

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“CARACTERIZACIÓN DE ACCESIONES DE MAÍCES
ORIGINARIAS DE LA REGIÓN LIMA CONSERVADOS EN EL
BANCO DE GERMOPLASMA DE MAÍZ (*Zea mays* L.)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

WENDY ALEJANDRA QUISPE TRUJILLO

LIMA - PERÚ

2023

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)

Tesis_Agronomia_Wendy-Quispe

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

9%

2

www.ars.usda.gov

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.inia.gob.pe

Fuente de Internet

1%

6

www.dspace.uce.edu.ec:8080

Fuente de Internet

1%

7

www.researchgate.net

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“CARACTERIZACIÓN DE ACCESIONES DE MAÍCES
ORIGINARIAS DE LA REGIÓN LIMA CONSERVADOS EN EL
BANCO DE GERMOPLASMA DE MAÍZ (*Zea mays* L.)”**

Presentado por:

WENDY ALEJANDRA QUISPE TRUJILLO

Tesis para optar el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

.....
Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila

PRESIDENTE

.....
Dr. Raúl Humberto Blas Sevillano

ASESOR

.....
Ph. D. Elías Hugo Huanuqueño Coca

MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Héctor Baroni Cántaro Segura

MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios por la vida, por la salud y por la grandiosa familia que tengo. También por darme la oportunidad de tener personas importantes que son mi motivación para cada día.

A mi abuela, que fue en vida la persona más dulce, tierna y comprensiva que pude haber conocido. Gracias a sus buenas enseñanzas, su amor incondicional y sus grandiosos consejos, fueron fundamentales para superarme y ser mejor cada día.

A mis padres, Miguel Hugo, Susy y a mi hermano Miguel Ángel, gracias por siempre ayudarme y motivarme a ser cada día mejor. Mi mamá es una mujer con coraje, valiente e inteligente, que me regala diariamente los mejores consejos, me enseña a tomar riesgos, dándome su apoyo incondicional y siempre agradeceré a la vida por la grandiosa madre que tengo.

A mis amigos que conocí durante estos años, siempre agradeciendo a cada uno de ellos porque estuvieron en momentos importantes e inolvidables que fueron cruciales durante mi formación universitaria.

AGRADECIMIENTO

Al proyecto de “Mejora de la Infraestructura y funcionalidad del banco de germoplasma de maíz de UNALM para su gestión sustentable y valoración de la diversidad existente en el Perú” financiado por MINEDU-UNALM-VRI, por las facilidades brindadas para el presente trabajo de investigación.

A mi asesor, Dr. Raúl Humberto Blas Sevillano por su apoyo a lo largo de la investigación y revisión de la tesis.

Al Dr. Federico Dueñas Dávila, por sus sugerencias, motivación e influencia positiva y al Ing. Mg. Sc. Julián Chura, por su ayuda en la identificación de las muestras para la culminación de este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Agraria la Molina, al Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz (PIPSM) y a mi querida Facultad de Agronomía, con una Plana Docente de primera que me enseñaron a moldear mi perfil profesional.

Y un especial agradecimiento a mis padres Susy Lucero y Miguel Hugo por apoyarme y creer en mí siempre, por enseñarme que, con disciplina y trabajo todo se puede lograr. A mi hermano, el Ing. Miguel Ángel por su soporte durante el proceso experimental de la tesis. De igual manera, al Ing. Javier por su paciencia y sus valiosos consejos durante el proceso de redacción.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen y evolución del maíz	4
2.2 Clasificación taxonómica.....	6
2.3 Biología del maíz	6
2.4 Ecología y adaptación	7
2.5 Efecto de la temperatura y humedad.....	10
2.6 Diversidad genética del maíz peruano	12
2.6.1 Raza	12
2.6.2 Accesión	14
2.7 Clasificación de las razas de maíz en Perú	14
2.8 Descripción de algunas razas encontradas en costa.....	16
2.9 Conservación y uso del germoplasma	19
2.9.1 Germoplasma.....	20
2.9.2 Viabilidad	21
2.10 Caracterización y evaluación	22
2.10.1 Descriptores del maíz	23
III. METODOLOGÍA	24
3.1 Área de evaluación.....	24
3.1.1 Ubicación geográfica.....	24
3.2 Características climatológicas.....	25
3.3 Características del suelo.....	26
3.4 Materiales y equipos	27
3.4.1 Material en estudio	27
3.4.2 Material genético	27
3.4.3 Materiales de campo	29
3.4.4 Materiales de gabinete	29
3.4.5 Material informático	29
3.5 Variables estudiadas	31
3.5.1 Porcentaje de germinación.....	31

3.5.2	Descriptores vegetativos.....	31
3.5.3	Descriptores de la mazorca.....	33
3.6	Métodos y procedimiento	37
3.6.1	Prueba de germinación	37
3.6.2	Labores culturales.....	38
3.7	Especificaciones del campo de evaluación.....	41
3.7.1	Unidad de evaluación	41
3.8	Características del campo de evaluación	42
3.9	Análisis estadístico	42
3.9.1	Estadística descriptiva	42
3.9.2	Análisis de componentes principales (PCA)	43
3.9.3	Análisis de conglomerado	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1	Estadística descriptiva.....	48
4.1.1	Germinación	48
4.1.2	Descriptores cuantitativos	49
4.1.3	Descriptores cualitativos.....	67
4.2	Análisis de componentes principales (PCA)	72
4.3	Análisis de conglomerados	82
V.	CONCLUSIONES	93
VI.	RECOMENDACIONES	94
VII.	BIBLIOGRAFÍA	95
VIII.	ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación geográfica y política del campo	24
Tabla 2: Condiciones meteorológicas del área de evaluación en La Molina, periodo noviembre 2020 – abril 2021	25
Tabla 3: Datos de pasaportes de las accesiones de maíz en estudio.....	28
Tabla 4: Parámetros cualitativos y cuantitativos de la caracterización morfológica.....	30
Tabla 5: Número de semillas por golpe.....	37
Tabla 6: Eigen-value, porcentaje absoluto y acumulado de la variación fenotípica total explicado por los 19 componentes principales.	73
Tabla 7: Correlación entre descriptores y los siete primeros componentes principales usando las 33 accesiones de maíz.....	77
Tabla 8: Relación de los Grupos formados por el Análisis de Conglomerados.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del lugar de investigación. Fuente: Google Earth.....	24
Figura 2: Variables climáticas durante el periodo experimental	26
Figura 3: Distancia Euclidiana (d) entre P y R.....	45
Figura 4: Porcentaje de germinación en campo y porcentaje de germinación a condiciones controladas.....	49
Figura 5: Días a la floración Femenina y Días a la floración masculina (dds) de las accesiones de maíz.....	51
Figura 6: Número total de hojas y número de hoja superior por planta en las accesiones de maíz.....	52
Figura 7: Longitud y Ancho de hoja (cm) evaluados en las accesiones de maíz.	54
Figura 8: Altura de planta y mazorca (m) evaluados de las accesiones de maíz.....	55
Figura 9: Longitud de panoja y pedúnculo (cm) evaluado de las accesiones de maíz..	57
Figura 10: Diámetro de tallo (cm) evaluados de las accesiones de maíz.	58
Figura 11: Longitud y Diámetro medio de la mazorca (cm) evaluados de las accesiones de maíz.....	59
Figura 12: Número de hileras de la mazorca evaluados de las accesiones de maíz.	60
Figura 13: Número de granos por hileras 1, hilera 2, hilera 3, evaluados de las accesiones de maíz.....	62
Figura 14: Peso de la mazorca y tusa seco (g) evaluados de las accesiones de maíz....	63
Figura 15: Peso de 100 granos (g) evaluados de las accesiones de maíz.	65
Figura 16: Ancho, grosor y longitud de grano evaluados de las accesiones de maíz....	66
Figura 17: Color de tallo en la población de maíz de la Región Lima.	67
Figura 18: Color de grano en la población de maíz de la Región Lima.	68
Figura 19: Forma de mazorca en la población de maíz de la Región Lima.	69
Figura 20: Disposición de Hileras en la población de maíz de la Región Lima.....	70

Figura 21: Forma de grano en la población de maíz de la Región Lima.....	71
Figura 22: Gráfica de sedimentación de las 19 componentes principales (eje horizontal) y los valores propios (eje vertical).....	74
Figura 23: Dispersión de las accesiones de maíz formado por los dos primeros componentes principales.....	78
Figura 24: Gráfico bidimensional de 19 descriptores, utilizando los coeficientes de contribución del primer y segundo componente.....	79
Figura 25: Gráfico tridimensional de 19 descriptores, utilizando los coeficientes de contribución del primer, segundo y tercer componente.	81
Figura 26: Razas de maíz encontradas en la Región Lima. (A) Perla, (B) Chancayano, (C) Pardo.	82
Figura 27: Granos de maíz perteneciente a 3 orígenes, utilizados en la regeneración de la accesión LIM-38.	83
Figura 28: Grupos de mazorcas perteneciente a la accesión LIM-4.....	84
Figura 29: Grupos de mazorca perteneciente a la accesión LIM-44.	85
Figura 30: Grupos de mazorca perteneciente a la accesión LIM-2.	87
Figura 31: Grupos de mazorca perteneciente a la accesión LIM-5.	88
Figura 32: Dendograma provenientes de las accesiones de maíz de la región Lima.	89
Figura 33: Distribución del Grupo A, Grupo B y Grupo C dentro del gráfico bidimensional, provenientes de las accesiones de la región Lima.	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Siembra de las accesiones y riego después del aporque .	103
Anexo 2: Jiloteo antes de la polinización manual.	103
Anexo 3: Mediciones de algunos descriptores vegetativos.	104
Anexo 4: Daños causado por plagas.	104
Anexo 5: Daño causado por enfermedad (carbon del maíz).	105
Anexo 6: Germinación a condiciones controladas (CC).	105
Anexo 7: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión LIM-10	106
Anexo 8: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión LIM-12 (raza Perla)	106
Anexo 9: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión LIM-37 (raza Perla)	106
Anexo 10: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión LIM-17 (raza Perla)	106
Anexo 11: Análisis de suelos (caracterización)	107
Anexo 12: Porcentaje de germinación a condiciones controladas (CC).	108
Anexo 13: Registro de evaluaciones en campo de los 24 descriptores de maíz	112
Anexo 14: Granos de la accesión LIM-2 y LIM-3.	119
Anexo 15: Granos de la accesión LIM-6 y LIM-8.	119
Anexo 16: Granos de la accesión LIM-14 y LIM-18.	119
Anexo 17: Granos de la accesión LIM-23 y LIM-36.	119
Anexo 18: Granos de la accesión LIM-24 y LIM-29.	120
Anexo 19: Granos de la accesión LIM-38 y LIM-39	120
Anexo 20: Granos de la accesión LIM-42 y LIM-44.	120
Anexo 21: Granos de la accesión LIM-45 y LIM-46.	120
Anexo 22: Granos de la accesión LIM-48 y LIM-49.	121
Anexo 23: Granos de la accesión LIM-53 y LIM-74.	121
Anexo 24: Granos de la accesión LIM-75 y LIM-78.	121
Anexo 25: Rangos y promedio de los conglomerados (clúster)	122

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Campo de evaluación “Vivero Forestal UNALM”, situado a 234 msnm. El material genético consta de una muestra de 33 accesiones de maíces recolectados de la región Lima y conservados en el Banco de Germoplasma del Programa de Investigaciones y Proyección Social en Maíz. El objetivo general fue caracterizar el material en estudio y como objetivo específico fue la verificación de la viabilidad de las semillas, establecer las variables más eficientes para su agrupación e identificar las razas de maíz de cada accesión conforme a los datos recolectados de los descriptores morfológicos. Se seleccionaron 24 caracteres morfológicos del Manual de descriptores del maíz CIMMYT-IBPGR (19 cuantitativos y 5 cualitativos). El análisis estadístico incluyó el uso del diagrama de cajas para cada descriptor morfológico, el análisis de Componentes Principales (PCA) y el Análisis de Conglomerado, apoyándonos para tal fin del programa estadístico RStudio 4.2.3. El PCA nos permitió transformar las variables cualitativas originales: días a la floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, longitud de panoja, diámetro de tallo, ancho y longitud de la hoja, número de hojas por planta, peso de 100 granos, peso de la tusa y mazorca, longitud y diámetro de la mazorca, número de granos por hilera, ancho, longitud y grosor del grano; en un nuevo conjunto de siete componentes principales, las cuales explicaron el 34.86 por ciento de varianza acumulada existente y fueron las bases para realizar el Análisis de Conglomerado. El clúster permitió clasificar las accesiones en tres grupos a una distancia taxonómica de 10.9. Se determinó la variabilidad de las muestras de cada accesión, detectando la presencia de tres razas típicas de maíz, estas son: Perla, Chancayano y Pardo.

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

ABSTRACT

The present research work was carried out in the evaluation Field "Vivero Forestal UNALM", located at 234 meters above sea level. The genetic material consists of a sample of 33 maize accessions collected from the Lima region and conserved in the Germplasm Bank of the Maize Research and Social Projection Program. The general objective was to characterize the material under study and the specific objective was to verify the viability of the seeds, establish the most effective variables for their grouping and identify the maize races of each accession according to the data collected from the morphological descriptors. Twenty-four morphological characters were selected from the CIMMYT-IBPGR Maize Descriptor Manual (19 quantitative and 5 qualitative). The statistical analysis included the use of box plots for each morphological descriptor, Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis, using the statistical program RStudio 4.2.3. The PCA allowed us to transform the original qualitative variables: days to male and female flowering, plant and ear height, panicle length, stem diameter, leaf width and length, number of leaves per plant, 100 kernel weight, weight of dry corncob, weight of ear, ear length and diameter, number of kernels per row, kernel width, length and thickness; into a new set of seven principal components, which explained 34.86 percent of the existing accumulated variance and were the basis for the Cluster Analysis. The cluster allowed classifying the accessions in three groups at a taxonomic distance of 10.9. The variability of the samples of each accession was determined, detecting the presence of three typical maize races: Perla, Chancayano and Pardo.

Key words: maize, accession, characterization, races, principal components.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz, término de origen prehispánico que proviene de la palabra “mahís” de una lengua caribeña ya extinta, posee el significado de “aquello que sustenta la vida”, es considerado el cereal con mayor importancia en diversos sectores de la economía a escala mundial durante los siglos XX y XXI. En las naciones desarrolladas, el maíz es empleado como insumo principal en la fabricación de productos alimentarios procesados, forrajes y como fuente de etanol. En los países tropicales, cerca del 40 por ciento de la producción se destina como alimento de ganado y para establecimientos agrícolas (Iluh, 2006; Sánchez, 2014). Por otro lado, en algunos países de América Latina, el mayor porcentaje de maíz producido o importado se destina principalmente para consumo humano (Serratos, 2009).

En el Perú, este cultivo se siembra en tres zonas naturales: costa, sierra y selva, aproximadamente el 56 por ciento de la superficie nacional destinada a este cultivo, corresponde al maíz amarillo duro, que predomina en la costa y selva; por otro lado, el maíz amiláceo es más común en los Andes, aunque también se cultiva en todas las regiones. Este cereal se cultiva en una amplia variedad de entornos agroecológicos, que van desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 3800 m.s.n.m. A nivel mundial, los principales productores de maíz son Estados Unidos, China y Brasil (García, 2017).

El cultivo más importante en extensión es el maíz, tiene una gran importancia socioeconómica, porque se siembra en promedio unas 520 mil hectáreas al año a nivel nacional y dependen directamente de este cultivo alrededor de 82 mil familias (León Carrasco, 2020). El principal alimento de la población de menores recursos económicos es el maíz y lo siembran todos los años en pequeñas parcelas para autoconsumo. Además, la amplia diversidad genética y la existencia de variedades autóctonas ancestrales, identifican a la región peruana como el principal epicentro de domesticación de esta especie (MINAM, 2015; Salhuana, 2004).

La mayoría de la variabilidad y diversidad genética del maíz en Perú se encuentra agrupada en diferentes razas y han evolucionado a lo largo del tiempo, siendo los agricultores los protagonistas principales en su desarrollo, ya que han desempeñado un papel fundamental en la producción y conservación de las semillas. Además, muchos de estos agricultores son consumidores clave de sus propios productos y continúan la tradición de preservar los recursos genéticos, seleccionando y cultivando las semillas de sus propias variedades. Asimismo, los bancos de germoplasma cumplen la misma función, son entidades constituidas que también conservan los recursos fitogenéticos (Rios *et al.*, 2006; Salhuana, 2004).

El cambio climático nos obliga a generar variedades mejoradas, por ello, el banco de germoplasma está diseñado para proporcionar material genético con una amplia variedad de muestras preservadas, para que las generaciones posteriores tengan características fácilmente disponibles y acordes con las situaciones o cambios que surgirán al transcurrir los años (López, 2013).

La relevancia de las semillas resguardadas en un banco de germoplasma radica en su capacidad de mantener una alta viabilidad, lo que les permite sobrevivir y generar plantas cuando son sembradas en el campo. El deterioro excesivo puede conducir a una pérdida de material, por ello es necesario saber cuándo ocurren esta reducción y tomar acciones que conduzcan a regenerar la accesión. Es necesario monitorear la viabilidad de cada muestra almacenada en un banco de germoplasma, para que evitemos este deterioro. Ante una pérdida es necesario una regeneración, luego se volverá a almacenar durante otro ciclo de conservación. El objetivo del monitoreo del germoplasma es determinar si hay que regenerar o multiplicar una accesión (Rao *et al.*, 2007; Taba, 1991).

El Vivero Forestal de la UNALM, donde se llevó a cabo la fase experimental del estudio, resultó idóneo para la siembra de las muestras de maíz debido a su adecuación a las condiciones edafoclimáticas óptimas. Estas accesiones son originarias de la Región Lima y fueron obtenidas del Banco de Germoplasma del Programa de Investigaciones y Proyección Social en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Algunas razas pueden ser clasificadas según su procedencia geográfica, lo que permite evaluaciones de enfoque estratégico destinadas a identificar los cultivares que mejor se adaptan a variables ambientales específicas, como enfermedades o tolerancia a suelos ácidos, entre otros factores. La evaluación y caracterización de las accesiones promueven su utilización por parte de los investigadores que deseen incorporar genes favorables en el germoplasma a mejorar (Taba, 1991). Con el presente trabajo se puede ampliar la información y contribuir con el estudio de la diversidad de accesiones de maíz que pertenecen a la región Lima y generar interés para emprender estudios con el germoplasma nacional.

Objetivo principal:

Caracterizar las accesiones de maíces originarias de la Región Lima obtenidos del banco de germoplasma de maíz (*Zea mays* L.) de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Objetivos específicos:

- Verificar la viabilidad de las semillas conservadas en el banco de germoplasma de maíz (*Zea mays* L.) de la Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Caracterizar las accesiones de la Región Lima, usando descriptores morfológicos.
- Identificar los descriptores más discriminantes para la caracterización del germoplasma de maíz de la Región Lima.
- Identificar las razas de maíz de cada accesión, basándose en los datos recolectados por los descriptores morfológicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y evolución del maíz

El término “centro de origen” se utiliza para referirse a las regiones del mundo donde tuvo lugar la domesticación de las plantas silvestres que forman parte de los sistemas alimentarios de diferentes comunidades. En 1920, el reconocido genetista ruso Nikolai Vavilov investigó el origen y la distribución de las principales especies de plantas cultivadas a nivel mundial, e identificó ocho centros de origen, incluyendo Mesoamérica, que son conocidos como los “Centros Vavilov”. Además, introdujo el concepto de diversificación en los centros de origen al observar que en áreas relativamente pequeñas existían grandes variaciones tanto en las especies domesticadas como en las silvestres (Boege, 2009).

Serratos (2012), define al centro de origen de plantas cultivadas a una zona geográfica donde se encuentra un máximo de diversidad de cultivos, en el que coexistieron o cohabitaron sus parientes silvestres. Adicionalmente, se hace referencia a que el origen del maíz se sitúa geográficamente desde la región del Centro-Sur de México hasta la zona central de Centroamérica. Sus primeras exploraciones evidenciaron que *Euchlaena*, género que se clasificó antiguamente al teocinte, era el pariente silvestre más cercano del maíz. Los granos de teocinte están protegidos por envolturas rígidas, pero experimentaron una alteración en su desarrollo, provocando que los granos queden expuestos en la mazorca (Paliwal, 2001). Señalan que posiblemente el maíz tuvo su origen hace aproximadamente 8 000 a 9 000 años, habiéndose encontrado evidencia de polen y fitolitos en la región central de la Cuenca del Río Balsas con una antigüedad de 8 700 años (Endicott *et al.*, 2015).

Según Leiva *et al.* (2016) considera que el *Tripsacum* es un pariente silvestre del maíz que habría dado origen a este cereal. Esta teoría se fundamenta en investigaciones de polen en contextos geológicos mexicanos que datan de hace más de 6000 años, se sustenta en hallazgos de producciones en cerámica prehistórica. Por otro lado, se cree que el teosinte es más bien el cruce natural del maíz y el *Tripsacum*, y no el ancestro del cereal.

Posteriormente, el maíz se cruzó regularmente con su progenie, que casi todas las variaciones modernas del cereal contienen probablemente elementos del teosinte. Grobman *et al.* (2012) menciona que hay evidencias arqueológicas de aproximadamente 7000 años atrás, en el Valle de Chicama donde ya se cultivaba diversas razas de maíz (MINAM, 2018). Las culturas prehispánicas del Perú demostraron un profundo aprecio por la diversidad de este cultivo, como se evidencia en los ceramios Mochica, donde se representan alrededor de diez variedades de maíz en formas y tamaños realistas. Estas distintas razas de maíz coexistieron en una región geográficamente limitada durante al menos 1500 años. Durante el Horizonte Medio (500 a 900 DC), se produjo un importante intercambio de ideas, productos y prácticas culturales. Como parte de estos intercambios, el maíz cultivado en la sierra por los Wari llegó a la costa hace aproximadamente 1000 años, lo que tuvo un impacto significativo en la morfología de la mazorca (INIEA, 2006).

Dentro del contexto de la región andina de Sudamérica, el imperio Inca alcanzó un nivel de desarrollo agrícola excepcional, donde el cultivo del maíz jugó un papel de gran relevancia. El procedimiento del pueblo incaico consistía en la selección en etapas tempranas, logrando una gran variación de colores y formas que posee los maíces en esta región. Luego, con una organización estatal compleja, las razas de maíz para usos específicos prosperaron, con el impulso de técnicas agrícolas avanzadas como las terrazas, irrigación, fertilización y siembra en surcos, estas prácticas contribuyeron al surgimiento de una amplia diversidad de granos y mazorcas. Investigaciones arqueológicas en la zona andina produce información atrayente sobre la antigüedad del maíz en Sudamérica, porque se han encontrado restos tan antiguos como los que se localizan en México. Cuando los españoles llegaron al continente americano, el maíz se cultivaba desde Canadá hasta Chile. En la actualidad, lo encontramos desde la Latitud Norte (58°) en Canadá y Rusia, incluso hasta la Latitud Sur (40°) en el hemisferio meridional (Bonavia, 2008; Serratos, 2012).

El desarrollo de la raza de maíz se originó antiguamente cuando los agricultores desempeñaron un papel importante en el mantenimiento y producción de las semillas. En numerosas situaciones, perduran las prácticas de preservación de los recursos genéticos debido a que las comunidades locales son los principales usuarios de su propio maíz (Salhuana, 2004). Actualmente, el maíz amarillo duro se siembra en la costa de manera intensiva, con semillas híbridas certificadas y su riego es superficial que provienen de ríos o

subterráneas. Este cultivo se aprovecha en la crianza de animales menores, para la alimentación del ganado vacuno y utilizan la chala o panca como forraje. También el maíz amiláceo es sembrado para el consumo de choclo y se comercializa al mercado regional (MINAM, 2015).

2.2. Clasificación taxonómica

Según MINAM (2018), la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino : Plantae

División : Angiospermae

Clase : Monocotyledoneae

Subclase : Commelinidae

Orden : Poales

Familia : Poaceae

Subfamilia : Panicoideae

Tribu : Androponeae

Género : Zea

Especie : Zea mays

2.3. Biología del maíz

El maíz es una monocotiledónea anual de porte elevado, puede alcanzar hasta los 3.5 metros de altura (lo normal es de 2 a 2.5 metros), frondosa, con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. En las axilas de las yemas laterales de las hojas superiores de la planta formarán una inflorescencia femenina cubierta por hojas y que servirán como reserva. La hoja de este cereal es similar a la de otras poáceas, constituido por lámina, vaina y cuello. La lamina es una banda delgada y angosta hasta de 1.5 metros de largo por 0.1 metros de ancho, que finaliza en un ápice muy agudo. Las hojas que nacen de los nudos, son acuminadas y lanceoladas; con pequeñas lígulas que nacen en los nudos de forma alternada. Las yemas florales y los entrenudos están cubiertos por una vaina. (Lázaro *et al.*, 2020; Sánchez, 2014).

El tallo es una caña maciza dotada de una medula blanca y azucarada. Nace una hoja envainadora de cada nudo y tiene la propiedad de formar raíces adventicias. Las hojas o láminas foliares surgen en la porción apical de los entrenudos del tallo. En la parte basal de los entrenudos se ubican los primordios radiculares, los cuales dan origen a las raíces adventicias, siendo el principal mecanismo de anclaje de la planta, encargado además de la absorción de agua y nutrientes (Bonavia, 2008; Macuri, 2016; Paliwal, 2001).

Las flores femeninas se desarrollan en una estructura especializada denominada mazorca y las flores masculinas forman inflorescencias llamada panoja. La mazorca son espigas de forma cilíndrica con un raquis central y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubre por completo. La carióspside o conocida como grano, es un fruto monospermo. El fruto en estado de madurez o semilla se compone de tres componentes principales: el pericarpio, que es la capa externa o pared del fruto; el embrión o germen, que es la parte en desarrollo que dará origen a una nueva planta; y el endospermo, que es el tejido nutritivo que proporciona el alimento necesario para el desarrollo inicial del embrión (Lázaro *et al.*, 2020; Paliwal, 2001; Sánchez, 2014).

La inflorescencia masculina del maíz se presenta como una panícula que alberga aproximadamente de 20 a 25 millones de granos de polen, cada flor dentro de la panícula está compuesta por tres estambres, los cuales son los sitios de desarrollo del polen, desempeñando un papel primordial como medio de transporte del flujo genético, pero su durabilidad y capacidad de sobrevivencia se ven afectadas por múltiples factores, principalmente ambientales. Generalmente, cuando se observa una baja viabilidad en el grano de polen, esto indica una corta duración de vida. Por otro lado, la inflorescencia femenina del maíz, una vez que ha sido fecundada por los granos de polen, da lugar a la formación de las semillas o granos de maíz, los cuales se agrupan a lo largo de un eje. Este proceso es esencial para la reproducción y desarrollo del maíz (Rodríguez, 2006).

2.4. Ecología y adaptación

Salhuana (2004), indica que Perú presentan diversas condiciones ecológicas que propician el crecimiento simultáneo del maíz mediante procesos de mutación, hibridación y selección

planificada, como resultado hay una producción de un número alto de razas lo cual indica la existencia de una amplia diversidad genética. Desde épocas prehistóricas, las zonas de mayor elevación geográfica han sido caracterizadas por albergar poblaciones más densas y sistemas agrícolas más intensivos en comparación con las regiones de menor altitud. Estos factores han contribuido al desarrollo de una amplia diversidad genética en el maíz, la cual se encuentra estrechamente relacionada con las comunidades indígenas y los múltiples usos que le conferían al cultivo. Actualmente se mantiene deliberadamente una viabilidad artificial, esta mezcla se logra al momento de sembrar pequeñas parcelas. Durante el proceso de recolección, se lleva a cabo la segregación de las distintas variedades para consumo, y se preservan las mazorcas de mayor calidad con el fin de destinarlas a la reproducción de cultivos futuros. Estos pueden ser requeridos para usos especiales como el maíz blanco para mote, el pericarpio morado para chicha y el rojo o marrón para cancha.

El maíz ha experimentado un proceso de migración hacia regiones con diferentes condiciones agroclimáticas, lo que ha llevado a su aclimatación y adaptación a lo largo de los siglos de domesticación. Estos procesos han generado cambios genéticos que han influido en el fenotipo y la fenología de la especie. Este cultivo se adapta en siembra a muchos tipos de suelo; sin embargo, en suelo salinos con una conductividad mayor a 8 mmhos/cm y con problemas de drenaje, no son condiciones recomendables para sembrar maíz en Costa. La preparación del suelo debe tener las condiciones mínimas que necesita la semilla para germinar y desarrollarse, el preparado incluye la limpieza del terreno, el paso del arado para incorporar residuos, el riego de machaco, rastra, nivelación y surcado (Noriega, 2001; Ruiz *et al.*, 2013).

La costa tiene un clima subtropical húmedo y desértico, donde la siembra grande se desarrolla en un clima frío y húmedo, entre abril y agosto (otoño – invierno), esta siembra se caracteriza por presentar plantas tardías, prolíficas, bajas y vigorosas. En cambio, la siembra entre setiembre a marzo (primavera-verano), se caracterizan por ser más precoces, menos prolíficas, altas, delgadas y son susceptibles al ataque de enfermedades y plagas. Un rango de temperatura donde el maíz puede crecer, entre los 5 y 45°C, pero generalmente tiene un mejor comportamiento entre los 25 y 35 °C. Temperaturas extremadamente altas con una baja humedad, puede reducir la viabilidad del polen (Manrique, 1997; Taba y Twumasi-Afriyie, 2008).

El endospermo desempeña la función de suministrar los nutrientes necesarios para la germinación de la semilla, hasta que la nueva planta tenga suficiente superficie foliar para llevar a cabo la fotosíntesis de manera autónoma. Esta estructura presenta un contenido elevado de almidón, representando aproximadamente el 87 por ciento de su composición, y alrededor del 8 por ciento de proteínas. El peso de la mazorca está sujeto a diversas variaciones ambientales, genéticas y de cultivo, siendo el grano responsable aproximadamente del 42 por ciento del peso seco total de la planta. El maíz, que suele presentar tonalidades amarillas o blancas, también exhibe variantes de colores rojo, morado y jaspeado, cuya pigmentación está determinada por compuestos como carotenos y xantofilas, los cuales se acumulan en distintas estructuras del grano. El componente principal en el grano de maíz es el almidón, el cual constituye aproximadamente el 73 por ciento del peso total del grano y está compuesto por dos polímeros de glucosa: amilopectina y amilosa (Iluh, 2006).

Desde el punto de vista ecológico, el maíz es una especie que necesita suficiente luz solar, agua y nutrientes para crecer y desarrollarse. Su adaptabilidad a diferentes climas y suelos le permite ser ampliamente cultivado en todo el mundo. Además, el maíz tiene una relación simbiótica con los microorganismos del suelo, como las bacterias fijadoras de nitrógeno, que contribuyen a su nutrición y salud.

En términos de adaptación, ha desarrollado características específicas en respuesta al estrés ambiental. Por ejemplo, algunas variedades de maíz han desarrollado la capacidad de resistir condiciones de sequía, mientras que otras han desarrollado resistencia a ciertas enfermedades o plagas. Estas adaptaciones son el resultado de procesos evolutivos y de selección natural a lo largo del tiempo.

Es importante enfatizar que la diversidad genética del maíz es crucial para su adaptación y supervivencia a largo plazo. Las razas conservan diferentes genes y características que les permiten hacer frente a los cambiantes desafíos ambientales. Por lo tanto, la conservación y utilización de la diversidad genética del maíz es esencial para asegurar su adaptación futura a los desafíos climáticos y ecológicos.

2.5. Efecto de la temperatura y humedad

Durante el periodo de siembra y germinación, la humedad del suelo y la temperatura es importante porque activa el proceso metabólico del embrión en la semilla. Los suelos arcillosos, con materia orgánica y apropiada capacidad de campo en las siembras de setiembre a marzo (primavera – verano) en la costa, donde la temperatura alcanza los 20 a 35 °C, la germinación se apresura, el coleóptilo emerge entre los seis a ocho días. A diferencia de la siembra de abril a agosto (otoño - invierno), cuando las temperaturas son relativamente bajas y alcanza los 15 a 20 °C, la germinación se retrasa, el coleóptilo emerge entre los quince a diez días. Cabe señalar, el maíz tiene una germinación hipogea donde los cotiledones permanecen debajo de la superficie. En el proceso de germinación, el primer nudo interno (mesocotilo) empuja y alarga la punta del coleóptilo hacia la superficie (Endicott *et al.*, 2015).

Las altas temperaturas ayudan a la emergencia del coleóptilo en menos tiempo, con temperaturas de 35°C la germinación puede realizarse en cuatro días, caso contrario, temperaturas menores a 12°C retrasan la germinación a 15 días. La falta de humedad en el suelo evita que la semillas germinen, por el contrario, el exceso de agua, alta saturación, falta de oxígeno, temperatura entre 12 a 6 °C, las semillas son expuestas a ser atacadas por hongos y bacterias. Durante el periodo de germinación y aporque, la planta después de la germinación, cambia su estado nutricional y ya no depende del endospermo, sino que requiere elementos nutritivos que son obtenidos del suelo. En este periodo, el requerimiento de humedad es poco y un clima seco, para el desarrollo de las raíces. Las siembras de invierno en costa, cuando las temperaturas alcanzan los 19 a 14 °C, las plantas alcanzan alturas de 60 a 50 cm y pasan los 75 días después de la siembra, en ese momento es recomendable aporcar. Sin embargo, siembras de verano en Costa, para llegar a las alturas ya mencionadas, deberían presentarse a los 40 o 30 días y las temperaturas deben fluctuar entre los 35 a 19 °C (Manrique, 1997).

