



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**“CARACTERIZACIÓN MOLECULAR, MORFOLÓGICA Y
NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE MAÍZ AMILÁCEO
(Zea mays L.) EN DIFERENTES CONDICIONES
AGROECOLÓGICAS DE TAYACAJA, HUANCAVELICA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

AUTOR:

Mg. PRIETO ROSALES, Gino Paul

ASESOR:

Dr. MANAYAY SÁNCHEZ, Damián

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2022**

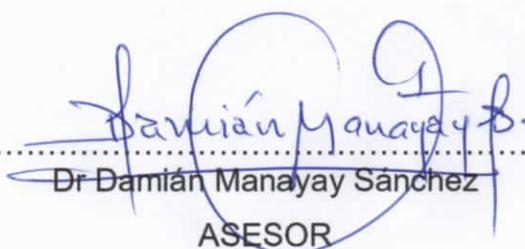


UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS DOCTORAL

Yo, **Dr Damián Manayay Sánchez**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: CARACTERIZACIÓN MOLECULAR, MORFOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE MAÍZ AMILÁCEO (*Zea mays* L.) EN DIFERENTES CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DE TAYACAJA, HUANCVELICA, elaborada por el **Mg. Gino Paul Prieto Rosales** para obtener el Grado Académico de Doctor en Ingeniería agroindustrial en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 01 agosto del 2022


.....
Dr Damián Manayay Sánchez
ASESOR



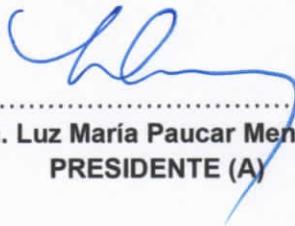
UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

"CARACTERIZACIÓN MOLECULAR, MORFOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE
VARIETADES DE MAÍZ AMILÁCEO (*Zea mays* L.) EN DIFERENTES CONDICIONES
AGROECOLÓGICAS DE TAYACAJA, HUANCAMELICA"

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

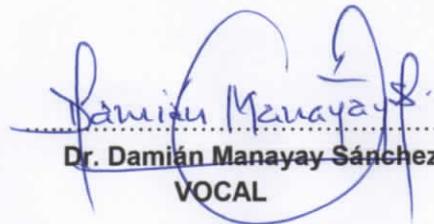
Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:



.....
Dra. Luz María Paucar Menacho
PRESIDENTE (A)



.....
Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
SECRETARIA (O)



.....
Dr. Damián Manayay Sánchez
VOCAL

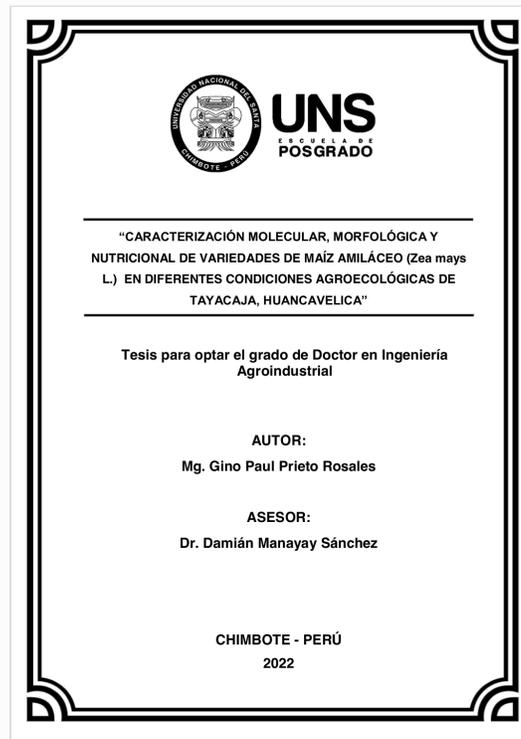


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Gino Paul PRIETO ROSALES
Título del ejercicio: TESIS
Título de la entrega: TESIS-DR-GINO-PRIETO
Nombre del archivo: TESIS-DR-GINO-PRIETO-ROSALES-UNS-2022.pdf
Tamaño del archivo: 6.36M
Total páginas: 117
Total de palabras: 37,765
Total de caracteres: 160,732
Fecha de entrega: 29-jul.-2022 05:52p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 1731584038



DEDICATORIA

A **Dios**, por sus grandes bendiciones, por guiarme por el buen camino y por brindarme la sabiduría necesaria para cumplir con los objetivos trazados.

A mis padres **Clotilde y Rodolfo**, por apoyarme en todo momento, por su amor, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi esposa **Judith**, a nuestro hijo **Anthon** y a nuestra bendición por su amor y comprensión, por apoyarme en cada momento de mi vida y alcanzar nuevas metas, los amo.

A mis hermanos; **Marco, Elsa, Margarita, Jessica, Zaida, Eder, Elmer**, por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindan.

AGRADECIMIENTO

A los **docentes** de la Escuela de Postgrado, Programa Doctoral en Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa, por los conocimientos brindados.

A las **autoridades y todo el personal** de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morrillo” por brindarme la oportunidad y el apoyo en la realización de la presente investigación.

Al Dr. **Damián Manayay Sánchez**, por sus conocimientos y brindarme la asesoría profesional en esta investigación.

Al Dr. **Pedro García Mendoza**, por su conocimiento científico que fueron fundamental para la culminación de esta investigación. Un agradecimiento especial a todos los integrantes del proyecto “Selección de cultivares y conservación de la identidad genética de variedades de maíz (*Zea mays* L.) en la provincia de Tayacaja”

ÍNDICE GENERAL

Constancia del Asesor.....	ii
Conformidad del Jurado.....	iii
Índice general.....	iv
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación	13
1.2. Antecedentes de la investigación	14
1.3. Formulación del problema de investigación.....	16
1.4. Delimitación del estudio.....	16
1.5. Justificación e importancia de la investigación	16
1.6. Objetivos de la investigación	18
1.6.1. Objetivo General	18
1.6.2. Objetivos específicos	18
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	19
2.1. Fundamentos teóricos de la investigación.....	19
2.1.1. Origen y evolución del maíz.....	19
2.1.2. Caracterización morfológica del maíz	21
2.1.3. Caracterización molecular del maíz	25
2.1.4. Caracterización nutricional del maíz	27
2.2. Marco conceptual	28
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	31
3.1. Hipótesis central de la investigación.....	31
3.2. Variables e indicadores de la investigación	31
3.3. Materiales y métodos de la investigación	32
3.3.1. Materiales y localidades de los experimentos.....	32
3.3.2. Métodos de la investigación.....	35
3.4. Diseño o esquema de la Investigación	36

3.3.2. Métodos de la investigación	35
3.4. Diseño o esquema de la investigación	35
3.4.1. Variable independiente	35
3.4.2. Variables dependientes	35
3.4.3. Variable interviniente	36
3.5. Población y muestra.....	36
3.5.1. Población.....	36
3.5.2. Muestra.....	36
3.6. Actividades del proceso investigativo.....	37
3.7. Técnicas e instrumentos de la investigación	38
3.7.1. Técnicas de la investigación.....	38
3.7.2. Instrumentos de la investigación.....	41
3.8. Procedimiento para la recolección de datos.....	41
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. Conclusiones.....	75
5.2. Recomendaciones.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características morfológicas de maíz, teosinte y tripsacum	23
Tabla 2: Composición nutricional de los granos de maíz	27
Tabla 3: Peso y composición de las distintas partes el grano de maíz.....	28
Tabla 4: Nombres y lugares de origen de las variedades de maíz amiláceo incluidas en el estudio en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.	32
Tabla 5: Localidades y fechas de siembra y de cosecha de los experimentos.....	33
Tabla 6: Estadística del análisis de secuencias de ADN del cultivo de maíz amiláceo	46
Tabla 7: Distribución de los marcadores SNPs antes y después del proceso de filtrado en base a criterios de calidad	46
Tabla 8: Valor Fst para dos dos clusters determinados previamente	49
Tabla 9: Valores Fst para las seis razas/grupos de maíz asigandos	50
Tabla 10: cuadrados medios del análisis combinado para el rendimiento de grano (t/ha) y el índice de prolificidad evaluados en 4 ambientes de la provincia de tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.	52
Tabla 11: Cuadrados medios del análisis combinado para diferentes variables de planta y de mazorca evaluadas en 25 variedades de maíz amiláceo en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.	52
Tabla 12: Cuadrados medios del análisis combinado para las variables enfermedades foliares (EF), enfermedades de tallo (ET) y para la cobertura de mazorca (CMz), evaluadas en 25 variedades de maíz amiláceo en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.	54
Tabla 13: Valores promedios para diferentes variables planta y de mazorca evaluadas en 25 variedades de maíz amiláceo, evaluadas en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.	56
Tabla 14: Valores promedios para las variables cobertura de mazorca (CMz), enfermedades foliares (EF) y enfermedades de tallo (ET) evaluadas en 25 variedades de maíz amiláceo, en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.....	60
Tabla 15: Vectores propios para los tres primeros componentes principales y 10 variables medidas en la caracterización química de 25 variedades de maíz amiláceo en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Teorías relacionadas con la evolución del maíz.....	21
Figura 2: Corte de un grano maduro de maíz.....	22
Figura 3: Datos Hidrometeorológicos-Pampas y Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.....	34
Figura 4: Datos Hidrometeorológicos - Colcabamba, Tayacaja, Huancavelica..	34
Figura 5: Delta K (ΔK). Un total de 14 poblaciones fueron consideradas en un set de datos de 6,684 SNPs y 25 muestras	46
Figura 6: Reconstrucción de máxima verosimilitud y estructura de la diversidad genética de 25 accesiones del maíz amiláceo utilizando 6,684 SNPs obtenidos por GBS.....	47
Figura 7: Análisis de componentes principales de 25 accesiones de maíz amiláceo agrupadas en seis grupos putativos, empleando 6,684 SNPs	49
Figura 8: Análisis de componentes principales para la caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.....	66
Figura 9: Dendograma para la caracterización morfológica de 25 poblaciones de maíz amiláceo, obtenido con el método de Ward.	68
Figura 10: Análisis de componentes principales para la caracterización química de 25 variedades de maíz amiláceo colectadas en la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.....	71
Figura 11: Dendograma para la caracterización química de 25 poblaciones de maíz amiláceo, obtenida con el método de Ward.	72
Figura 12: Caracterización química de 25 poblaciones de maíz amiláceo.....	73

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la caracterización molecular, morfológica y nutricional de 25 variedades de maíz amiláceo, producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. Las 25 variedades fueron caracterizadas desde el punto de vista molecular, morfológico y nutricional, las significaciones estadísticas de los resultados fueron expresados mediante el análisis multivariadas. La caracterización molecular permitió diferenciar de manera clara los maíces mejorados de las variedades nativas. Las variedades de maíz amiláceo Cusqueado-P (G8), Carhuay-P (G9), Blanco Gigante (G10), Astilla Amarilla-DH (G1), Carhuay-Run (G3) y Astilla Blanca-ACP (G7), presentaron los mayores niveles de productividad y caracteres agronómicos de manera apropiada para su producción comercial; mientras en la caracterización morfológica, el análisis de componentes principales (CP) determinó que los tres primeros componentes explicaron 71.9% de la variación fenotípica observada en el grupo de poblaciones estudiadas, logrando separar las variedades en siete grupos, mientras que el análisis de conglomerados las clasificó en seis grupos bien definidos. El análisis realizado para la caracterización nutricional, indicó que entre los tres primeros CP explicaron 70.9% de la variabilidad fenotípica total de la composición fisicoquímica mostrada por las variedades estudiadas. La caracterización nutricional permitió separar los genotipos estudiados en cinco grupos bien diferenciados. Los resultados demuestran que es posible identificar variedades de maíz que no sólo posean adecuadas condiciones agronómicas para su producción comercial, sino además con adecuados aportes energéticos y nutricionales

ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the molecular, morphological and nutritional characterization of 25 starchy maize varieties, produced under different agroecological conditions in the province of Tayacaja, Huancavelica. The 25 varieties were characterized from the molecular, morphological and nutritional point of view, the statistical significance of the results were expressed by multivariate analysis. Molecular characterization made it possible to clearly differentiate the improved maize from the native varieties. The starchy maize varieties Cusqueado-P (G8), Carhuay-P (G9), Blanco Gigante (G10), Astilla Amarilla-DH (G1), Carhuay-Run (G3) and Astilla Blanca-ACP (G7), presented the highest levels of productivity and agronomic traits appropriate for commercial production; while in the morphological characterization, the principal components (PC) analysis determined that the first three components explained 71.9% of the phenotypic variation observed in the group of populations studied, separating the varieties into seven groups, while the cluster analysis classified them into six well-defined groups. The analysis carried out for nutritional characterization indicated that the first three CPs explained 70.9% of the total phenotypic variability of the physicochemical composition shown by the varieties studied. The nutritional characterization made it possible to separate the genotypes studied into five well-differentiated groups. The results show that it is possible to identify maize varieties that not only possess adequate agronomic conditions for commercial production, but also have adequate energy and nutritional intake.

