMC-236	Kulli Morocho	Kculli	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Sta. Elena	13°36'31.58"	73°20'18.33"	2784
CMC-235	Kulli	Kculli	Apurímac	Abancay	Cachora	Asi	13°30'46.13"	72°48'44.66"	2909
CMC-233	Kulli	Kculli	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Anqopaqcha	13°36'07.55"	73°18'20.01"	3116
CMC-232	Kulli	Kculli	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Pacucha	13°36'31.58"	73°20'18.33"	2784
CMC-231	Kulli	Kculli	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Pacucha	13°36'31.58"	73°20'18.33"	2784
CMC-212	Kulli	Kculli	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Pacucha	13°36'31.58"	73°20'18.33"	2784
CMC-136	Yana Morocho	Kculli	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	-	13°36'31.58"	73°20'18.33"	2784
CMC-026	Kulli	Kculli	Cusco	Paruro	Paruro	Paruro	13°45'48"	71°50'58"	3113
CMC-025	Kulli	Kculli	Cusco	Cusco	San Jerónimo	Kayra	13°33'26.31"	71°52'28.65"	3279
CMC-019	Yana Kulli	Kculli	Cusco	Quispicanchis	Quiquijana	Quiquijana	13°49'44.44"	71°32'23.23"	3228

**Anexo 6:** Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Chullpi

Nº de entrada	Nombre local	Raza	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Latitud Sur	Latitud oeste	Altitud (m)
CMC-036	Chullpi gigante	Chullpi	Cusco	Urubamba	Urubamba	Urubamba	13°18'19.74"	72°06'56.40"	2878
CMC-037	Chullpi	Chullpi	Cusco	Cusco	Quispicanchi	Urcos	13°41'22.20"	71°37'05.37"	3193
CMC-227	Chullpi	Chullpi	Cusco	Quispicanchi	Oropesa	Oropesa	13°35'40.90"	71°45'49.47"	3122
CMC-228	Chullpi	Chullpi	Apurímac	Abancay	Cachora	Asi	13°30'46.13"	72°48'44.66"	2909

**Anexo 7:** Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Pissccorunto

Número de entrada	Nombre local	Raza	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Latitud Sur	Latitud Oeste	Altitud (m)
CMC-391	Pisqorunto	Pissccorunto	Cusco	Canchis	Cusipata	Tintinco	13°54`40.51"	71°30`08.65"	3379
CMC-396	Pisqorunto	Pissccorunto	Cusco	Cusco	Calca	San Salvador	13°29`32.63"	71°46`42.80"	3009
CMC-373	Pisqorunto	Pissccorunto	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	-	13°18`56"	71°35`30"	3119
CMC-436	Pisqorunto	Pissccorunto	Cusco	Canchis	San Pablo	Chara	14°12`06.72"	71°19`01.09"	3490
CMC-222	Oq'e	Pissccorunto	Cusco	Cusco	Saylla	Saylla	13°34`13.17"	71°49`40.63"	3160
CMC-219	Oq'e	Pissccorunto	Cusco	Cusco	Anta	Mollepata	13°30`57.71"	72°32`51.94"	2659
CMC-215	Pisqoruntu Pillpi	Pissccorunto	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Llimpi	13°31`03.96"	73°43`24.65"	2784
CMC-211	Pisqoruntu	Pissccorunto	Cusco	Paruro	Paruro	Paruro	13°45`48"	71°50`58"	3113
CMC-220	Oq'e	Pissccorunto	Apurímac	Abancay	Cachora	Cachora	13°30`46.13"	72°48`44.66"	2909
CMC-216	Pillpi	Pissccorunto	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Argama	13°36`31.58"	73°20`18.33"	2784
CMC-205	Pisqorunto	Pissccorunto	Apurímac	Antabamba	Antabamba	Potacse	14°21`35.20"	72°52`05.09"	3292
CMC-033	Pisqorunto	Pissccorunto	Cusco	Paruro	Paruro	Paruro	13°45`48"	71°50`58"	3113
CMC-032	Pisqorunto	Pissccorunto	Cusco	Canchis	Tinta	Tinta	14°08`38.81"	71°24`20"	3483
CMC-030	Pisqorunto	Pissccorunto	Cusco	Quispicanchis	Huaro	Huaro	13°41`27.08"	" 71°38`31.83"	3176