La planta después de ser aporcada, empieza su rápido crecimiento y alcanza su desarrollo completo, es identificable por el inicio de la floración masculina o ántesis, donde comienza la producción de polen. La floración femenina y masculina está altamente influenciada por la humedad y la temperatura. En Costa, cuando se siembra en invierno, a temperaturas entre

los 20 a 15 °C, la floración masculina comienza a los 110 y 100 días, en cambio en siembra de verano, a temperaturas entre los 35 a 20 °C, la floración masculina se adelanta 30 días, comienza a los 60 y 80 días. La humedad, la temperatura y fertilizantes está sincronizado con la salida de estigmas y la producción de polen, los estigmas emergen de diez a cuatro días después de la antesis (protandria). Se retrasa la salida de los estigmas y se acelera la producción de polen cuando hay fuerte sequías y altas temperaturas, es importante disponer de agua en esta etapa, para obtener una buena polinización y fecundación, donde aseguramos la transformación de fotosintatos hacia los órganos vegetativo de las plantas especialmente, los granos de mazorca y las hojas superiores. La etapa de la aparición de los estigmas es notoria cuando se encuentran fuera de la chala. Cuando el grano de polen cae en el estigma, se forma el tubo polínico y lleva aproximadamente veinticuatro horas hacer crecer el estigma hasta llegar al óvulo. El contenido de humedad presente en el polen tiene un impacto directo en su dispersión en la atmósfera, principalmente debido a la velocidad dinámica que adquiere al ser transportado por el viento. En el caso del género *Zea*, se sabe que el grano de polen es altamente susceptible a la deshidratación, dependiendo en gran medida de la presión de vapor ambiental, así como de la velocidad y la turbulencia del viento. (Endicott *et al.*, 2015; Manrique, 1997; Rodríguez, 2006).

Las anteras son sensibles al contenido de agua y la germinación del polen se retrasa con la sequía. Si el maíz con estrés hídrico se poliniza en los primeros cuatro días tras la emergencia de las anteras, el bajo contenido de agua en la espiguilla puede provocar el aborto del cigoto recién formado. Si las anteras con estrés hídrico se polinizan cuatro días después de la emergencia de las brácteas (espata), es posible que no permitan el crecimiento del tubo polínico al entrar en el periodo de senescencia natural. Entre la fecundación y madurez, presentan una duración aproximada de 50 días, este periodo es relativamente estable, pero la falta de agua y cambio de temperatura en este periodo, impide el proceso de transformación de los fotosintatos con el llenado de granos y la pérdida de rendimiento. Si durante la etapa de llenado del grano se presenta una sequía, se observa una disminución en la velocidad y duración de este proceso. Esto sucede debido a una reducción en la capacidad de la planta para llevar a cabo la fotosíntesis y un aumento en la senescencia de las hojas. La planta comienza su madurez fisiológica cuando el grano pierde humedad y se establece la separación de la mazorca, se pierden las hojas inferiores por secamiento y envejecimiento (Manrique, 1997; Paliwal, 2001).

2.6. Diversidad genética del maíz peruano

La diversidad genética del maíz se distribuye en razas. INIEA (2006), indica que hay dos factores causantes de esta diversidad: la variación ecológica y la variación en usos. La distribución geográfica de numerosas variedades de maíz en Perú se extiende más allá de los límites geográficos actuales del país, entre ellas tenemos a Chile, Argentina, Ecuador, Bolivia y Colombia, estos países manifiestan cierta variabilidad periférica adicional.

Por lo tanto, la región central andina de Sudamérica se caracteriza por presentar la mayor diversidad genética. Podemos establecer que la variabilidad del maíz en Perú y sus zonas circundantes es más amplia que la de cualquier otra región principal de maíz en el continente americano. La antigüedad arqueológica de la costa peruana no se debería considerar como una prueba definitiva porque estos restos antiguos se conservan mejor en el desierto, entonces no podemos definir el origen, pero si probar la evolución del maíz en Sudamérica. El Perú tiene la mayor especialización y diversidad de maíz del grupo amiláceo (endospermo blanco), siendo considerado el grupo más fragmentado y abundante en términos de características morfológicas y biológicas. (MINAM, 2018; Salhuana, 2004).

Antes de utilizar la diversidad genética del maíz, que incluye las diferentes razas y sus parientes silvestres, es necesario realizar un análisis exhaustivo de su perfil genético, morfológico y agronómico. En la actualidad, ha habido avances significativos en la caracterización morfológica y agronómica de las razas de maíz, aunque queda trabajo por hacer, especialmente cuando se considera el universo completo de las muestras más representativas. Sin embargo, el mayor desafío se encuentra en la caracterización genética, lo cual representa un obstáculo importante para el uso óptimo de las razas en los programas de mejoramiento genético del maíz (Ruiz *et al.*, 2013).

2.6.1. Raza

Según INIEA (2006), una raza es un agregado de poblaciones de una especie, tiene en común caracteres fisiológicos, morfológicos y usos específicos. Las razas están íntimamente relacionadas a las culturas. Por ejemplo, las razas de maíz son parte del patrimonio cultural de los pueblos, tan igual como sus costumbres, el lenguaje, la música, entre otras manifestaciones culturales. Por otro lado, Zapata (2022) indica que una raza es un conglomerado de poblaciones que comparten caracteres, pero tiene características distintivas

que no son lo suficientemente diferentes para constituir una subespecie diferente. Asimismo, MINAM (2013) define a la raza de maíz como un conjunto de individuos que comparten características distintivas que los diferencian de otros grupos. Estas características pueden mantenerse a través de mecanismos internos de aislamiento, los cuales aseguran la preservación de las características raciales.

En el año 1942, Anderson y Cutler introdujeron el concepto de “razas de maíz”, donde cada raza representa un grupo de individuos con características comunes que permiten su reconocimiento como grupo, compartiendo un alto número de genes. Posteriormente, Anderson y sus colaboradores definieron este concepto, haciendo que fuera más útil para describir el maíz. La información recopilada sobre estas razas en diferentes países o regiones americanas ha sido publicada en forma de boletines por varios autores. Esta información incluye descripciones de las características promedio de la planta, la panoja, la mazorca y el grano, también contiene características fisiológicas y datos sobre los nudos cromosómicos (Paliwal, 2001).

El maíz se clasifica en razas. La clasificación racial es cerrada, es decir se clasifica en conjunto toda la diversidad de la especie en una región o país. Esta clasificación podría estar relacionada con los caracteres altamente heredables transmitidos de una generación a otra como el color del grano, serían útiles para distinguir diferentes grupos raciales en programas de mejoramiento genético. Además, el maíz es una especie alógama, por lo tanto, existe una gran cantidad de polinización cruzada entre razas, produciendo muchos híbridos interraciales, pero las razas pueden ser individualizadas y universalmente identificadas (INIEA, 2006; MINAM, 2015).

La clasificación de las variedades de maíz por razas permite establecer un sistema de referencia que abarca la diversidad de este cultivo. Esto facilita la organización eficiente de las muestras recolectadas en los bancos de germoplasma, contribuyendo así a la conservación de la diversidad genética de este recurso. En América, se han identificado diversos grupos raciales de maíz, cada uno con un nombre común en su región. Por ejemplo, la raza "Sabanero" en Colombia comparte características similares con la raza "Cacahuacintle" en México. Aunque las razas de maíz tienen áreas agroecológicas

específicas según su adaptabilidad, su distribución es lo suficientemente amplia como para encontrarlas en todo el continente americano (Peña , 2017).

2.6.2. Acceso

Las variedades nativas cuya semilla se colecta y se mantiene en bancos de germoplasma identificadas con su información de origen y localizadas geográficamente se denominan “accesiones” (INIEA, 2006). Las accesiones reúnen las características determinantes de la raza en su forma más homogénea y uniforme posible, que genéticamente son fruto de la libre polinización entre genotipos similares que comparten un mismo pool de genes. La accesión típica en un banco de germoplasma de maíz se refiere a aquellas muestras o accesiones que exhiben las características distintivas de la raza. Este proceso genético garantiza que las características genéticas del acceso son representativas de la raza en cuestión (MINAM, 2013; MINAM, 2015).

2.7. Clasificación de las razas de maíz en Perú

América Latina, se tiene más de 250 razas de maíz. Algunas son de altitud media y tienen un ciclo de cultivo de más de diez meses, mientras que otras son precoces o tempranas, tomando menos de tres meses desde la siembra hasta la cosecha (Taba y Twumasi-Afryie, 2008). Las razas de maíz que posee la región Lima, según la reseña del “Mapa de Razas de Maíz del Perú” son las siguientes: Chancayano amarillo, Chancayano pintado, Morado canteño, Pardo, Perla y Rienda, siendo estructuradas en seis grupos (Bonavia, 2008; Manrique, 1997; Salhuana, 2004):

- Las razas primitivas, por sus características morfológicas y en base a las muestras arqueológicas, son consideradas de gran antigüedad y portadoras de “caracteres primitivos” así como: precocidad, plantas y panojas pequeñas, alto índice de venación de la hoja, glumas largas, mazorcas pequeñas, granos pequeños, corontas delgadas, estructura simple de la coronta, cúpulas grandes, poca induración del tejido del raquis. La gran parte de estas razas está localizada en la sierra, parte alta entre los 2500 a 3900 m.s.n.m. Pertenecen a este grupo cinco razas: Confite Morocho, Confite Puntigudo, Kully (kculli), Confite Puneño y Enano.

- Las razas derivadas de la primitivas o llamado razas primarias, estas se han originado en tiempos prehispánicos o Época Precolombina por aislamiento, selección racial antigua o de poblaciones híbridas resultantes de cruzamientos efectuados entre los maíces reventones primitivos con sus inmediatos derivados. Pertenecen a este grupo diecinueve razas: Rabo de Zorro, Chaparreño, Chullpi, Huayleño, Paro, Morocho, Huancavelicano, Ancashino, Shajatu, Piscorunto, Cuzco Cristalino Amarillo, Cuzco, Granada, Uchuquilla, Sabanero, Piricinco, Mochero, Pagaladroga y Alazán.
- Las razas de reciente derivación, son razas derivadas tardíamente o llamados razas secundarias. Su distribución se encuentra mayormente localizada en la sierra y costa a los 2800 m.s.n.m. Su origen puede presentar similitud con las razas anteriores y aparecen en mayor cantidad en épocas posteriores a la conquista. Se caracteriza por su mayor desarrollo vegetativo, mayor rendimiento y presentar mayor grado de especialización. Pertenecen a este grupo nueve razas: Chancayano, Perla, Huachano, Rienda, San Gerónimo Huancavelicano, Cuzco Gigante, Chimlos, Marañón y Arequipeño. Este grupo presenta similitud con las razas primitivas considerándolas como sus derivadas, debido a la hibridación y selección. Este grupo de razas se remonta a la época precolombina e incaica.
- Las razas introducidas, fueron importadas al Perú, pero exhiben una morfología distinta tanto en la planta como en el grano, lo cual las distingue como introducciones recientes, a pesar del intercambio genético con las razas nativas. Pertenecen a este grupo cinco razas: Pardo, Arizona, Alemán, Cubano Dentado Amarillo y Chunchu.
- Las razas incipientes, emergen como entidades raciales nuevas, establecidas y caracterizadas en la actualidad. Tiene una distribución geográfica restringida que comprende uno o varios valles o zonas aledañas. Las razas incipientes son evolutivamente avanzadas. Pertenecen cinco razas a este grupo: Jora, Morocho Cajabambino, Morado Canteño, Coruca y Sarco.
- Las razas no definidas, llamadas también razas definidas imperfectamente. Se trata de razas que están en un incipiente estadio de desarrollo, presentan una distribución

geográfica restringida y se encuentran debidamente caracterizadas para su distinción de híbridos segregantes. Pertenecen nueve razas a este grupo: Ajaleado, Perilla, Tumbesino, San Gerónimo, Colorado, Chancayano Amarillo, Blanco Ayabaca, Amarillo Huancabamba y Huarmaca.

2.8. Descripción de algunas razas encontradas en costa

Chancayano amarillo pertenece a la raza No Definidas, formada por la hibridación entre Perla y Chancayano. Generalmente, plantas muy altas con hojas anchas de color verde o rojo claro y son tardías. Las mazorcas son largas, con catorce a dieciséis hileras regulares, presentan granos amarillos grandes, semi dentados, con textura dura o blanda, en algunos casos se usa como forrajera. Se cultiva esta raza en valles de la costa central como Chillón, Chancay, Rímac y Huaura. Asimismo, Chancayano blanco pertenece a la raza de reciente derivación. Por lo general, se observan plantas de dos metros y medio de altura, de tonalidad verde claro con trece hojas, florea aproximadamente a los 100 días. Las mazorcas son cónicas – cilíndrica, medianas y gruesas, con doce hileras regulares, mazorcas con diámetro de seis centímetros y longitud de quince centímetros. Presentan granos chatos y grandes con endospermo harinoso y blanco, tusa blanca, pericarpio blanco o rojo con capa blanca y aleurona incolora. Se puede encontrar a esta raza en los valles de la costa central de Lima (Manrique, 1997).

Las razas de la costa del Perú, como el Chancayano, el Pardo y el Huachano, también tienen una relación con el Cuzco. Estas razas heredaron la disposición regular de los granos, con ocho hileras en el caso del Pardo y un número mayor en las otras razas. La mazorca del Pardo es notablemente larga y se utiliza para consumo directo, aunque se puede partir en rodajas. Las otras dos razas también se consumen de la misma manera (Sevilla, 1991).

Huachano pertenece a la raza de reciente derivación. Generalmente, plantas de dos metros de altura de color verde con trece hojas, florea aproximadamente a los 90 días. Las mazorcas son cónicas – cilíndrica y gruesas, con doce hileras regulares, mazorcas con diámetro de seis centímetros y longitud de quince centímetros. Presentan granos de forma achatada y de tamaño considerable, con una depresión en la corona. La tusa es blanco o rojo, el pericarpio es incoloro y con un endospermo blanco harinoso. Esta raza se puede encontrar en los valles

de la costa central en Lima, Chillón, Chancay, Huaura y Huarney (Manrique, 1997). Esta variedad se encuentra a una altura aproximada de 45 m.s.n.m. La raza Huachano es considerado un choclo de verano y fue cultivada en periodos pasados, así como hoy en día (Salhuana, 2004).

Siendo una variedad de maíz muy apetecible durante las conquistas incas, la raza Chullpi se dispersó hasta los límites del imperio, lo cual justifica su presencia en la región andina del norte de Chile, así como en el norte de Argentina, Bolivia y Colombia. Se cultiva en los Andes peruanos entre los 2.400 y 3.400 metros sobre el nivel del mar. Esta raza tiene un sabor suave y más dulce que el maíz tierno, es mejor comerlo seco y tostado porque es más suave y sabroso que el maíz tostado. La raza Chullpi tiene granos finos, planos y es incluso más suave que la versión ecuatoriana. Crece en la región de los Andes (Carrera, 2020; Salhuana, 2004).

Chullpi pertenece a la raza derivada de la primitiva. Generalmente, plantas altas de dos metros de altura de color verde a rojizo y once hojas, florea aproximadamente a los 120 días. Las mazorcas son cónicas—esféricas y cortas, con dieciocho hileras difícil de identificar. Presenta granos delgados y largos y el pericarpio es de color amarillo, rojo, blanco, café, mosaico y variegado. Se encuentra generalmente en la sierra sur, entre Ayacucho, Huancavelica y Apurímac. El maíz dulce se originó a partir de una mutación con la raza Chullpi, aunque fue principalmente cultivado por nativos de Norteamérica desde tiempos precolombinos. La raza Chullpi o Chulpi tiene un amplio uso en Perú como alimento tostado que se consume como acompañamiento de aperitivos, comúnmente llamados "canchas". Mangelsdorf en 1974 propuso la hipótesis de que la raza Chulpi fue la fuente original del gen *su1* y el ancestro de la raza Mexicana de Maíz Dulce de Jalisco (Manrique, 1997; Saavedra, 2012).

Morado Canteño pertenece a la raza Incipiente. Generalmente, plantas de 2.50 a 1.80 metros de altura, con hojas, tallos y panoja de color morada o púrpura, florea aproximadamente a los 130 a 110 días. Los elotes son cilíndrico-cónicos, con doce a ocho hileras regulares, con diámetro de cinco centímetros y longitud de quince centímetros. El pericarpio es morado al igual que la tusa tanto exterior como interior, además son granos planos con endospermo blanco y amiláceo. Esta raza se puede cultivar entre los 2500 a 500 m.s.n.m., encontrándose

en los valles de la costa central, provincia de Canta. Este ingrediente se emplea principalmente en la elaboración de mazamorra morada, además de su función como colorante en la preparación de chicha morada (Manrique, 1997; Manrique, 2000; Salhuana, 2004).

El maíz morado es el único grano en el mundo que tiene semillas, coronta y brácteas de color púrpura a negro debido a su contenido de antocianinas. Está adaptado a las diferentes condiciones climáticas de la costa y sierra peruana, se ven favorecidos por un clima seco y temperaturas moderadas similares a un ambiente de valle. El morado canteño es precoz y derivado de la raza Cuzco, moderadamente similar a la raza Cuzco Morado, pero de menor dimensión. Se cultiva en muchos lugares de la sierra del Perú, especialmente en la parte alta del valle de Chillón en la provincia de Lima (MIDAGRI, 2021).

Perla pertenece a la raza de reciente derivación. Generalmente, plantas de tres metros de altura de color rojo claro con trece hojas, florea aproximadamente a los 100 días. Las mazorcas son cilíndricas, con dieciséis hileras regulares, con diámetro cinco centímetros y longitud de veinte centímetros. Presentan granos medianos con endospermo amarillo y cristalino, tusa blanca o roja, pericarpio incoloro, marrón, rojo y naranja. Esta raza se puede localizar en los valles costeros desde Chincha hasta Virú. Las variedades mejoradas de esta raza en los últimos años se han extendido desde norte a sur a lo largo de la Costa, también en las laderas occidentales de los Andes, abarcando el Callejón de Huaylas y en zonas de altitudes baja. Las zonas donde más se cultivan este tipo de raza, podemos incluir a Lima, Huaura, Pativilca, Casma y Lima (Manrique, 1997; Salhuana, 2004).

La presencia de razas similares al Pardo en México, como el Tabloncillo y el Harinoso de Ocho, ha llevado a suponer que el Pardo puede ser una raza introducida en el Perú en tiempos relativamente recientes. El estudio de la morfología cromosómica de las razas de maíz ha sido fundamental para desentrañar esta incógnita, así como para comprender el origen y las relaciones entre las distintas razas. Es importante destacar que la raza Pardo presenta características propias del patrón andino (Sevilla, 1991).

Pardo pertenece a la raza Introducida. Generalmente, plantas de dos metros y medio de altura de color verde claro con 10 hojas y de precocidad media, florea aproximadamente a los 100

días. Las mazorcas son elipsoidales y largas, con ocho hileras regulares, con diámetro de cuatro centímetros y longitud de veinte centímetros. Presentan granos dentados y chatos, con endospermo blanco harinoso, tusa blanca, pericarpio blanco y aleurona incolora. Se puede encontrar esta raza en los valles de la costa de Lima, también aclimatados en Moquegua y Tacna. Su temporada de desarrollo se limita a los meses húmedos y fríos de invierno (abril a octubre), cuando la presencia de estratos nubosos disminuye la radiación lumínica. Esta raza no es apta para cultivos de primavera o verano en la costa central, ni para cultivos de invierno fuera de las zonas de nubes bajas desde los Valles de Huarmey hasta Cañete (Manrique, 1997; Salhuana, 2004).

Cubano Amarillo pertenece a la raza Introducida. Generalmente, plantas de dos metros y medio de altura, precocidad media y con doce hojas, florea aproximadamente a los 90 días. Las mazorcas son cilíndricas y medianas, con diámetro de cinco centímetros y longitud de quince centímetros. Presentan granos medianos, con capa superior harinosa, endospermo amarillo cristalino, tusa blanca y pericarpio incoloro. Introducida de Cuba y adaptada a los valles de la costa norte. La raza de maíz cubano amarillo se encuentra en regiones de la Amazonia del Perú, como en Lambayeque, Tumbes, Ucayali, San Martín, Loreto, Pasco, Madre de Dios y Huánuco (Chavarry, 2014; Manrique, 1997).

2.9. Conservación y uso del germoplasma

La conservación de los recursos fitogenéticos es una tarea continua y a largo plazo, que requiere inversiones significativas en términos de tiempo, personal, instalaciones y operación, estas inversiones están justificadas en función de las necesidades. Las razones para la conservación y las especies objetivo deben ser definidas en base a criterios lógicos, económicos y científicos, como la necesidad, el valor y el uso de las especies, así como su conservación y viabilidad. La conservación debe minimizar en la medida de lo posible los efectos del nuevo entorno en las especies objetivo. Aquellos encargados de conservar el germoplasma deben tener conocimientos en taxonomía de las especies y técnicas para representar su variabilidad genética y mantener estable el genotipo original (Jaramillo y Baena, 2000).

2.9.1. Germoplasma

INIEA (2006) señala que se denomina germoplasma a cualquier parte de una planta que contiene información genética necesaria para regenerar y producir un nuevo individuo vegetal adulto, también mencionan que el término germoplasma puede emplearse específicamente para referirse al conjunto de muestras de semillas obtenidas de campos de cultivo o agricultores. Las variedades recolectadas en regiones donde se inició y se diversificó el cultivo son conocidas como variedades nativas. Este material vegetal es utilizado y producido tradicionalmente por los agricultores, sin someterse a procesos de mejora genética o control científico.

Los bancos de germoplasma son entidades establecidas para conservar los recursos fitogenéticos. Almacena muestras de variedades tradicionales, especies silvestres, productos de mejoramiento y variedades fuera de uso. En Costa, la temperatura ambiental y la humedad son altas, y es mejor almacenar con menos de 13 por ciento de humedad los granos secos, deben ser cerrados herméticamente para proteger del ataque de roedores o insectos. Las actividades básicas de un banco de germoplasma de semillas incluyen la colecta, el procesamiento, la conservación, la regeneración y la distribución de este material genético. Preservar la viabilidad y de la integridad genética de las semillas sigue siendo el principio fundamental en la gestión y procesamiento de los bancos. Sin embargo, el germoplasma conservado en ex situ abarca un amplio espectro taxonómico, desde especies silvestres hasta especies cultivadas, que logran ser multiplicadas; principalmente materiales de uso agrícola, variedades tradicionales, mejoradas y producto de la biotecnología (Manrique, 1997; Rao *et al*, 2007; Ríos *et al*, 2006).

La evaluación y caracterización de las accesiones es importante tanto para los encargados del banco, como los usuarios, así ellos tendrán una idea de los datos generados por las accesiones en los bancos de germoplasma. La regeneración es el acto de aumentar el germoplasma para obtener nuevas muestras de semillas en cantidad y calidad suficientes, manteniendo la variabilidad alélica y genotípica de la población original. La integridad genética debe preservarse de todas las formas posibles. La regeneración también es necesaria para el nuevo germoplasma que persistirá durante largos períodos de tiempo, si hay pocas

semillas o por razones higiénicas para prevenir enfermedades (Ferrer *et al.*, 2011; Taba, 1991).

El intercambio de material genético, tanto a nivel regional como macrorregional, es una práctica constante. Los agricultores indígenas prueban, experimentan y adoptan o descartan nuevas variedades de germoplasma. Tienen la habilidad de distinguir claramente entre las distintas variedades de germoplasma de una misma especie, lo que les permite mantenerlas sin que se crucen o fomentar su cruzamiento selectivo. De esta manera, se generan grupos de variedades adaptadas a diferentes ambientes específicos (Boege, 2009).

2.9.2. Viabilidad

La viabilidad es la medida de cuantas semillas de un lote están vivas y pueden llegar a convertirse en plantas con la capacidad de reproducirse en condiciones de campo (Rao *et al.*, 2007). Se define a la viabilidad como la capacidad de germinar y de producir plantines normales en condiciones ambientales favorables. Para evaluar la viabilidad de una semilla se puede realizar la prueba de tetrazolio, este ensayo puede realizarse rápidamente y no requiere un equipamiento sofisticado (Pérez y Pita, 2001).

El objetivo principal de la gestión de los bancos de germoplasma es asegurar el mantenimiento de la viabilidad, la integridad genética y la calidad de las muestras de semillas, así como su disponibilidad para su uso. Por lo tanto, es de suma importancia que todos los procesos de los bancos de germoplasma cumplan con las normas necesarias para garantizar niveles aceptables de viabilidad. Para lograr estos objetivos, se debe prestar especial atención a las normas relacionadas con la adquisición, procesamiento y almacenamiento del germoplasma. En el caso de semillas recalcitrantes y otros tipos de semillas no ortodoxas, la evaluación de la viabilidad se realiza mediante la inspección visual de posibles daños y la estimación de la tasa y los niveles totales de germinación (FAO, 2013).

Rao *et al.* (2007), mencionan que la viabilidad de las semillas en un banco de germoplasma disminuye durante el almacenamiento y es necesario realizar un monitoreo para garantizar que las semillas no pierdan su capacidad de producir plantas viables cuando estas sean requeridas. El monitoreo es la verificación regular de la cantidad y la viabilidad de las

accesiones de germoplasma que han sido almacenadas en un banco. Además, Díaz (2009) indica que la prueba de viabilidad y germinación tienen como objetivo evaluar el potencial de las semillas para germinar y producir plántulas normales cuando se exponen a condiciones favorables. En el caso específico de las semillas de maíz, se espera que la germinación de una semilla de buena calidad sea superior al 88 por ciento.

2.10. Caracterización y evaluación

La caracterización reúne datos morfológicos y agronómicos, brindando la posibilidad de clasificar las muestras dentro de categorías raciales reconocidas; otra forma de agruparse es de acuerdo a su origen geográfico, de esta manera podemos hacer una evaluación enfocada para encontrar accesiones que se adapten a variables ambientales determinadas. A través de la evaluación y caracterización, los responsables de los bancos de germoplasma suministran a los usuarios información acerca de la variabilidad genética presente en la colección (Taba, 1991).

INIEA (2006) afirma que la caracterización implica la segregación y la distinción de la variabilidad genética. La explicación de la diversidad de un cultivo se lleva a cabo mediante el uso de descriptores, y resulta fundamental incluir la participación de los agricultores de una región en el proceso de descripción de la diversidad de dicho cultivo como parte de la estrategia para la conservación de este material vegetal. La caracterización de una población persigue cinco objetivos principales y son los siguiente (Franco & Hidalgo, 2003):

- Cuantificar la diversidad genética presente en la población analizada. Esto permite comprender la amplitud y la distribución de los diferentes genes presentes en la muestra.
- Evaluar si la colección de individuos estudiados es representativa de la población en general. Esto es importante para garantizar que los resultados obtenidos sean aplicables a una escala más amplia.
- Entender cómo están organizados los genes dentro de la población. Esto implica analizar las relaciones entre individuos y grupos genéticos, así como identificar posibles subdivisiones o subpoblaciones.

- Detectar y cuantificar la presencia de duplicados genéticos dentro de la muestra. Esto es importante para evitar la inclusión de datos redundantes y garantizar la precisión de los análisis.
- Identificar genes o alelos que sean únicos o específicos de la población estudiada. Esto puede revelar características genéticas distintivas y proporcionar información relevante para estudios posteriores.

2.10.1. Descriptores del maíz

CIMMYT-IBPGR (1991), describe que los descriptores del maíz son datos vegetativos, datos de la mazorca y del grano, cada una de estas consta con descriptores cualitativos y cuantitativos; los descriptores a menudo se usan en la caracterización y evaluación que hacen los bancos de germoplasma.

Los descriptores son las características mediante las cuales podemos conocer el germoplasma y determinar su utilidad potencial. Estos descriptores deben ser específicos para cada especie, permitiendo diferenciar los diferentes genotipos y expresar de manera precisa y uniforme el atributo en cuestión. Aunque muchos atributos pueden describir un material, los caracteres realmente útiles son aquellos que se pueden observar a simple vista, registrar fácilmente, que presentan una alta heredabilidad, un alto valor taxonómico y agronómico, que se pueden aplicar a muestras pequeñas y que permiten diferenciar una accesión de otra (Jaramillo y Baena, 2000).

Los descriptores definen las características más relevantes, permitiendo la selección del germoplasma deseado. Cuando usamos descriptores, propiciamos a un lenguaje común de la información y fomenta un intercambio más eficiente tanto del material genético como la información entre los bancos de germoplasma y los usuarios (Taba, 1991). Entre los descriptores cualitativos tenemos la forma de la mazorca, cobertura de la mazorca, formas de la superficie del grano, entre otros; y los descriptores cuantitativos podemos mencionar el porcentaje de germinación, días hasta la antesis o floración masculina (días después de la siembra: (dds), altura de la planta (cm), número total de hojas por planta, longitud de la mazorca (cm), peso de la mazorca, entre otros (CIMMYT & IBPGR, 1991).

III. METODOLOGÍA

3.1. Área de evaluación

3.1.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación fue llevado a cabo en el Campo de Evaluación del Vivero Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina durante el ciclo de primavera – verano del 2020 al 2021. Ubicado en el sector de Viña Alta, cuya ubicación geográfica se detalla en el siguiente cuadro (Tabla 1).

Tabla 1: Ubicación geográfica y política del campo

Localización	
Latitud	12°05'42'' S
Longitud	76°56'40'' W
Altitud	234 m.s.n.m.
Región	Lima
Provincia	Lima
Distrito	La Molina

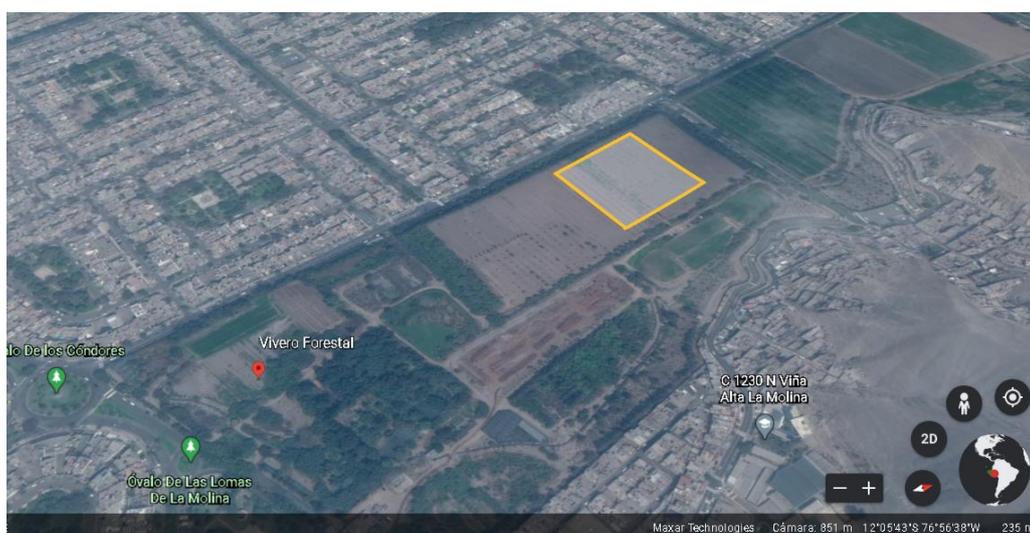


Figura 1: Ubicación geográfica del lugar de investigación. Fuente: Google Earth.

El área delimitada con las líneas amarillas (Figura 1) indica la ubicación del terreno destinado para la realización del trabajo, es un terreno que tiene registro de siembras de maíz y se tiene especies arbóreas a los alrededores del terreno. Es importante resaltar que la prueba de germinación a condiciones controladas se realizó dentro de las instalaciones del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2. Características climatológicas

Las variables climáticas para los meses en los cuales se llevó a cabo el experimento se muestran en la Tabla 2. Durante el período de duración del ensayo en campo, se muestra en la Figura 2 que la temperatura mínima se registró en los meses de noviembre (11.9°C) y abril (13.8 °C), la temperatura máxima en los meses de febrero (31.4 °C) y marzo (31.5°C).

Tabla 2: Condiciones meteorológicas del área de evaluación en La Molina, periodo noviembre 2020 – abril 2021

Año	Mes	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	Precipitación total
		T. Max	T. Min	Promedio	(mm)
2020	noviembre	26.30	11.90	76.43	0.6
2020	diciembre	27.60	15.30	77.10	1.2
2021	enero	29.80	16.70	72.89	2.4
2021	febrero	31.40	15.60	68.61	0.1
2021	marzo	31.50	17.40	67.75	0.0
2021	abril	30.70	13.80	73.82	0.1

Fuente: Estación experimental “Alexander Von Humboldt” de UNALM.

Se muestra en la Figura 2 que, el mayor porcentaje de humedad relativa promedio se presentó en el mes de diciembre (77.10 por ciento) y el mínimo en el mes de marzo (67.75 por ciento). La precipitación total mínima fue en el mes de marzo (0.0 mm), ver Tabla 2.