INTRODUCCIÓN

El maíz amiláceo es considerado uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra peruana, en donde la mayor parte de la producción está destinada al autoconsumo, en forma de choclo, cancha, mote, harinas precocidas, bebidas, entre otras formas de uso (García 2017). “En el Perú, este cultivo se siembra desde el nivel del mar, en la zona de la costa, hasta por encima de los 3800 msnm en la región de la Sierra. Desde el punto de vista agroecológico, en esta región Alto Andina del Perú el maíz se produce tradicionalmente en dos zonas aptas ecológicamente; las partes bajas y medias en donde se siembra maíz amiláceo; las zonas bajas cultivadas con maíz choclero y las de altitud media con maíz canchero, porque el riesgo a heladas y granizada es mayor en la zona media” (ONERN, 1984). “Después de la papa, el maíz amiláceo es considerado uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra del Perú, en donde la mayor parte de la producción está destinada al autoconsumo, en forma de choclo, cancha, mote, harinas precocidas, bebidas, entre otras formas de uso, que alcanza unos 34,52 g/persona/día” (MINAGRI, 2012). “En consecuencia, la relevancia social, económica y estratégica de este tipo de maíz para la población peruana es mayor, porque representa el motor de desarrollo para alrededor de ocho (8) millones de personas ubicadas en los estratos más pobres de la nación” (MINAGRI, 2012), razón por la cual este cultivo es considerado estratégico para la seguridad alimentaria del Perú.

En la Provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica, se produce maíz prácticamente en todos los distritos, siendo los más importantes desde el punto de vista del área de producción, Colcabamba, Salcahuasi, Salcabamba, San Marcos de Rocchac, Daniel Hernández, Pampas Sulcabamba, entre otros, siendo además considerada una de las regiones con mayor biodiversidad para este cultivo, demostrado en un trabajo realizado por el Ministerio del Ambiente, con información aportada por el Programa Cooperativo de Investigación en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina, que incluyó colectas de maíz realizadas desde 1952 a 1989, en las 24 regiones o departamentos y 118 provincias, se identificaron 16 razas de maíz adaptas al Departamento de Huancavelica, sugiriendo la gran diversidad biológica del cultivo en esta región Andina del Perú (MINAM, 2014). Gran

parte de esta biodiversidad en el cultivo del maíz ha sido poco estudiada desde el punto de vista morfológico, químico y molecular. Por esta razón, a mediados del año 2018 la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo” (UNAT), inició el desarrollo de un proyecto en maíz denominado “SELECCIÓN DE CULTIVARES Y CONSERVACIÓN DE LA IDENTIDAD GENÉTICA DE VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA PROVINCIA DE TAYACAJA”; el cual ha contemplado la evaluación de un conjunto de variedades de maíz amiláceo en diferentes ambientes agroecológicos de la referida provincia.

En el marco de este proyecto de investigación en maíz desarrollado por la UNAT, se llevó a cabo la presente investigación, que lleva por título “Determinar la caracterización molecular, morfológica y nutricional de variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.), en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica”, la cual tuvo como objetivo principal, determinar la caracterización molecular, morfológica y nutricional de 25 variedades de maíz amiláceo colectadas en diferentes localidades pertenecientes a la provincia de Tayacaja, Huancavelica.

La caracterización molecular es una técnica de gran utilidad para determinar las relaciones filogenéticas entre un grupo de genotipos estudiado, así como también para determinar la variabilidad genética dentro de cada uno de las variedades probadas. En este sentido, Carabaloso-Torrecilla et al. (2000) refieren que en los programas de mejoramiento genético es necesario conocer el grado de diversidad entre los materiales que forman parte de la base genética con que se trabaja. Si bien la caracterización morfológica permite separar el grupo de materiales en una colección de trabajo, está muy influenciada por el ambiente, de allí que la manera más eficiente de obtener esta divergencia entre un grupo de genotipos es a través de la caracterización molecular. Por ejemplo, Kashiani et al. (2012) utilizaron 95 marcadores microsatélites polimórficos para realizar la caracterización de 13 líneas endocriadas de maíz dulce, logrando ubicarlas dentro de seis grupos heteróticos principales, con base a la caracterización molecular. En lo concerniente a la caracterización nutricionales, los análisis se efectúan a partir de la harina obtenida de la molienda del grano crudo en un molino tipo ciclónico (Salinas et al., 2013). En este sentido, Miranda et al (2015) mencionan que “la composición química de los granos es afectada por múltiples factores, entre los cuales destacan las plagas,

condiciones edafoclimáticas, variedades, entre otros, por tanto la caracterización de los granos disponibles juega un rol importante, tanto para la seguridad alimentaria y nutricional, como para el desarrollo de la agroindustria nacional”.

El trabajo está dividido en cinco capítulos, cada uno orientado a tratar de manera progresiva los aspectos más relevantes de la investigación. En el capítulo uno se trata los aspectos más relevantes relacionados con el planteamiento del problema, así como también, los fundamentos técnicos científicos que describen la problemática planteada. En el capítulo dos se presentan los fundamentos teóricos que soportan el desarrollo del trabajo de investigación, analizando los conceptos y los antecedentes más relevantes del trabajo. En el capítulo tres se presenta todo el marco metodológico que se siguió para el desarrollo de las diferentes actividades planificadas, a fin de alcanzar los objetivos planteados en el trabajo, tratando de presentar una descripción detallada de los mismos, que pueda servir de guía para futuros trabajos de este tipo. En el capítulo cuatro se presentan los resultados obtenidos en cada una de las actividades planificadas en el proyecto, realizando un análisis e interpretación en función de las herramientas estadísticas utilizadas y enriqueciendo la discusión con resultados previos obtenidos en diferentes trabajos similares reportados en fuentes bibliográficas de alto impacto y confiables. Finalmente, en el capítulo cinco se presentan las principales conclusiones obtenidas con los resultados observados en el trabajo y que pueden servir como aporte a la ciencia para futuras investigaciones, así como también, algunas recomendaciones que pretenden mejorar algunos de los aspectos del trabajo que se pueden considerar para futuras investigaciones en esta área de las ciencias biológicas, muy vinculadas con la producción de alimentos, que contribuyen a mejorar la seguridad alimentaria de la población.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

Como señala García (2017) “Después de la papa, el maíz amiláceo es considerado uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra del Perú, en donde la mayor parte de la producción está destinada al autoconsumo” (34.52 g/persona/día), ya sea en forma de choclo, cancha, mote, harinas precocidas, bebidas, entre otras formas de uso, Propios de la región (MINAGRI, 2012).

En la sierra peruana se siembran diferentes variedades de maíz, principalmente las originadas a partir de las razas Kculli, Chullpi, Cuzco, Pisccorunto, Huancavelicano y San Gerónimo Huancavelicano, en donde la raza Kculli es considerada primitiva, mientras que Chullpi, Huancavelicano, Pisccorunto y Cuzco son razas derivadas de las primitivas y la raza San Gerónimo Huancavelicano es considerada de reciente derivación (Salhuana, 2004). Ninguna de estas variedades utilizadas por los productores de maíz de la provincia de Tayacaja, Huancavelica, han sido caracterizadas morfológica, molecular o desde el punto de vista de sus propiedades químicas; este tipo de información posee una gran relevancia en el cultivo, puesto que la misma servirá para orientar los futuros trabajos a emprender con estas variedades en las áreas de mejoramiento genético y agronómico. Del mismo modo, la caracterización química podrá servir para orientar el consumo, garantizando una mejor alimentación en la población peruana.

El maíz amiláceo es el cultivo más importante para los habitantes de toda la provincia de Tayacaja, cuyos agricultores utilizan diferentes variedades en sus sistemas de producción, siendo las más comunes las variedades conocidas con los nombres de “Astilla Blanca”, “Astilla Amarilla”, “Carhuay” y Chullpi, las cuales son utilizadas principalmente como maíz canchero y el “Cuzqueado”, cuyo principal uso es para mote y choclo; otras variedades tienen un uso mucho más específico, tales como el maíz morado, el cual es utilizado para la fabricación de bebidas como la chicha morada.

A mediados del año 2018 se realizaron colectas de diferentes variedades de maíz amiláceo utilizadas por los productores de la provincia de Tayacaja, Huancavelica,

con el propósito de evaluar el comportamiento agronómico y la calidad culinaria. Estas variedades necesitan ser caracterizadas morfológica, molecular y desde el punto de vista nutricional, información que será de gran utilidad para orientar los trabajos en el área de mejoramiento genético y agronómico en el cultivo, así como también para dirigir el consumo que garantice un mejor nivel nutricional en la población de la sierra peruana. Esta caracterización también será de gran utilidad en la organización de los bancos de germoplasma, garantizando la conservación de la diversidad genética de este tipo de maíces, mediante la conservación de muestras únicas de cada accesión, evitando la duplicidad de muestras en el banco.

1.2. Antecedentes de la investigación

“La preservación de la diversidad genética de las variedades de maíz es un tema de gran importancia debido a la utilidad que posee en los programas de mejoramiento genético de este cultivo” (Salhuana, 2004); “la caracterización morfológica en el cultivo de maíz ha sido un tema bien estudiado en diferentes regiones del mundo y también del Perú” (Revilla y Tracy, 1995; Quispe et al., 2011; Yopez, 2011; Zuliani et al., 2012; Guacho, 2014; Rocandio, 2014; Ríos, 2015; Contreras-Molina et al., 2016). En su momento (Revilla y Tracy, 1995) “realizaron la caracterización morfológica de 58 variedades de maíz dulce de libre polinización, utilizando 34 descriptores, con el fin de proveer información a los mejoradores interesados en ampliar la base genética del maíz dulce; basado en los caracteres morfológicos, estos investigadores consideraron a 52 de las variedades estudiadas como pertenecientes a una raza en particular, la cual denominaron -Northeastern Sweets”. Del mismo modo (Contreras et al. 2016) “caracterizaron morfológicamente 76 muestras de maíz nativo de México, con el fin de determinar el nivel de diferenciación morfológica existente entre las poblaciones nativas de maíz ahí cultivadas y la relación de éstas con las razas previamente reportadas, para lo cual utilizaron 38 variables, que incluyeron atributos de planta, espiga, mazorca y caracteres fenológicos; los resultados de este trabajo revelaron la existencia de una amplia variabilidad morfológica, agrupable en seis conjuntos, diferenciados entre sí por precocidad y atributos de planta”.

En el Perú, se han realizado múltiples investigaciones sobre caracterización morfológica. En este sentido (Ríos, 2015) “realizó la caracterización morfológica de 22 variedades de maíz amiláceo incluyendo 11 cultivares de colores puros y 11 con colores mezclados, utilizando caracteres de planta y de mazorca, tanto cuantitativos, como cualitativos; Por su parte (Yepez, 2011) realizó la caracterización de 65 entradas de maíz procedentes de los valles interandinos de Cusco y Apurímac, correspondientes al banco de germoplasma de maíz del CICA, utilizando el descriptor Internacional para maíz de CIMMY/IBPGRI, modificado por el Programa Nacional de Maíz para los maíces de la Región Andina”; así mismo, (Quispe et al. 2011) realizaron “la caracterización morfológica y química de tres cultivares de maíz morado en la región de Arequipa, encontrando diferencias importantes entre los materiales probados, tanto desde el punto de vista morfológico, así como también en su composición química. La información generada en este tipo de estudios es de gran utilidad, tanto para los programas de mejoramiento genético, como para los bancos de germoplasma, garantizando la preservación de la diversidad genética del cultivo”.

Respecto a la caracterización molecular, es una técnica de gran utilidad para determinar las relaciones filogenéticas entre un grupo de genotipos determinado, así como también para determinar la variabilidad genética dentro de cada uno de las variedades probadas; en este sentido (Carabaloso et al. 2000), refieren que “en los programas de mejoramiento genético es necesario conocer el grado de diversidad entre los materiales que forman parte de la base genética con que se trabaja. Si bien la caracterización morfológica permite separar el grupo de materiales en una colección de trabajo, la manera más eficiente de obtener esta divergencia entre un grupo de genotipos es a través de la caracterización molecular”; al respecto (Kashiani et al. 2012), utilizaron 95 marcadores microsatélites polimórficos para realizar la caracterización de 13 líneas endocriadas de maíz dulce, lográndolas ubicar dentro de seis grupos heteróticos principales, con base a la caracterización molecular.

En lo que concierne a la caracterización química del maíz (Agama et al. 2011), señalan que la composición química y la morfología de los gránulos de almidón, ayudan a definir la calidad nutritiva y su uso en la elaboración de alimentos; muchos trabajos se han desarrollado en el área de la caracterización química,

principalmente con maíces de colores, en donde se ha demostrado que poseen mayores niveles de compuestos antocianínicos que los maíces de grano blanco y por ende poseen un mayor valor nutricional (Narváez et al., 2006; Agama et al., 2011; Quispe et al., 2011).

1.3. Formulación del problema de investigación

¿Qué características moleculares, morfológicas y nutricionales tienen las variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica?