**Anexo 8:** Datos de entrada y recolección de las accesiones pertenecientes a la raza Paro

<b>Número de entrada</b>	<b>Nombre local</b>	<b>Raza</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Localidad</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Latitud</b>	<b>Altitud</b>
<b>CMC-085</b>	Yurac Paru	Paro	Cusco	Anta	Mollepata	Retiro Antabamba	13°30`57.71"	72°32`51.94"	2659
<b>CMC-090</b>	Paru Rojo	Paro	Apurímac	Andahuaylas	San Jerónimo	Tahuantinsuyo	13°39`09.30"	73°22`01.37"	3500
<b>CMC-099</b>	Paru	Paro	Apurímac	Andahuaylas	San Jerónimo	Sandor	13°39`09.30"	73°22`01.37"	3500
<b>CMC-143</b>	Paru Rojo	Paro	Apurímac	Andahuaylas	Pacucha	Pacucha	13°36`31.58"	73°20`18.33"	2784
<b>CMC-146</b>	Paru	Paro	Apurímac	Abancay	Abancay	Cachora	13°30`46.13"	72°48`44.66"	2909
<b>CMC-180</b>	Paru	Paro	Apurímac	Andahuaylas	S. María. Chicmu	-	13°39`07.11"	73°26`33.05"	2820
<b>CMC-181</b>	Paru Rojo	Paro	Apurímac	Abancay	Cachora	Asil	13°30`46.13"	72°48`44.66"	2909
<b>CMC-185</b>	Paru	Paro	Apurímac	Abancay	Cachora	P'osqomayo	13°30`46.13"	72°48`44.66"	2909
<b>CMC-191</b>	Paru Saqsa	Paro	Apurímac	Andahuaylas	S. María. Chicmu	Nva. Esperanza	13°39`07.11"	73°26`33.05"	2820
<b>CMC-195</b>	Q'ello Paru	Paro	Cusco	Anta	Mollepata	Mollepata	13°30`57.71"	72°32`51.94"	2659
<b>CMC-225</b>	Oq'e Paru	Paro	Cusco	Anta	Mollepata	Fdo. Retiro	13°30`57.71"	72°32`51.94"	2659
<b>CMC-254</b>	Q'ello Paru	Paro	Apurímac	Abancay	Curahuasi	Ccochua	13°32`20.63"	72°41`49.60"	2671
<b>CMC-273</b>	Paro K'osñi	Paro	Cusco	Calca	Lares	Tablapata	13°06`19.09"	72°02`40.54"	3184
<b>CMC-329</b>	Paru	Paro	Apurímac	Grau	Chuquibambilla	-	14°06`16.91"	72°42`29.74"	3355

**Anexo 9:** Accesoión CMC-063 (raza Cusco Cristalino)



**Anexo 10:** Accesoión CMC-148 (raza Cusco Cristalino)



**Anexo 11:** Accesoión CMC-008 (raza Cusco Cristalino)



**Anexo 12:** Accesoión CMC-011 (raza Cusco Amiláceo)



**Anexo 13:** Accesoión CMC-124 (raza Cusco Amiláceo)



**Anexo 14:** Accesoión CMC-255 (raza Cusco Amiláceo)



**Anexo 15:** Accesoión CMC-586 (raza Chullpi)



**Anexo 16:** Accesoión CCC-073 (raza Chullpi)



**Anexo 17:** Accesoión CCC-051 (raza Chullpi)



**Anexo 18:** Accesoión CMC-026 (raza Kculli).



**Anexo 19:** Accesoión CMC-212 (raza Kculli)



**Anexo 20:** Accesoión CMC-339 (raza Kculli)



**Anexo 21:** Accesoión CMC-211 (raza Pisccorunto)



**Anexo 22:** Accesoión CMC-436 (raza Pisccorunto)



**Anexo 23:** Accesoión CMC-391 (raza Pisccorunto)



**Anexo 24:** Accesoión CMC-020 (raza Cusco Gigante)



**Anexo 25:** Accesoión CCC-016 (raza Cusco Gigante)



**Anexo 26:** Accesoión CCC-037 (raza Cusco Gigante)



**Anexo 27:** Accesoión CMC-185 (raza Paro)



**Anexo 28:** Accesoión CMC-195 (raza Paro)