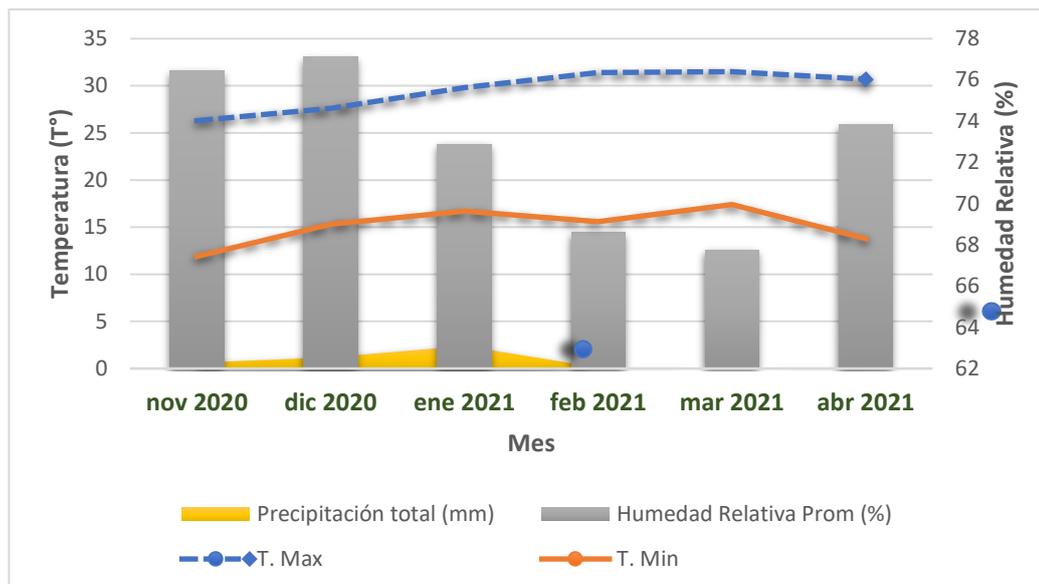


Figura 2: Variables climáticas durante el periodo experimental (noviembre 2020 – abril 2021)

3.3. Características del suelo

Se realizó un análisis de suelo para saber las características que tiene el Vivero Forestal, el cual se muestra en el Anexo 10, realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), se observó que el suelo presentaba un pH de 7.50 clasificándose como un suelo ligeramente alcalino, este tipo de pH es aceptable para la mayoría de cultivos.

La tolerancia del maíz a la conductividad eléctrica del suelo puede depender de varios factores como la accesión, el clima, intensidad del estrés y las condiciones del suelo. En contenido de carbonato de calcio es 0.8 por ciento, indicando una cantidad relativamente baja. Se observó un bajo contenido de materia orgánica (0.88 por ciento), este porcentaje puede deberse a una campaña anterior con pocas aplicaciones de fertilizante o enmiendas orgánicas mínimas, es necesario tomar medidas para promover la incorporación de MO adicional al suelo cuando los porcentajes se encuentren por debajo del dos por ciento.

La presencia de fósforo disponible es clasificada como moderadamente alto con 24.8 ppm, lo que nos indica monitorear este elemento en el suelo y aplicar correctamente los abonos para mantener un equilibrio adecuado de nutrientes. La concentración de potasio disponible en el suelo se encuentra en un nivel medio, con un valor de 218 ppm. La clase de textura a

la que pertenece este suelo es franco arenoso, considerado ligeramente suelto, es decir, presenta una mayor permeabilidad que los suelos franco-arcillosos, haciéndolo adecuado para cultivos que requieren buen drenaje. La cantidad de fertilizante que se aplica depende de la densidad de plantas por hectáreas, su fertilidad o el tipo de suelo. En Costa, los suelos son deficientes y requieren la aplicación de fertilizantes (Manrique, 1997).

3.4. Materiales y equipos

3.4.1. Material en estudio

La colección de material vegetal inicial consta de una muestra de 51 accesiones de maíces peruanos provenientes de la región Lima, que se encuentran preservadas en el Banco de Germoplasma del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Cada muestra está conformada de uno a cuatro orígenes por accesión (Anexo 11).

3.4.2. Material genético

La procedencia de las accesiones analizadas se encuentra detallada en la Tabla 3. Las muestras iniciales en estudio, fueron colectadas en el departamento de Lima, de las provincias de Chancay, Cañete y Lima, de altitudes que varían desde los 20 hasta los 500 m.s.n.m. En la Tabla 3 se muestra los datos del pasaporte de estas colecciones.

Tabla 3: Datos de pasaportes de las accesiones de maíz en estudio

Accesión	Dpto.	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud
LIM - 1	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	100
LIM - 2	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	240
LIM - 3	Lima	Chancay	Supe	-11,574,135	-77,266,377	50
LIM - 4	Lima	Cañete	Cañete	-13,057,335	-76,356,936	80
LIM - 5	Lima	Chancay	Supe	-11,574,135	-77,266,377	50
LIM - 6	Lima	Chancay	Supe	-11,574,135	-77,266,377	50
LIM - 7	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	40
LIM - 8	Lima	Chancay	Huaura	-11,021,105	-77,643,818	30
LIM - 10	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	50
LIM - 12	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	50
LIM - 13	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	240
LIM - 14	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	40
LIM - 16	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	50
LIM - 17	Lima	Chancay	Supe	-11,574,135	-77,266,377	50
LIM - 18	Lima	Chancay	Huaura	-11,021,105	-77,643,818	130
LIM - 20	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	50
LIM - 21	Lima	Chancay	Huaura	-11,021,105	-77,643,818	100
LIM - 22	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	80
LIM - 23	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	45
LIM - 24	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	100
LIM - 27	Lima	Chancay	Carquin	-11,129,742	-77,613,531	80
LIM - 29	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	100
LIM - 36	Lima	Chancay	Supe	-11,574,135	-77,266,377	500
LIM - 37	Lima	Chancay	Huaura	-11,021,105	-77,643,818	100
LIM - 38	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	45
LIM - 39	Lima	Chancay	Huaura	-11,021,105	-77,643,818	50
LIM - 42	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	20
LIM - 44	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	40
LIM - 45	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	50
LIM - 46	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	50
LIM - 47	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	276
LIM - 48	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	50
LIM - 49	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	50
LIM - 50	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	50
LIM - 51	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	243
LIM - 52	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	40
LIM - 53	Lima	Chancay	Huacho	-11,129,961	-77,613,317	30
LIM - 54	Lima	Chancay	Pativilca	-11,574,135	-77,266,377	80
LIM - 56	Lima	Cañete	Cañete	-13,057,335	-76,356,936	80
LIM - 57	Lima	Lima	Ate	-120,267	-76,889,584	80
LIM - 60	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	200
LIM - 62	Lima	Lima	Lurín	-1,223,308	-76,910,467	60
LIM - 63	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	300
LIM - 66	Lima	Lima	Lima	-12,046,374	-77,042,793	300
LIM - 71	Lima	Cañete	Mala	-12,651,978	-76,632,607	50
LIM - 72	Lima	Cañete	Mala	-12,651,978	-76,632,607	50
LIM - 74	Lima	Cañete	Mala	-12,651,978	-76,632,607	50
LIM - 75	Lima	Cañete	Coayllo	-12,002,554	-7,705,626	440
LIM - 76	Lima	Cañete	Coayllo	-12,002,554	-7,705,626	440
LIM - 77	Lima	Cañete	Coayllo	-12,002,554	-7,705,626	400
LIM - 78	Lima	Cañete	Coayllo	-12,002,554	-7,705,626	260

Fuente: Banco de Germoplasma del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz (PIPS-Maíz) de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.4.3. Materiales de campo

- Tractores y herramientas agrícolas
- Bandejas para germinación
- Sustrato esterilizado
- Cuaderno de apuntes, lápiz y marcadores
- Reglas para mediciones de altura de planta y de mazorca
- Cinta métrica para mediciones de panoja y hoja
- Bandejas de plástico
- Sobres de papel Kraft
- Engrampador y grapas
- Estacas y etiqueta
- Sacos
- Mochila de fumigar y atomizador
- Fertilizantes: Urea, Fosfato diamónico, Cloruro de potasio
- Agroquímicos (Ranger Flash 500W, Tifon 4E, Dípterex 80).

3.4.4. Materiales de gabinete

- Bolsas y sobres (tamaños variados)
- Balanza digital (g)
- Reglas graduadas (mm)
- Vernier

3.4.5. Material informático

- Laptop HP
- Cámara fotográfica
- Programa R Studio 4.2.3 (Software)
- Hoja de cálculo Excel 2019

Tabla 4: Parámetros cualitativos y cuantitativos de la caracterización morfológica

Código	Descriptores del Maíz	Cuantitativo	Cualitativo
Vegetativos			
DDFM	Días a 50 por ciento de floración masculina	X	
DDFF	Días a 50 por ciento de floración femenina	X	
ADM	Altura de mazorca (m)	X	
ADP	Altura de la planta (m)	X	
LDPP	Longitud de Panoja (cm)	X	
DDT	Diámetro de tallo (cm)	X	
ADLH	Ancho de la hoja (cm)	X	
LDLH	Longitud de la hoja (cm)	X	
NDH	Número de hojas por planta	X	
CDT	Color de Tallo		X
Mazorca			
FDFM	Forma de la mazorca		X
DDHPG	Disposición de la hilera por grano		X
M100G	Peso de 100 granos secos (gr)	X	
MMTS	Peso de la tusa seco (gr)	X	
MM	Peso de la mazorca (gr)	X	
LM	Longitud de la mazorca (cm)	X	
DM	Diámetro de la mazorca (cm)	X	
NDMPF	Número de granos mazorca por hilera (fila)	X	
NDHPM	Número de hileras por mazorca	X	
ADG	Ancho del grano (mm)	X	
LDG	Longitud del grano (mm)	X	
GDG	Grosor del grano (mm)	X	
FDG	Forma de grano		X
CDG	Color del grano		X

3.5. Variables estudiadas

Se evaluó el porcentaje de germinación de las accesiones provenientes del Banco de Germoplasma en condiciones controladas y campo, también se evaluaron la caracterización morfológica relacionadas a los descriptores del maíz como datos vegetativos, datos de la mazorca y datos del grano (Tabla 4). Fueron seleccionados 24 descriptores del manual de descriptores de CIMMYT-IBPRG, de los cuales cinco son cualitativos y diecinueve son cuantitativos. Cada accesión dentro de la parcela experimental cuenta con cuatro surcos y 26 golpes por surcos, para las evaluaciones se consideraron los dos surcos centrales de cada accesión.

3.5.1. Porcentaje de germinación

El período de evaluación comprendió desde los siete hasta los catorce días posteriores a la siembra, y se determinó el porcentaje mediante el uso de la siguiente fórmula.

$$\% \text{ germinación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas emergidas}}{\text{N}^\circ \text{ total de semillas sembradas}} \times 100$$

3.5.2. Descriptores vegetativos

Se realizó la evaluación promedio de diez individuos de maíz seleccionados al azar dentro de cada parcela de evaluación.

a. Días a la floración masculina (DDFM)

Se cuantificó la duración en días desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas en cada parcela alcanzaron la etapa de polinización, liberando sus granos de polen (CIMMYT & IBPGR, 1991).

b. Días a la floración femenina (DDFF)

Se cuantificó la duración en días desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas en cada parcela exhibieron estigmas, con tamaño de más de dos centímetros de largo.

c. Altura de mazorca (ADM)

Se evaluaron diez plantas desde la base del tallo, hasta el punto de inserción de la mazorca más alta. Este dato se registró a menos de un mes antes de la recolección (cosecha), después del estado lechoso (CIMMYT & IBPGR, 1991). La unidad para la medición es el metro (m).

d. Altura de planta (ADP)

Se evaluaron diez plantas elegidas al azar de cada accesión. Utilizando una regla métrica, se registró la distancia desde la base de la planta hasta el punto de intersección donde el tallo se une a la inflorescencia masculina (CIMMYT & IBPGR, 1991). La unidad para la medición es el metro (m).

e. Longitud de panoja (LDPP)

Se evaluaron diez plantas tomando la longitud desde la base de la panoja (último nudo del tallo) hasta el ápice de la inflorescencia masculina (CIMMYT & IBPGR, 1991). La unidad para medir la longitud es el centímetro (cm).

f. Diámetro del tallo (DDT)

Corresponde al diámetro medido en centímetros (cm). Se evaluaron diez plantas, de los cuales se tomó el tallo principal en el punto medio del primer entrenudo que emerge del suelo (CIMMYT & IBPGR, 1991).

g. Ancho de la hoja (ADLH)

Se evaluaron diez plantas, las mismas utilizadas para medir la longitud de hoja, en el punto medio de su longitud. La unidad para medir el ancho de hoja es el centímetro (CIMMYT & IBPGR, 1991).

h. Longitud de la hoja (LDLH)

Se evaluaron diez plantas desde la lígula hasta la punta (ápice) de la hoja que emerge de la mazorca más alta. La unidad para medir la longitud es el centímetro (cm). Este dato se tomó después de la floración (CIMMYT & IBPGR, 1991).

i. Número de hojas por planta (NDH)

Se evaluaron diez plantas, contabilizadas desde la base del tallo hasta la última hoja después de la floración (CIMMYT & IBPGR, 1991).

j. Número de hoja superior (NDHS)

Se evaluaron diez plantas, contando el número total de hojas ubicadas sobre la mazorca más alta, incluida la hoja de la mazorca (CIMMYT & IBPGR, 1991).

k. Color de tallo (CDT)

Es una variable cualitativa que se registró antes de la cosecha, limitándose a un máximo de tres colores en orden de frecuencia y determinando los colores primarios según la siguiente escala (CIMMYT & IBPGR, 1991):

(1) Verde

(2) Rojo sol

(3) Rojo

(4) Morado

(5) Café

3.5.3. Descriptores de la mazorca

a. Forma de la mazorca (FDLM)

Es una variable cualitativa que se registró después de la cosecha, se utilizaron diez mazorcas por cada accesión y se anotó la forma a la que corresponde de acuerdo a la siguiente escala (CIMMYT & IBPGR, 1991):

(1) cilíndrica

(2) cilíndrica-cónica

(3) cónica

(4) esférica

b. Disposición de la hilera por grano (DDHPG)

Es una variable cualitativa que se registró al determinar el valor de la disposición que ocurre con mayor frecuencia en las diez mazorcas obtenidas al azar de las mismas plantas dentro de cada parcela. La evaluación se llevó a cabo a la mazorca superior más alta y esta disposición puede presentar diversas variaciones, de acuerdo a la siguiente escala (CIMMYT & IBPGR, 1991):

(1) regular

(2) irregular

(3) recta

(4) espiral

c. Peso de 100 granos secos (M100G)

Después de la recolección (cosecha), llevamos a cabo esta evaluación al desgranar diez mazorcas y registrar el peso de 100 granos. Expresamos el valor en gramos (g).

d. Peso de mazorca tusa seco (MMTS)

La tusa es definida como el residuo del desgrane de la mazorca del maíz. Se pesó cada una de las diez muestras (CIMMYT & IBPGR, 1991). Expresamos el valor en gramos (g).

e. Peso de mazorca (MM)

Se llevó a cabo la pesada individual de diez mazorcas después de su cosecha y deshojado (CIMMYT & IBPGR, 1991). Expresamos el valor en gramos (g).

f. Longitud de la mazorca (LM)

Esta variable es definida como la longitud de la mazorca superior. Se midió la distancia desde la base de la mazorca, en su unión con el pedúnculo, hasta su ápice. Se seleccionaron al azar un total de diez mazorcas para llevar a cabo la medición (CIMMYT & IBPGR, 1991). Expresamos el valor en centímetros (cm).

g. Diámetro de mazorca (DM)

La medición de esta variable se realizó utilizando un calibrador Vernier en la región central de la mazorca. Se escogieron de manera aleatoria un total de diez mazorcas para llevar a cabo esta medición (CIMMYT & IBPGR, 1991). Expresamos el valor en centímetros (cm).

h. Número de granos por hilera (NDMPF)

Esta variable es definida como la cantidad total de granos contados desde el ápice hasta la base de la mazorca. Se realizaron conteos en tres filas (hileras) diferentes seleccionadas al azar en una mazorca, y se expresaron como la media aritmética de los tres conteos. Se registró el valor para un total de diez mazorcas (CIMMYT & IBPGR, 1991).

i. Número de hileras por mazorca (NDHPM)

Para determinar esta variable, se llevó a cabo el recuento de las filas (hileras) de granos presentes en diez mazorcas superiores (CIMMYT & IBPGR, 1991).

j. Ancho del grano (ADG)

Se registró el promedio en milímetros (mm). Esta variable se midió con un calibrador Vernier, se contabilizó los diez granos de una fila (hilera) en el centro de la mazorca superior (CIMMYT & IBPGR, 1991).

k. Longitud del grano (LDG)

Se registró el promedio en milímetros (mm). Esta variable se midió con un calibrador Vernier, se contabilizó los diez granos de una fila (hilera) en el centro de la mazorca superior (CIMMYT & IBPGR, 1991).

l. Grosor del grano (GDG)

Se registró el promedio en milímetros (mm). Esta variable se midió con un calibrador Vernier, se contabilizó los diez granos de una fila (hilera) en el centro de la mazorca superior (CIMMYT & IBPGR, 1991).

m. Forma del grano (FDG)

Esta variable cualitativa se determinó observando diez granos de una fila (hilera) en el centro de la mazorca superior. Esta disposición puede ser:

- (1) contraído
- (2) dentado
- (3) plano
- (4) redondo
- (5) puntiagudo
- (6) muy puntiagudo

Se registró la moda de cada accesión, que corresponde al valor más frecuente en las formas de granos de maíz seleccionados al azar (CIMMYT & IBPGR, 1991).

n. Color del grano (CDG)

Se evaluó este descriptor al momento de la cosecha, se seleccionó como máximo tres colores en orden de frecuencia y se determinó los colores, de acuerdo a la siguiente escala (CIMMYT & IBPGR, 1991):

- (1) Blanco
- (2) Amarillo
- (3) Morado
- (4) Jaspeado
- (5) Café
- (6) Anaranjado
- (7) Moteado
- (8) Capa Blanca
- (9) Rojo

3.6. Métodos y procedimiento

3.6.1. Prueba de germinación

Se realizó una prueba inicial de germinación a 51 accesiones de maíz originarias de la región Lima, en total se tuvo que germinar 120 orígenes (Anexo 11) en bandejas con sustrato esterilizado y a condiciones controladas (CC). El sustrato estuvo compuesto principalmente de musgo Sphagnum y vermiculita. El riego de las bandejas fue interdiario y la evaluación del porcentaje de germinación se realizó desde el séptimo al catorceavo día después de la siembra.

Los últimos orígenes de cada accesión fueron evaluados y llevados a campo, con la condición de tener un porcentaje de germinación mayor al 50 por ciento. Para la prueba de germinación, se seleccionaron 100 semillas por accesión en bandejas con sustrato esterilizado, se realizó dos repeticiones (R1 y R2) por muestra. Cuando se verificó la viabilidad de las 51 accesiones conservadas, el 70.6 por ciento del total de muestras presentan un porcentaje de germinación inicial mayor al 50 por ciento, que equivale a 33 accesiones que fueron seleccionadas para campo de evaluación.

Los datos de esta prueba son de importancia para poder sembrar en campo, con los porcentajes obtenidos de esta prueba de germinación, se decidió el número de semillas por golpe que se sembraron en la parcela experimental. La siguiente tabla muestra el número de semillas por golpe según el porcentaje de germinación.

Tabla 5: Número de semillas por golpe

% Germinación	N° Total de Semillas	Semillas por Golpe
< 50%	0	0
50% - 54%	624	6 por golpe
55% - 69%	520	5 por golpe
70% - 94%	416	4 por golpe
95% - 100%	312	3 por golpe

3.6.2. Labores culturales

a. Preparación del terreno

Se realizaron las tareas habituales, iniciando con un riego para humedecer el suelo y facilitar su manejo, cuando el terreno se encontró a capacidad de campo, se efectuó la tracción mecánica con un arado de disco para realizar la labranza mecánica. A continuación, se utilizó una rastra de puntas, gradeo y nivelado.

b. Siembra en campo

Se sembró en campo el material genético de los últimos orígenes de cada accesión y solo se utilizó aquellas que obtuvieron un porcentaje de germinación mayor o igual al 50 por ciento; en total se sembraron 33 accesiones de la región Lima en parcelas debidamente identificadas. La siembra se realizó el primero de diciembre del 2020, se sembró de forma manual la accesión LIM-01 hasta LIM-78 (Anexo 1). Utilizando un cordel, se sembró marcando cada 40 cm (distancia entre plantas), depositando entre 3, 4, 5 y 6 semillas por golpe, dependiendo del porcentaje de germinación de cada accesión (Tabla 5), estos datos se obtuvieron previamente por una prueba de germinación en bandejas a condiciones controladas (Anexo6). Endicott *et al.* (2013) indica que después de la siembra de maíz, una semilla puede absorber de 30 al 35 por ciento aproximadamente de su peso en agua, además afirma que las temperaturas del suelo tienen una incidencia mínima en el proceso.

c. Desahije

Antes de iniciar el desahije se evaluó el porcentaje de germinación en campo, Esta labor se llevó a cabo a los cuarenta días después de la siembra. Se decidió mantener únicamente dos plantas por golpe para disminuir la competencia y lograr un rendimiento óptimo. Al haber emergido 3, 4 o 5 plantas por golpe se seleccionan las dos plantas de mejor calidad y se eliminaron aquellas que mostraron menor vigor.

d. Polinización manual

Con el fin de regular la polinización, se llevó a cabo la técnica del jiloteo, que comenzó desde la octava semana después de la siembra; esta labor consiste en aislar la inflorescencia femenina de las plantas con bolsas de papel mantequilla (embolsamiento de las flores

hembras) con el objetivo de prevenir la reproducción cruzada entre las diferentes accesiones involucradas en el estudio.

Endicott *et al.* (2013) menciona que los estigmas emergen del maíz durante un período de tres a cinco días y continúa creciendo durante aproximadamente siete días o hasta que se intercepte el polen. Algunas investigaciones demuestran que el crecimiento del tubo polínico se inicia cuando un mínimo de cinco granos de polen cae en cada estigma, el tiempo que demora hacer crecer el estigma hacia el óvulo es aproximadamente veinticuatro horas.

Cuando la inflorescencia femenina ha emitido los pistilos entre dos a cuatro centímetros se procedió a coleccionar el polen o pool de genes (embolsamiento de las flores masculinas ubicadas en la parte superior de la panoja, justo antes de su polinización) mediante bolsas de papel Kraft (Anexo 2), luego se procedió a polinizar las mazorcas aisladas con la mezcla de polen, se tuvo cuidado de no embolsar la panoja cuando están todavía verdes porque dejaría de desarrollarse. La polinización se realizó desde la décima semana después de la siembra, estas mazorcas polinizadas manualmente, finalizando su ciclo, fueron cosechadas y constituyeron las accesiones que se evaluaron según los parámetros cualitativos y cuantitativos de la caracterización morfológica de la mazorca.

Cabe mencionar que el polen se desprende de forma discontinua durante un periodo de cinco a ocho días aproximadamente y cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables. El polen se desprende desde la mitad hasta el final de la mañana y su vida productiva es aproximadamente veinte minutos después del desprendimiento (Endicott *et al.*, 2015).

e. Riego

Se empleó el método de riego por gravedad, con una frecuencia de una vez por semana. Sin embargo, algunas semanas se regaban dos veces por semana, dependiendo de las condiciones climáticas y época que se desarrolló el experimento. Cabe resaltar que, las temperaturas más altas fueron en febrero (31.4°C) y marzo (31.5 °C), fechas donde el requerimiento hídrico era alto, además hubo problemas con el riego semanal continuo durante el experimento.

Se recomienda evitar la falta de riego durante la maduración, porque los granos se encuentran llenos de azúcares, turgentes y en estado lechoso, esta etapa es importante porque forma el almidón durante la polimerización de azúcares. El maíz en ambientes de secano tiene un suministro de agua inestable durante el crecimiento y una disminución en el riego, forma granos chupados, que reducen la cosecha y genera semillas de mala calidad (Manrique, 1997; Paliwal, 2001).

f. Control de malezas

Como medida de control de malezas, se llevaron a cabo aplicaciones de un herbicida que contiene Atrazina (Ranger Flash 500 FW) en dosis de 100 ml por mochila para el control de malezas de hoja ancha; también el Nicosulfuron en dosis de 50 ml por mochila (600 - 500 ml por cilindro), este un herbicida sistémico absorbido por el follaje y raíces, además se realizó la remoción manual de malezas de hojas angostas y perennes que no fueron erradicadas mediante el uso de métodos químicos de control. Las fechas fueron las siguientes:

Primer Control	11 de diciembre del 2020	(Atrazina)
Segundo Control	18 de diciembre del 2020	(Nicosulfuron)
Tercer Control	25 de enero del 2021	(Atrazina)

g. Abonamiento

La fertilización se realizó con la dosis de 180 kilogramos de N, 80 kilogramos de P₂O₅ y 40 kilogramos de K₂O por hectárea. Se aplicó de manera fraccionada para favorecer una mejor asimilación de los nutrientes por parte de la planta. La primera aplicación de abonamiento se realizó 22 días después de la siembra; el segundo abonamiento fue complementario a base de nitrógeno para el crecimiento del maíz y solo se aplicó urea, que fue mezclado mientras se realizaba el aporque a los 36 días después de la siembra. El aporque se realizó de forma manual utilizando una lampa, con el propósito de brindar un adecuado anclaje a las plantas, evitar el tumbado y eliminar malezas.

Se realizaron las aplicaciones en las siguientes fechas:

Primer abonamiento	22 de diciembre del 2020
Segundo abonamiento	5 de enero del 2021

Se utilizaron las siguientes fuentes de NPK:

Urea	46% N
Cloruro de potasio	60% K ₂ O
Fosfato diamónico	46% P ₂ O ₅ y 18% N

h. Aplicación de insecticidas

Se realizó tres aplicaciones con mochila fumigadora (20 litros) en los primeros estados de crecimiento del maíz, se aplicó un organofosforado, ideal para plantas con crecimiento vegetativo lento, este insecticida granulado se aplicó en el cogollo para controlar *Spodoptera frugiperda*. Durante la floración se utilizó Tifón (0.4L/ha), este producto fue aplicado manualmente con un atomizador en las panojas y pistilos de la planta. Estas aplicaciones se realizaron cada semana durante toda la floración y polinización, además para evitar el daño en la mazorca.

i. Cosecha

En cada parcela se seleccionaron y etiquetaron todas las accesiones que estaban listas para ser cosechadas. Esta labor se realizó de manera manual en diferentes días, el 16 de marzo del 2021 (109 dds.) se cosecharon las accesiones más precoces, el 22 de marzo del 2021 (112 dds.) casi la totalidad de las muestras y el 07 de abril del 2021 (127 dds.) las últimas accesiones que quedaban en campo, se realizaron las evaluaciones correspondientes y se procedió trasladar a gabinete para las demás evaluaciones postcosecha.

3.7. Especificaciones del campo de evaluación

3.7.1. Unidad de evaluación

La parcela de evaluación estuvo constituida por un surco de 10 m de largo y 3.2 m de ancho, la siembra se realizó a una distancia de 40 cm entre planta y se depositó entre tres a seis semillas por sitio, dependiendo del porcentaje de germinación de cada accesión.

3.8. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO DE EVALUACIÓN

El campo de evaluación es el área donde se realizó la presente investigación y las especificaciones de la parcela son las siguientes:

Número de parcelas	33
Largo de parcela	10 m
Ancho de parcela	3.2 m
Distanciamiento entre surcos	0.8 m
Distanciamiento entre planta	0.4 m
Nº Surcos por parcela	4
Nº Semillas por golpe:	
3 semillas (95% hasta 100% germinación)	
4 semillas (70% hasta 94% germinación)	
5 semillas (55% hasta 69% germinación)	
6 semillas (50% hasta 54% germinación)	
Nº Golpes por parcela	104
Nº Golpes por surco	26
Área de parcela	32 m ²
Área total del experimento	1056 m ²

3.9. Análisis estadístico

3.9.1. Estadística descriptiva

Para obtener los resultados de los descriptores cualitativos y cuantitativos, fue necesario sembrar en campo las accesiones con mayor porcentaje de germinación, luego se evaluaron las características de los descriptores que se utilizaron en el trabajo de tesis. Antes de evaluar los descriptores en campo, fue necesario realizar una prueba de germinación a condiciones controladas para determinar las accesiones con porcentajes más altos, además con esta información podíamos estimar la cantidad de semillas que entraron por golpe en el campo experimental. Cabe mencionar que se evaluaron diez muestras al azar por cada accesión de maíz, tanto para las variables cuantitativas como para las variables cualitativas basadas en los caracteres morfológicos.

Para evaluar el comportamiento de las variables cuantitativas de las diez muestras por accesión y comparar las distribuciones entre varias accesiones con las mismas características evaluadas, se utilizó el gráfico de cajas y bigotes en R Studio, también conocido como boxplot. Esta gráfica realiza un resumen de los datos como: límite inferior y superior de las líneas del gráfico (bigotes), el percentil 25, percentil 50 y percentil 75 (Vargas y Mesa-Fúquen, 2021).

En el análisis estadístico de los datos, las evaluaciones cuantitativas presentaron estadística descriptiva de los máximos, los mínimos, media, el coeficiente de variabilidad (CV) y la desviación estándar (s.d) de diecinueve descriptores cuantitativos. La escala establecida por el coeficiente de variabilidad (CV) mencionan que, aquellos valores que se encuentran entre 10 y 0 por ciento presentan datos muy homogéneos, entre 15 a 10 por ciento presentan datos regularmente homogéneos, entre 20 a 15 por ciento presentan datos regularmente variables, entre 25 a 20 por ciento presentan datos variables y mayores a 25 por ciento son muy variables (Chavarry, 2014).

La varianza es el promedio de las diferencias al cuadrado entre cada dato y la media. Para su análisis es frecuente utilizar la desviación estándar que se define como la medida de dispersión que cuantifica la separación de los datos con respecto a su promedio, es decir, a mayor desviación estándar (s.d) mayor dispersión. El coeficiente de variación es una medida de variabilidad relativa muy útil para comparar la variabilidad de datos con medias diferentes (Vargas y Mesa-Fúquen, 2021). El cálculo de la desviación estándar y la varianza se realiza mediante las funciones `var` y `sd`, respectivamente, para programar en RStudio.

Sin embargo, en las evaluaciones cualitativas se determinan la frecuencia de moda en la población de 33 accesiones de la región Lima. Es decir, de las diez muestras por cada accesión, se evaluó la moda para obtener los porcentajes de las características que se repiten con mayor frecuencia en las accesiones, en relación a los cinco descriptores cualitativos evaluados.

3.9.2. Análisis de componentes principales (PCA)

Según Franco e Hidalgo (2003), describe al PCA como una herramienta adecuada para examinar datos obtenidos de la caracterización de accesiones y evaluaciones iniciales,

permitiendo comprender las relaciones entre las variables cuantitativas consideradas y la similitud entre los germoplasmas. También nos ayuda a elegir las variables cuantitativas más relevantes con el fin de limitar el número de medidas en futuras caracterizaciones. Peña (2002) menciona que se puede utilizar esta herramienta para:

- Permitir una representación óptima en un espacio de pequeña dimensión, observados en un espacio general dimensional. Asimismo, los componentes principales son el primer paso para identificar posibles variables implícitas (latentes) o no observadas, generando variabilidad en los datos.
- Permitir transformar variables originales a menudo correlacionadas, en nuevas variables no correlacionadas, para facilitar la interpretación de datos.

El Análisis de componentes principales es probablemente la mejor conocida y más antigua de las técnicas de análisis multivariante. Introducido por Pearson en 1901 y desarrollado independientemente por Hotelling en 1933. La idea principal de este análisis es reducir las dimensiones en un conjunto de datos con grandes cantidades de variables relacionadas. Luego se produce una reducción generando un nuevo conjunto de variables y ordenados de manera que los primeros componentes retienen el mayor porcentaje de variación (Jolliffe, 2002). En el presente estudio, se utilizó el software Programa R Studio 4.2.3.

Para el cálculo en R Studio se utilizó la matriz básica 19x330 (diecinueve variables cuantitativas y las 330 muestras) y se calculó una matriz de coeficientes de contribución de dimensiones 19x19, obteniendo el primer componente principal para la accesión (LM1_1) y luego los subsiguientes, repitiendo el proceso hasta obtener el último componente principal (LM78_10). Se produce una reducción, obteniendo siete componentes principales y su correlación entre los descriptores. Estos componentes son combinaciones lineales de las variables originales que se pueden ordenar en función de la información que recopilan sobre el conjunto original de variables. El primer componente recopila más información, luego el segundo y así sucesivamente.

Se utilizó el tamaño del eigenvalue (valor propio) con el propósito de calcular el número de componentes principales. Conservando los valores propios más grande de los componentes

principales, basándose en la regla de Kaiser (1960) indicando lo siguiente: “se debe conservar aquellos factores con eigenvalue mayor a la unidad” (UV, 2013).

Para realizar la comparación visual del tamaño de los eigenvalue, se utilizó la gráfica de sedimentación (Figura 23). Esta gráfica nos ayudó a determinar el número de componentes principales con base en el tamaño de eigenvalue. Cabe mencionar que, los valores propios (eigen-value) son las varianzas de los componentes principales y representan la magnitud de la transformación en escala o números.