1.4. Delimitación del estudio

Delimitación espacial: Los experimentos se llevaron a cabo en diferentes localidades de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. La fase de laboratorio se desarrolló en los laboratorios y el complejo de invernaderos de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo”. El estudio molecular se desarrolló en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina y el análisis nutricional se desarrolló en el laboratorio Sociedad de asesoramiento técnico S.A.C.

Delimitación temporal: El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en el periodo 2019/2021.

Delimitación de la Materia Prima: Está conformado por 25 muestras de ecotipos/variedades de maíces amiláceos producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

No cabe duda de que el maíz representa a uno de los cereales más utilizados por el hombre desde épocas remotas, siendo además una de las especies vegetales más productivas, tanto en su producción global, que para el año 2017 se ubicó en alrededor de 1,134,746,667 de toneladas por año, como también en su nivel de productividad, la cual se ubica en alrededor de 5.750 t/ha en todo el mundo (Paliwal

et al., 2001; FAOSTAT, 2019). Se trata de uno de los rubros más versátiles del trópico en el ámbito mundial, adaptándose a una gran variedad de climas y posiciones fisiográficas, que van desde el nivel del mar en la planicie del Caspio, hasta los 3 800 msnm en la cordillera de los Andes (Paliwal, 2001).

En el Perú el maíz se siembra desde el nivel del mar, en la zona de la costa, hasta por encima de los 3800 msnm en la región de la Sierra, así como en los alrededores del lago Titicaca. “Desde el punto de vista agroecológico, en esta región Alto Andina del Perú el maíz se produce tradicionalmente en dos zonas aptas ecológicamente; las partes bajas y medias en donde se siembra maíz amiláceo; las zonas bajas cultivadas con maíz choclero y las de altitud media con maíz canchero, porque el riesgo a heladas y granizada es mayor en la zona media” (ONERN, 1984; García, 2017. “La relevancia social, económica y estratégica de este tipo de maíz para la población peruana es mayor, porque representa el motor de desarrollo para alrededor de ocho (8) millones de personas ubicadas en los estratos más pobres de la nación” (MINAGRI, 2012), razón por la cual este cultivo es considerado estratégico para la seguridad alimentaria del Perú.

La región de Huancavelica es considerada una de las más ricas en biodiversidad del cultivo de maíz en el Perú; un trabajo realizado por el Ministerio del Ambiente, con base a la información proporcionada por el Programa Cooperativo de Investigación en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina, así lo demuestra, al revelar que esta región de la sierra peruana mantiene al menos 16 de las 57 razas de maíz identificadas en el Perú (MINAM, 2014), lo que representa cerca de un tercio de todas las razas de maíz del Perú.

En la Provincia de Tayacaja, de la región Huancavelica, se produce maíz prácticamente en todos los distritos, siendo los más importantes desde el punto de vista del área de producción, Colcabamba, Salcahuasi, Salcabamba, San Marcos de Rocchac, Daniel Hernández, Pampas, Sulcubamba, entre otros, siendo algunos de ellos netamente maiceros, en donde los sistemas de producción utilizados por los agricultores de esta región de la sierra peruana se caracteriza por el uso de variedades autóctonas, manejo agronómico con bajo nivel tecnológico, baja capacidad de comercialización y en general, bajos niveles de productividad (Ruíz, et al., 2010; MINAGRI, 2012).

A pesar de que en el Perú se han reportado algunos estudios relacionados con la caracterización morfológico de variedades de maíz amiláceo (Quispe et al., 2011; Yopez, 2011; Ríos, 2015), dichos estudios sólo han utilizado un número de genotipos muy específicos de algunas de las regiones de la sierra peruana; por otro lado, ninguno de estos estudios realizados en el Perú ha incluido la caracterización molecular y sólo uno de ellos estudió algunos de los caracteres químicos de tres cultivares de maíz morado en una región de Arequipa (Quispe et al., 2011). La información generada en este tipo de estudios será de gran utilidad, puesto que servirá para orientar la planificación de cruzamientos en programas de mejoramiento genético, así como también para planificar las actividades en los bancos de germoplasma, evitando duplicación de accesiones y garantizando la preservación de la diversidad genética del cultivo en el Perú.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo General

Determinar la caracterización molecular, morfológica y nutricional de variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar la caracterización molecular de las variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.
- Determinar la caracterización morfológica de las variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.
- Determinar la caracterización nutricional de las variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1.1. Origen y evolución del maíz

A. Origen del maíz

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen, generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7 000 y 10 000 años; la evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México, donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos, Wilkes (como se citó en Paliwal, 2001).

Las varias teorías relacionadas con el centro de origen del maíz se pueden resumir en la siguiente forma:

Origen Asiático

El maíz se habría originado en Asia, en la región del Himalaya, producto de un cruzamiento entre *Coix* spp. y algunas *Andropogóneas*, probablemente especies de *Sorghum*, ambos parentales con cinco pares de cromosomas (Anderson, 1945), esta teoría no ha tenido un gran apoyo y se reconoce como uno de los cultivos alimenticios que se originaron en el Nuevo Mundo; sin embargo, la teoría de que el maíz es un anfiploide está ganando terreno a partir de estudios citológicos y con marcadores moleculares (Paliwal, 2001).

Origen andino

El maíz se habría originado en los altos Andes de Bolivia, Ecuador y Perú (Mangelsdorf y Reeves, 1959), la principal justificación para esta hipótesis fue la presencia de maíz reventón en América del Sur y la amplia diversidad genética presente en los maíces andinos, especialmente en las zonas altas de Perú; una seria objeción a esta hipótesis es que no se conoce ningún pariente salvaje del maíz, incluyendo teosinte en esa región Wilkes (como se

citó en Paliwal, 2001) en los últimos años se descartó la hipótesis del origen andino.

Origen mexicano

Muchos investigadores creen que el maíz se habría originado en México donde el maíz y el teosinte han coexistido desde la antigüedad y donde ambas especies presentan una diversidad muy amplia. El hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas en zonas arqueológicas apoyan seriamente la posición de que el maíz se había originado en México (Paliwal, 2001).

B. Evolución del maíz

El debate sobre el origen del maíz todavía continúa y comprender ese problema no es solo de interés académico, es importante para promover programas agresivos de mejoramiento y para la transferencia de caracteres deseables de especies silvestres afines y cultivares locales en la evolución y el continuo mejoramiento del maíz.

Las teorías sobre el origen del maíz actualmente aceptadas se resumen a continuación (Paliwal, 2001).

El origen del maíz tunicado (Mangelsdorf, 1986) descartó esta hipótesis y el origen del maíz silvestre, como nunca se han encontrado el maíz silvestre o formas silvestres de plantas de maíz, esta teoría no recibe gran consideración, el origen del teosinte, según la hipótesis de (Beadley, 1978) de que el maíz es una forma domesticada de teosinte. Científicos que estudian el maíz no están de acuerdo con la teoría de la evolución del teosinte a maíz y creen que el maíz se originó de antiguas formas de maíz silvestre Mangelsdorf, Wilkes y Goodman (como se citó en Paliwal, 2001), han resumido en forma de diagrama varios modelos probables para el origen del maíz. Estos son: a) evolución vertical del maíz moderno a partir de maíz silvestre; b) progresión de teosinte a maíz; c) separación del maíz y el teosinte, originados ambos en un ancestro común, habiéndose separado durante el proceso evolutivo; y, d) hibridación, habiéndose originado el maíz como un híbrido entre teosinte y una gramínea desconocida (Figura 1).

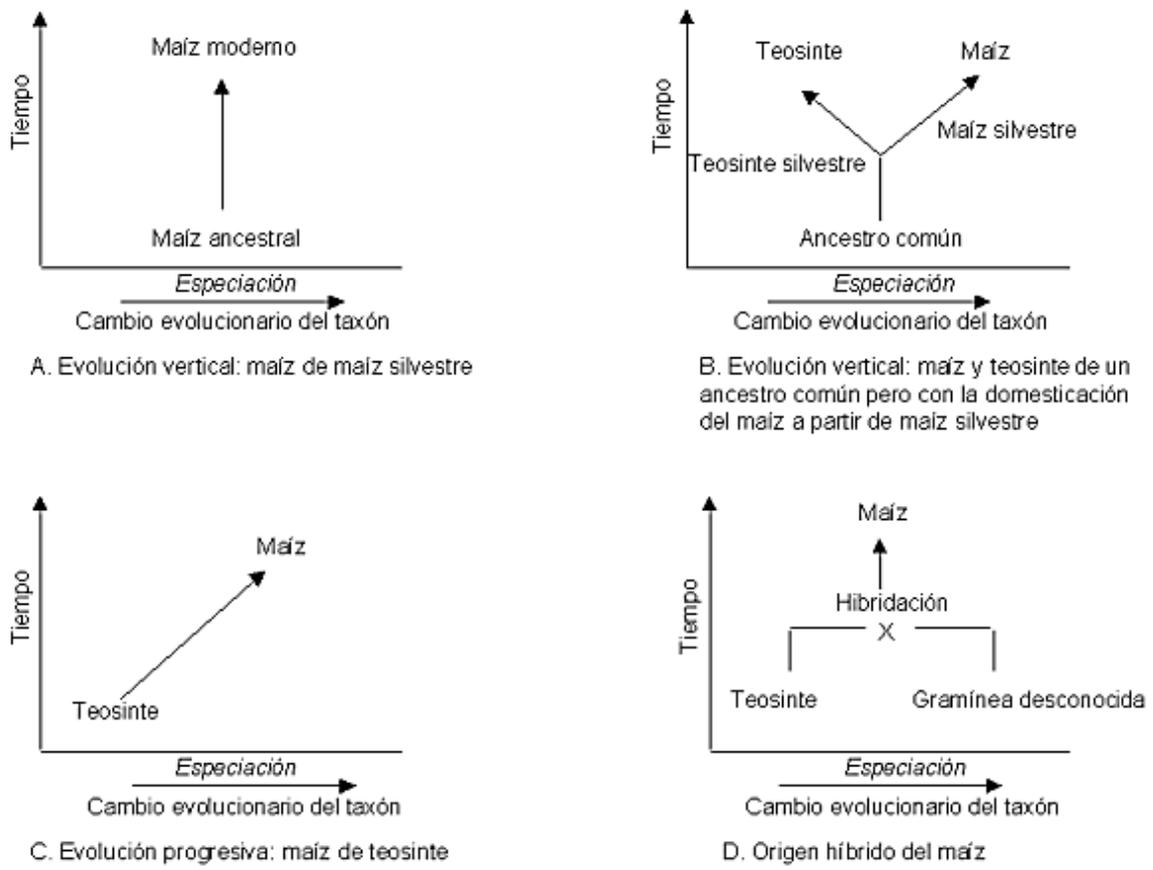


Figura 1: Teorías relacionadas con la evolución del maíz

Fuente: Paliwal (2001), adaptado de Wilkes y Goodman, 1995

2.1.2. Caracterización morfológica del maíz

A. PLÁNTULA

Paliwal (2001), sostiene que “las distintas partes de la semilla y del embrión del maíz se aprecian en la Figura 2, una correcta descripción de las partes de la plántula de maíz es presentada por (Onderdonk y Ketcheson, 1972). Cuando la semilla se siembra en suelo húmedo, absorbe agua y comienza a hincharse, un proceso que procede más rápidamente a temperaturas altas como las que prevalecen en muchos ambientes tropicales en la estación húmeda; bajo estas condiciones, la semilla empieza a germinar en dos o tres días; en el invierno o en condiciones de bajas temperaturas del suelo como en las tierras altas, el proceso se demora y la emergencia de la radícula puede ocurrir a los seis u ocho días, dependiendo de la temperatura del suelo;

contrariamente a esto, la temperatura del suelo en algunos ambientes puede ser tan alta que la semilla puede morir, especialmente si falta humedad, por ejemplo en el cultivo de maíz de secano sembrado en suelo seco a la espera de las lluvias”.

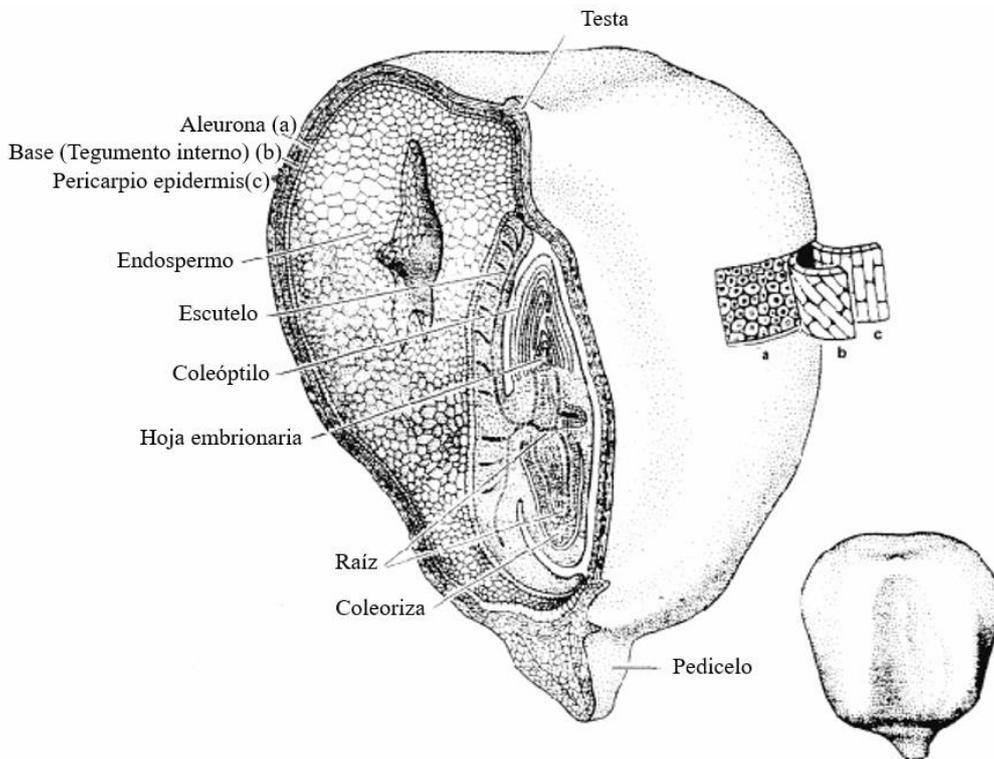


Figura 2: Corte de un grano maduro de maíz

Fuente: Paliwal (2001)

Se afirma que “Cuando se inicia la germinación, la coleoriza se elonga y sale a través del pericarpio; después aparece la radícula a través de la coleoriza, inmediatamente después de la emergencia de la radícula también emergen tres o cuatro raíces seminales; al mismo tiempo o muy pronto después, la plúmula cubierta por el coleoptilo emerge en el otro extremo de la semilla; el coleoptilo es empujado hacia arriba por la rápida elongación del mesocotilo, el cual empuja al nascente coleoptilo hacia la superficie de la tierra; El mesocotilo juega un papel importante en la emergencia de la plántula del maíz por encima de la superficie de la tierra y tiene una gran plasticidad sobre la tasa de crecimiento y la longitud a que llega; Cuando el extremo del coleoptilo surge a través de la superficie de la tierra cesa la

elongación del mesocotilo, emerge la plúmula a través del coleoptilo y esta aparece sobre la tierra” (Paliwal, 2001).

“El maíz se siembra normalmente a una profundidad de 5 a 8 cm si las condiciones de humedad son adecuadas, esto da lugar a una emergencia de las plántulas rápida y uniforme, en cuatro o cinco días después de la siembra; este tiempo aumenta al aumentar la profundidad de siembra; en algunos ambientes, por ejemplo en las tierras altas de México, la semilla se coloca normalmente a una profundidad de 12 a 15 cm a fin de tener niveles adecuados de humedad para la germinación en estos ambientes los genotipos de maíz con un mesocotilo de fuerte y rápida elongación representan una ventaja”. (Paliwal, 2001).

La tabla 1, explica algunas características morfológicas importantes tanto del maíz como del teosinte y tripsacum.

Tabla 1

Características morfológicas de maíz, teosinte y tripsacum

Aspecto de la planta	Maíz	Teosinte	<i>Tripsacum</i>
Hábito	Anual	Anual y perenne con rizomas	Perenne con rizomas
Multiplicación	Por semillas	Por semillas y vegetativa	Vegetativa y por semillas
Sistema radicular	Estacional	Persistente y estacional	Persistente
Sistema caulinar	Tallo principal, pocos macollos	Con macollos y ramificado	Macollos abundantes y ramificado
Hojas	Anchas	Similar al maíz	Angostas a medio angostas
Inflorescencia lateral	Femenina	Predominantemente femeninas y algunas mezcladas	Mezclada
Inflorescencia terminal	Masculina, grande y dominante	Masculina, media	Mezclada
Espiguillas femeninas	Apareadas	Simples	Simples
Espiguillas masculinas	Apareadas	Apareadas	Apareadas
Mazorca	Muchas filas, cubierta	Dos filas, cubierta	Dos filas, descubierta
Fruto	Desnudo, no dehiscente	Con cubierta rígida, cupulado, dehiscente	Con cubierta rígida, dehiscente
Reproducción	Sexual	Sexual	Apomíctica y sexual
Semilla	Sin latencia	Latencia en algunos casos	Latencia

Fuente: Paliwal (2001)

B. Sistema radicular, tallo y hojas

Macuri (2016) afirma que “las raíces del maíz son fasciculadas, formadas por tres tipos: (1) las raíces primarias o seminales que se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad que ha sido sembrada; (2) las raíces principales o secundarias que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias y (3) las raíces aéreas o adventicias que nacen en los nudos de la base del tallo por encima de la corona, constituyen el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrientes”. “El tallo está constituido por un eje vertical sólido, alargado y cilindro-cónico, terminando en un penacho que constituye la inflorescencia masculina o panoja; también presenta nudos y entrenudos, siendo más cortos en la base y más largos a medida que se alejan de ella. En la parte inferior de los nudos se encuentran localizados los primordios radiculares, las que dan origen a las raíces adventicias, especialmente en los nudos que se encuentran más próximos al suelo; en la parte superior de los nudos del tallo nacen las hojas, las cuales son envolventes, lanceoladas y liguladas, formada por vainas que cubren completamente el entrenudo con nervaduras paralelas” (Macuri, 2016).

C. Inflorescencia masculina y femenina

Macuri (2016), menciona que “el maíz es una planta monoica cuyas flores masculinas y femeninas están presentes en la misma planta, las flores masculinas nacen antes que las femeninas en la punta de los tallos, las flores femeninas se desarrollan en la axila de las hojas en el punto medio del tallo, y se agrupan en filas a lo largo de un raquis grueso, cilíndrico, esponjoso y alveolado; las flores femeninas presentan un largo estilo (de 15 cm a más) que salen hasta el final de las brácteas y son primero verdes y luego rojizos al llegar a la madurez (esto depende de genes de color dominantes o recesivos de antocianina) y se conocen como sedas, barbas de maíz, pelos de choclo o cabellos de elote”.

“Las flores masculinas están en una inflorescencia llamada panoja, y las femeninas se desarrollan en una estructura especial denominada mazorca, las flores del maíz, tanto masculinas como femeninas, se encuentran unidas en espiguillas; el par de espiguillas es la unidad floral; en la panoja, un

miembro del par de espiguillas es pedicelado; cada espiguilla contiene dos flores funcionales con tres anteras. Cada antera produce alrededor de 2 500 granos de polen y en promedio cada panoja tiene 10 000 anteras, por lo que se estima tiene una producción de 25 000 000 de granos de polen por panoja, es decir 25 000 granos de polen por cada óvulo para una mazorca de 1 000 granos” (Macuri, 2016)

D. Frutos y semillas

Paliwal (2001), sostiene que “el grano o fruto del maíz es un cariopse. la pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto; el fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide; la parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona”.

2.1.3. Caracterización molecular del maíz

Los marcadores moleculares representan a regiones del ADN que muestran polimorfismo o variación entre diferentes individuos dentro de una especie (Liu, 1998). El análisis de ADN presenta múltiples ventajas, entre las cuales se citan la disponibilidad de información genética precisa, permite el análisis simultáneo de un gran número de muestras, sin sufrir ningún efecto ambiental, es decir, es independiente del medio ambiente. Por otro lado, el ADN puede ser extraído a partir de cantidades ínfimas de tejido de cualquier órgano somático y estado de desarrollo de la planta, permitiendo la obtención de resultados en un corto plazo (Mathias et al., 2007).

“Los marcadores moleculares son una herramienta de gran utilidad en muchos campos de la biología, tales como la evolución, ecología, bio-medicina, ciencias forenses y estudios de diversidad. Además, se utilizan para localizar y aislar genes de interés. Los diferentes tipos de marcadores se distinguen por su capacidad de detectar polimorfismos en loci únicos o múltiples y son de tipo dominante o co-dominante” (Simpson, 1997).

Uno de los marcadores moleculares de mayor uso en la actualidad son las secuencias simples repetidas, “también llamadas secuencias de tipo

microsatélite (SSR Simple Sequence Repeats), las cuales son muy abundantes en los genomas de eucariotas y algunos procariotas, constituidas por unidades cortas (motivos básicos) de 1 a 6 pares de bases, que se repiten en tándem un número elevado de veces. Cada secuencia SSR se define por el tipo de unidad repetida (lo más frecuente mono, di, tri o tetra, aunque también penta o hexa nucleótidos) y por el sitio que ocupan en el genoma (locus). Su frecuencia y tipo de repetición varía en los genomas de distintas especies, considerándose abundantes en peces, insectos himenópteros y mamíferos, y menos en los genomas de aves, en plantas y en lepidópteros” (González, 2003).

“El desarrollo y generalización de la PCR (Polymerase Chain Reaction) fue lo que dio inicio al uso de las secuencias microsatelites como marcadores genéticos” (Mullis et al, 1986). En este sentido, Tautz (1989) refiere que a pesar de que los microsatélites poseen altas tasas de mutación, las regiones flanqueantes están más conservadas y se emplean para la amplificación específica de los alelos de cada locus. A partir de los 80, cuando se publican los primeros trabajos sobre el aislamiento y caracterización de microsatélites, su uso se ha difundido rápidamente, revolucionando los campos de la biología molecular, la genética cuantitativa y la genética de poblaciones. “Los SSRs han sido durante muchos años los marcadores preferidos para múltiples objetivos dentro de los cuales se pueden citar a la genética forense, test de paternidad, análisis poblacionales, estudios de diversidad e identificación varietal, construcción de mapas genéticos y estudios de asociación” (Simpson, 1997).

2.1.4. Caracterización nutricional del maíz

Paliwal (2001), sostiene que “el endospermo del grano de maíz es la zona más importante de almacenamiento de los carbohidratos y de las proteínas sintetizadas por esta especie fotosintéticamente eficiente; en los tipos de maíces comunes, el endospermo comprende cerca del 84% del peso seco del grano, el embrión abarca el 10% y el pericarpio y el escutelo componen el restante 6%; Si bien la producción de grano es la razón principal del cultivo del maíz, todas las partes de la planta - hojas, tallos, panojas y olotes, son

utilizadas para diversos fines” Watson y Fussell (como se citó en Paliwal, 2001). El maíz es usado en más formas distintas que cualquier otro cereal; las formas principales en que se utiliza es como alimento humano, ya sea doméstico o industrial; alimento para animales y fermentado para varios productos industriales.

“El maíz es desde un punto de vista nutricional, superior a muchos otros cereales excepto en su contenido de proteínas. La composición nutricional del maíz, el trigo y el arroz se encuentran en la Tabla 2 y la composición de los distintos componentes del grano de maíz en la Tabla 3. El maíz se compara favorablemente en valor nutritivo con respecto al arroz y al trigo; es más rico en grasa, hierro y contenido de fibra, pero su aspecto nutricional más pobre son las proteínas, cerca de la mitad de las proteínas del maíz están compuestas por zeína la cual tiene un bajo contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina y triptófano” (Paliwal, 2001).

Tabla 2

Composición nutricional de los granos de maíz

Contenido	Maíz, harina	Trigo,	Arroz, grano
	molida	harina	pulido
	(por 100 g)		
Agua %	12,00	12,00	13,00
Calorías	362	359	360
Proteínas gr	9,00	12,00	6,80
Grasas gr	3,40	1,30	0,70
Carbohidratos gr	74,50	74,10	78,90
Almidón, fibra gr	1,00	0,50	0,20
Cenizas gr	1,10	0,65	0,60
Calcio mg	6,00	24,00	6,00
Hierro mg	1,80	1,30	0,80
Fósforo mg	178	191	140
Tiamina mg	0,30	0,26	0,12
Riboflavina mg	0,08	0,07	0,03
Niacina mg	1,90	2,00	1,50

Fuente: (Paliwal, 2001).

Tabla 3

Peso y composición de las distintas partes el grano de maíz

Composición (%)	Endospermo	Embrión	Pericarpio	Escutelo
Almidón	87,6	8,3	7,3	5,3
Grasas	0,8	33,2	1,0	3,8
Proteínas	8,0	18,4	3,7	9,1
Cenizas	0,3	10,5	0,8	1,6
Azúcares	0,6	10,8	0,3	1,6
Resto	2,7	18,8	86,9	78,6
% materia seca	83,0	11,0	5,2	0,8

Fuente: (Paliwal, 2001).

Miranda et al. (2015), sostienen en su investigación que “el análisis proximal de las harinas de los granos demuestra la alta divergencia entre sus composiciones básicas; los datos mostrados de la harina de maíz son la siguiente: Humedad (10.07 %), Cenizas (1.94 %), Grasas (6.58 %) y Proteínas (8.80 %), resultado de pruebas realizadas por triplicado, reportándose únicamente los valores promedio corregidos con el blanco de laboratorio para cada análisis”.