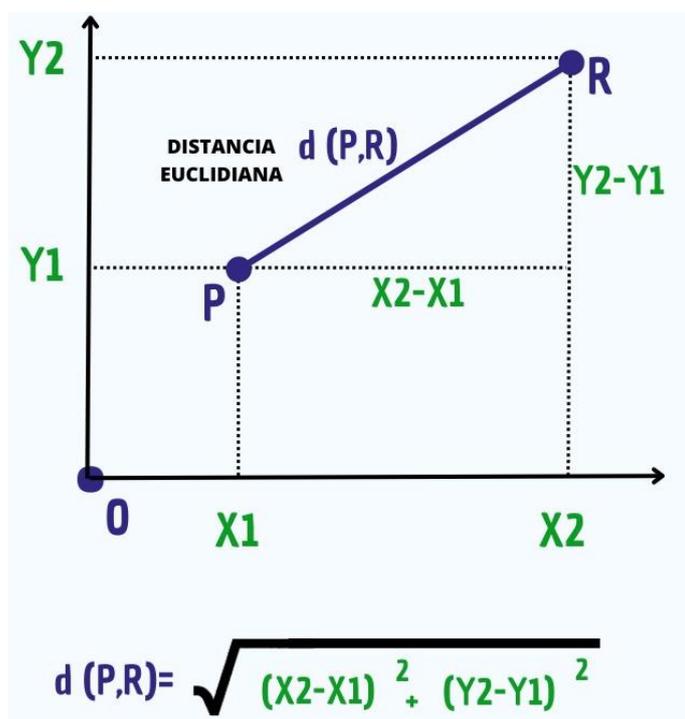


Figura 3: Distancia Euclidiana (d) entre P y R

Para hallar la correlación entre las distancias de los componentes principales fue necesario calcular la distancia euclidiana, proporcionando datos para generar gráficas bidimensionales entre todas las accesiones. La distancia Euclidiana (Figura 3) es la distancia en línea recta como medida de similaridad, tiene su razón de ser en el Teorema de Pitágoras, al graficar los puntos de un sistema cartesiano de dos dimensiones (Hernández y Brown, 1970). Tenemos las siguientes distancias con coordenadas: $X = (X_1, X_2)$, $Y = (Y_1, Y_2)$ y $d(P, R)$ = Hipotenusa (Distancia Euclidiana).

Existen diferentes criterios de selección que varían según las decisiones del investigador y que ayudan a tomar esta decisión, podemos mencionar:

- El criterio propuesto por Cliff (1987), sugiere considerar como aceptables aquellos componentes cuyos valores propios se expresan acumulativamente al menos el 70 por ciento de la varianza total (López & Hidalgo, 1994). Sin embargo, en la presente investigación tenemos al cuarto componente (53 por ciento) que captura la mayor parte de la variación en los datos.
- El criterio propuesto por Catell (1966), consiste en representar el número de componentes principales y sus valores propios en el eje horizontal, y el porcentaje de la varianza correspondiente en el eje vertical, lo que permite observar gráficamente la disminución de los primeros componentes en comparación con los demás (Macuri, 2016). Este criterio se utilizó en la presente investigación.

En general, PCA tiene como objetivo reducir la dimensionalidad del problema convirtiendo a p variables en r componentes, donde $r < p$, para minimizar la pérdida de información. Esta reducción se puede utilizar para simplificar la aplicación de otras técnicas, como la regresión o la vinculación, que se realizarán sobre los componentes principales que representan las variables originales (UM, 2020).

Es importante destacar que se utilizaron un total de 330 muestras para obtener una representación más completa de la variabilidad presente en las accesiones. Sin embargo, debido a las grandes diferencias y variabilidad observadas en los valores máximos y mínimos de algunas accesiones, no sería representativo utilizar solo los promedios como medida de tendencia central. En estos casos, es mejor utilizar la mediana, ya que es una medida más robusta que no se ve afectada por los valores extremos.

3.9.3. Análisis de conglomerado

Es un método analítico aplicado para clasificar las variables de un germoplasma en categorías homogéneas o relativamente homogéneas que comparten similitudes en ciertas bases existentes. El propósito de este análisis es la clasificación de un conjunto de variables (accesiones) en un número reducido de conglomerados o grupos, donde la formación se debe

a un conjunto de características comunes a las accesiones. El análisis de clúster o método de conglomerado es aplicable a una matriz de distancias y no sobre una similitud (Franco & Hidalgo, 2003).

El análisis de conglomerados o clúster, es una técnica de análisis para encontrar la agrupación con base implícita en las unidades con un conjunto de variables, permitiendo clasificarlos en grupos homogéneos. Una vez concluido el proceso de formación de conglomerados se debe ilustrar de forma gráfica toda la información contenida mediante el dendograma. Los grupos que se obtuvieron en la presente investigación son jerárquicos porque cada nueva mezcla se amplía conforme decrece la similitud entre los mismos y esta técnica se aplica fundamentalmente cuando el número de muestras de análisis es menos de 120 (Rodríguez-Jaume y Mora, 2001). Para el análisis de conglomerado se utilizó el software RStudio versión 4.2.3, es un lenguaje de programación que permite al programador escribir órdenes o instrucciones en el manejo, procedimiento, análisis y visualización de datos (Vargas y Mesa-Fúquen, 2021).

Existe dos tipos de análisis de conglomerados: el análisis jerárquico y no jerárquico. Los métodos jerárquicos son técnicas utilizadas para agrupar objetos o casos en clústeres en función de su similitud o distancia y se basan en cálculos de matrices de distancias y se utilizan cuando $n < 200$, estos métodos jerárquicos incluyen: enlace simple o vecino próximo (método de linkage simple), enlace completo o vecino más alejado (método de linkage completo), método del Centroides, método del promedio entre grupos, método de la mediana, método de Ward (Vilá *et al.*, 2014). El método Ward o método de varianza mínima fue utilizado en la presente investigación, con el objetivo de obtener clústeres bien definidos y compactos. La distancia entre dos grupos se calcula como la suma de cuadrados entre grupos y se agrega el análisis de la varianza para todas las variables (Villardón, 2007).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estadística descriptiva

4.1.1. Germinación

Para escoger las accesiones que se encuentran en campo, fue necesario realizar una prueba de germinación a condiciones controladas para determinar los porcentajes, además con esta información podíamos estimar la cantidad de semillas que entraron por golpe en el campo experimental. En la Figura 4, se observa el porcentaje de germinación a condiciones controladas que está entre 51.52 (LIM 22) y 98.48 (LIM 1), evaluadas ± 14 días después de la siembra (dds), un promedio de 84.07, con un coeficiente de variabilidad de 27.96 por ciento, lo cual indica que los datos son variables. El porcentaje de germinación en campo está entre 15.38 (LIM 22) y 68.59 (LIM 1), evaluadas ± 30 días después de la siembra (dds), un promedio de 49.74, con un coeficiente de variabilidad de 14.99 por ciento, lo cual indica que presenta datos regularmente homogéneos.

Se puede deducir que, las razones por las cuales la germinación a condiciones controladas tiene un porcentaje mayor a la germinación en campo según la Figura 4, puede ocurrir por los factores ambientales como la humedad (riego constante) y la temperatura (las bandejas germinadas bajo sombra) variaron entre 11.90°C y 26.30 °C en el mes de noviembre, esto puede crear un ambiente óptimo para la germinación, sin embargo, en campo los factores son difíciles de controlar y puede variar por el clima y la calidad del suelo, las temperaturas en campo durante la siembra de diciembre variaron entre 15.30°C y 27.60 °C. Adicionalmente, Endicott *et al.* (2015) menciona que la radícula comenzará a elongar cuando las temperaturas del suelo sean propicias para el proceso de germinación y la temperatura mínima aceptada es de 10°C.

La calidad de la semilla es otra razón, porque a condiciones controladas, podemos seleccionar las semillas minuciosamente al momento de la siembra, a diferencia de la germinación en campo que puede verse afectado por la exposición de las semillas a las plagas

y enfermedades. En campo, las plantas más jóvenes pueden enfrentar una competencia por nutrientes, luz solar y agua, esto puede limitar su capacidad para desarrollarse y crecer adecuadamente, además el suelo en campo puede contener una variedad de malezas y patógenos que pueden afectar negativamente la germinación del maíz. En contraste, la germinación a condiciones controladas puede evitar la competencia con otras malezas y enfermedades porque el sustrato utilizado en las bandejas fue esterilizado.

Según Manrique (1997), si las siembras de primavera y verano en costa, alcanza los 20 a 35 °C de temperatura, la germinación se apresura y emerge entre los seis a ocho días, las altas temperaturas ayudan a la emergencia del coleóptilo en menos tiempo y la falta de humedad en el suelo evita que la semillas germinen.

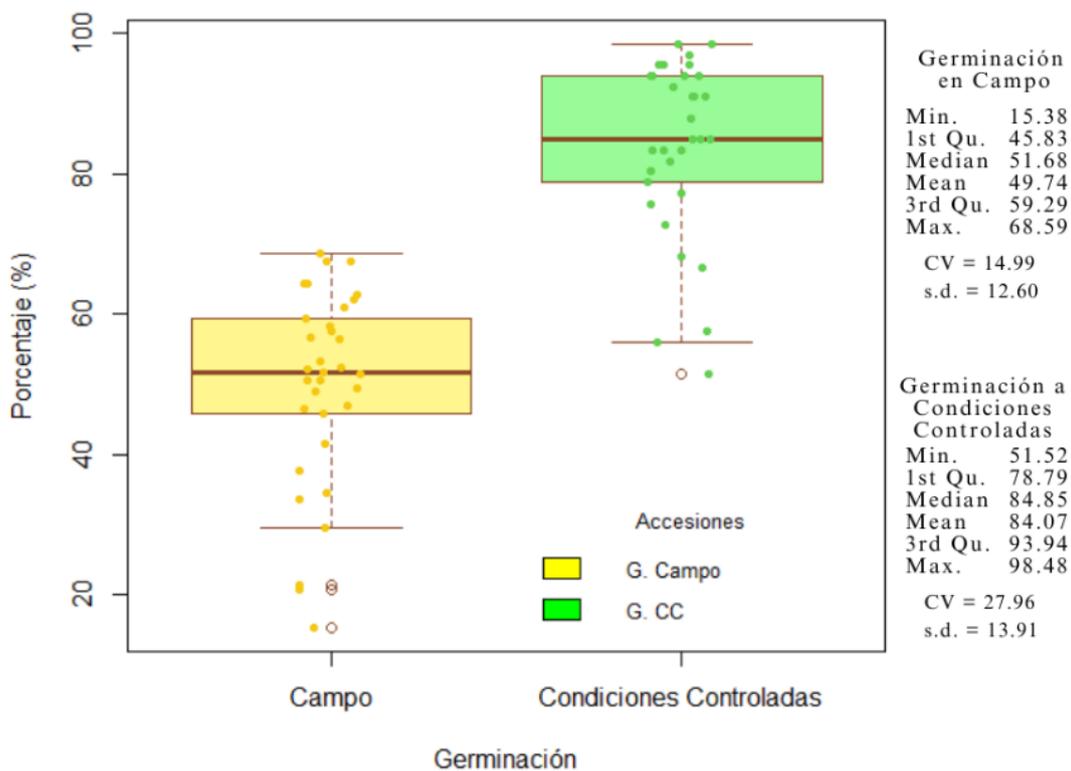


Figura 4: Porcentaje de germinación en campo y porcentaje de germinación a condiciones controladas.

4.1.2. Descriptores cuantitativos

Para analizar estos descriptores cuantitativos, se utilizó las estadísticas descriptivas, con la finalidad de obtener datos de las características cualitativas como: días a la floración

masculina y femenina (dds), longitud y ancho de la hoja (cm), número de hojas por planta, altura de planta y mazorca (m), longitud de panoja y pedúnculo (cm), diámetro de tallo (cm), longitud y diámetro de la mazorca (cm), número de hileras de la mazorca, número de granos por hilera de la mazorca, peso de la mazorca y tusa seco (g), peso de 100 granos seco (g), ancho de grano (mm), longitud y grosor de grano (mm).

a. Días a la floración masculina y femenina

Se evaluaron 33 accesiones, la variable “días a la floración femenina” variaron entre 67 (LIM 2) y 87 (LIM 49) dds, evaluando los días transcurridos desde la siembra hasta el 50 por ciento de plantas que han emergido los estigmas (más de dos centímetros de alto), tiene un promedio de 77.42 dds, con un coeficiente de variabilidad de 10.12 por ciento lo cual indica que los datos son regularmente homogéneos. La variable “días a floración masculina” variaron entre 64 (LIM 2) y 80 (LIM 49) dds, evaluando los días transcurridos desde la siembra hasta el 50 por ciento de plantas que han liberado el polen, tiene un promedio de 73.30 dds, con un coeficiente de variabilidad de 6.43 por ciento, lo cual indica que los datos son muy homogéneos (Figura 5). Se puede deducir que la floración masculina inicia antes que la femenina (protandria) porque los órganos femeninos requieren más energía para la producción de ovocitos y la formación de los granos, por ello, para formar una mazorca necesita obtener suficientes recursos almacenados para iniciar la floración femenina.

Las accesiones sembradas en la sierra baja y media del Perú, con temperaturas máximas de 21°C y mínimas de menos 0°C, variaron entre 91 a 140 dds (floración masculina) y 95 a 151 dds (floración femenina), deduciendo que los días de floración está altamente influenciada por factores ambientales como la humedad y la temperatura (Macuri, 2016). La siembra de verano, a temperaturas de 35 a 20 °C, la floración masculina se adelanta 30 días, comienza a los 60 y 80 días después de la siembra (Manrique, 1997). Estos datos son similares a los obtenidos en la presente investigación, comienza entre 64 dds (floración femenina) a 87 dds (floración masculina) y a temperaturas entre los 25.6°C y 31.4 °C durante el mes de febrero.

La salida de los estigmas y la producción de polen pueden retrasarse o adelantarse, dependiendo de los cambios climáticos como fuertes sequías y altas temperaturas; el disponer de agua en esta etapa es importante para la polinización y fecundación, donde se

transforma los fotosintatos hacia los órganos vegetativo de las plantas, los granos de mazorca y las hojas superiores. La humedad, la temperatura y fertilizantes está sincronizado con la salida de estigmas y la producción de polen; los estigmas emergen de 10 a 4 días después de la ántesis (Manrique, 1997). Estos datos son similares a los obtenidos durante el estudio, el promedio de inicio de floración femenina es 78.88 dds y el masculino es 73.73 dds, es decir, los estigmas emergen de ± 6 días después de la ántesis.

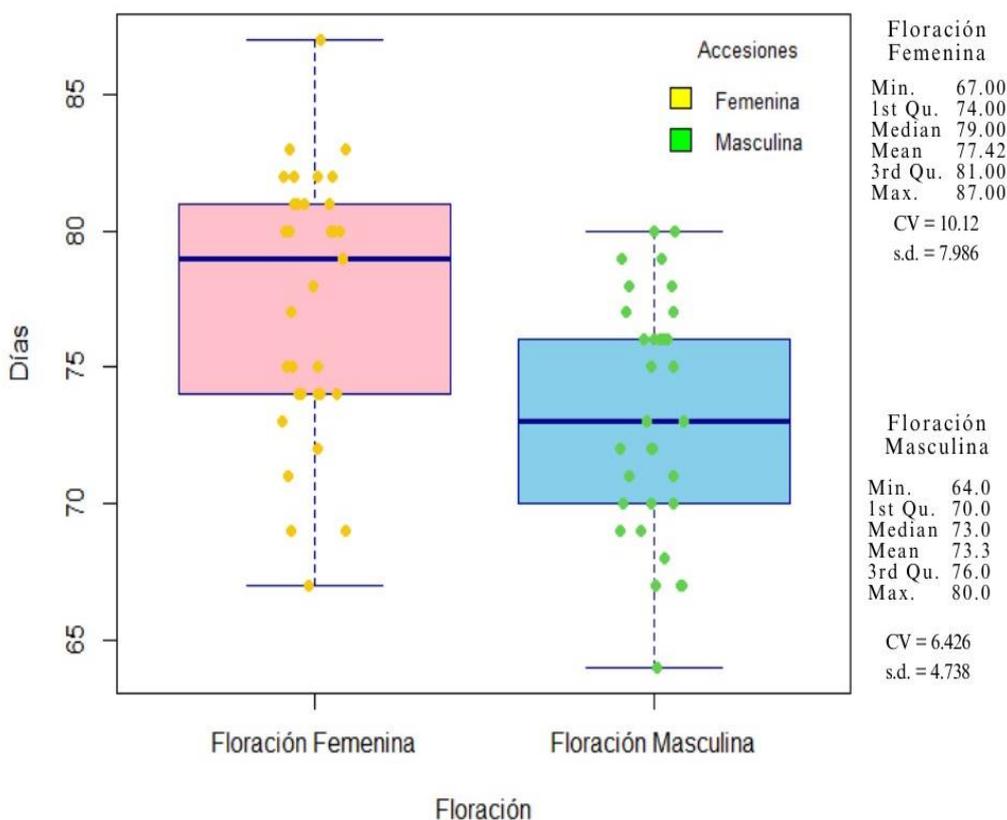


Figura 5: Días a la floración femenina y días a la floración masculina (dds) de las accesiones de maíz.

b. Número de hojas

Se evaluaron 33 accesiones, el número total de hojas varía entre los 9 (LIM 39) y 21 (LIM 53), tiene un promedio de 15.94, con un coeficiente de variación de 11.5 por ciento, lo cual indica que presenta datos regularmente homogéneos. El número de hojas superior o sobre la mazorca varía entre 4 (LIM 71) y 10 (LIM 42), tiene un promedio de 7.03, con un coeficiente de variación de 13.5 por ciento, lo cual indica que presenta datos regularmente homogéneos (Figura 6).

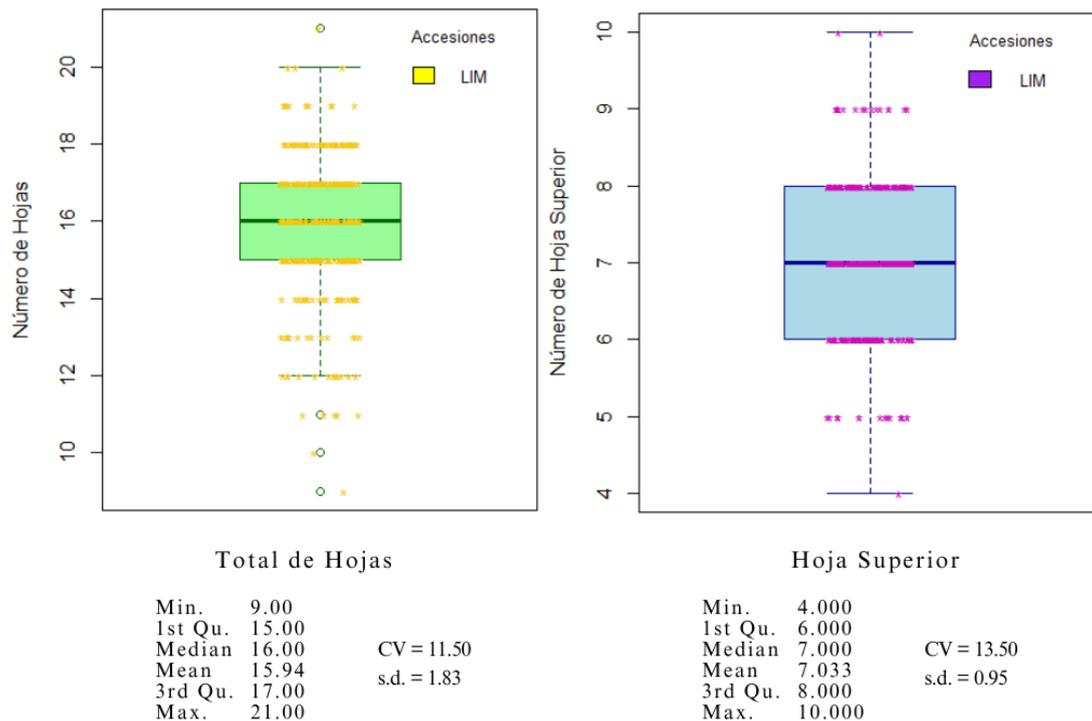


Figura 6: Número total de hojas y número de hoja superior por planta en las accesiones de maíz.

Las accesiones sembradas en la costa del Perú (temperaturas máximas de 27.9°C y mínimas de 13°C), el número total de hojas variaron entre 8.5 a 16.5 y el número de hojas superior variaron entre 3.7 y 6.4, estas accesiones provienen de diferentes regiones, como: Lima, Ancash, Arequipa, Cuzco, Huánuco, Lambayeque, La Libertad y Loreto (Chavarry, 2014). Sin embargo, cuando comparamos los datos obtenidos de la investigación (Figura 6), podemos inferir que la procedencia de las accesiones puede influir en el número total de hojas y sobre la mazorca.

Además, podemos deducir que, las accesiones tienen diferentes patrones de crecimiento y desarrollo según las características de las razas de maíz, algunos pueden tener una tendencia a producir más o menos hojas. Según Manrique (1997), el número total de hojas en algunas razas varía entre diez (Pardo), once (Chullpi), doce (cubano amarillo) y trece (Huachano, Chancayano blanco, Perla), a diferencia de los datos obtenidos en la investigación, tenemos un promedio total de hojas mayor a las razas mencionadas.

El número de hojas superiores a la mazorca puede ser influenciado por factores ambientales como la humedad, disponibilidad de nutrientes y temperatura, además la escasez del número de hojas superior puede estar influenciada por ciertos genes como el teosinte branched1 (tb1), las variantes del gen pueden actuar como un potenciador de la expresión genética y puede explicar parcialmente el aumento de la dominancia apical en el maíz (Studer *et al.*, 2011).

c. Longitud y ancho de Hoja

Se evaluaron 33 accesiones, la longitud de hoja (cm) promedio fue de 102.44, siendo la mínima 70.4 (LIM 14) y la máxima 134.2 (LIM 36), con un coeficiente de variación de 11.2 por ciento, lo cual indica que presenta datos regularmente homogéneos. El ancho de hoja (cm) promedio fue de 10.6, siendo la mínima 6.8 (LIM 38, LIM 46) y la máxima 14.7 (LIM 22), con un coeficiente de variación de 13.3 por ciento, lo cual indica que presenta datos regularmente homogéneos (Figura 7).

Gutiérrez y Pérez (2020), indican que las hojas que presentan un ancho entre siete a nueve centímetros, son plantas con mejor porte, porque sus conclusiones estadísticas han demostrado que las accesiones pertenecientes a estos rangos, cuentan con una buena solidez de hoja. En comparación con la presente investigación, las accesiones mostraron un rango promedio superior. Debemos tomar en cuenta que existen variaciones genéticas en las distintas accesiones de maíz, dando lugar a diferencias entre ancho y longitud de la hoja. Las condiciones ambientales pueden influir significativamente en el resultado, por ejemplo, la intensidad de luz, nutrientes, la temperatura, son factores que pueden modificar la morfología foliar. La interacción entre el ambiente y la genética puede influenciar en el cultivo, una misma accesión de maíz puede tener diferencias en la longitud y ancho de la hoja cuando se cultivan en diferentes condiciones ambientales. Podemos mencionar que, el área foliar promedio de las accesiones evaluadas de LIM 71 es 806.1 cm² y LIM 78 es 794.2 cm². Cuando comparamos con la tesis de Chavarry (2014) que evaluó algunas accesiones de la presente investigación, podemos demostrar que sembrar a condiciones climáticas diferentes (según estaciones del año), obtenemos resultados variados como 739.65 cm² (LIM 71) y 860.78 cm² (LIM 78).

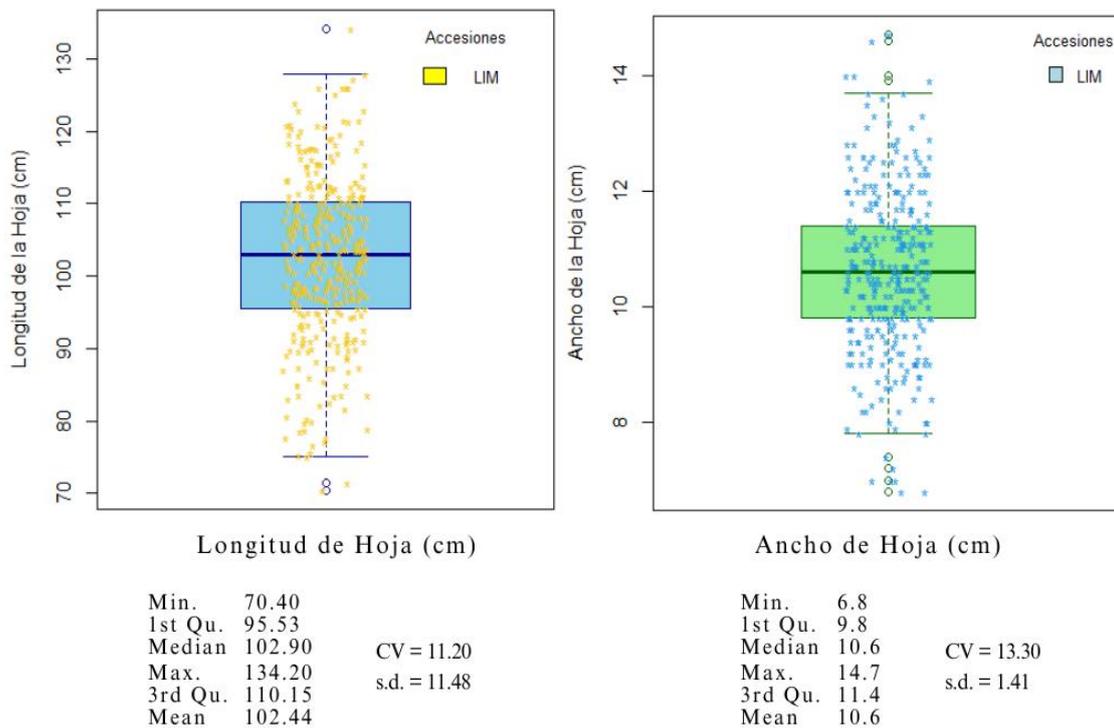


Figura 7: Longitud y ancho de hoja (cm) evaluados en las accesiones de maíz.

d. Altura de planta y mazorca

Se evaluaron 33 accesiones, la altura de planta (m) promedio fue de 2.48, siendo la mínima 1.35 (LIM 2) y la máxima 4.09 (LIM 53), con un coeficiente de variación de 17.00 por ciento, lo cual indica que presenta datos regularmente variables. La altura de mazorca (m) promedio fue de 1.61, siendo la mínima 0.65 (LIM 2) y la máxima 2.78 (LIM 53), con un coeficiente de variación de 20.3 por ciento, lo cual indica que presenta datos variables (Figura 8). Ramírez (2013), menciona la influencia negativa de la altura de planta y mazorca en el rendimiento, esto puede explicarse por los genotipos de alturas mayores al promedio, estas se atribuyen a plantas tardías y con problemas de sincronía floral, impidiendo la polinización normal. En cambio, los genotipos con alturas promedio, muestran mejores rendimientos.

En la presente investigación tenemos varias accesiones de maíz con alturas superiores al promedio, sin embargo, el riego y las temperaturas del verano no fueron óptimos durante el crecimiento vegetativo. Debemos recordar que Ramírez (2013) menciona al agua disponible como el principal factor que limita el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz.

Entonces, con este enunciado podríamos deducir que la expresión genética de la altura presente en la accesión LIM 53, se debe más al genotipo que al fenotipo por poseer las mayores alturas promedio pese a la poca irrigación y altas temperaturas durante su ciclo vegetativo.

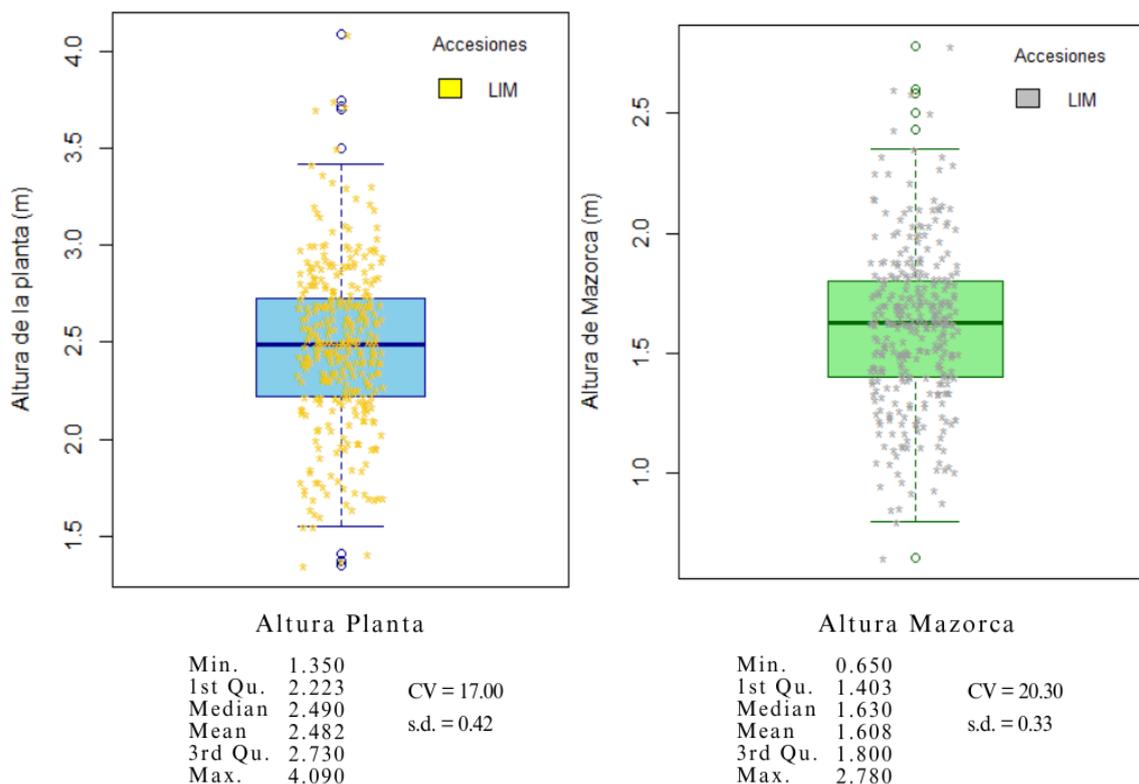


Figura 8: Altura de planta y mazorca (m) evaluados de las accesiones de maíz.

La influencia que tiene la altura de la mazorca en el rendimiento, se determina por la acumulación de nutrientes cuando se elonga el tallo, este es transferido a los granos por la fotosíntesis. Además, algunos autores como Baca (1989) mencionan a esta variable como de mayor importancia que la altura de planta desde el punto de vista agronómico, porque contribuye con el rendimiento y facilita la cosecha. Maya (1995) afirma que, para tener más hojas para proveer nutriente y mejor rendimiento, la altura de mazorca debería ser menor (Blandon y Smith, 2001).

La altura de planta promedio de las accesiones evaluadas de LIM 44 es 3.01 metros y LIM 48 es 2.57 metros, asimismo la altura de mazorca tiene promedios de 2.01 y 1.70 metros respectivamente; y cuando comparamos con la tesis de Chavarry (2014) que evaluó estas

mismas accesiones, podemos demostrar que el promedio de la altura de planta es mayor con 3.16 metros (LIM 44) y 3.03 metros (LIM 48), con respecto a la presente investigación, similar tendencia tiene la altura de mazorca con 2.14 y 1.98 metros respectivamente.

Cabe mencionar que la altura de planta es una característica fisiológica en el crecimiento y desarrollo del cultivo porque indica la velocidad de crecimiento y puede verse afectada por la humedad, luz y nutrientes (Ramirez, 2013). Sin embargo, la altura puede variar por otros factores como las condiciones ambientales, genética de la accesión, manejo agronómico, además, la altura de la mazorca generalmente es menor que la altura de planta.

e. Longitud de panoja y pedúnculo

Se evaluaron 33 accesiones, la longitud de panoja y pedúnculo (cm) promedio fue de 44.29, siendo la mínima 26.5 (LIM 71) y la máxima 64.0 (LIM 44), con un coeficiente de variación de 13.8 por ciento, lo cual indica que presenta datos regularmente homogéneos (Figura 9). La tesis de Chavarry (2014) evalúa al descriptor longitud de panoja desde el último nudo del tallo hasta el ápice de la floración masculina, obteniendo resultados promedios de las accesiones como 52.26 centímetros (LIM 71), 50.79 centímetros (LIM 75) y 38.80 centímetros (LIM 38 y LIM 44). Si realizamos la comparación con la presente investigación tenemos a LIM71 con 41.73, LIM 75 con 49.60cm, LIM 38 con 43.20 cm y LIM 44 con 51.20 cm, demostrando que estos promedios son variados pese a la semejanza entre accesiones.

Esta variable se evalúa en diversas investigaciones como Zapata (2022), que mide la longitud de la panoja desde la primera ramificación basal hasta el ápice de la floración masculina, además mide la longitud del pedúnculo desde el último nudo de la planta hasta la primera ramificación basal de la floración masculina, sin embargo, en la presente investigación y Chavarry (2014) en su tesis, midieron las dos variables como uno solo. En general, la longitud de la panoja depende de varios factores como las condiciones climáticas, ambientales, genética, disponibilidad de nutrientes y el manejo agronómico durante el crecimiento y desarrollo de la planta.