2.2. Marco conceptual

El cultivo del maíz es una de las especies más diversas desde el punto de vista fenotípico, pudiéndose establecer en una amplia gama de ambientes, siempre que se puedan satisfacer sus requerimientos hídricos (Kashiani et al, 2011). Los mejoradores de plantas realizan su trabajo de selección haciendo énfasis en un conjunto de caracteres agronómicos que son controlados por multigenes (muchos genes). A este tipo de caracteres se les conoce como caracteres cuantitativos, que incluyen al rendimiento de grano y los componentes del rendimiento, así como también muchos de los caracteres de planta y de mazorca (Hallauer et al., 2010; Kashiani y Saleh, 2010; Kashiani et al., 2012). Por esta razón, cuando se quieren utilizar a este tipo de caracteres para realizar la caracterización de un conjunto de genotipos cualquiera, las evaluaciones tienen que realizarse en el mayor número

de ambientes posibles, para de esta manera poder determinar el componente ambiental y lograr así separarlo del componente genético (Blum, 2008).

La población de maíz de acuerdo a Aldrich et al (1975), una población de maíz de libre polinización se puede definir como un grupo de plantas que comparten un pool genético en un área geográfica determinada, con un conjunto de caracteres de planta y de mazorca bien definidos, que permiten distinguirla de otras poblaciones. Por otro lado, el Comité del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos desarrolló una guía útil para la clasificación de las poblaciones de plantas cultivadas. De acuerdo a la nomenclatura desarrollada, el término variedad puede entenderse como un grupo de plantas con características distintas, uniformes y estables. El término distinto indica que la variedad posee una o más caracteres morfológicos, fisiológico u otro tipo de carácter, que permiten diferenciarla de otra variedad. Uniforme, hace referencia a que la variación para un carácter distintivo entre las plantas de la variedad puede ser descrita. El término estable indica que al multiplicar la variedad, la misma permanecerá inalterable hasta un grado razonable de fiabilidad en sus características distintivas y en su uniformidad (Fehr, 1991).

Por otro lado, las técnicas moleculares, las cuales no están influenciadas por el ambiente, han sido muy útiles para detectar la variación observada a nivel del ADN entre un conjunto de genotipos cualquiera. En las últimas décadas, numerosos marcadores moleculares han sido desarrollados para la mayoría de las especies cultivadas, particularmente el cultivo del maíz (Barcaccia, 2010). La variación genética detectada por la vía de marcadores moleculares ha sido de gran utilidad para entender la dinámica genómica de un cultivo en particular, así como también para mejorar la eficiencia en los programas de mejoramiento genético (Varshney et al, 2006; Srdić et al, 2011)

El desarrollo del método de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) ha tenido un gran impacto al usar técnicas moleculares para detectar la variación genética en el germoplasma utilizado en los trabajos de mejoramiento (Kashiani et al., 2012). Kashiani et al. (2012) refiere que en los últimos años se han usado diferentes técnicas de marcadores moleculares para la caracterización de especies cultivadas, dentro de las cuales se pueden mencionar, el polimorfismo en la longitud de fragmentos amplificados (AFLP), ADN polimórfico amplificado al azar

(RAPD), polimorfismos en la longitud de fragmentos de restricción (RFLP), repeticiones de secuencias simples (SSR) o también llamadas microsatélites y polimorfismo de nucleótido único (SNP).

Uno de los atributos más importantes de los loci de microsatélites es su alto nivel de variación alélica, lo que los convierte en marcadores genéticos valiosos e informativos (Xu, 2010). En estudios genéticos realizados en la última década, los marcadores microsatélites (SSR) han reemplazado a otros marcadores, tales como RFLP, AFLP y RAPD, debido a sus ventajas, dentro de las cuales se mencionan su fácil detección, codominantes, altamente polimórficos y económicos (Kashiani et al., 2012).

En lo concerniente a la caracterización nutricional, los análisis se efectúan a partir de la harina obtenida de la molienda del grano crudo en un molino tipo ciclónico (Salinas et al., 2013).

Paliwal (2001) refiere que la parte del grano más importante para el almacenamiento de los carbohidratos y de las proteínas sintetizadas por la planta del maíz es el endospermo, por representar la mayor porción del cariósido, cuya proporción comprende cerca del 84% del peso seco del grano para la mayoría de los maíces en el ámbito mundial. Múltiples estudios han sido desarrollados para tratar de comprender y evaluar la composición química del grano, así como la influencia de los factores ambientales y las prácticas agronómicas en los elementos constitutivos químicos y en el valor nutritivo del grano y sus partes anatómicas (FAO, 1993). En este sentido, Miranda et al (2015) mencionan que “la composición química de los granos es afectada por múltiples factores, entre los cuales destacan las plagas, condiciones edafoclimáticas, variedades, entre otros, por tanto la caracterización de los granos disponibles juega un rol importante para la seguridad alimentaria y nutricional, como para el desarrollo de la agroindustria nacional”.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Hipótesis central de la investigación

Las variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica, Perú muestran una marcada divergencia y variabilidad genética, con características morfológicas muy heterogéneas y una notable heterogeneidad en la composición nutricional.

3.2. Variables e indicadores de la investigación

Variables	Descripción conceptual	Descripción Operacional	Dimensiones	Indicadores
Determinar la caracterización molecular de las variedades de maíz amiláceo (<i>Zea mays</i> L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.	Es una técnica de gran utilidad para determinar las relaciones filogenéticas entre un grupo de genotipos, así como también para determinar la variabilidad genética	Métodos de marcadores genéticos de polimorfismos de nucleótido único (SNP).	A partir de marcadores genéticos de polimorfismos de nucleótido único (SNP), se generará una matriz binaria de presencia y ausencia del carácter genético.	Número de marcadores genéticos de polimorfismos de nucleótido único (SNP)
Determinar la caracterización morfológica de las variedades de maíz amiláceo (<i>Zea mays</i> L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.	Caracteres de la planta y la mazorca	Conjunto de caracteres de la planta y la mazorca, evaluados conforme a los descriptores establecidos para el cultivo de maíz	Cuantitativo	Número de caracteres de la planta y la mazorca evaluados
Determinar la caracterización nutricional de las variedades de maíz amiláceo (<i>Zea mays</i> L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.	Enfocado a asegurar la calidad nutricional del producto.	Calcio Carbohidratos Ceniza Energía total Fibra cruda Hierro Humedad Materia grasa Proteína total (Nx6,25) Vitamina A	(mg/100g) (g/100g) (g/100g) (kcal/100g) (g/100g) (mg/kg) (g/100g) (g/100g) (g/100g) (g/100g) (ugRE/g)	heterogeneidad en la composición nutricional

3.3. Materiales y métodos de la investigación

3.3.1. Materiales y localidades de los experimentos

A) Materiales de los experimentos

En los experimentos se utilizaron 22 variedades experimentales de maíz amiláceo recolectadas en la provincia de Tayacaja, Huancavelica, Perú, más 3 variedades mejoradas de maíz amiláceo proporcionadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Cajamarca (Tabla 4).

Tabla 4

Ecotipos y origen del material genético de las variedades de maíz amiláceo estudiadas en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Entrada	Ecotipo-Variedad	Tipo de variedad	Código-Variedad	Origen del Material Genético	
				Localidad	Distrito
1	Astilla Amarilla-DH	Experimental	G1	Los Ángeles de Cucharán	Daniel Hernández
2	Astilla Blanca-DH	Experimental	G2		
3	Carhuay-Run	Experimental	G3		
4	Carhuay-Q	Experimental	G4	Ancara Pata	Quishuar
5	Bolón-Q	Experimental	G5	Pachas	
6	Chulpy-Q	Experimental	G6	Yacutoclla	
7	Astilla Blanca-P	Experimental	G7	Ahuaycha Casay	Pampas
8	Cusqueado-P	Experimental	G8	Gentil Pampas	
9	Carhuay-P	Experimental	G9	Mantacra	
10	Blanco Gigante-P	Experimental	G10	Providencia Mantacra	
11	Astilla Blanca-C	Experimental	G11	Agua Dulce, Com. Campesina San Julian Alto	Colcabamba
12	Almidón-ST	Experimental	G12	Buenos Aires	Santiago de Tucuma
13	Astilla Blanca-ST	Experimental	G13	Huayrapire	
14	Chulpy-ST	Experimental	G14	Usnupampa	
15	Pistiada-Pi	Experimental	G15	Muyupata	Pichos
16	Carhuay-Pi	Experimental	G16	Chinchipampa	
17	Morocho Duro-Pi	Experimental	G17		
18	Morocho Rojo Duro-Pi	Experimental	G18	Willcanpata	
19	Paru Rojo-Pi	Experimental	G19		
20	Maíz Morado-Pi	Experimental	G20		
21	Paru Occe-Pi	Experimental	G21	Sheccha	
22	Huamamsara-Pi	Experimental	G22	Huasahuayoco	
23	Choclero-101	Testigo	T1	INIA	Cajamarca
24	Choclero-INIA-603	Testigo	T2		
25	INIA-601	Testigo	T3		

De acuerdo a la tabla 4. Según Salhuana (2004):

- Las variedades de maíz carhuay, astilla, huamamsara y paru pertenecen a la raza San Gerónimo Huancavelicano.
- Las variedades de maíz bolón, bolón gigante, almidón y cusqueado, pertenecen a la raza cuzco.
- La variedad de maíz chullpy, pertenece a la raza chullpy.
- La variedad de maíz pistiada, pertenece a la raza pisccorunto.
- La variedad de maíz morado, pertenece a la raza kulli.
- La variedad de maíz morocho, pertenece a la raza morocho

B) Localidades de los experimentos

Los ensayos fueron establecidos en 4 localidades, distribuidas en diferentes distritos productores de maíz amiláceo de la provincia de Tayacaja (Tabla 5).

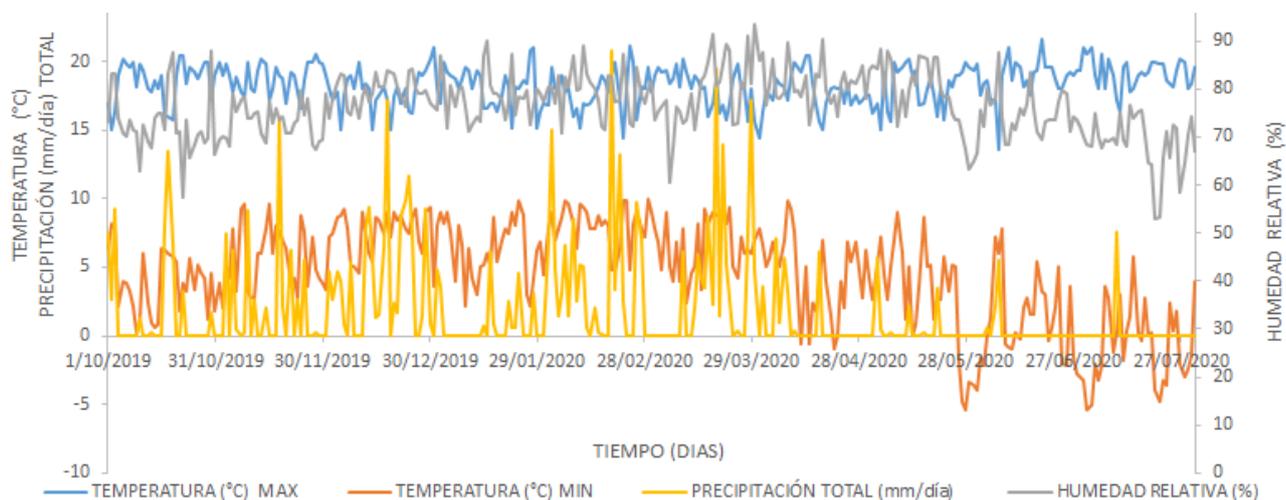
Tabla 5

Localidades experimentales, fechas de siembra y de cosecha

N°	Distrito	Ubicación política	Ubicación geográfica		msnm	Fecha de siembra y de cosecha
			Latitud	Longitud		
1	Daniel Hernández	Unidad de producción agrícola del Sr. Adalberto Ega, Anexo Rundo	12° 21' 29.7" S	74° 50' 30.3" W	3217	23/10/2019; 09/06/2020
2	Pampas	Unidad de producción agrícola del Sr. Clímaco Culcapuza, El Rosario. Centro Poblado Mantacra	12° 29' 37.4" S	74° 49' 43.2" W	2860	22/10/2019; 05/06/2020
3	Pampas	Unidad de producción agrícola del Sr. Roberto Palomino Espinoza Poblado Porvenir	12° 28' 51.69" S	74° 49' 43.17" W	3143	30/10/2019; 12/06/2020
4	Colcabamba	Unidad de producción agrícola del Instituto Tecnológico	12° 24' 24.41" S	74° 40' 55.95" W	3039	04/12/2019; 10/07/2020