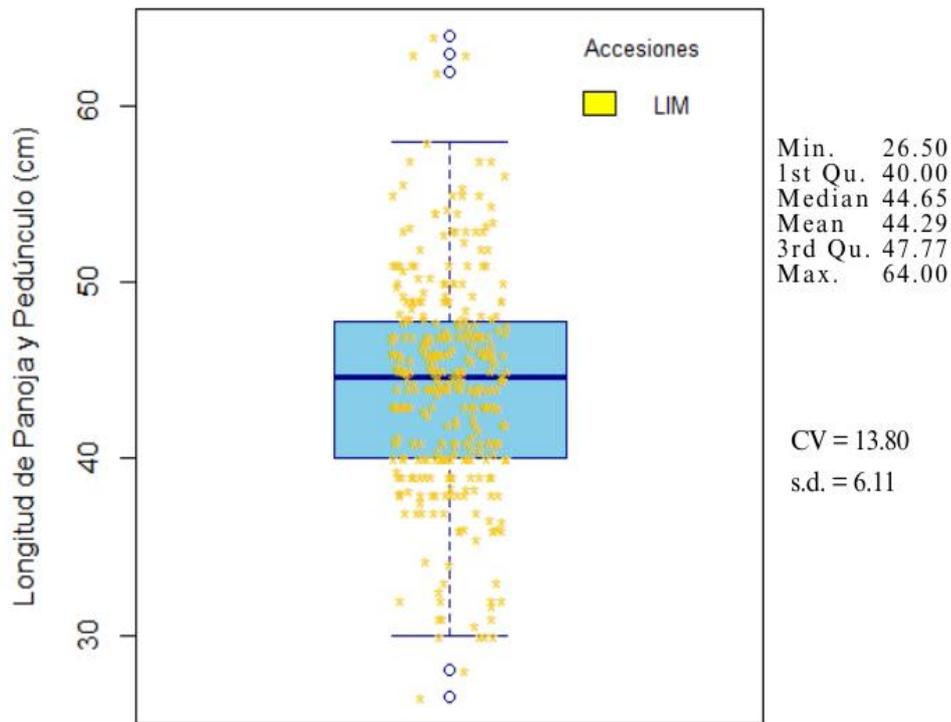


Figura 9: Longitud de panoja y pedúnculo (cm) evaluados de las accesiones de maíz.

La panoja puede producir más de un millón de granos de polen y la mazorca producir más de 1000 estigmas, entonces en teoría de 30 a 20 plantas de maíz podrían fertilizar todos los estigmas en un acre que equivale a 0.405 hectáreas, pero todo el polen desprendido no necesariamente puede caer en un estigma (Endicott *et al.*, 2015).

f. Diámetro de tallo

Se evaluaron 33 accesiones, el diámetro del tallo (cm) promedio fue de 2.68, siendo la mínima 1.88 (LIM 2, LIM 29) y la máxima 3.85 (LIM 3, LIM14), con un coeficiente de variación de 12.9 por ciento y considera que presenta datos regularmente homogéneos (Figura 10). Blandon y Smith (2001) indica que altas fertilizaciones pueden debilitar el tallo por el aumento del crecimiento y generar un rendimiento negativo. Además, asegura que el diámetro se puede ver afectado por la competencia de luz y altas densidades de siembra, provocando elongación y reducción del grosor del tallo.

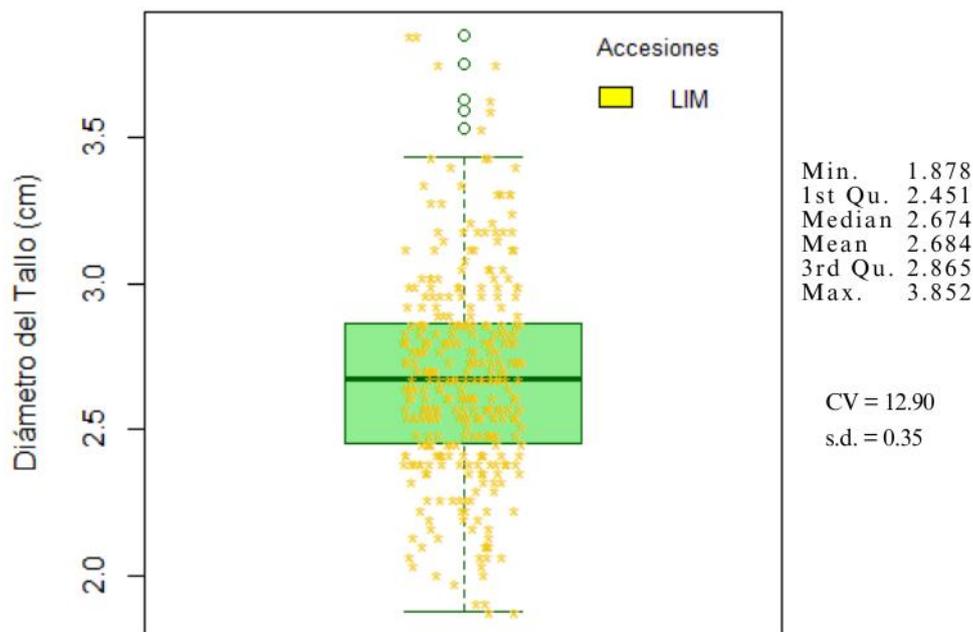


Figura 10: Diámetro de tallo (cm) evaluados de las accesiones de maíz.

g. Longitud y diámetro de la mazorca

Se evaluaron 33 accesiones, la longitud de la mazorca (cm) promedio fue de 14.73, siendo la mínima 8.50 (LIM 29) y la máxima 22.60 (LIM 3), con un coeficiente de variación de 18.6 por ciento, lo cual indica que los datos son regularmente variables. El diámetro de la región central de la mazorca (cm) promedio fue de 4.17, siendo la mínima 2.23 (LIM 74) y la máxima 5.83 (LIM 22), con un coeficiente de variación de 14.2 por ciento, lo cual indica que los datos son regularmente homogéneos (Figura 11). Según Blandon y Smith (2001) afirma que la influencia de la actividad fotosintética, la absorción de nutrientes y agua durante la fase reproductiva puede afectar el diámetro de la mazorca.

López (1991) menciona que a mayores densidades de siembra en el cultivo se reduce la longitud de la mazorca, sin embargo, Adetiloye *et al.* (1984) manifiesta que la longitud de mazorca depende del nitrógeno disponible, humedad del suelo y la radiación solar (Blandon y Smith, 2001). La tesis de Chavarry (2014) evalúa el diámetro medio de la mazorca, obteniendo resultados promedios de las accesiones como 5.31 centímetros (LIM 78), 5.18 centímetros (LIM 36), 4.04 centímetros (LIM 24) y 3.93 centímetros (LIM 38). Si realizamos la comparación con la presente investigación tenemos a LIM 78 con 4.17 cm, LIM 36 con

4.49 cm, LIM 24 con 3.96 cm y LIM 38 con 3.83 cm, estos datos nos demuestran que la presente investigación tiene menor diámetro de mazorca promedio con respecto a la tesis comparada.

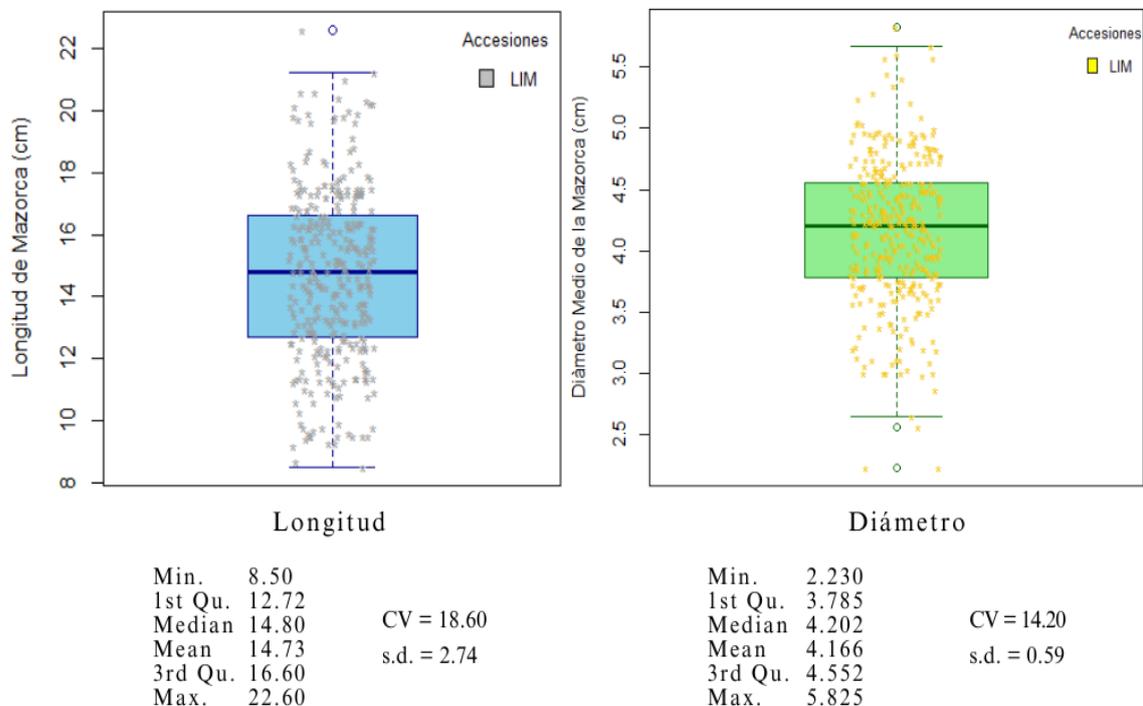


Figura 11: Longitud y diámetro medio de la mazorca (cm) evaluados de las accesiones de maíz.

También este autor evaluó la longitud de la mazorca, obteniendo resultados promedios de las accesiones como 19.10 centímetros (LIM 71), 18.65 centímetros (LIM 47), 15.41 centímetros (LIM 24) y 13.95 centímetros (LIM 38). Si realizamos la comparación con la presente investigación tenemos a LIM 71 con 12.44 cm, LIM 47 con 16.30 cm, LIM24 con 14.20 cm y LIM 38 con 12.93 cm, estos datos nos demuestran que la presente investigación también tiene menor longitud promedio con respecto a la tesis comparada.

Además, mencionar que el diámetro de la mazorca está directamente relacionado con su longitud, entonces podemos deducir de las comparaciones anteriores que, a menor diámetro tendríamos menor longitud de mazorca. Este fenómeno se podría originar debido al proceso de división y expansión celular que ocurre durante el crecimiento de la planta de maíz. A medida que las células se multiplican y se expanden, la mazorca experimenta un incremento tanto en su longitud como en su anchura.

h. Hileras de la mazorca

Se evaluaron 33 accesiones, el número de hilera de la mazorca promedio fue de 12.77, siendo la mínima 7 (LIM 1, LIM 74) y la máxima 21 (LIM 49), con un coeficiente de variación de 18.6 por ciento, lo cual indica que los datos son regularmente variables (Figura 12).

Cabe mencionar que, el número de hilera alrededor de la mazorca se establece en el momento en que los brotes o los vástagos del elote son visibles, así como también la panoja (Endicott *et al.*, 2015). Además, Tanka y Yamaguchi (1984) indica que esta variable es un carácter genético y las condiciones del cultivo no le afectan (Blandon y Smith, 2001). No obstante, la tesis de Chavarry (2014) evalúa la cantidad de hileras (filas) por mazorca, obteniendo resultados promedios como 14.50 (LIM 78), 14.00 (LIM 47), 10.00 (LIM 75) y 9.67 (LIM 14). Si realizamos la comparación con la presente investigación tenemos a LIM 78 con 12.20, LIM 47 con 13.40, LIM 75 con 9.00 y LIM14 con 10.40, estos datos nos demuestran que nuestra investigación tiene menor número de hileras promedio con respecto a la tesis comparada, excepto LIM 14. Debemos mencionar que la accesión mencionada tiene un porcentaje de germinación en campo de 20.07 por ciento, generando una mayor densidad de siembra por golpe con cinco semillas.

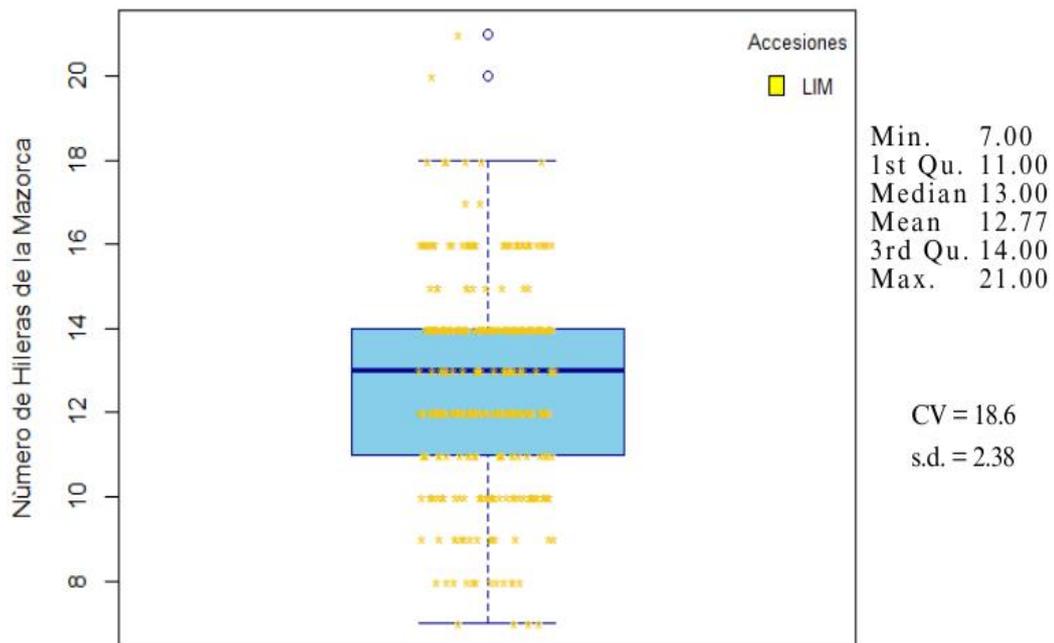


Figura 12: Número de hileras de la mazorca evaluados de las accesiones de maíz.

La diferencia del número de hileras promedio puede ser explicado por Blandon y Smith (2001), afirmando que el factor densidad aumenta ligeramente el número de hileras por mazorca. En la presente investigación tenemos una densidad de siembra de 3.25 plantas/m² y Chavarry (2014) con 6.25 plantas/m², demostrando que, a mayor densidad, aumentará ligeramente el número de hileras por elote. Debemos tomar en cuenta que, la planta de maíz cuando se siembra cerca una de otra, estas compiten por los recursos disponibles como nutrientes, luz, agua y esto puede estimular la formación de más mazorcas para asegurar su dispersión y reproducción de semillas, sin embargo, cada elote puede ser pequeño debido a esta limitación de recursos.

i. Granos por hileras

Se evaluaron 33 accesiones y se contabilizó tres filas diferentes al azar de una mazorca, el número de granos por hilera 1 promedio fue de 26.42, siendo la mínima 12 (LIM 45) y la máxima 42 (LIM 18), con un coeficiente de variación de 23.75 por ciento, lo cual indica que los datos son variables. El número de granos por hilera 2 promedio fue de 26.33 por ciento, siendo la mínima 12 (LIM 45) y la máxima 42 (LIM 1, LIM 12), con un coeficiente de variación de 23.37 por ciento, lo cual indica que los datos son variables. El número de granos por hilera 3 promedio fue de 25.98, siendo la mínima 11 (LIM 45) y la máxima 42 (LIM 12), con un coeficiente de variación de 23.83 por ciento y significa que presenta datos variables. El número de granos por hilera total promedio fue de 26.25, siendo la mínima 11 (LIM 45) y la máxima 42 (LIM 1, LIM 12), con un coeficiente de variación de 22.7 por ciento, lo cual indica que los datos son variables (Figura 13).

El número de granos por hilera se determina en las últimas semanas antes de la aparición de la inflorescencia masculina, En este momento el estrés puede reducir el número de granos en cada hilera, sin embargo, el número final de granos se determina después y durante la polinización, además está influenciado por la cantidad de óvulos por hilera. Asimismo, la fertilización y el riego son factores determinantes en el número de granos presentes, así como la densidad y profundidad de raíces (Blandon y Smith, 2001; Endicott *et al.*, 2015).

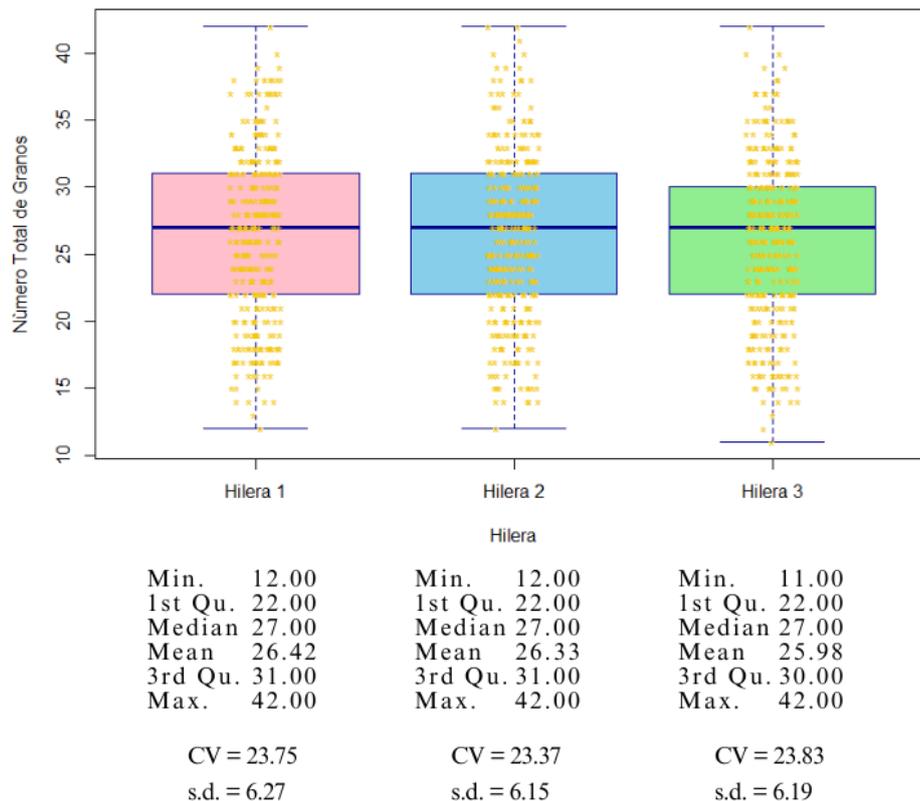


Figura 13: Número de granos por hileras 1, hilera 2, hilera 3, evaluados de las accesiones de maíz.

La tesis de Chavarry (2014) evalúa los granos por hilera, obteniendo resultados promedios de las accesiones como 32.72 (LIM 44), 32.50 (LIM 47), 26.17 (LIM 36) y 25.22 (LIM 75). Si realizamos la comparación con la presente investigación tenemos a LIM 44 con 28.20, LIM 47 con 31.23, LIM 36 con 28.97 y LIM 75 con 21.83, estos datos nos demuestran que la investigación tiene menor número de granos por hileras promedio con respecto a la tesis comparada, excepto LIM 36.

Con respecto a la diferencia de promedio de esta variable, podemos interpretar que el número de granos está influenciado por la fecundación de óvulos por hilera. Se confirma este enunciando, mencionando que en estadios tardíos y condiciones desfavorables puede causar una disminución del número de estilos generando una pobre polinización de los óvulos (Blandon y Smith, 2001). Por lo tanto, podemos deducir que un menor número de granos por hilera puede ser ocasionado durante la polinización, la viabilidad del polen no era el adecuado por las altas temperaturas y la disminución hídrica durante la fecundación, causan una disminución del número de estilos limitando el acceso del polen hacia los óvulos.

j. Peso de mazorca y tusa seco

Se evaluaron 33 accesiones, el peso de la mazorca (g) promedio fue de 81.96, siendo la mínima 6 (LIM 10, LIM 45) y la máxima 190 (LIM 14), con un coeficiente de variación de 45.2 por ciento, lo cual indica que los datos son muy variables (Figura 14). Para obtener rendimientos máximos, debe sembrarse con una densidad suficiente para que el peso promedio de la mazorca tenga un promedio aproximado de 227 gramos (Blandon y Smith, 2001). Este último dato promedio es mayor con respecto a la investigación realizada.

La densidad de siembra de la presente investigación es 3.25 planta/m², sin embargo, Blandon y Smith (2001) muestra un mayor valor promedio de densidad con 7.1 planta/m². Entonces, estos datos nos confirman que a menor densidad tendríamos mayor peso promedio de la mazorca. También, el peso de la mazorca depende del número de granos y desde la etapa de la aparición de los estigmas y durante las próximas dos semanas, el estrés puede reducir de manera significativa el número de granos por mazorca. Cabe destacar que, se considera maduro fisiológicamente a la mazorca cuando ha alcanzado su peso seco máximo y su humedad de grano tiene aproximadamente 35 por ciento, en esta etapa el estrés no tiene impacto en el rendimiento (Endicott *et al.*, 2015).

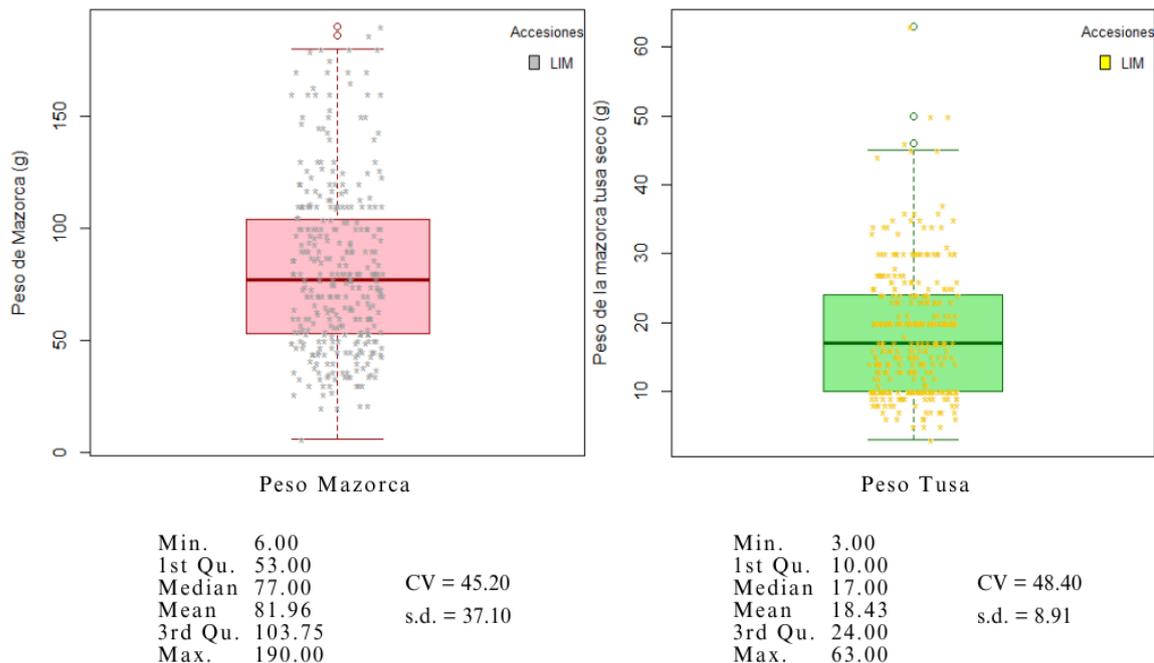


Figura 14: Peso de la mazorca y tusa seco (g) evaluados de las accesiones de maíz.

Blandon y Smith (2001), nos indica que la cantidad y duración de la radiación interceptada, más el estrés nutricional e hídrico está relacionada con el peso del grano. Frente a este enunciado, se puede deducir que una radiación solar prolongada produce mayor energía para el crecimiento y desarrollo de los granos, acumulando materia seca en la mazorca; además el estrés nutricional como la deficiencia de nutrientes y el estrés hídrico como la sequía o falta de agua puede afectar la fotosíntesis, evitando una adecuada turgencia celular, produciendo una disminución del llenado de grano, limitando el desarrollo y crecimiento, reduciendo el peso de los granos.

El peso de la mazorca tusa seco (g) promedio fue de 18.43, siendo la mínima 3 (LIM 45) y la máxima 63 (LIM 22), con un coeficiente de variación de 48.4 por ciento, lo cual indica que los datos son muy variables (Figura 14). Cabe mencionar la tusa al contener lignina y celulosa puede ser usado como alimento para ganado, como complemento orgánico para enriquecer el suelo y en la producción de carbón activado por su alto contenido de carbono y se ha demostrado tener alto rendimiento para remover contaminantes (Medina, 2021).

k. Peso de 100 granos

Se evaluaron 33 accesiones, el peso (g) de 100 granos promedio fue de 26.61, siendo la mínima 10 (LIM 29, LIM 42) y la máxima 47 (LIM 39), con un coeficiente de variación de 27.6 por ciento, lo cual indica que los datos son muy variables (Figura 15). Durante la presente investigación, a pesar de la alta demanda hídrica por la alta temperatura (31.5°C), hubo problemas con el riego. Además, Manrique (1997) recomienda evitar la falta de riego durante la maduración, porque los granos se encuentran llenos de azúcares y esta etapa es importante porque forma el almidón durante la polimerización de azúcares. Frente a estos problemas de riego, generamos granos chupados, que reducen la cosecha y genera granos de mala calidad.

Blandon y Smith (2001) destaca que, durante el llenado de grano, una sequía puede reducir el tamaño de estos. Durante el periodo de floración, antes o después de la emisión de estigmas, la planta es muy sensible al estrés hídrico, afectando el peso del grano. En general, una mazorca puede tener de 500 a 800 granos según el ambiente favorable y un manejo de

producción adecuado. Cabe mencionar, la descripción de 100 granos es una muestra representativa del total y se pueden inferir características y propiedades del maíz en general. Cuando seleccionamos cuidadosamente estos granos nos aseguramos que represente la diversidad y variabilidad de las muestras y este tamaño es estadísticamente significativo.

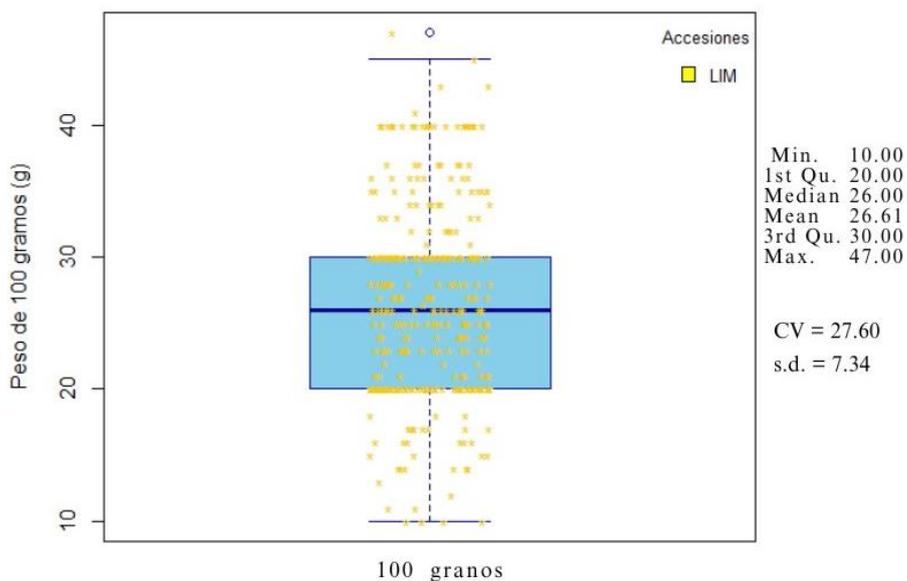


Figura 15: Peso de 100 granos (g) evaluados de las accesiones de maíz.

1. Ancho, grosor y longitud de granos

Se evaluaron 33 accesiones, el ancho de grano (mm) promedio fue de 9.409, siendo la mínima 6.6 (LIM 49) y la máxima 12.4 (LIM 71), con un coeficiente de variación de 11.20 por ciento, lo cual indica que los datos son regularmente homogéneos. El grosor de grano (mm) promedio fue de 4.663, siendo la mínima 3 (LIM 74) y la máxima 6.9 (LIM 8), con un coeficiente de variación de 15.30 por ciento, lo cual indica que los datos son regularmente variables. La longitud de granos (mm) promedio fue de 10.140, siendo la mínima 7.8 (LIM 8) y la máxima 13.6 (LIM 10), con un coeficiente de variación de 9.96 por ciento, lo cual indica que los datos son muy homogéneos (Figura 16).

En la Figura 16, podemos observar las distribuciones achatadas del gráfico, significa que la correlación del ancho, el grosor y la longitud tienen una tendencia de patrón consistente que varían juntas y pueden determinar el calibre de las semillas. En el caso del maíz, estas

medidas son descriptores con características importantes que influyen en el tamaño y la forma de las semillas. El calibre de las semillas de maíz puede ser relevante en diferentes contextos, como la siembra y la comercialización. Por ejemplo, en la siembra, el calibre de los granos puede influir en la cantidad de semillas necesarias por área de cultivo y en la comercialización, el calibre puede afectar el valor y la demanda de las semillas.

Según Morales (2016), que también evaluó los granos de maíz, obtuvieron un registro de longitud que se encuentran dentro de un rango entre: 9 – 17 mm, grosor entre: 3 – 9 mm y ancho entre: 5 – 12 mm. Cuando comparamos con la presente investigación, es notoria la diferencia de longitud y grosor con respecto al rango máximo. Cabe destacar que el ancho, el grosor y la longitud de grano puede variar según la accesión del maíz, su raza, el contenido de almidón, su textura, su llenado, estrés durante su desarrollo, entre otros factores, obteniendo granos más anchos, gruesos o más altos que otros. Las razas tienen cierta influencia porque poseen características específicas. Podemos mencionar a Salhuana (2004) con la raza Confite puntiagudo, presentando ciertas características como grano pequeño de tipo reventón, pero de mayor longitud en proporción a su ancho y grosor.

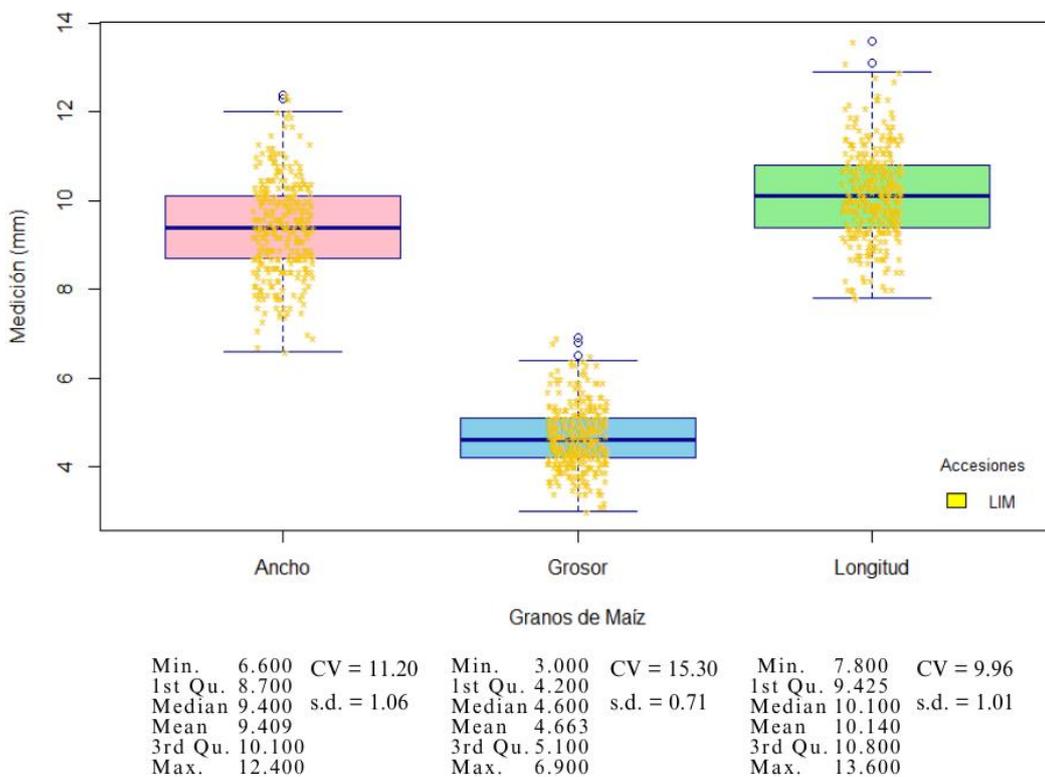


Figura 16: Ancho, grosor y longitud de granos (mm) evaluados de las accesiones de maíz.