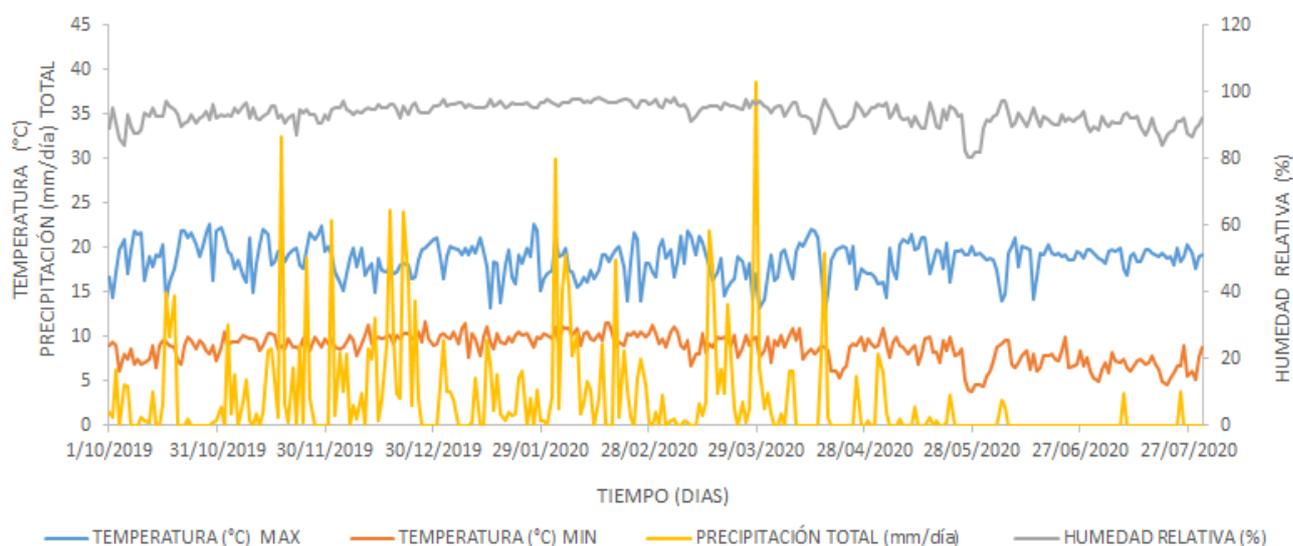
C) Datos Hidrometeorológicos

En la figura 3 y 4 se muestran los datos hidrometeorológicos en los meses octubre 2019 - julio 2020, periodo en el cual los experimentos fueron desarrollados en los distritos de Pampas, Daniel Hernández y Colcabamba



Nota: Datos tomados del SENAMHI / DRD (2021).

Figura 3: Datos Hidrometeorológicos-Pampas y Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica



Nota: Datos tomados del SENAMHI / DRD (2021).

Figura 4: Datos Hidrometeorológicos - Colcabamba, Tayacaja, Huancavelica

3.3.2. Métodos de la investigación

A. De acuerdo al fin que se persigue

Aplicada: Porque la generación de conocimiento aportará directamente a los problemas del sector productivo del maíz en la provincia de Tayacaja, Huancavelica.

B. De acuerdo a la técnica de contrastación

Investigación experimental: Los datos fueron obtenidos por observación de fenómenos que son condicionados por el investigador, mediante la manipulación de variables, siendo la variable independiente (el genotipado de cada una de las variedades de maíz amiláceo, los caracteres de planta y mazorca de las variedades de maíz amiláceo y los caracteres nutricionales de las variedades de maíz amiláceo) las que fueron monitoreadas en el trabajo de investigación.

C. De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado

Longitudinal: El estudio se mide en dos o más ocasiones, las variables involucradas (el genotipado, caracteres de planta y mazorca y caracteres nutricionales de las variedades de maíz amiláceo).

3.4. Diseño o esquema de la investigación

3.4.1. Variable independiente

Variedades de maíz amiláceo

3.4.2. Variables dependientes

- El genotipado de cada una de las variedades de maíz amiláceo
- Los caracteres de planta y mazorca: La altura de planta, altura de inserción de mazorca, acame de planta, aspecto de planta, cobertura de la mazorca, mazorcas podridas, peso de mazorca, peso del grano, rendimiento de grano, humedad del grano, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, número

de hileras en la mazorca, número de granos por hileras de la mazorca, diámetro de la coronta, longitud del grano, peso de 300 granos y peso medio del grano.

- Los caracteres nutricionales: Calcio, Carbohidratos, Ceniza, Energía total, Fibra cruda, Hierro, Humedad, Materia grasa, Proteína total y Vitamina A.

3.4.3. Variable interviniente

Diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población considerada en el estudio estuvo constituida por el total de variedades de maíz amiláceo producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo representada por 25 variedades de maíz amiláceo, utilizando como criterio de selección, las variedades de mayor uso por los productores agrícolas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. Cada variedad estuvo representada por una muestra de entre 120 a 150 mazorcas, seleccionadas en forma aleatoria en campo, con lo cual se garantizó el muestreo de toda la variabilidad genética de cada variedad, conforme a Hallauer et al. (2010)

3.6. Actividades del proceso investigativo

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Instrumento
<p>¿Qué características moleculares, morfológicas y nutricionales tienen las variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar las características moleculares, morfológicas y nutricionales de variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la caracterización molecular de las variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. - Determinar la caracterización morfológica de las variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. - Determinar la caracterización nutricional de las variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. 	<p>Las variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica, Perú muestran una marcada divergencia y variabilidad genética, con características morfológicas muy heterogéneas y una notable heterogeneidad en la composición nutricional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El genotipado de cada una de las variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. - Los caracteres de planta y mazorca de las variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. - Los caracteres nutricionales de las variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) producidas en diferentes condiciones agroecológicas de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Marcadores genéticos polimorfismos de nucleótido único (SNP). - Barnier - Regla graduada - Cromatografía líquida de alta eficacia(HPLC). - Espectroscopia de absorcion atomica - Equipo Kjeldahl - Equipo soxhlet - Estufa - Mufla

3.7. Técnicas e instrumentos de la investigación

3.7.1. Técnicas de la investigación

A) Caracterización molecular

El proceso de genotipado se llevó a cabo mediante el uso de marcadores polimórficos de un solo nucleótido (SNPs). Las 25 muestras (accesiones) fueron sometidas a procesos de germinación, hasta obtener plántulas de 25 días de desarrollo, cosechando el tejido vegetativo para extraer el ADN necesario para la realización de los análisis respectivos. Se utilizó una muestra de tejido fresco proveniente de 50 plántulas para la extracción del ADN, utilizando un procedimiento CTAB (Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide, por sus siglas en inglés) (Elshire et al., 2011). Se utilizó un protocolo de genotipado por secuenciación (GBS) comúnmente utilizado en este tipo de estudios en maíz, conforme a Wu et al (2016). En la construcción de los SNP se utilizó el genoma de B73 como referencia, para generar una colección de genotipado comprensivo, conforme a Wu et al. (2016). En el genotipado de las 25 variedades incluidas en este estudio, inicialmente se consideró 26269 SNPs, distribuidos en los diferentes cromosomas del maíz. Posteriormente se realizó un filtrado de los SNP con menor frecuencia alélica, seleccionando los que presentaron frecuencias mayores a 0.05, quedando sólo 6684 SNPs de alta calidad, para los análisis de caracterización molecular.

B) Caracterización morfológica

Para llevar a cabo la caracterización morfológica se utilizaron 20 caracteres de planta y de mazorca, incluyendo los componentes del rendimiento de grano.

Para evaluar la caracterización morfológica, se utilizaron 24 caracteres y descriptores para cultivo de maíz, establecidos por el (CIMMYT) (IBPGR) (IBPGR/CIMMYT, 1991), "Días a floración masculina (FM); N° de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas en cada unidad experimental (UE) presentaran emisión de polen; Días a floración femenina (FF); N° de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas en cada UE presentaran emisión de estigmas visibles: Intervalo de floración masculina y femenina (ASI): la diferencia (valor absoluto) entre FM y FF; Altura de planta (AP), estimada midiendo la altura (cm) desde el nivel del suelo hasta el nudo

de inserción de la hoja bandera, considerando el promedio de 10 plantas por cada UE; Altura de mazorca (AM), se estimó midiendo la altura (cm) desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la primera mazorca, considerando la misma planta utilizada para medir la AP, tomando el promedio de 10 plantas por cada UE; Posición media de la mazorca (PMM), relación entre la AM y AP; Acame de planta (AcP), determinado contando el número de plantas con tallo roto por debajo de la primera mazorca y/o con inclinación $>$ a 30° respecto a la vertical, expresando el resultado en porcentaje respecto al total de plantas registradas en UE; Aspecto de mazorca (AsMz), determinada utilizando una escala de 1 – 5, donde 1 representó una UE cuyas mazorcas mostraron adecuada y alta uniformidad, sanas, con alto potencial de producción, mientras que el valor de 5 representó a una unidad experimental muy deficiente en estos aspectos agronómicos; Prolificidad (Prol), se determinó el número de mazorcas promedio /planta, dividiendo el número total de mazorcas cosechadas en cada UE, entre el número total de plantas registrado en cada UE; Textura del grano (TGr), cuantificada mediante el uso de un texturómetro, utilizando el promedio de 20 granos analizados, expresando el resultado en Newton (N); Mazorcas podridas (MPP), se contó el número de mazorcas que presentaron granos dañados por patógenos, expresando el resultado en porcentaje en relación al total de mazorcas cosechadas en cada UE; Índice de grano (IGr), determinado mediante la relación del peso de grano, entre el peso total con coronta, utilizando una muestra de 10 mazorcas; Longitud del pedúnculo (LP), medido en cm desde el último nudo del tallo hasta la primera ramificación de la panoja; Longitud del raquis principal (LRP), medido en cm, desde la primera ramificación de la panoja hasta la punta de la panoja; Número de ramas primarias (NRP), se contó el número de ramos primarias en la espiga, considerando el promedio de 10 espigas; Número de ramas secundarias (NRS), se contó el número de ramos secundarias en la espiga, considerando el promedio de 10 espigas; Longitud de mazorcas (LM), se midió la longitud de 10 mazorcas representativas de cada UE, utilizando un mazorcómetro como herramienta de medición; Diámetro de mazorca (DM), se midió el diámetro de 10 mazorcas representativas de cada UE, utilizando el mazorcómetro; Diámetro de coronta (DC), se midió el diámetro de las 10 corontas resultantes del desgrane de las 10 mazorcas utilizadas para medir LM y DM; Longitud del grano (LGr), se estimó utilizando la siguiente ecuación: $LGr = (DM/DC)/2$, donde DM y DC ya fueron definidas; Número de hileras (NH), se determinó el hileras en 10 mazorcas

representativas de cada UE; Número de granos por hileras (NGH), se determinó el número de granos en una hilera de la mazorca, utilizando 10 mazorcas representativas de cada UE; Peso de 300 granos (PMGr); se determinó el peso (gr) de 300 granos tomados en forma aleatoria de la masa de granos producidos en cada UE y Rendimiento en grano (Rend), ajustado a 12% de humedad, expresado en t/ha”.

C) Caracterización nutricional

La caracterización nutricional corresponde a 100 g de maíz amiláceo.

- Calcio (mg/100g): AOAC 985.35, 21st. Ed. (2019). Minerals in Infant Formula, Enteral products and pet food. Atomic absorption method (método modificado)
- Carbohidratos (g/100g): Por Cálculo ($\% \text{Carbohidratos} = 100\% - [\text{humedad} + \text{ceniza} + \text{grasa}, \text{proteína} + \text{fibra}]$).
- Ceniza (g/100g): NTP 205.004 (2017). Cereales y Menestras. Determinación de cenizas
- Energía total (kcal/100g): Por Cálculo. Los valores energéticos han sido calculados empleando los factores de conversión recomendados por la FAO
- Fibra cruda (g/100g): NTP 205.003 (2016) (usando fibra de vidrio)- Corrigenda Técnica 1 (2018). Cereales y Menestras. Determinación de la fibra cruda.
- Hierro (mg/kg): NOM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
- Humedad (g/100g): NTP 205.002:1979 (Revisada 2016) Cereales y Menestras. Determinación del contenido de humedad. Método usual
- Materia grasa (g/100g): NTP 205.006:2017/CT 1:2018. Cereales y Menestras. Determinación de materia grasa
- Proteína total ((Nx6,25) g/100g): NTP 205.005 :2018. Cereales y Menestras. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl)

- Vitamina A (ugRE/g): AOAC 2001.13, 21st. Ed. (2019). Vitamin A (Retinol) in foods

i. Instrumentos de la investigación

A. Caracterización molecular

- Marcadores genéticos polimorfismos de nucleótido único (SNP).