4.1.3. Descriptores cualitativos

Para analizar estos descriptores cualitativos, se utilizó una tabla de frecuencias con la finalidad de obtener datos de las características cualitativas como: color de tallo, color de grano, forma de la mazorca, disposición de hileras por grano y la forma de grano. Fueron evaluadas 330 muestras, obteniendo los siguientes resultados:

a. Color de tallo

Se evaluaron la frecuencia de color de tallo en la población de maíz en la Región Lima, la variable del color de tallo se determinó por la existencia de cuatro colores, de las cuales el color verde tiene una frecuencia mayor en comparación con las demás muestras observadas, con un porcentaje de 54.55 por ciento, luego sigue el color café con 30 por ciento, color morado con 12.12 por ciento y color rojo con 3.33 por ciento (Figura 17). La tesis de Chavarry (2014) evalúa el color del tallo, obteniendo resultados de las accesiones de color verde a LIM 1, LIM13, LIM 14, LIM 17, LIM 24, LIM 36, LIM 47, LIM71, LIM75 y LIM 78; de color rojo sol a LIM 4, LIM 38, LIM 44 y LIM 48. Si realizamos la comparación con la presente investigación el verde predomina en la mayoría de accesiones, excepto LIM 36 que presenta color café.

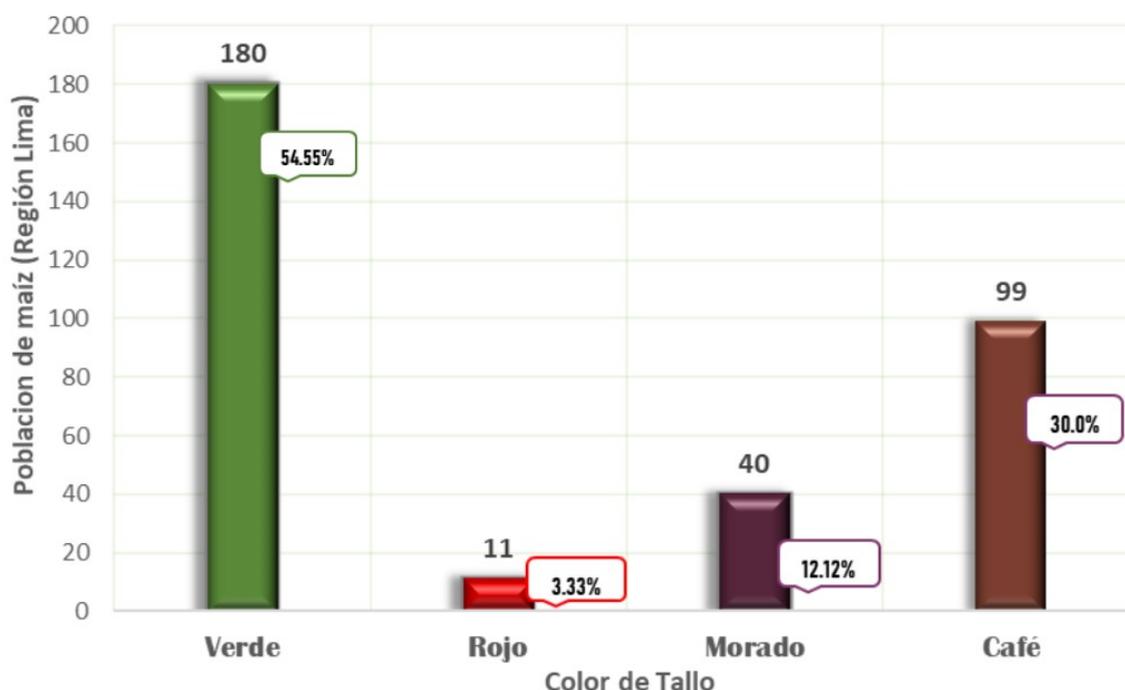


Figura 17: Color de tallo en la población de maíz de la Región Lima.

Los pigmentos presentes en las plantas de maíz como las antocianinas, son responsables de los tonos morado y rojos presentes en el tallo, estas moléculas absorben luz a través de la longitud de onda, por eso tienen una relación directa con las condiciones ambientales. En conclusión, la dominancia del color verde en la presente investigación demuestra que las accesiones de Lima podrían presentar menos antocianinas en el total de las muestras analizadas.

b. Color de grano

Se evaluaron la frecuencia de color de grano en la población de maíz en la Región Lima, la variable del color del grano se determinó por la existencia de ocho colores, de las cuales el color anaranjado tiene una amplia frecuencia en comparación con las demás muestras observadas con un porcentaje de 51.21 por ciento, luego sigue el color blanco con 23.33 por ciento, color café con 10 por ciento, color amarillo con 6.06 por ciento, color rojo con 5.76 por ciento, color morado con 2.42 por ciento, color jaspeado y moteado con 0.61 por ciento (Figura 18). Si comparamos los datos con la tesis de Macuri (2016), obtenemos una predominancia del color amarillo con 54.03 por ciento, seguido del color blanco con 24.48 por ciento, esta información nos afirma la amplia diversidad de colores de grano que pueden predominar dentro de las accesiones de Lima.

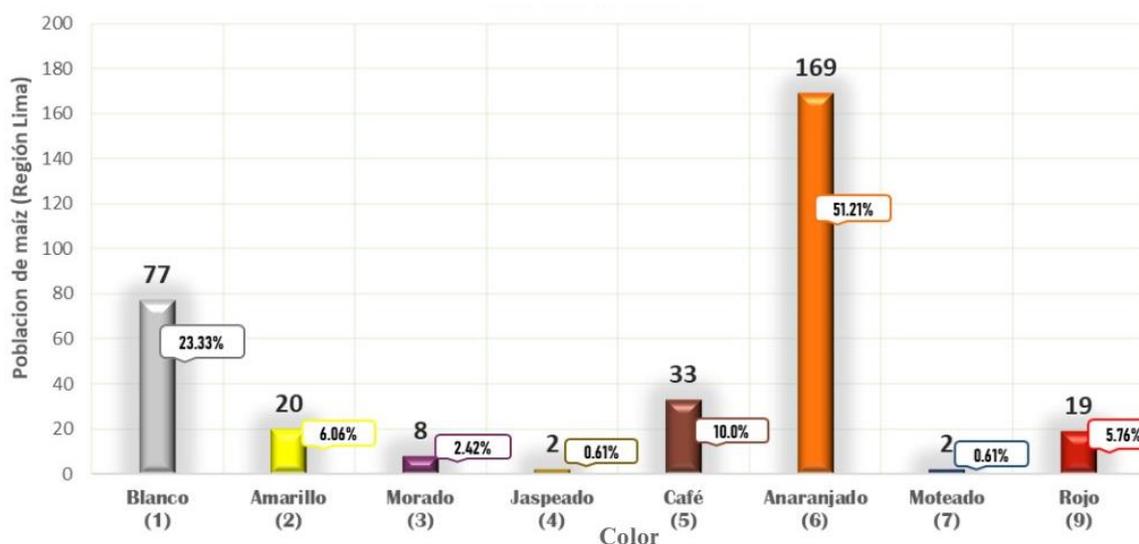


Figura 18: Color de grano en la población de maíz de la Región Lima.

Las variedades de maíz presentan una amplia gama de colores de grano, como amarillo, blanco, rojo, morado, entre otros. Las propiedades químicas y físicas de los componentes de

almacenamiento presentes en los granos, como las proteínas y otros nutrientes, así como la estructura y composición física de los granos, influyen en su tamaño final. Estas variaciones pueden ser significativas y se deben a las diferencias en la composición y estructura de los granos, lo que a su vez está influenciado por factores genéticos y ambientales. Además, Macuri (2016) menciona que los diferentes tipos de maíz pertenecen a la misma especie, pero la textura, tamaño, color y forma de los granos y mazorcas, varían ampliamente de una raza a otra. En el caso de la coloración morado, estos granos son el resultado de la acción compleja de genes ubicados en diferentes cromosomas que producen los diferentes colores de los pigmentos de antocianina junto con el color morado. Si sembramos por separado las semillas moradas, el color persistirá de generación en generación (Manrique, 2000).

c. Forma de mazorca

Se evaluaron la frecuencia de forma de mazorca en la población de maíz en la Región Lima, la variable de la forma de mazorca se determinó por la existencia de cuatro formas, de las cuales la cónica-cilíndrica tiene una frecuencia mayor en comparación con las demás muestras observadas con un porcentaje de 55.45 por ciento, luego sigue la forma cónica con 31.52 por ciento, forma cilíndrica con 12.42 por ciento y forma esférica con 0.61 por ciento (Figura 19).

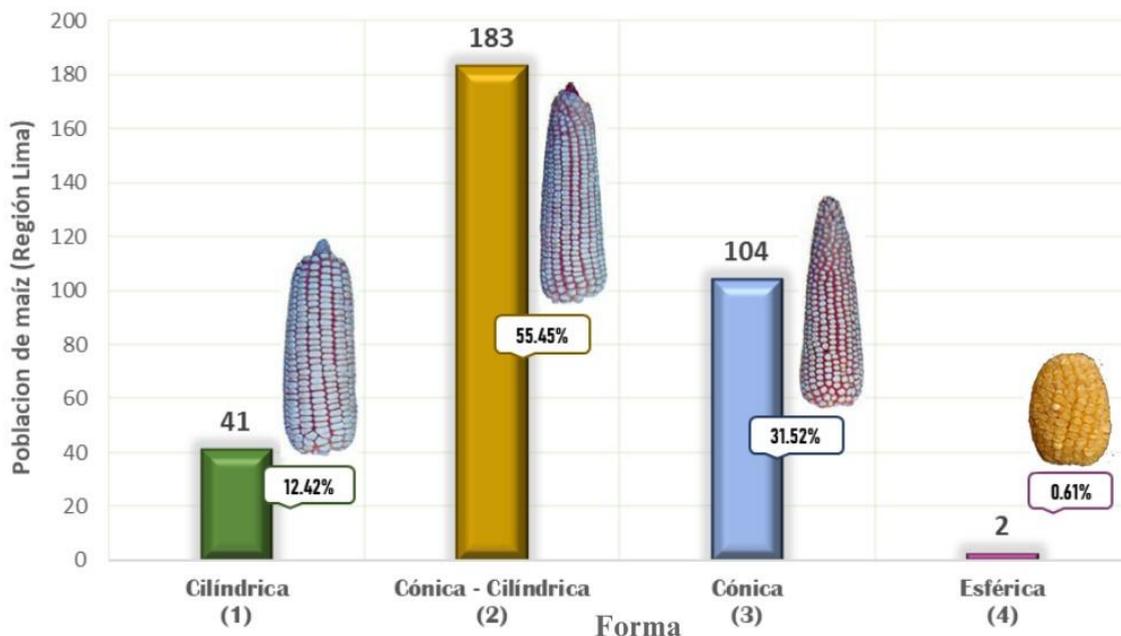


Figura 19: Forma de mazorca en la población de maíz de la Región Lima.

Asimismo, al presentar la forma cilíndrica-cónica mayor porcentaje en las muestras observadas, esta información nos ayuda en la clasificación de las razas. La forma de la mazorca depende principalmente de los genes heredados de las plantas progenitoras. Salhuana (2004) menciona que la raza Huachano y Cubano Dentado Amarillo presenta forma cilíndrica, la raza Chancayano y Perla presentan formas cilíndricas a cilíndrica-cónicas y el Morado Canteño presenta forma cilíndrico-cónico. Sin embargo, Manrique (1997) menciona que la raza Huachano no presenta forma cilíndrica sino cónica-cilíndrica y la raza Perla solo presenta formas cilíndricas, por ello es necesario evaluar las otras variables para una mejor clasificación.

d. Disposición de hileras por grano

Se evaluaron la frecuencia de disposición de hileras por grano en la población de maíz en la Región Lima, la variable de la disposición de hileras por grano se determinó por la existencia de cuatro disposiciones, de las cuales la regular tiene una frecuencia mayor en comparación con las demás muestras observadas con un porcentaje de 51.52 por ciento, luego sigue la disposición irregular con 23.33 por ciento, disposición en espiral con 12.73 por ciento y disposición recta con 12.42 por ciento (Figura 20).

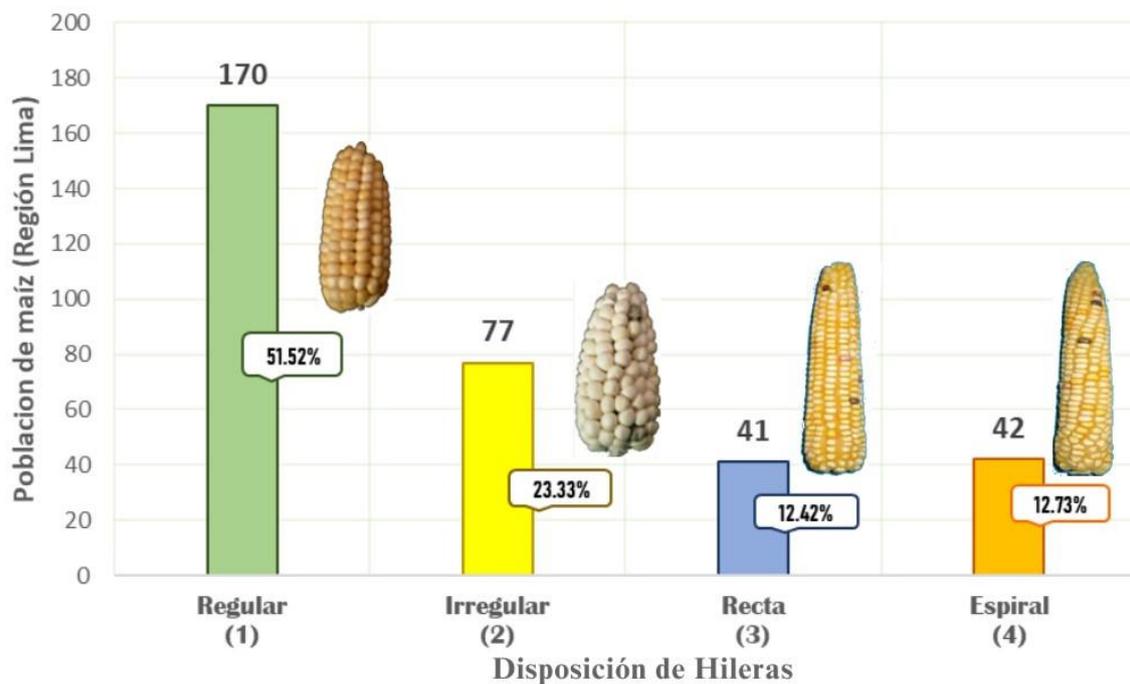


Figura 20: Disposición de hileras en la población de maíz de la Región Lima.

La tesis de Chavarry (2014) evalúa la disposición de hileras por grano, obteniendo resultados de las accesiones con disposición regular a LIM 1, LIM 4, LIM 13, LIM 14, LIM 17, LIM 24, LIM 44, LIM48, LIM 71, LIM75 y LIM 78; con disposición irregular a LIM 38 y LIM 47; con disposición en espiral a LIM 36. Si realizamos la comparación con la presente investigación, la disposición regular predomina en la mayoría de accesiones, excepto LIM 1 y LIM 24 que presenta disposición recta, LIM 4 tiene disposición entre espiral e irregular, LIM 71 tiene disposición entre regular e irregular, en cambio, LIM 36 y LIM 38 presenta disposición regular. Por lo tanto, es necesario evaluar las otras variables para obtener una mejor clasificación.

e. Forma de grano

Se evaluaron la frecuencia de forma de grano en la población de maíz en la Región Lima, la variable de la forma de grano se determinó por la existencia de cuatro formas, de las cuales la redonda tiene una frecuencia ampliamente mayor en comparación con las demás muestras observadas con un porcentaje de 60.61 por ciento, luego sigue la forma plana con 20.91 por ciento, forma dentada con 16.36 por ciento y forma contraída con 2.12 por ciento (Figura 21).

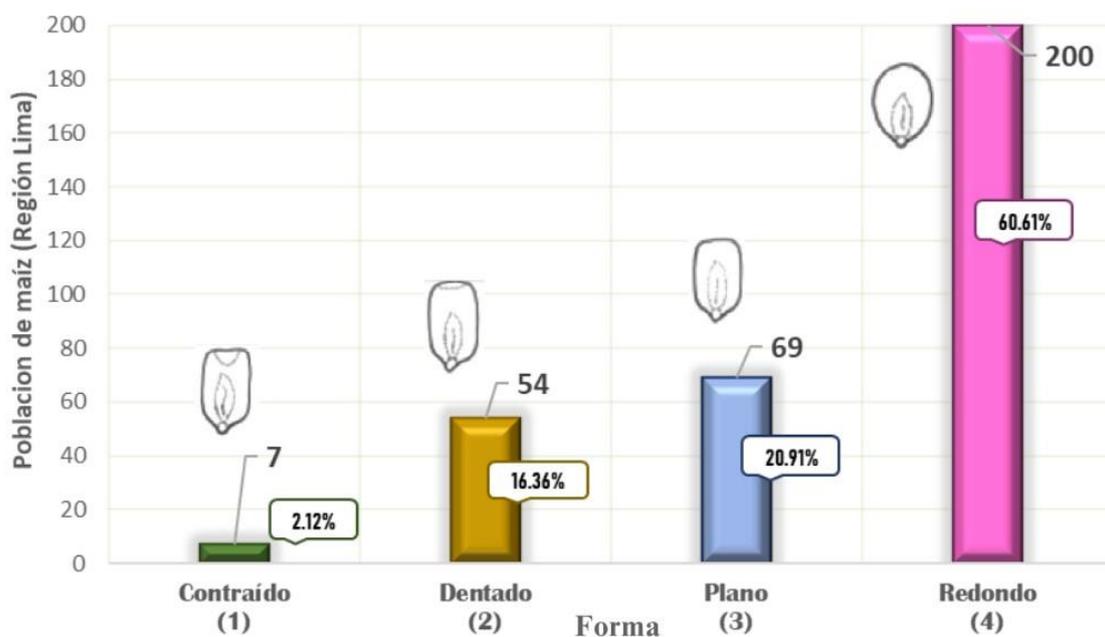


Figura 21: Forma de grano en la población de maíz de la Región Lima.

La posición de los granos dentro de la mazorca podría influir en su forma, ya que en la parte superior de la mazorca se tiene granos más puntiagudos y en la parte inferior pueden ser más

planos o redondos (Endicott *et al.*, 2015). Sin embargo, los granos dentados pueden depender más por sus genes y su raza. La polinización también puede influir en su forma, porque en la presente investigación obtuvimos mazorcas mal polinizadas y los granos al tener más espacio entre ellos, pueden generar formas más redondas.

4.2. Análisis de componentes principales (PCA)

Para determinar cuáles son los caracteres responsables de la variabilidad morfológica y con la finalidad de obtener nuevas variables que no se correlacionen entre las accesiones de maíz, se realizó un Análisis de Componentes Principales. Realizamos el PCA utilizando únicamente variables cuantitativas, lo cual permite una medición más precisa y objetiva. Los valores numéricos nos brindan una escala de medida que facilita el cálculo de correlaciones y la identificación de patrones en los datos. Esta metodología es especialmente relevante en el análisis de componentes principales, ya que su objetivo es identificar las relaciones lineales entre las variables. El PCA va a generar un número de componentes igual al número de descriptores utilizados; para el trabajo de investigación tenemos 19 descriptores morfológicos, por eso se obtiene 19 componentes principales, donde el primer componente principal tiene el mayor valor propio (eigenvalue) y el menor valor propio pertenece al último componente principal.

En la Tabla 6 se muestra la varianza total o valores propios asociados a cada uno de los componentes principales obtenidos a partir de las variables originales; también en la tercera columna se presenta la varianza total absoluta expresado en porcentaje y la cuarta columna se muestra la varianza total acumulada expresado en porcentaje, alcanzando un 100 por ciento en el décimo noveno componente principal. Asimismo, podemos observar el valor propio asociado a cada componente principal es decreciente y varían de acuerdo a su orden. El primer componente principal tiene un valor propio de 3.739, el segundo componente principal tiene un valor propio de 2.885, el tercer componente principal tiene un valor propio de 1.873, el cuarto componente principal tiene un valor propio de 1.644, el quinto componente principal tiene un valor propio de 1.286, el sexto componente principal tiene un valor propio de 1.145, el séptimo componente principal tiene un valor propio de 1.053. Del octavo componente principal hacia adelante presenta un eigenvalue menor a uno.

Tabla 6: Eigen-value, porcentaje absoluto y acumulado de la variación fenotípica total explicado por los 19 componentes principales

Componente principal	Eigen-value (valor propio)	Porcentaje de la varianza	
		Absoluto (%)	Acumulado (%)
1	3.739	19.680	19.680
2	2.885	15.183	34.863
3	1.873	9.856	44.719
4	1.644	8.654	53.374
5	1.286	6.767	60.141
6	1.145	6.026	66.167
7	1.053	5.543	71.710
8	0.991	5.216	76.926
9	0.788	4.147	81.072
10	0.649	3.416	84.488
11	0.568	2.987	87.475
12	0.515	2.710	90.185
13	0.401	2.109	92.294
14	0.375	1.975	94.270
15	0.338	1.778	96.048
16	0.284	1.495	97.543
17	0.194	1.022	98.565
18	0.165	0.867	99.431
19	0.108	0.569	100.000
Total Valor Propio	19.000	100.000	

Además, el primer componente principal explica el 19.68 por ciento de la variación total de los datos, seguido por el segundo componente principal con el 15.18 por ciento que equivale al 34.863 por ciento de la variación total, el tercer componente principal con el 9.86 por ciento que equivale al 44.719 por ciento de la variación total, el cuarto componente principal con el 8.65 por ciento que equivale al 53.374 por ciento de la variación total, el quinto componente principal con el 6.77 por ciento que equivale al 60.141 por ciento de la variación total, el sexto componente principal con el 6.03 por ciento que equivale al 66.167 por ciento de la variación total, y el séptimo componente principal con el 5.54 por ciento que equivale al 71.710 por ciento de la variación total (Tabla 6). En conjunto, estos siete componentes

representan el 71.71 por ciento de la variación total de los datos, lo que permite reducir la dimensionalidad de los datos para el estudio de la diversidad genética.

Con respecto a los 12 componentes principales restantes, representan en conjunto solo el 28.29 por ciento, por lo tanto, se puede omitir estos datos. Así mismo, reducimos algunos componentes de nuestro trabajo de investigación para fines académicos, donde inicialmente las 33 accesiones de maíz estaban distribuidas en un espacio de 19 dimensiones. Sin embargo, después de realizar el Análisis de Componentes Principales, estas accesiones se distribuyeron en un espacio de solo siete dimensiones, que capturan la mayor variabilidad. Este análisis permitió reducir la dimensionalidad de los datos y obtener una representación más concisa de las accesiones de maíz en el estudio.

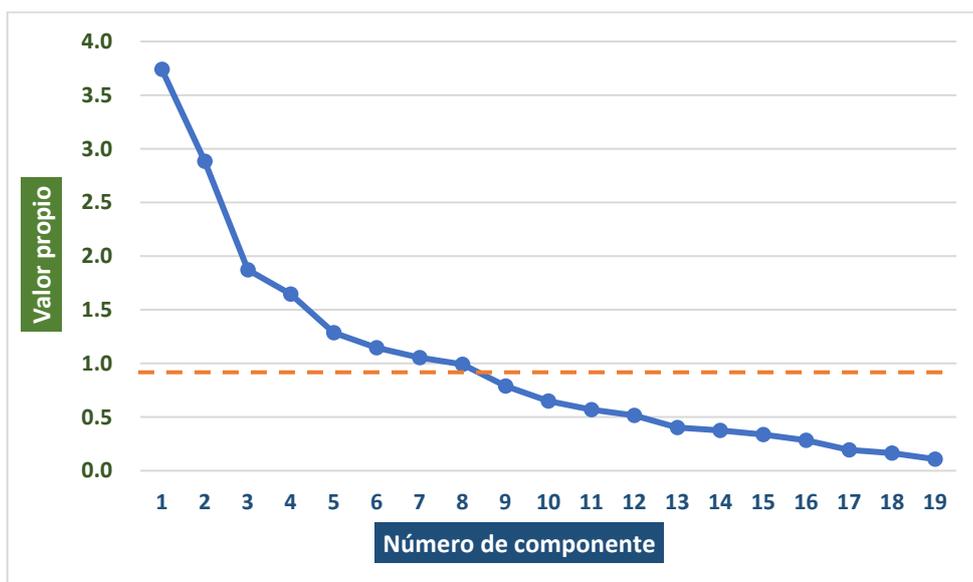


Figura 22: Gráfica de sedimentación de las 19 componentes principales (eje horizontal) y los valores propios (eje vertical).

El uso de los primeros componentes principales permite capturar la mayor parte de la variación en los datos con un número menor de variables, lo que facilita la interpretación y el análisis. Además, los primeros componentes principales suelen representar las características más importantes y distintivas de las accesiones de maíz en términos de variabilidad morfológica. Además, en esta investigación tenemos una alta variabilidad morfológica por las diferencias en las características físicas y visibles entre las diferentes accesiones de maíz.

En la Figura 22 Se presenta un gráfico de sedimentación que representa las 19 componentes principales en el eje horizontal y los valores propios (eigen-value) en el eje vertical. Al trazar una línea punteada o paralela al eje horizontal desde el punto 1 en el eje vertical (usando la Regla de Kaiser), podemos identificar que los siete primeros componentes principales se encuentran por encima de estas líneas trazadas. Estos siete componentes explican conjuntamente el 71.71 por ciento de la variación fenotípica total (UV, 2013). Esta gráfica ordena los valores propios y nos brinda una comprensión para elegir el número de componentes principales versus su eigenvalue correspondiente.

En la tabla 7 se analiza la correlación entre los descriptores y los siete primeros componentes principales que han sido seleccionados. Es importante enfocar la interpretación de las correlaciones entre los componentes principales y las variables originales en los coeficientes de contribución, es decir, estos coeficientes indican que cada variable original contribuye al valor de cada componente principal y su dimensión indica el grado de importancia de cada variable original en la creación de los componentes principales. Los coeficientes de correlación con variables positivas (+) contribuirán eficientemente al igual que una variable (-), siempre y cuando los coeficientes incluyan números altos, independientemente del signo.

Con respecto al anterior enunciado, el peso de la mazorca (MM) y el peso de la tusa seco (MMTS) mostraron coeficientes de correlación de 0.713 y 0.698 respectivamente, lo cual indica que estas variables contribuyeron de manera significativa al primer componente principal (PC1). Con menor coeficiente, pero con una alta contribución se encuentra la longitud de la mazorca (LM) con 0.596 y el diámetro de la mazorca (DM) con 0.557 también tuvieron de manera significativa al primer componente (Tabla 7).

Luego, la altura de planta (ADP), la altura de mazorca (ADM) y el número de hojas por planta (NDH) mostraron coeficientes de correlación de 0.658, 0.648 y 0.544 respectivamente, estas variables fueron las que más contribuyeron en forma positiva a la formación del segundo componente principal (PC2); de forma secundaria, el peso de la mazorca (MM) y el diámetro de la mazorca. (DM) también tuvo una cierta contribución, aunque en sentido negativo. Sin embargo, el ancho del grano (ADG) y el grosor del grano (GDG) fueron los componentes negativos que menos contribuyeron a generar este segundo componente.

Así mismo, los descriptores del ancho de grano (ADG), el peso de 100 granos secos (M100G) y la longitud de grano (LDG) mostraron coeficientes de correlación de 0.660, 0.546 y 0.495 respectivamente, estas variables fueron las que más contribuyeron en forma positiva a la formación del tercer componente principal (PC3); de forma secundaria, el número de hileras por mazorca (NDHPM), días de floración femenina (DDFF) y días de floración masculina (DDFM) también tuvieron una contribución, aunque en sentido negativo, en la generación de este tercer componente.

Los descriptores de la longitud de panoja (LDPP), número de hileras por mazorca (NDHPM) y la longitud de la hoja (LDLH) mostraron coeficientes de correlación de 0.461, 0.442 y 0.433 respectivamente, estas variables fueron las que más contribuyeron en forma positiva a la formación del cuarto componente principal (PC4); de forma secundaria lo hicieron el ancho de la hoja (ADLH), grosor del grano (GDG) y el ancho del grano (ADG) también tuvieron una contribución, aunque en sentido negativo, en la generación de este cuarto componente.

Los descriptores de días de floración femenina (DDFF) y los días a la floración masculina (DDFM) mostraron coeficiente de correlación de 0.543 y 0.337 respectivamente, estas variables fueron las que más contribuyeron en forma positiva en la formación del quinto componente principal (PC5). Por el contrario, el número de granos por mazorca por fila (NDMPF) con -0.427 fue la variable que más contribuye a generar este quinto componente, pero en sentido negativo.

El ancho de la hoja (ADLH) y el diámetro del tallo (DDT) mostraron coeficientes de correlación de 0.606 y 0.549 respectivamente, estas variables fueron las que más contribuyeron en forma positiva a la formación del sexto componente principal (PC6). Por último, en la Tabla 7 se muestra el grosor del grano (GDG) con coeficiente de correlación de -0.605 y es la variable que tuvo la mayor contribución negativa en la formación del séptimo componente principal (PC7).

Tabla 7: Correlación entre descriptores y los siete primeros componentes principales usando las 33 accesiones de maíz

Descriptores	Código	Componentes Principales (PC)						
		PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
		Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7
Días a la floración masculina	DDFM	0.408	0.432	-0.492	-0.281	0.337	-0.313	0.058
Días a la floración femenina	DDFF	0.336	0.363	-0.436	-0.260	0.543	-0.294	0.006
Longitud de la hoja	LDLH	0.202	0.203	0.136	0.433	0.157	0.001	0.154
Ancho de la hoja	ADLH	0.322	0.265	-0.124	-0.336	-0.012	0.606	0.311
Número de hojas por planta	NDH	0.524	0.544	0.105	0.036	-0.268	-0.046	-0.122
Altura de planta	ADP	0.528	0.658	0.208	0.269	-0.174	-0.112	-0.160
Longitud de panoja	LDPP	0.150	0.229	-0.008	0.461	0.194	-0.051	0.156
Altura de mazorca	ADM	0.435	0.648	0.218	0.261	-0.242	-0.045	-0.192
Diámetro del tallo	DDT	0.408	0.418	-0.028	-0.152	0.072	0.549	0.247
Número de hileras por mazorca	NDHPM	0.388	-0.370	-0.421	0.442	0.111	0.212	-0.216
Número de granos mazorca por fila	NDMPF	0.524	-0.313	-0.282	-0.114	-0.427	-0.182	0.278
Longitud de la mazorca	LM	0.596	-0.278	0.017	-0.330	-0.433	-0.222	0.165
Diámetro de la mazorca	DM	0.557	-0.507	-0.132	0.293	0.139	0.010	-0.127
Peso de la mazorca	MM	0.713	-0.532	0.032	0.092	0.116	0.071	0.085
Peso de 100 granos secos	M100G	0.479	-0.223	0.546	-0.143	0.371	0.009	-0.085
Peso de la tusa seco	MMTS	0.698	-0.385	0.046	-0.067	-0.051	-0.035	-0.136
Ancho del grano	ADG	0.109	-0.004	0.660	-0.391	0.160	-0.254	0.124
Longitud del grano	LDG	0.108	-0.153	0.495	0.297	0.235	-0.017	0.430
Grosor del grano	GDG	0.205	-0.076	0.218	-0.378	0.120	0.274	-0.605

La distribución de 33 accesiones en la Figura 23 es una representación esquemática de la correlación que se muestra en la Tabla 7. Esta gráfica de puntuaciones es una representación visual de las puntuaciones del segundo componente principal (15.2 por ciento de la varianza absoluta) versus las puntuaciones del primer componente principal (19.7 por ciento de la varianza absoluta). Podemos deducir que el primer componente principal tiene una influencia positiva y significativa en las variables de peso de la mazorca (MM) y peso de la tusa seco (MMTS). En cuanto al segundo componente principal, tiene un impacto positivo y relevante en las variables de altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM) y número de hojas por planta (NDH).

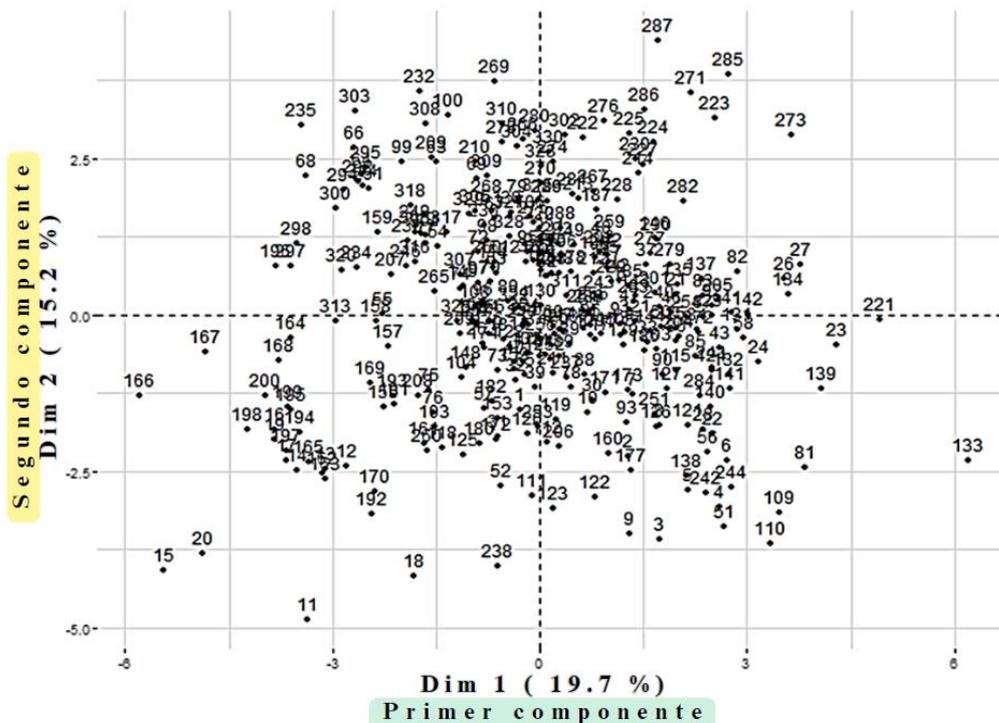


Figura 23: Dispersión de las accesiones de maíz formado por los dos primeros componentes principales.