B. Caracterización morfológica

- Contador de semillas automático
- Balanza analítica. Rango de medición: 0 - 220 g. Resolución: 0,1 mg. Precisión: $\pm 0,5$ mg
- Barnier
- Regla graduada
- Mazorcómetro

C. Caracterización nutricional

- Cromatografía líquida de alta eficacia(HPLC).
- Espectroscopia de absorción atómica
- Equipo Kjeldahl
- Equipo soxhlet
- Estufa
- Mufla

b. Procedimiento para la recolección de datos

i. Caracterización molecular

Las técnicas e instrumentos de la recolección de datos se muestran en el Anexo 4: Planilla de laboratorio para la evaluación de las características moleculares de variedades de maíz amiláceo producidas en la provincia de Tayacaja, Huancavelica

ii. Caracterización morfológica

Las técnicas e instrumentos de la recolección de datos se muestran en el Anexo 5: Libro de campo para la evaluación de las características morfológicas de variedades de maíz amiláceo producidas en la provincia de Tayacaja, Huancavelica

iii. Caracterización nutricional

Las técnicas e instrumentos de la recolección de datos se muestran en el Anexo 6: Planilla de laboratorio para la evaluación de las características nutricionales de variedades de maíz amiláceo producidas en la provincia de Tayacaja, Huancavelica

c. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

i. Caracterización molecular

Para la obtención de las secuencias de ADN, se empleó la plataforma Illumina mediante la metodología Genotyping-by-Sequencing (Elshire et al., 2011). Dentro del análisis de datos, se emplearon herramientas de bioinformática. Para realizar el llamamiento de los SNPs, se usó el programa TASSEL versión 5.2 (Bradbury et al., 2007). Todos los análisis de ordenamiento de datos junto con la elaboración de gráficos se realizaron en el programa estadístico R.

ii. Caracterización morfológica

Las informaciones obtenidas en los caracteres morfológicos fueron sometidos a los análisis de varianza individual y combinado, conforme al modelo matemático establecido para el diseño experimental utilizado. El modelo matemático para los análisis individuales en el diseño alfa-látice es el que se presenta en la ecuación 1, indicada a continuación :

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + R_j + \beta_{k(j)} + \varepsilon_{ijk}, \text{ [Eq. 1] donde:}$$

Y_{ijk} representa la observación correspondiente a la i -ésima variedad, evaluada en la j -ésima repetición y en el k -ésimo bloque.

μ representa al efecto de la media general del ensayo.

τ_i representa al efecto fijo de la i -ésima variedad incluida en los ensayos.

R_j representa el efecto aleatorio de la j -ésima repetición

$\beta_{k(j)}$ representa al efecto aleatorio del k -ésimo bloque dentro de la j -ésima repetición.

ε_{ijk} representa al efecto del error experimental asociado a la observación Y_{ijk} .

El modelo matemático para el diseño alfa-látice en los análisis combinados es el que se presenta en la ecuación 2, indicada a continuación.

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + R_{j(l)} + \beta_{k(jl)} + \gamma_l + (\tau\gamma)_{il} + \varepsilon_{ijkl} \text{ [Eq. 2], donde:}$$

Y_{ijkl} representa la observación correspondiente a la i -ésima variedad, evaluada en la j -ésima repetición, en el k -ésimo bloque y l -ésima localidad.

μ representa al efecto de la media general del ensayo.

τ_i representa al efecto fijo de la i -ésima variedad incluida en los ensayos.

$R_{j(l)}$ representa el efecto aleatorio de la j -ésima repetición dentro de la l -ésima localidad.

$\beta_{k(jl)}$ representa al efecto aleatorio del k -ésimo bloque dentro de la j -ésima repetición y l -ésima localidad.

γ_l representa al efecto aleatorio de la l -ésima localidad.

$(\tau\gamma)_{il}$ representa al efecto aleatorio de interacción simple de la i -ésima variedad con la l -ésima localidad.

ε_{ijkl} representa al efecto del error experimental asociado a la observación Y_{ijkl} .

Además de los análisis de la varianza, “también se utilizó prueba de medias a posteriori, mediante el uso de la prueba de Tukey (MDSH) a un nivel $\alpha=0,05$ y contrastes ortogonales”, conforme a Steel y Torrie (1988). Posteriormente, “se realizó un Análisis de Componentes Principales de la Varianza Total, y para la clasificación de las variedades se utilizó el Análisis de Conglomerados o Cluster Analysis, utilizando la matriz basada en la distancia euclidiana y aglomeración según Ward” (Fuentes, 2011). En el caso de las variables cualitativas se realizó el análisis de la Varianza No Paramétrico (Kruskall-Wallis) y la técnica multivariada Análisis de Coordenadas Factoriales.

Análisis multivariado

Para llevar a cabo la caracterización de las variedades, se utilizó un análisis multivariado de componentes principales (CP), seleccionando un conjunto de variables de mayor divergencia entre las variedades, utilizando los valores promedios de las variables seleccionadas. Una vez generadas las coordenadas de los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2), se construyó una gráfica de doble entrada o biplot, para generar una representación visual de la estructura de correlaciones entre variables y la magnitud de cada variable sobre la varianza global de los datos cluster

iii. Caracterización Nutricional:

La información obtenida en el análisis nutricional también fue sometido a los análisis de varianza respectivos y se utilizó la prueba de comparación de medias a posteriori, mediante el uso de la prueba de Tukey (MDSH) a un nivel $\alpha=0,05$ y contrastes ortogonales Steel y Torrie (1988). Posteriormente, se realizó un Análisis de Componentes Principales de la Varianza Total, y para la clasificación de las variedades se utilizó el Análisis de Conglomerados o Cluster Analysis, utilizando la matriz basada en la distancia euclidiana y aglomeración según Ward (Fuentes, 2011). En el caso de las variables cualitativas se realizó el análisis de la Varianza No Paramétrico, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis y la técnica multivariada Análisis de Coordenadas Factoriales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización molecular

Los resultados del análisis molecular revelaron un total de poco más de 1.2 millones de secuencias de ADN, de las cuales cerca de 1 millón fueron mapeadas correctamente al genoma del maíz B73 (Jiao et al., 2017), el cual se empleó como referencia (Tabla 6). También se encontraron un total de poco más de 138 mil lecturas no mapeadas (11.25% del total de secuencias). Se resalta que el puntaje (score) de calidad fue de 69.

La caracterización molecular procura encontrar todos los alelos posibles de un loci del genoma de una especie, a través de alguna metodología que utiliza marcadores moleculares apropiados. Las variaciones en el ADN son mutaciones resultantes de la sustitución de un solo nucleótido (polimorfismos de un solo nucleótido – SNP) (Kholi et al., 2003).

Luego de realizar el llamamiento, se obtuvieron un total de 26,269 SNPs distribuidos en todos los cromosomas del maíz; sin embargo, luego de hacer el filtrado basado en parámetros de calidad, se obtuvieron en total 6,684 SNPs de alta calidad (Tabla 7), los cuales se emplearon para determinar las distancias genéticas entre las variedades de maíz analizadas. Todo ello representó una reducción de 74.5%. Con estos 6,684 SNPs se logró considerar un total de 14 poblaciones ($K = 14$) para realizar el análisis de estructura de poblaciones. Luego se determinó, mediante el criterio de Delta K (ΔK) (Evanno et al., 2005), el número más apropiado de poblaciones de maíces amiláceos (Figura 5), siendo $K=2$ el valor de ΔK más alto.

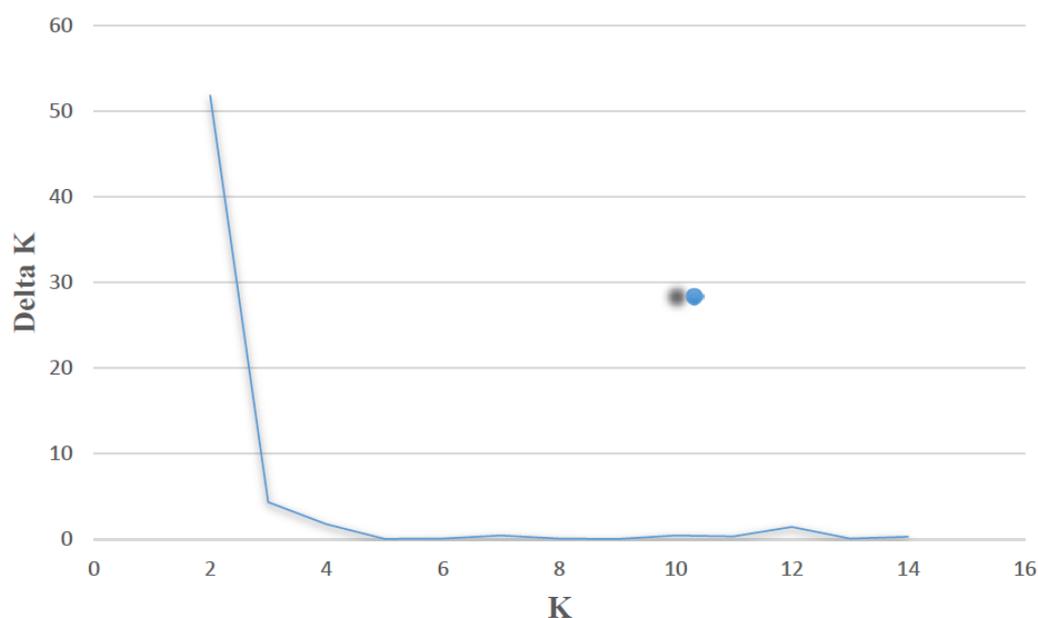
Es importante resaltar que las distancias genéticas miden el grado en que las poblaciones de una misma especie se diferencian unas de otras. A mayor distancia, mayor diferencia entre dos poblaciones y viceversa.

Tabla 6*Estadística del análisis de secuencias de ADN del cultivo de maíz amiláceo*

Número total de secuencias	1,227,622
Lecturas mapeadas	1,089,497
Lecturas no mapeadas	138,125
Longitud promedio de lectura	39
Máxima longitud de lectura	40
Puntaje de calidad promedio	69

Tabla 7*Distribución de los marcadores SNPs antes y después del proceso de filtrado en base a criterios de calidad*

Cromosoma	SNPs sin filtrar	SNPs filtrados
1	4,186	1,059
2	3,337	810
3	3,072	770
4	2,433	680
5	3,011	718
6	1,998	539
7	2,213	570
8	2,251	593
9	1,949	488
10	1,819	457
TOTAL	26,269	6,684

**Figura 5:** Delta K (ΔK). Un total de 14 poblaciones fueron consideradas en un set de datos de 6,684 SNPs y 25 muestras

Mediante análisis de máxima verosimilitud, se revelaron las relaciones filogenéticas de los maíces amiláceos, encontrándose dos grupos bien definidos en base al estado de mejora (maíces nativos vs. maíces mejorados) (Figura 6).

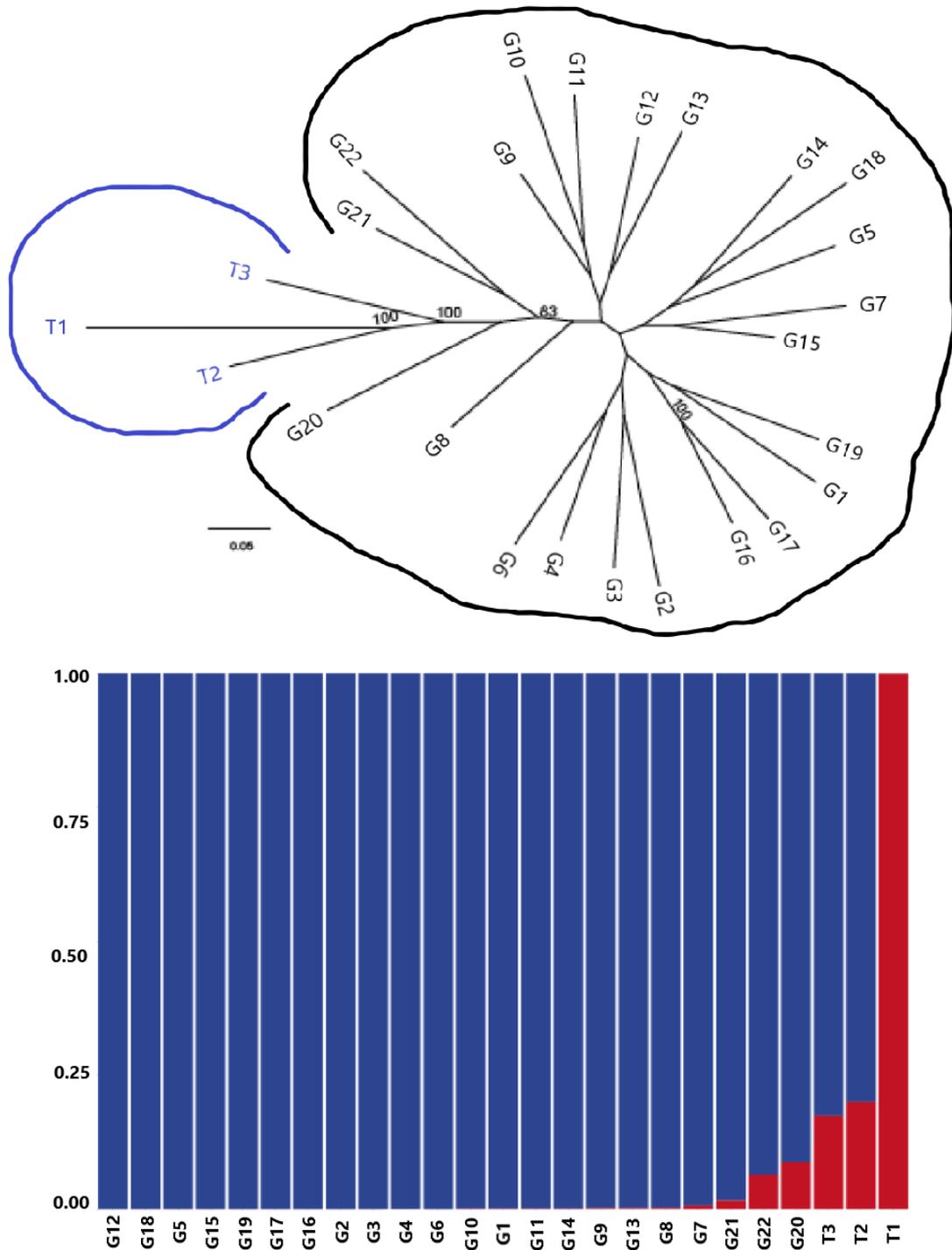


Figura 6: Reconstrucción de máxima verosimilitud y estructura de la diversidad genética de 25 accesiones del maíz amiláceo utilizando 6,684 SNPs obtenidos por GBS.