Los dos primeros componentes principales resultantes, van a contener una mayor cantidad de criterios de clasificación por las variables originales, es decir, estos componentes sintetizan el mayor porcentaje de variación total (Olivares, 2014). En general, es recomendable utilizar los dos primeros componentes principales, ya que representan una mayor variabilidad y son los más relevantes para el análisis. En esta investigación, lo ideal es reducir las dimensiones de los datos, esto asegura una visualización de los componentes

en un espacio de menor dimensión. Es importante seleccionar los primeros componentes que contengan la mayor cantidad de información.

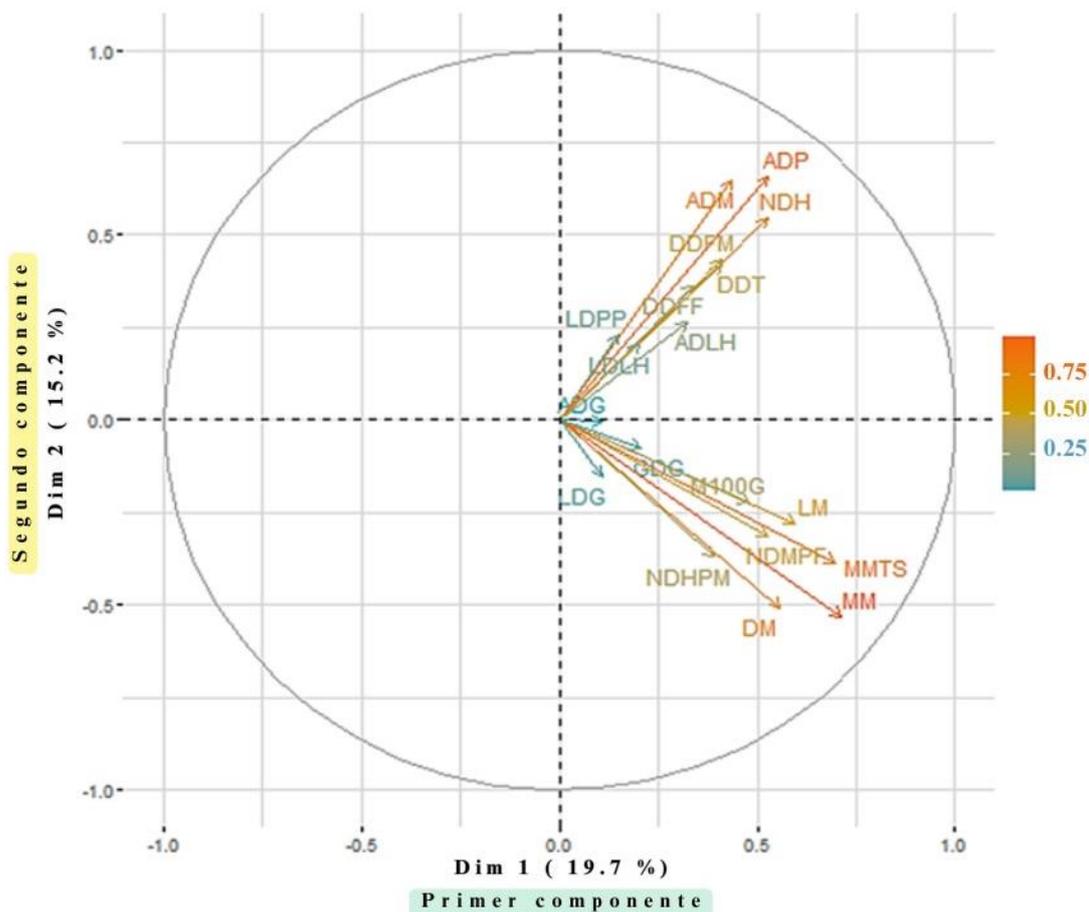


Figura 24: Gráfico bidimensional de 19 descriptores, utilizando los coeficientes de contribución del primer y segundo componente.

En la Figura 24 se presenta el gráfico bidimensional de los 19 descriptores (variables) empleados para la caracterización de 33 accesiones de maíz. Representa el eje de las ordenadas los coeficientes de correlación del segundo componente principal (Dim2 15.2 por ciento de la varianza absoluta) y el eje de las abscisas, los coeficientes de correlación del primer componente principal (Dim1 19.7 por ciento de la varianza absoluta). Se puede visualizar a los descriptores ubicándose en grupos de determinadas zonas del plano bidimensional. Asimismo, el porcentaje de varianza que se explica por el primer componente (Dim1) y segundo componente (Dim2), las variables (descriptores) están positivamente correlacionadas y se unen o agrupan próximas, mientras que el eje de las coordenadas negativas correlacionadas se representa en el cuadrante opuesto.

Las distancias entre los descriptores y el origen miden la representación de las variables, es decir, la proximidad a la circunferencia de correlación son las que más contribuyen al primer y segundo componente, que es fácilmente visible (Figura 24) por la escala de colores con coeficientes como 0.75 (naranja), 0.50 (mostaza) y 0.25 (azul), estos números indica la proximidad o lejanía que tienen estos coeficientes con respecto a la circunferencia. Cuando las distancia al círculo de correlación se aproxima a uno, nos indica que este descriptor afecta considerablemente al componente, en cambio la aproximación a cero nos indica la poca influencia que tiene esta variable (Gil, 2018).

En la Figura 24 se presenta las variables más vinculadas o las que contribuyen en forma positiva con el primer cuadrante, estas son la altura de planta (ADP) con coordenada (0.528;0.648), el número de hojas por planta (NDH) con coordenada (0.524;0.544) y la altura de mazorca (ADM) con coordenada (0.435;0.648), estos descriptores representan los mayores coeficientes de correlación positiva. Las variables que muestran una relación positiva moderada con el primer cuadrante son los días a la floración masculina (DDFM) con coordenada (0.408;0.432), el diámetro del tallo (DDT) con coordenada (0.408;0.418) y los días a la floración femenina (DDFF) con coordenada (0.336;0.363). Las variables con poca influencia en forma positiva con el primer cuadrante son el ancho de la hoja (ADLH) con coordenada (0.322;0.265), la longitud de la hoja (LDLH) con coordenada (0.202;0.203) y la longitud de panoja (LDPP) con coordenada (0.150;0.229).

Las variables más vinculadas o las que contribuyen en forma negativa con el cuarto cuadrante, estas son el peso de la mazorca (MM) con coordenada (0.713; -0.532), el peso de la tusa seco (MMTS) con coordenada (0.698; -0.385), el diámetro de la mazorca (DM) con coordenada (0.557; -0.507) y la longitud de la mazorca (LM) con coordenada (0.596; -0.278), estos descriptores representan los mayores coeficientes de correlación negativa. Las variables con mediana vinculación en forma negativa con el cuarto cuadrante son el número de granos mazorca por fila (NDMPF) con coordenada (0.524; -0.313); y el número de hileras por mazorca (NDHPM) con coordenada (0.388; -0.370). Las variables con poca influencia en forma negativa con el cuarto cuadrante son el peso de 100 granos secos (M100G) con coordenada (0.479; -0.223), el grosor del grano (GDG) con coordenada (0.205; -0.076), la longitud del grano (LDG) con coordenada (0.108; -0.153) y el ancho del grano (ADG) con coordenada (0.109; -0.004).

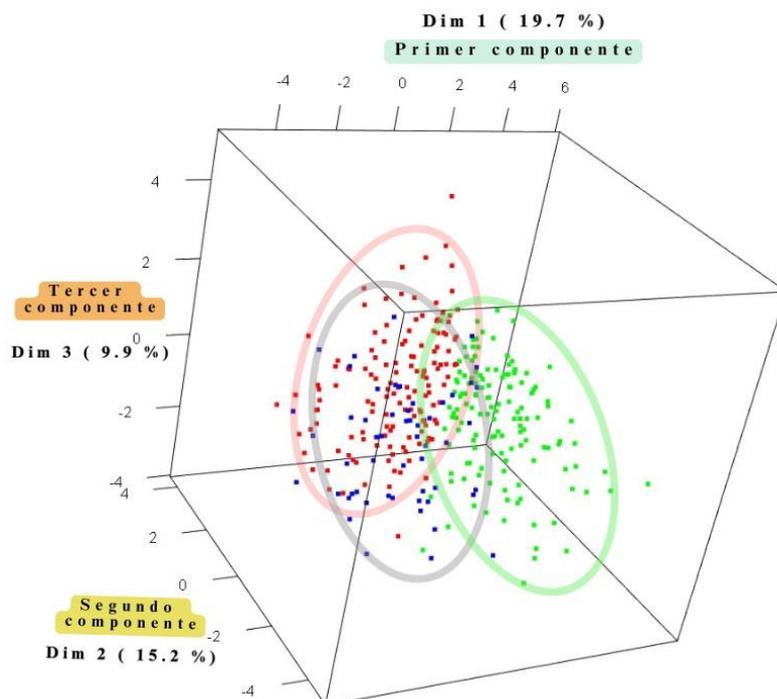


Figura 25: Gráfico tridimensional de 19 descriptores, utilizando los coeficientes de contribución del primer, segundo y tercer componente.

En estudios de diversidad genética, es necesario que las dimensiones sean de dos e incluso de tres, para que acumule la mayor viabilidad de datos, si en este estudio omitimos el séptimo y sexto componentes principal trabajaríamos con el 60 por ciento de la variabilidad total de los datos; y si omitimos el quinto y cuarto componentes principal trabajaríamos con el 45 por ciento de la variabilidad total de los datos. En la Figura 25 se observa el gráfico tridimensional de los 19 descriptores morfológicos para los tres primeros componentes principales. Podemos observar que los descriptores morfológicos forman tres grupos en zonas determinadas del espacio y se ubican muy cercanos entre sí, esto sugiere una mezcla en la colección de la Región Lima.

El primer componente principal representa alrededor del 20 por ciento de la variabilidad total de los datos y se interpreta como las variables clave utilizadas en la evaluación de una mazorca de maíz y está principalmente influenciado por el peso de la mazorca (MM), peso de la tusa seco (MMTS), longitud de la mazorca (LM) y el diámetro de la mazorca (DM). El segundo componente principal representa alrededor del 35 por ciento de la variabilidad total de los datos y se interpreta como las medidas utilizadas para evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas, está principalmente influenciado por la altura de planta (ADP),

altura de mazorca (ADM) y el número de hojas por planta (NDH). El tercer componente principal representa alrededor del 45 por ciento de la variabilidad total de los datos y se interpreta como un conjunto de características utilizadas para evaluar las propiedades físicas de los granos, está principalmente influenciado por el ancho de grano (ADG), peso de 100 granos secos (M100G) y la longitud de grano (LDG).

La mayoría de los descriptores morfológicos muestran una contribución significativa con valores absolutos superiores a 0,648 en relación a los tres componentes principales seleccionados. El descriptor de número de hojas por planta (NDH) presenta una contribución de 0.544 en el segundo componente principal, el peso de 100 granos secos (M100G) y la longitud de grano (LDG) muestra una contribución de 0.546 y 0.495 respectivamente. Por lo tanto, se puede deducir que estos tres descriptores tienen una menor discriminante frente a las accesiones presentes en la investigación.

4.3. Análisis de conglomerados

Con el objetivo de clasificar las 33 accesiones de maíz en grupos con características relativamente homogéneas, se utilizaron los datos obtenidos durante el desarrollo en campo y los dos primeros componentes principales que equivale al 35 por ciento de la variabilidad total; fueron importantes para realizar el Análisis de conglomerado, permitiendo identificar patrones y agruparlos en clúster que compartan características similares.

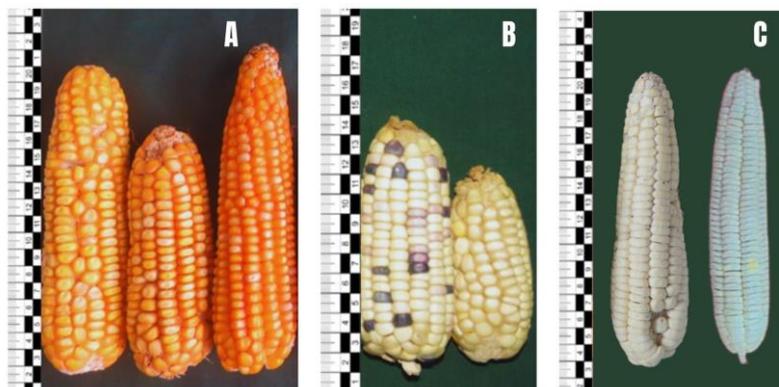


Figura 26: Razas de maíz encontradas en la Región Lima.
(A) Perla, (B) Chancayano, (C) Pardo.

Los datos obtenidos para cada accesión, se determinó la raza según el tipo de mazorca, encontrando 3 razas típicas de maíz: Perla, Chancayano y Pardo. Cabe mencionar, que la raza Perla representa el 70.97 por ciento de las accesiones encontradas en Lima que fueron sembradas en campo, seguido por la raza Chancayano que representa el 19.35 por ciento y el Pardo que representa el 9.68 por ciento (Figura 26).

En la Figura 27 se observa que la accesión LIM- 38 tiene una mezcla (M) que podría pertenecer a dos o más razas incluyendo al Morado Canteño, deduciendo que la mezcla de dos años diferentes (1984 y 1986) de esta accesión causó una pérdida del grano morado durante las siguientes regeneraciones; con respecto a la última multiplicación realizada; no se encuentra este color de grano, pero es clasificada como raza Perla. Además, tomando en cuenta los resultados de Chavarry (2014) donde describe a esta accesión como raza Colorado, podemos deducir que esta accesión ha tenido una influencia de factores ambientales, incluyendo la mezcla con otras razas, perdiendo su clasificación racial inicial; por lo tanto, no será considerada en este estudio como una raza típica según los criterios establecidos.

Macuri (2016) menciona que una de las causas para generar una disconformidad en relación a la clasificación racial original se debe a la evaluación fenotípica de los granos y las mazorcas, considerando diferentes atributos y características. Por consiguiente, estas razas fueron agrupada (dendograma) por taxonomía numérica utilizando el criterio morfológico.



Figura 27: Granos de maíz perteneciente a 3 orígenes, utilizados en la regeneración de la accesión LIM-38.

En la Figura 32, el dendograma muestra una distancia entre las accesiones, cuya escala va desde cero hasta un valor máximo de 12.9, formando un solo clúster; si realizamos un trazado

perpendicular a la escala en la distancia 10.9 se divide el diagrama en tres clústeres agrupados en 33 accesiones de maíz (330 muestras por descriptor), mostrando su grado de similitud entre estas muestras.

El grupo A (Figura 33) está conformado por 26 accesiones de maíz, las cuales diecinueve corresponden a la raza Perla, tres pertenecen a la raza Pardo y cuatro a la raza Chancayano. Sin embargo, alguna de estas accesiones también pertenece al grupo B, esto se debe a la evaluación del total de muestras utilizadas para generar el dendograma, por eso comparten características con el segundo grupo, por la similitud en las muestras que provienen de diferentes accesiones, una explicación puede ser que realizaron una selección inadecuada y poco cuidadosa de las plantas parentales durante la regeneración, esta acción evita mantener una identidad y característica única de una raza de maíz.

El grupo A presenta plantas con porte medio – alto, de altura en un rango de 3.40 y 1.55 metros (promedio 2.5), con respecto al grupo B y C, si comparamos con la altura de la mazorca también sigue esa misma tendencia, con rangos entre 2.3 y 0.85 metros (promedio 1.6). El número de hojas por planta puede depender del genotipo de la accesión o de factores ambientales, conformado por un rango entre 20 y 11 (promedio 16.2), superior al grupo B, pero no al C. El diámetro de mazorca tiene un rango superior de 3.03 y 5.80 centímetros (promedio 4.3), con respecto al grupo B y C (Anexo 25).



Figura 28: Grupos de mazorcas perteneciente a la accesión LIM-4.

El peso de la mazorca en el grupo A, tiene un promedio superior (94.1 gramos) con respecto a los demás grupos. Además, el peso de la tusa seco también tiene un promedio mayor (21.2 gramos). En general, los datos obtenidos demuestran que una mazorca de maíz pesa más que una tusa, sin embargo, factores como las plagas, enfermedades, contenido nutricional y una mala polinización, puede producir un maíz de baja calidad, con un peso menor al previsto y tamaños de granos reducidos. Los resultados obtenidos del número de granos de mazorca por fila son superiores a los demás grupos, con un rango de 13.0 y 41.3 (promedio 27.7). Las diez accesiones que solo pertenecen al grupo A, se encuentra la raza Perla (LIM-1, LIM-3, LIM-4, LIM-12, LIM-22, LIM-23, LIM-36, LIM-37, LIM-47) y la raza Pardo (LIM-14). En la Figura 28 se observa la accesión LIM-4 correspondiente a la raza Perla que se encuentra solo en el Grupo A.

Se tiene diez accesiones que comparten el grupo A y B (Figura 33), los cuales seis corresponden a la raza Perla (LIM-6, LIM-13, LIM-17, LIM-18, LIM-45, LIM-46), tres pertenecen a la raza Chancayano (LIM-10, LIM-24, LIM-78) y una pertenece a la raza Pardo (LIM-71), cabe mencionar que cuatro accesiones presentan mezcla (M) y una remanente (R). Cuando recolectamos muestras de semilla para conservarlo en un banco de germoplasma se guarda una cantidad específica para asegurar su preservación y distribución a otros usuarios, es decir, el remanente es el sobrante después de separar la cantidad deseada (Salhuana y Machado, 1999).



Figura 29: Grupos de mazorca perteneciente a la accesión LIM-44.

Además, tenemos tres accesiones que comparten el grupo de A y C (Figura 33) como la raza Perla que tiene las accesiones LIM-42 y LIM-53, uno de ellos presenta un balanceado (B),

en el caso de la raza Chancayano tiene la accesión LIM-44 que presenta una mezcla (M). El balanceado es consecuencia de una regeneración inicial que resulta de la primera generación, considerando un número de semillas seleccionadas y no toma en cuenta las características intrínsecas de los granos (Morales, 2016). El término “balanceado” puede referirse a una población creada a partir de diferentes accesiones de maíz para equilibrar las características de cada una y obtener una población con variabilidad genética uniforme y amplia.

En la Figura 29 se observa la accesión LIM-44 correspondiente a la raza Chancayano que se encuentra en el Grupo A y C, de las cuales seis mazorcas pertenecen al Grupo A y cuatro pertenecen al Grupo C. Cabe mencionar que la clasificación de raza Chancayano está formada por la hibridación que podría incluir una raza Perla (Manrique, 1997).

El grupo B (Figura 33) está formado por dieciséis accesiones, de las cuales nueve corresponden a la raza Perla, dos pertenece a la raza Pardo y cinco a la raza Chancayano. Este grupo se caracteriza por tener plantas con porte medio, de altura que varía en un rango de 3.20 y 1.35 metros (promedio 2.3), con respecto al grupo A y grupo C; si comparamos con la altura de la mazorca también sigue esta tendencia con un rango de 2.3 y 0.65 metros (promedio 1.5), comparten similitud en el máximo rango con el grupo A, pero está por debajo del grupo C (Anexo 25).

El número de hojas por planta del grupo B tiene un rango inferior de 10 a 19 (promedio 14.9), con respecto al grupo A y grupo C. El diámetro de mazorca tiene un rango inferior de 2.23 y 5.60 centímetros (promedio 3.7), con respecto al grupo A y grupo C. El peso de la mazorca tiene un promedio (51.0 gramos), además, el peso de la tusa seco también tiene un promedio inferior (12.0 gramos). Los resultados obtenidos del número de granos de mazorca por fila son también menores, con un rango de 11.7 y 37.0 (promedio 22.2).

Las tres accesiones que solo pertenecen al grupo B, se encuentra la raza Perla (LIM-8) y la raza Chancayano (LIM-2 y LIM-75). Sin embargo, la accesión LIM-29 fue clasificado dentro del grupo B, pero no fue posible identificar la raza debido a la poca cantidad de mazorcas durante la regeneración, presentando deformaciones, polinización deficiente, generando un mal llenado de grano durante el proceso de maduración (granos vanos),

incluyendo daños por plagas y enfermedades. En la Figura 30 se observa la accesión LIM-2 correspondiente a la raza Chancayano que se encuentra solo en el Grupo B.



Figura 30: Grupos de mazorca perteneciente a la accesión LIM-2.

El grupo C (Figura 33) está compuesto por ocho accesiones, de las cuales seis corresponden a la raza Perla, uno pertenece a la raza Pardo y el otro a la raza Chancayano. Este grupo se caracteriza por tener plantas de porte alto, con una altura que varía en un rango de 4.10 y 2.23 metros (promedio 2.9), con respecto al grupo A y grupo B, si comparamos con la altura de la mazorca también sigue esta tendencia con un rango de 2.8 y 1.44 metros (promedio 1.9), si comparamos con la altura de la mazorca también sigue esa misma tendencia con respecto a su nivel de porte, con rangos entre 2.8 y 1.44 metros (promedio 1.9). El número de hojas por planta tiene un rango superior de 9 a 21 (promedio 16.6) con respecto al grupo A y grupo B. El diámetro de mazorca tiene un rango de 3.26 y 5.20 centímetros (promedio 4.2), superior al grupo B, pero no al grupo A.

El peso de la mazorca en el grupo C, tiene un promedio de 80.6 gramos, además el peso de la tusa seco también tiene un promedio de 16.7 gramos. Los resultados obtenidos del número de granos de mazorca por fila son también menores, con un rango de 16.3 y 37.3 (promedio 26.6), estos datos son superiores al grupo B, pero menores al grupo A. Las 2 accesiones que solo pertenecen al grupo C, se encuentra la raza Perla (LIM-5 y LIM-49). En la Figura 31 se observa la accesión LIM-5 correspondiente a la raza Perla que se encuentra solo en el Grupo C. Cabe mencionar, las accesiones que se encuentran dentro de los tres grupos (Figura 33) son la raza Perla (LIM-39 y LIM-48) y la raza Pardo (LIM-74).



Figura 31: Grupos de mazorca perteneciente a la accesión LIM-5.

Manrique (1997), menciona que la raza Perla generalmente tiene una altura de tres metros de altura, en cambio la raza Chancayano y Pardo tiene una altura de solo dos metros y medio. Los hallazgos obtenidos coinciden con los resultados de nuestro estudio, es decir, los datos promedio del grupo A y grupo C (2.5 y 2.9 metros respectivamente) son superiores con respecto al grupo B (2.3 metros). Con respecto al número de hojas, la raza Pardo generalmente posee diez hojas por planta, en cambio la raza Perla y Chancayano posee trece hojas por planta. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio son superiores, debido a que el grupo C tiene un promedio de 16.6, datos que son mayores a los mencionados, si comparamos con el grupo A y B. Además, mencionan que el diámetro de mazorca generalmente posee seis cm en la raza Chancayano, cinco cm en la raza Perla y cuatro cm en la raza Pardo, si comparamos con los datos obtenido en la investigación tenemos al Grupo A y C con promedios que son similares a los mencionados, sin embargo, el Grupo B tiene un promedio inferior.

Solo el grupo A representa el 30.3 por ciento de las accesiones donde predomina la raza Perla, la intersección entre el grupo A y B representa el 33.3 por ciento de las accesiones donde predomina la raza Perla, la intersección entre el grupo A y C representa el 9.09 por ciento de las accesiones donde también predomina la raza Perla. Solo el grupo B representa 12.12 por ciento de las accesiones donde predomina la raza Chancayano, solo el grupo C

representa 6.06 por ciento de las accesiones donde predomina la raza Perla y la intersección entre el grupo A, B y C representa el 12.12 por ciento de las accesiones donde predomina la raza Perla (Figura 33).

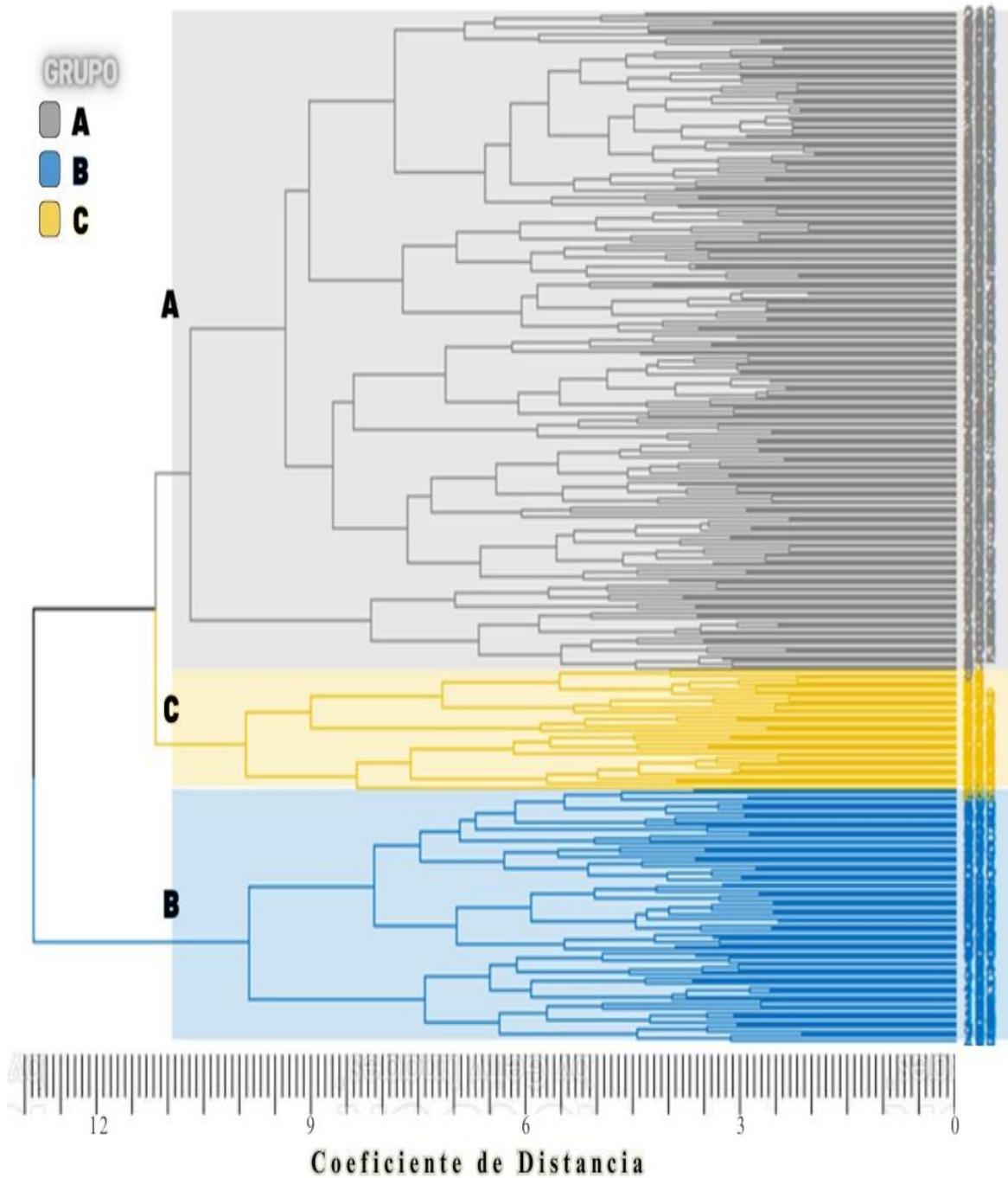


Figura 32: Dendrograma provenientes de las accesiones de maíz de la región Lima.

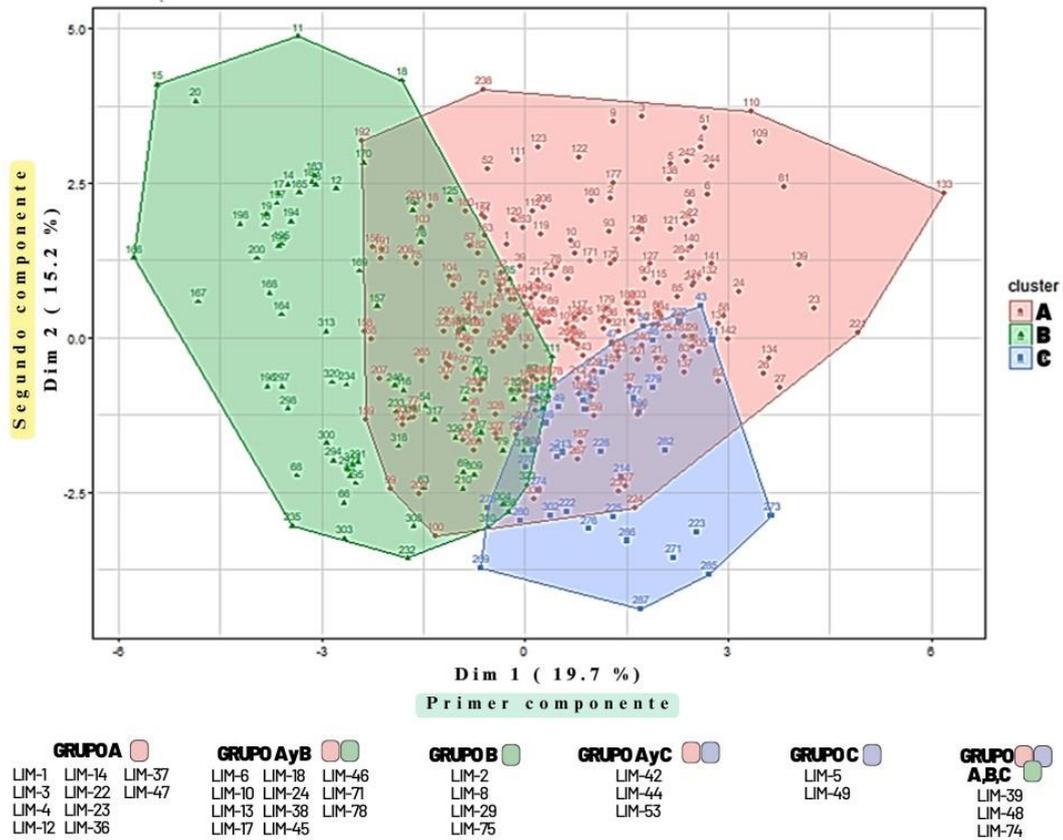


Figura 33: Distribución del Grupo A, Grupo B y Grupo C dentro del gráfico bidimensional, provenientes de las accesiones de la región Lima.

En el análisis de conglomerados usando los siete componentes principales, se observó que los germoplasmas conformados por la misma raza se agrupan de manera distinta. Según Chavarry (2014), una posible explicación es que algunas razas son fenotípicamente similares entre sí, pero tienen diferentes orígenes. La similitud se debe a la existencia de razas morfológicamente similares en los trópicos. Un ejemplo de ello son las razas Pardo y Chancayano, aunque morfológicamente similares, son genéticamente diferentes.

Las variables o descriptores que presentaron los mayores coeficientes de correlación y que facilitaron la selección de las 33 accesiones de maíz en tres grupos fueron: el peso mazorca, peso tusa seco, diámetro de mazorca, número granos de mazorca por hilera (fila), altura de planta, altura de mazorca, número hojas por planta, estas variables indicaron un nivel de asociación alta en cada componente principal. Este trabajo de investigación se realizó con accesiones de la región Lima, si comparamos con las variables similares de los componentes principales en la sierra tenemos a la altura de planta, altura de mazorca y número de granos

por hilera (Macuri, 2016). Las accesiones evaluadas en la selva coinciden con los mismos componentes ya mencionados, además incluye el diámetro de mazorca (Davalos, 2017).

Se puede observar que la raza Perla es incluida en más del 50 por ciento de accesiones muestreadas por tener una amplia variabilidad que se muestra en sus características morfológicas. Esta raza fue utilizada como maíz amarillo duro antes de la incorporación de los híbridos en los años sesenta, además tiene genes de resistencia a enfermedades y plagas (MINAM, 2015). Estos resultados coinciden con las razas de mazorcas obtenidas en esta investigación, presentando resistencia a plagas.

Según Blas *et al.* (2000) menciona que existen razas con parecido fenotípico, pero con origen distinto y por lo tanto han obtenido una alta relación entre ciertas razas de la sierra y costa. Además, la clasificación racial en el Perú no solo abarca aspectos morfológicos, también incluye criterios culturales y ecológicos. Entonces, cuando realizamos un análisis de conglomerados y construimos un dendograma no necesariamente son decisivos para la clasificación racial, pero puede tener una participación dentro de un método más holístico, además de los criterios morfológicos (Chavarry, 2014). Las diferencias entre razas, hasta ahora son en gran parte subjetivas, aunque podrían ser más objetivas si se conoce la base genética de las diferentes razas. Pero antes de confiar únicamente en los genes, debe reconocerse que la diversidad de adaptación de las razas aún está en estudio.

Tabla 8: Relación de los Grupos (A,B,C) formados por el Análisis de Conglomerados

Accesión	Raza	Grupo			Dpto.	Provincia	Distrito
LIM - 1	PERLA	A			Lima	Chancay	Huacho
LIM - 3	PERLA	A			Lima	Chancay	Supé
LIM - 4	PERLA	A			Lima	Cañete	Cañete
LIM - 12	PERLA	A			Lima	Chancay	Huacho
LIM - 14	PARDO	A			Lima	Chancay	Huacho
LIM - 22	PERLA	A			Lima	Lima	Lima
LIM - 23	PERLA	A			Lima	Chancay	Huacho
LIM - 36	PERLA	A			Lima	Chancay	Supé
LIM - 37	PERLA	A			Lima	Chancay	Huaura
LIM - 47	PERLA	A			Lima	Lima	Lima
LIM - 6	PERLA	A	B		Lima	Chancay	Supé
LIM - 10	CHANCAYANO	A	B		Lima	Chancay	Huacho
LIM - 13	PERLA	A	B		Lima	Lima	Lima
LIM - 17	PERLA	A	B		Lima	Chancay	Supé
LIM - 18	PERLA	A	B		Lima	Chancay	Huaura
LIM - 24	CHANCAYANO	A	B		Lima	Chancay	Huacho
LIM - 45	PERLA	A	B		Lima	Chancay	Huacho
LIM - 46	PERLA	A	B		Lima	Chancay	Huacho
LIM - 71	PARDO	A	B		Lima	Cañete	Mala
LIM - 78	CHANCAYANO	A	B		Lima	Cañete	Coayllo
LIM - 2	CHANCAYANO		B		Lima	Lima	Lima
LIM - 8	PERLA		B		Lima	Chancay	Huaura
LIM - 75	CHANCAYANO		B		Lima	Cañete	Coayllo
LIM - 5	PERLA			C	Lima	Chancay	Supé
LIM - 49	PERLA			C	Lima	Lima	Lima
LIM - 39	PERLA	A	B	C	Lima	Chancay	Huaura
LIM - 48	PERLA	A	B	C	Lima	Lima	Lima
LIM - 74	PARDO	A	B	C	Lima	Cañete	Mala
LIM - 42	PERLA	A		C	Lima	Chancay	Huacho
LIM - 44	CHANCAYANO	A		C	Lima	Chancay	Huacho
LIM - 53	PERLA	A		C	Lima	Chancay	Huacho

V. CONCLUSIONES

- Cuando se verificó la viabilidad de las 51 accesiones conservadas en el banco de germoplasma, el 70.6 por ciento presentan un porcentaje de germinación inicial mayor al 50 por ciento, que equivale a 33 accesiones que fueron seleccionadas para campo de evaluación.
- La caracterización morfológica de las accesiones de maíz de la Región Lima, permitió discriminar las accesiones en tres grupos que no concuerdan con la clasificación racial. Esta discrepancia se debe al conjunto reducido de caracteres altamente heredable utilizados en la clasificación. Es decir, algunas accesiones de maíz pueden pertenecer a dos o tres grupos formados en el Análisis de Conglomerados, pero esto se debe a la variabilidad genética, originando similitud en las características morfológicas evaluadas.
- Los caracteres más eficientes pueden servir para una mejor clasificación racial y según los datos obtenidos del análisis de componentes principales, los descriptores que presentaron un alto coeficiente de contribución son el peso mazorca, peso tusa seco, diámetro mazorca, número granos de mazorca por hilera, altura de planta, altura de mazorca, número hojas por planta, estas siete variables indicaron un nivel de asociación alta en cada componente principal.
- En base a los caracteres cualitativos y cuantitativos evaluados se determinó tres razas típicas de maíz en la región Lima, las cuales fueron: Perla, Chancayano y Pardo, evidenciando la existencia de mezcla (M) entre algunas de las accesiones.

VI. RECOMENDACIONES

- La clasificación racial del maíz se basa en características morfológicas y genéticas, por ello para obtener una clasificación más precisa es recomendable combinar otro enfoque como son los marcadores moleculares.
- Para la regeneración de las accesiones es necesario separarlos en plantas precoces o tardías, además en condiciones climáticas adecuadas nos pueden ayudar a manejar las labores culturales de manera eficiente, como en el desahije, polinización manual, jiloteo, entre otros.
- Para generar un mayor estudio, realizar un análisis de PCA a un cuarto o quinto componente principal (dimensión).
- Realizar más trabajos de investigación para obtener datos completos y regenerar las accesiones con baja viabilidad que se encuentran conservadas en el Banco de Germoplasma del Programa de Investigaciones y Proyección Social en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Blandon, E., & Smith, A. (2001). *Efecto de diferentes niveles de nitrógeno y densidades de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) Var.NB-6*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua: Trabajo de Diploma. <https://core.ac.uk/download/pdf/35165573.pdf>
- Blas, R., Ribaut, R., Sevilla, J., Chura, J., & Warburton, J. (2000). *Análisis Molecular de razas de maíz peruano con marcadores AFLP y microsatélites (SSR)*. Cuarto Congreso Peruano de Genética, La Molina, Lima-Perú.
- Boege, E. (2009). *Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciencias. México: Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/644/64412119004.pdf>
- Bonavia, D. (2008). *El maíz: Su origen, su domesticación y el rol que ha cumplido en el desarrollo de la cultura*. Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú.
- Carrera, J. (5 de Oct. de 2020). *Allpa*. Obtenido de La voz de la tierra: <https://www.allpa.org/los-colores-del-maiz/>
- Chavarry, B. (2014). *Caracterización Morfológica de una muestra de accesiones de maíces peruanos del banco de germoplasma de maíz (Zea mays L.) de la UNALM*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima: Posgrado.
- CIMMYT, & IBPGR. (1991). *Descriptores para Maíz*. DF. México. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-maizedescriptores-para-maizdescripteurs-pour-le-mais/>
- Davalos, A. (2017). *Diversidad de maíz (Zea mays L.) en la selva peruana*. Tesis, Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Agronomía, Lima.
- Díaz, R. (2009). *Pruebas de Viabilidad y Vigor en Semillas de Maíz (Zea mays L.) y su Correlación con la Emergencia en Campo*. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., . . . Carter, P. (2015). *Maíz crecimiento y desarrollo*. Du Pont, Corn Growth and Development. Pioneer. www.pioneer.com
- FAO. (2013). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma.
- Ferrer, M., Defacio, R., Franca, F., Salazar, E., Noldín, O., Condón, F., & Fassio, A. (2011). *Regeneración de los recursos genéticos de maíz en el cono Sur*. Global Crop Diversity Trust. Procisur. https://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_resultados-informe-final-proyecto-regeneracion-de-los-recursos-geneticos-del-cono-sur_d9d.pdf
- Franco, T., & Hidalgo, R. (2003). *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Filogenéticos*. Cali, Colombia: Boletín Técnico N° 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGR). https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/technicalbulletin8.pdf
- García, P. (2017). *El cultivo del maíz en el Perú y el mundo*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en el estado Portuguesa (INIA –Portuguesa), Venezuela, especialista en el área de Mejoramiento Genético de Plantas. *Rev. Investig. Univ. Le Cordon Bleu* 4(2). doi:<https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>
- Gil, C. (Junio de 2018). *Análisis de Componentes Principales (PCA)*. Obtenido de RPubs : https://rpubs.com/Cristina_Gil/PCA
- Gutiérrez, L., & Pérez, L. (2020). *Caracterización y evaluación de 20 accesiones de maíz (Zea mays L.) procedente del banco nacional de germoplasma del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)*. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Managua: Facultad de Agronomía. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4048>
- Hernández, F., & Brown, M. (1970). *El Concepto de Distancia y su Aplicación en Estadística Multivariada*. Datos Diagnosticos y Tendencias. Boletín. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Fabian-Hernandez-2/publication/267820077_El_Concepto_de_Distancia_y_su_Aplicacion_en_Estadis

tica_Multivariada/links/556e38bd08aefcb861db99af/El-Concepto-de-Distancia-y-su-Aplicacion-en-Estadistica-Multivariada.pdf

- Iluh, P. (2006). *El maíz: origen, composición química y morfología*. Instituto de Investigaciones en Materiales UNAM. <https://www.iim.unam.mx/revista/pdf/numero07.pdf#page=19>
- INIEA. (2006). Manual para Caracterización in situ de cultivos Nativos. *PROYECTO Conservación In Situ de Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres*.
- Jaramillo, S., & Baena, M. (2000). *Material de apoyo a la capacitación en conservación ex situ de recursos fitogenéticos*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia: Grupo Américas. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/105130/1645_Material_de_apoyo_a_la_capacitaci%3b3n_en_conservaci%3b3n_ex_situ_de_recursos_fitogen%3ba9ticos.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Jolliffe, I. T. (2002). *Análisis de componentes principales*. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01358-0>
- Lázaro, L., Vega, E., & Lizarbe, J. (2020). *Adaptación y Eficiencia Agronómica en el maíz amarillo duro (Zea mays L.) en diferentes Localidades de la Costa Central y Norte del Perú*. Boletín REDIPE.
- Leiva, S., Gayoso, G., & Chang, L. (2016). Zea mays L. "maíz morado" (Poacea), un cereal utilizado como alimento en el Perú prehispanico. *Arnaldoa*, 23(1), 295–316.
- León Carrasco, J. (21 de Julio de 2020). *Agraria.pe*. Obtenido de El maíz es el cultivo más importante en extensión para el Perú: [https://agraria.pe/noticias/el-maiz-es-el-cultivo-mas-importante-en-extension-para-el-pe-22033#:~:text=\(Agraria.pe\)%20El%20ma%C3%ADz,importancia%20socioecon%C3%B3mica%20para%20el%20pa%C3%ADs](https://agraria.pe/noticias/el-maiz-es-el-cultivo-mas-importante-en-extension-para-el-pe-22033#:~:text=(Agraria.pe)%20El%20ma%C3%ADz,importancia%20socioecon%C3%B3mica%20para%20el%20pa%C3%ADs).
- López, D. (2013). *Creación del Banco de Germoplasma de Maíz de la UDEA*. Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencia e Ingeniería. Universidad para el Desarrollo Andino. <http://repositorio.udea.edu.pe/handle/123456789/11>
- López, J., & Hidalgo, M. (1994). *Análisis de componentes principales y análisis factorial*. Fundamentos de estadística con SYSTAT. Addison Wesley Iberoamericana.

- Macuri, E. (2016). *Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (Zea mays L) en la sierra baja y media del Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima: Facultad de Agronomía.
- Manrique, A. (2000). *Maíz morado peruano (Zea mays L. amilaceae st.)*. Dirección General de Investigación Agraria Dirección General de Transferencia de Tecnología. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIA.
- Manrique, P. (1997). *El maíz en el Perú* (Segunda Edición ed.). (C. N. Tecnología, Ed.) Lima, Perú: CONCYTEC.
- Medina, K. (2021). *Propuesta para el desarrollo de un carbon activado magnético partiendo del elote de maíz (tusa)*. Fundación Universidad América, Facultad de Ingenierías. Bogota, Colombia: Programa de Ingeniería Química. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8307/1/6142346-2021-1-IQ.pdf>
- MIDAGRI. (2021). *El maiz morado peruano*. Dirección General de Políticas Agrarias-DGPA. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20El%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf>
- MINAM. (2013). *Metodología para la Colecta de maíz en el Perú*. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Diversidad Biológica. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/v_colectamaiz.pdf
- MINAM. (2015). *Servicios de prospección, colección, elaboración de mapas de Distribución y Estudio Socioeconómico de Conocimientos tradicionales asociados al cultivo de las razas de maíz*. Asociación Distrital de productores de maíz amarillo duro y otros cultivos de Morrope (ASPROMAD). Informe Final.
- MINAM. (2018). *Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad*. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica, Lima, Perú.
- Morales, A. (2016). *Evaluación de presiones de selección en maíz Chulpi (Zea mays L.) para la obtención de un compuesto balanceado en la Parroquis Joseguando Alto, Provincia de Cotopaxi, 2015*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Cotopaxi, Ecuador:

- Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3263/1/T-UTC-00530.pdf>
- Noriega, V. (2001). Siembra y Abonamiento del Maíz Amarillo Duro. *Folleto R.I. N° 7*.
Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA).
- Olivares, B. (2014). Aplicación del análisis de componentes principales (ACP) en el diagnóstico socioambiental. Caso: Sector Campo Alegre, municipio Simón Rodríguez de Anzoátegui. Multiciencias.
<https://www.redalyc.org/pdf/904/90433839011.pdf>
- Paliwal, R. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. FAO. Roma: Paliwal R. L., G. Granados, H. R. Lafitte, A. D. Violic y J. P. Marathée (Eds.).
<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm>
- Peña, D. (2002). Análisis de Datos Multivariantes.
https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/291198/mod_resource/content/1/kupdf.net_pentildea-daniel-analisis-de-datos-multivariantes-2002pdf.pdf
- Peña, R. (2017). *Variables morfométricas y análisis molecular para la identificación de razas colombianas de Maíz (Zea mays L.)*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59974/2017-Richard_Danilo_Pena_Cuellar.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez, F., & Pita, J. (2001). *Viabilidad, Vigor, Longevidad y Conservación de Semillas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Hojas Divulgadoras Número 2112-HD, Madrid, España.
- Ramirez, J. (2013). *Relación de altura de planta y mazorca con rendimiento en maíz (Zea mays L.)*. Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Carreras Agronómicas, Torreón, Coahuila, México.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6996/JOEL%20RAMIREZ%20LEONIDES.pdf>
- Rao, N., Hanson, J., Dulloo, M., Ghosh, K., Novell, D., & Larinde, M. (2007). *Manual para el manejo de semillas*. Bioversity International. Roma, Italia: Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8.

- Rios, L., Carrillo, F., Velarde, D., & Estrada, R. (2006). *Lineamientos para la Gestión del Banco de Germoplasma de la SUDIRGEB - INIEA*. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). Lima - Perú: Unidad de Medios y Comunicación Técnica (1era Edición).
- Rodríguez, J. (2006). *Biología del polen y estigma en especies del género Zea en México*. Universidad de Guadalajara. Jalisco: Maestría en Ciencias Agrícolas y Forestales. http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4559/Rodriguez_Flores_Jose_Guadalupe.pdf?sequence=1
- Rodríguez-Jaume, M., & Mora, R. (2001). *Análisis de cluster o análisis de conglomerados*.
- Ruiz, J., Hernández, J., Sánchez, J., Ortega, A., Ramírez, G., Guerrero, M., . . . Cruz, L. (2013). *Ecología*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Jalisco: INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44184292/Ecologia_adaptacin_y_distribucin_de_las_r20160328-32473-gl6yt3-libre.pdf?1459270487=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEcologia_adaptacion_y_distribucion_de_la.pdf&Expires=1695441469&Signature=
- Saavedra, G. (2012). *Maíz dulce (Zea mays convar. saccharata)*. Boletín N° 411, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Ministerio de Agricultura, México. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6818/>
- Salhuana, W. (2004). *Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima - Perú: Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20maiz%20en%20Peru.pdf
- Salhuana, W., & Machado, V. (1999). *Razas de Maíz en Paraguay*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Investigación en Agricultura. Encarnación: Programa de Investigación del Maíz del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50301000/Races_of_Maize/RoM_Paraguay_0_Book.pdf
- Sánchez, L. (2014). *Maíz (Zea mays)*. Reduca (Biología). Serie Botánica. Obtenido de <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1739>

- Serratos, J. (2009). *El origen y la diversidad del maíz en el continente americano*. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Ciudad de México: Greenpeace. <http://www.greenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2009/3/el-origen-y-la-diversidad-del.pdf>.
- Sevilla, R. (1991). *Diversidad del maíz en la región andina. Experiencias en el cultivo de maíz en el área andina*. Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina (PROCIANDINO), Quito, Ecuador.
- Studer, A., Zhao, Q., Ross-Ibarra, J., & Doebley, J. (2011). *Identificación de una inserción de transposón funcional en el gen de domesticación del maíz *tb1** (Genética de la naturaleza ed., Vol. 11). doi:<https://doi.org/10.1038/ng.942>
- Taba, S. (1991). Caracterización y Evaluación de Germoplasma de Maíz. En R. Castillo, J. Estrella, & C. Tapia, *Técnicas para el Manejo de los Recursos Fitogenéticos* (Primera Edición ed.). Porvenir, Quito, Ecuador.
- Taba, S., & Twumasi-Afriyie, S. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: maíz. *System-wide Genetic Resource Programme (SGRP)*, 11p. Roma, Italia: Global Crop Diversity Trust.
- UM. (2020). *Análisis de Componentes Principales*. (G. I. Sociales, Ed.) Recuperado el 22 de Enero de 2023, de Universidad de Murcia: https://www.um.es/estadempresa/multivarianteR/ACP/resumen_ACP.html
- UV. (2013). *Análisis Factorial*. Recuperado el 3 de Enero de 2023, de Universidad de Valencia: <https://www.uv.es/ceaces/multivari/factorial/faconservar.htm>
- Vargas, L., & Mesa-Fúquen, E. (2021). *Introducción al análisis de datos con RStudio*. Bogotá, Colombia: Cenipalma. <http://52.200.198.20/bitstream/handle/123456789/141281/Manual%20RStudio%200IMw.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Vilá, R., Rubio, M., Berlanga, V., & Torrado, M. (2014). *Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS*. REIRE: revista de innovación en educación. <https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/view/reire2014.7.1717/17688>
- Villardón, J. (2007). *Introducción al análisis de clúster*. Universidad de Salamanca. Departamento de Estadística.

<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32334872/cluster-libre.pdf?1391545429=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCluster.pdf&Expires=1694928284&Signature=LXwpmHWS8ky~NH9x22GAIpeaeiZoWXXB897TkVrwBO~ZFRRkT5VkSFmUOiRITodo2wAyEo7cyfZnnVmXjOTAwGG>

Zapata, E. (2022). *Variabilidad fenotípica de maíz amiláceo (Zea mays L.) dentro y entre las razas Pisccorunto, Paro y Huayleño*. Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Agronomía, El Mantaro, Jauja- Perú.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Siembra de las accesiones (1/12/20) y riego después del aporque (7/01/21).



Anexo 2: Jiloteo antes de la polinización manual.



Anexo 3: Mediciones de algunos descriptores vegetativos.



Anexo 4: Daños causado por plagas.



Anexo 5: Daño causado por enfermedad (Carbon del maíz).



Anexo 6: Germinación a condiciones controladas (CC).



Anexo 7: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión LIM-10 (raza Chancayano)



Anexo 8: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión LIM-12 (raza Perla)



Anexo 9: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión LIM-37 (raza Perla)



Anexo 10: Grupo de mazorcas pertenecientes a la accesión LIM-17 (raza Perla)



Anexo 11: Análisis de suelos (caracterización)

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : WENDY QUISPE TRUJILLO

Departamento : LIMA
 Distrito : LA MOLINA
 Referencia : H.R. 79630-071C-23

Provincia : LIMA
 Predio : VIVERO FORESTAL
 Fecha : 24/05/2023

Bolt.: 5770

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺				Al ⁺³ + H ⁺
4145		7.50	4.01	0.80	0.88	24.8	218	75	12	13	Fr.A.	6.72	5.34	0.89	0.42	0.07	0.00	6.72	6.72	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Dr. Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio

**Anexo 12: Porcentaje de germinación a condiciones controladas (CC) de las
 accesiones provenientes del Banco de Germoplasma de la UNALM.**

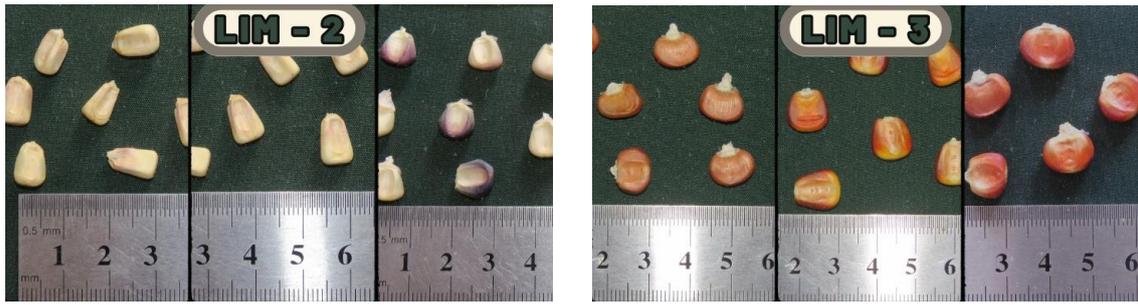
N° LATA	REGION	ACCESIÓN	ORIGEN	% GERMINACIÓN ANTIGUA	% GERMINACIÓN ACTUAL (R1_R2)
486	LIMA	LIM-1	Cañete 94	97	75.76
486	LIMA		Chiquero (I) 2011	100	98.48
487	LIMA	LIM-2	La Molina 85	70	0.00
487	LIMA		Chiquero 2002	100	37.88
487	LIMA		Balanceado: Chiquero 2009	100	84.85
488	LIMA	LIM-3	Mezcla: La Molina 85 - 86	40	0.00
488	LIMA		La Molina 2001	100	65.15
488	LIMA		La Molina 2004	100	72.73
488	LIMA		Balanceado: Chiquero 2009	100	83.33
489	LIMA	LIM-4	MEZCLA CAÑETE-93-94	90	53.03
489	LIMA		CHIQUERO I -2011	100	90.91
490	LIMA	LIM-5	La Molina 86	80	59.09
490	LIMA		La Molina 2004	100	80.30
490	LIMA		Balanceado: Chiquero 2009	100	93.94
491	LIMA	LIM-6	LM-2004	100	28.79
491	LIMA		LM-87	80	66.67
491	LIMA		CHIQUERO-2009	100	81.82
492	LIMA	LIM-7	Chiquero 84	35	0.00
492	LIMA		La Molina 87	50	0.00
493	LIMA	LIM-8	La Molina 87	80	3.03
493	LIMA		La Molina 2004	100	50.00
493	LIMA		Chiquero 2009	100	83.33
494	LIMA	LIM-10	CAÑETE -95,CAÑETE-96	70	59.09
494	LIMA		LM-2004	100	95.45
495	LIMA	LIM-12	La Molina 87	-	9.09
495	LIMA		Remanente: La Molina 2001	-	95.45
495	LIMA		Chiquero 2011	-	98.48
496	LIMA	LIM-13	PIURA 91	70	3.03
496	LIMA		LM-2001	100	86.36
496	LIMA		CHIQUERO I-2011	100	77.27

497	LIMA	LIM-14	La Molina 84	10	0.00
497	LIMA		La Molina 87	50	0.00
497	LIMA		Cañete 95	80	56.06
498	LIMA	LIM-16	LM-84	50	0.00
498	LIMA		LM-87	80	46.97
498	LIMA		LM-2001	100	92.42
499	LIMA	LIM-17	CAÑETE 95	95	86.36
499	LIMA		CHIQUERO 2011	100	84.85
500	LIMA	LIM-18	LA MOLINA-87	70	86.36
500	LIMA		LA MOLINA-2001	100	93.94
501	LIMA	LIM-20	LA MOLINA -78	0	0.00
501	LIMA		LA MOLINA-86	2	0.00
502	LIMA	LIM-21	LA MOLINA - 87	20	0.00
503	LIMA	LIM-22	LA MOLINA -87	80	9.09
503	LIMA		CHIQUERO 2002	100	51.52
504	LIMA	LIM-23	LM 87	80	6.06
504	LIMA		LM 2004	100	66.67
504	LIMA		CHIQUERO 2009 (balanceado)	100	92.42
505	LIMA	LIM-24	CHIQUERO-84	10	0.00
505	LIMA		LM-87	20	0.00
505	LIMA		CAÑETE-94	90	66.67
506	LIMA	LIM-27	LA MOLINA-86	90	24.24
507	LIMA	LIM-29	LA MOLINA - 86	70	43.94
507	LIMA		CAÑETE -95	90	63.64
507	LIMA		CHIQUERO-2009	100	80.30
508	LIMA	LIM-36	CAÑETE 93	99	74.24
508	LIMA		LM 2001	100	83.33
508	LIMA		CHIQUERO 2011	100	83.33
509	LIMA	LIM-37	LM 86 -LM 87	90	3.03
509	LIMA		LM-2004	100	93.94
509	LIMA		CHIQUERO-2009	100	93.94

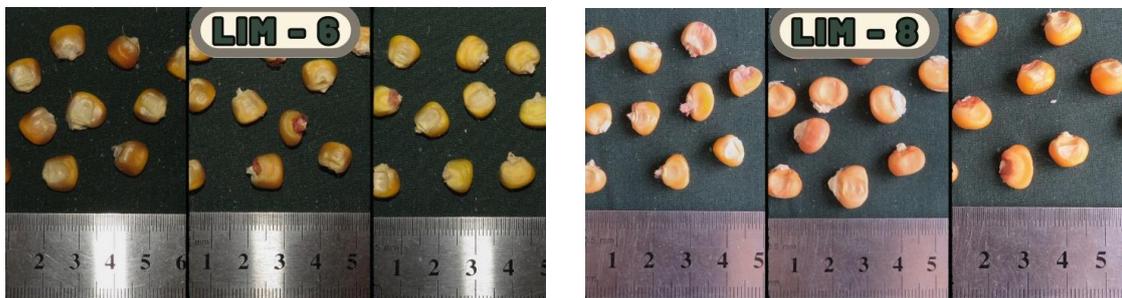
510	LIMA	LIM-38	MEZCLA LM 84 - 86	0	0.00
510	LIMA		LM 2001	100	63.64
510	LIMA		CHIQUERO I - 2011	100	90.91
511	LIMA	LIM-39	LM 84	70	0.00
511	LIMA		LM 87	70	21.21
511	LIMA		LM 2004	100	96.97
511	LIMA		CHIQUERO 2009	100	96.97
512	LIMA	LIM-42	LM- 86	30	43.94
512	LIMA		LM-2004	100	25.76
512	LIMA		CHIQUERO-2009	100	87.88
513	LIMA	LIM-44	MEZCLA L A MOLINA-84-87	0	16.67
513	LIMA		CAÑETE -95	80	77.27
513	LIMA		LA MOLINA - 2001	100	93.94
514	LIMA	LIM-45	LM-87	80	4.55
514	LIMA		CAÑETE-95	80	65.15
514	LIMA		LM-2004	100	68.18
515	LIMA	LIM-46	Mezcla: La Molina 84 -86	40	3.03
515	LIMA		Cañete 95	90	62.12
515	LIMA		Remanente: La Molina 2004	100	90.91
516	LIMA	LIM-47	Mezcla: La Molina 84 -87	30	0.00
516	LIMA		La Molina 2001	100	95.45
517	LIMA	LIM-48	LM-87	90	6.06
517	LIMA		CAÑETE-93	94	92.42
517	LIMA		LM-2001	100	95.45
518	LIMA	LIM-49	La Molina 87	60	50.00
518	LIMA		Chiquero 2002	100	57.58
519	LIMA	LIM-50	Mezcla: La Molina 84 - 86	30	0.00
520	LIMA	LIM-51	La Molina 86	60	0.00
521	LIMA	LIM-52	Mezcla: La Molina 84 - 85	0	0.00
522	LIMA	LIM-53	La Molina 87	80	0.00
522	LIMA		La Molina 2004	100	87.88
522	LIMA		Balanceado: Chiquero 2009	100	93.94

523	LIMA	LIM-54	Mezcla: La Molina 86 (Chiquero 84)	30	0.00
524	LIMA	LIM-56	Chiquero 84	80	0.00
524	LIMA		La Molina 87	98	9.09
525	LIMA	LIM-57	LM-84-85-86 mezcla	20	0.00
526	LIMA	LIM-60	LM-87	70	0.00
526	LIMA	LIM-62	LM-89	0	0.00
527	LIMA	LIM-63	LM-86	40	0.00
528	LIMA	LIM-66	Mezcla: La Molina 86 - 87	0	0.00
529	LIMA	LIM-71	CAÑETE 93-94-95	80	74.24
529	LIMA		LA MOLINA-2001	100	87.88
529	LIMA		CHIQUERO-2011	100	84.85
530	LIMA	LIM-72	LM-86	40	0.00
530	LIMA		CAÑETE-95	90	65.15
530	LIMA		CHIQUERO-2009	100	78.79
531	LIMA	LIM-74	LM 85 -86	80	4.55
531	LIMA		CAÑETE 95	90	43.94
531	LIMA		CHIQUERO 2009 (balanceado)	100	75.76
532	LIMA	LIM-75	LM 86	40	0.00
532	LIMA		CAÑETE 95	90	30.30
532	LIMA		CHIQUERO 2011	100	78.79
533	LIMA	LIM-76	CAÑETE 95	90	27.27
533	LIMA		CHIQUERO 2011	100	56.06
534	LIMA	LIM-77	MEZCLA LM 84 - 86	25	0.00
534	LIMA		CAÑETE 95	60	10.61
535	LIMA	LIM-78	CAÑETE-95+93	100	50.00
535	LIMA		LA MOLINA -2001	100	74.24
535	LIMA		CHIQUERO-2011	100	72.73

Anexo 14: Granos de la accesión LIM-2 y LIM-3.



Anexo 15: Granos de la accesión LIM-6 y LIM-8.



Anexo 16: Granos de la accesión LIM-14 y LIM-18.



Anexo 17: Granos de la accesión LIM-23 y LIM-36.



Anexo 18: Granos de la accesión LIM-24 y LIM-29.



Anexo 19: Granos de la accesión LIM-38 y LIM-39.



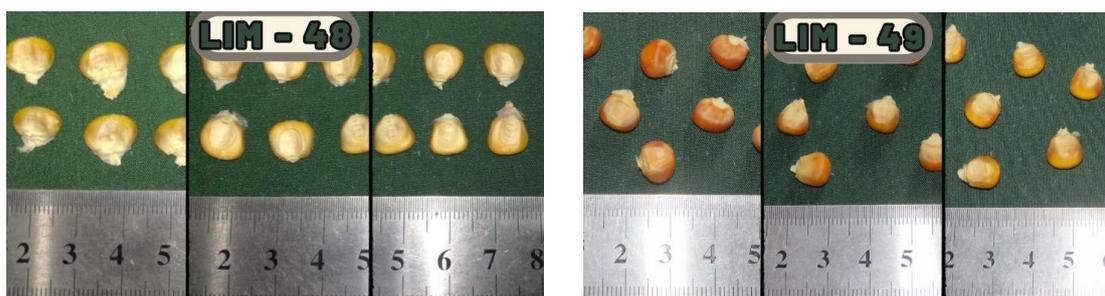
Anexo 20: Granos de la accesión LIM-42 y LIM-44.



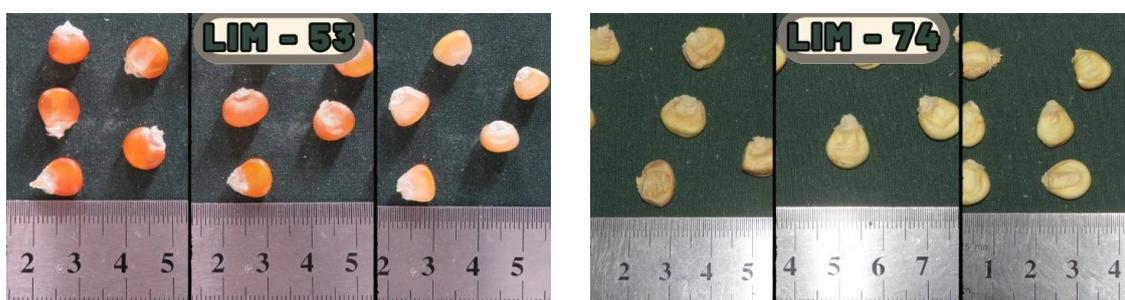
Anexo 21: Granos de la accesión LIM-45 y LIM-46.



Anexo 22: Granos de la accesión LIM-48 y LIM-49.



Anexo 23: Granos de la accesión LIM-53 y LIM-74.



Anexo 24: Granos de la accesión LIM-75 y LIM-78.



Anexo 25: Rangos y Promedio de los Conglomerados (clúster)

CLUSTER	RANGO	MM	MMTS	DM	NDMPF	ADP	ADM	NDH
		Peso mazorca	Peso tusa seco	Diametro mazorca	#granos mazorca xfila	altura de planta	altura de mazorca	#hojas x planta
CLUSTER A	MAX	190.0	63.0	5.8	41.3	3.4	2.3	20.0
	MIN	30.00	6.00	3.03	13.00	1.55	0.85	11.00
	PROMEDIO	94.1	21.2	4.3	27.7	2.5	1.6	16.2
CLUSTER B	MAX	126.0	27.0	5.6	37.0	3.2	2.3	19.0
	MIN	6.00	3.00	2.23	11.67	1.35	0.65	10.00
	PROMEDIO	51.0	12.0	3.7	22.2	2.3	1.5	14.9
CLUSTER C	MAX	165.0	34.0	5.2	37.3	4.1	2.8	21.0
	MIN	35.00	9.00	3.26	16.33	2.23	1.44	9.00
	PROMEDIO	80.6	16.7	4.2	26.6	2.9	1.9	16.6