Cada accesión está representada por una barra vertical y cada color corresponde a una población (dos en total). Los números sobre las ramas representan valores de soporte, y solo se muestran valores superiores al 70%. Los nombres dados a los clados (bifurcaciones) se refieren al estado de mejora. Los resultados observados en la figura 6 revelan el flujo genético entre las diferentes variedades de maíz amiláceo analizadas. Este flujo genético posiblemente se ha favorecido por la forma como los agricultores, productores de maíz, han mantenido las variedades utilizadas en los procesos agrícolas, pasando los materiales de una generación a la siguiente y llevándolas de un lugar a otro. Adicionalmente, todos esos materiales son sembrados en parcelas contiguas, en donde existe la posibilidad que el polen de un material determinado pueda ser transportado por el viento, insectos y aves hasta parcelas muy distantes.

Tal como se observa en la Figura 6, el valor óptimo indica que existen dos poblaciones (pop1 y pop2), comprendidas en 24 y una accesión, respectivamente. En el eje "X" se representan las muestras de las poblaciones de maíz analizadas y en el eje "Y" los coeficientes de pertenencia (azul de pertenecer a la sub-población 1 y rojo de pertenecer a la sub-población 2). Este resultado permitió estimar el Índice de Fijación (F_{st}) para cada una de las poblaciones (Tablas 8 y 9), es decir la proporción de la variancia genética presente en una población, evidenciándose que existe divergencia significativa para estas dos poblaciones.

Estos resultados fueron corroborados por un análisis multivariado de componentes principales (ACP) (Figura 7). El ACP evidenció que los dos primeros componentes explicaron cerca del 12% de la varianza. Asimismo, se evidencia que los maíces mejorados se separan claramente de los otros maíces agrupados en razas putativas (maíces nativos). Por otro lado, no se observó una estructura definida para los maíces amiláceos, lo cual posiblemente se deba al flujo genético entre las variedades probadas. También Wu et al. (2016) lograron separar claramente un grupo de líneas de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de origen tropical, de otro grupo de líneas templadas.

En el ámbito mundial se han llevado a cabo diversos estudios de caracterización molecular, utilizando diferentes colecciones de germoplasma de maíz (Lu et al., 2009; Semagn et al., 2012; Mir et al., 2013; Wu et al., 2014). De acuerdo a Wu et

al (2016), la caracterización molecular de la diversidad genética de un grupo de germoplasma de maíz, es de gran utilidad para poder entender cómo se puede utilizar ese germoplasma en futuros programas de mejoramiento genético.

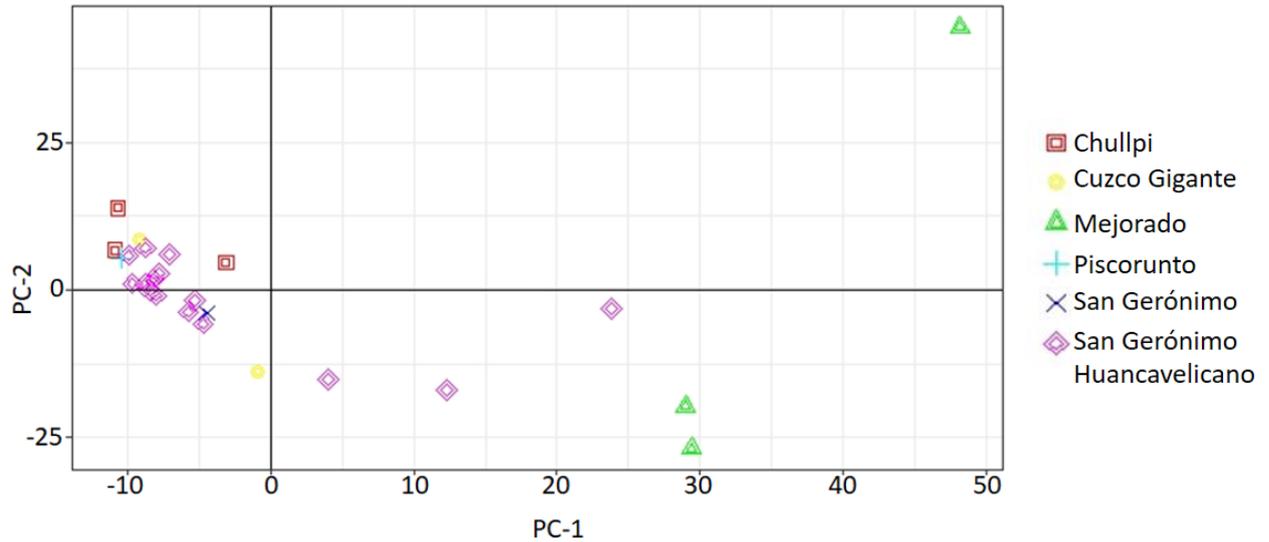


Figura 7: Análisis de componentes principales de 25 accesiones de maíz amiláceo agrupadas en seis grupos putativos, empleando 6,684 SNPs

En la Figura 7 se puede notar como las variedades mejoradas (triángulos verdes), utilizadas como testigos, quedaron bien separadas de las variedades nativas.

Tabla 8

Valor Fst para dos clusters determinados previamente

Cluster	1	2
1		
2	0.207	

Por otro lado, considerando los agrupamientos de las 25 accesiones de maíz netamente en sus razas putativas, se obtienen los valores Fst observados en la Tabla 9. En esta tabla se puede observar que la mayor distancia genética se encontró entre la variedad perteneciente a la raza Piscorunto y aquellas agrupadas

en la raza San Gerónimo y entre la Piscorunto y Cusco Gigante, lo que sugiere una mayor diversidad genética entre esos materiales de maíz amiláceo. Del mismo modo, la menor distancia genética se observó entre el San Gerónimo Huancavelicano y el Cullpi y entre el San Gerónimo Huancavelicano y el Cusco Gigante. Estos resultados también demuestran que los materiales mejorados estuvieron más relacionados genéticamente con el San Gerónimo Huancavelicano, con el Chullpi y con el Cusco Gigante.

Tabla 9

Valores Fst para las seis razas/grupos de maíz asigandos

Razas	San Gerónimo huancavelicano	Chullpi	Cusco gigante	Mejorados	Piscorunto	San Gerónimo
San Gerónimo huancavelicano						
Chullpi	0.042					
Cusco gigante	0.054	0.108				
Mejorados	0.059	0.087	0.088			
Piscorunto	0.104	0.159	0.204	0.141		
San Gerónimo	0.069	0.126	0.157	0.097	0.302	

4.2. Caracterización morfológica

En la Tabla 10 se presentan los resultados de los análisis de varianza combinado efectuado sobre el rendimiento de grano y el índice de prolificidad, en donde se puede observar diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la interacción genotipo ambiente para el rendimiento, lo cual significa que las 25 variedades de maíz amiláceos evaluadas no mantuvieron sus niveles de productividad a través de los cuatro ambientes de prueba. Este análisis también reveló efectos estadísticos importantes para las fuentes de variación ambientes y variedades en ambas variables, lo cual sugiere la alta diversidad en los ambientes de prueba utilizados y entre las variedades incluidas en el estudio. El efecto de covarianza resultó altamente significativo ($p < 0.01$) para ambas variables, demostrando que el número de plantas a cosecha influyó de manera significativa en la variación observada en el rendimiento de grano y en el índice de prolificidad y por ende fue importante considerar a esta variable como covariable para ambos caracteres.

En lo que concierne al resto de los caracteres de planta y de mazorca incluidos en el estudio, los resultados del ANOVA determinaron efectos estadísticos altamente significativos ($p < 0.01$) o significativos ($p < 0.05$) para la mayoría de los caracteres analizados, excepto para los caracteres intervalo de floración masculina y femenina (ASI), altura de planta (AP) y de mazorca (AM), posición media de la mazorca (PMM), diámetro de mazorcas (DM) y de coronta (DC), longitud del grano (LGr), número de hileras en la mazorca (NH), longitud del raquis principal (LRP) y para la cobertura de mazorca (CMz) (Tablas 11 y 12). Estos resultados demuestran que el comportamiento de las variedades estudiadas no se mantuvo constante a través de las localidades, resultados que también eran de esperarse, en virtud de la utilización de ambientes contrastantes y genotipos muy diversos, como lo demuestran los efectos principales de ambientes y de variedades en los ANOVA, en donde la mayoría de las variables analizados resultaron con efectos altamente significativos ($p < 0.01$) o al menos significativos ($p < 0.05$).

En lo que respecta a los coeficientes de variación y de determinación del modelo, todas las variables presentaron valores apropiados, lo que demuestra que los experimentos fueron conducidos de manera apropiada y el modelo estadístico utilizado también resultó útil para explicar la variabilidad observada en cada uno de

los caracteres evaluados. García et al. (2021) llegaron a conclusiones similares en la evaluación del rendimiento de un grupo de variedades de maíz amiláceo en el ciclo del cultivo 2018 – 2019.

Tabla 10

cuadrados medios del análisis combinado para el rendimiento de grano (t/ha) y el índice de prolificidad evaluados en 4 ambientes de la provincia de tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Fuente de variación	GL	Rendimiento	Índice de Prolificidad
Ambientes (Amb)	3	15.33*	0.78**
Repeticiones /(Amb)	8	2.60**	0.05**
Bloques /(Rep*Amb)	48	0.71	0.01
Variedades (Var)	24	3.73**	0.12**
Var * Amb	72	1.33**	0.03
Covarianza	1	25.33**	0.14**
Error	143	0.62	0.02
Total	299		
	CV (%)	18.95	14.06
	Media	4.161	1.00
	R2	0.82	0.76

* y ** significan diferencias al 5 y 1%, respectivamente.

Tabla 11

Cuadrados medios del análisis combinado para diferentes variables de planta y de mazorca evaluadas en 25 variedades de maíz amiláceo en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Fuente de variación	DF	FM	FF	ASI	AP (x10 ²)	AM (x10 ²)	PMM (x 10 ⁻³)	AcR
Ambientes (Amb)	3	12503.57**	9018.29**	320.84*	432.24**	277.00**	112.85**	2822.13*
Repet. /(Amb)	8	46.71**	43.77**	6.98	19.77**	8.46**	1.99	454.35
Bloq /(Rep*Amb)	48	8.73**	7.96	5.78	2.70**	1.34**	1.11	173.92**
Variedades (Var)	24	221.76**	296.46**	26.47**	15.99**	16.20**	10.38**	406.47**
Var x Amb	72	10.41**	9.85*	4.73	1.18	0.77	1.21	110.48**
Error	144	4.68	6.49	7.34	1.04	0.60	0.92	67.72
Total	299							
	CV	2.12	2.33	36.27	4.74	6.68	5.68	66.52
	Media	101.98	109.45	7.47	215.41	115.80	0.53	12.37
	R2	0.99	0.98	0.70	0.94	0.95	0.86	0.82

* y ** significan diferencias al 5 y 1%, respectivamente.

FM, FF, ASI, AP, AM, PMM y AcR significan, respectivamente, floración masculina, floración femenina, intervalo de floración, altura de planta, altura de mazorca, posición media de la mazorca y acame de raíz.

Tabla 11. Continuación.

Fuente de variación	DF	AcT	AspPt	AspMz	TGr	MP (x 10 ²)	IGr (x 10 ⁻³)	HGr
Ambientes (Amb)	3	5447.19*	6.62**	2.91**	583.93*	287.70*	114.29*	4237.43*
Repet. /(Amb)	8	26.79	0.37	0.14	126.39*	4.35**	16.25**	138.00*
Bloq /(Rep*Amb)	48	22.07	0.18	0.13	38.87	0.68	3.94**	46.23
Variedades (Var)	24	68.00	0.34	0.38**	1524.16*	4.00**	2.83	152.36**
Var x Amb	72	44.04*	0.30*	0.16*	77.64**	1.29**	2.89*	58.86**
Error	144	31.43	0.19	0.11	43.10	0.55	1.94	33.41
Total	299							
	CV	65.57	15.88	11.05	16.65	39.95	5.26	13.61
	Media	8.55	2.76	2.94	39.44	18.59	0.84	42.47
	R2	0.84	0.71	0.72	0.90	0.93	0.78	0.84

* y ** significan diferencias al 5 y 1%, respectivamente.

AcT, AspPt, AspMz TGr, MP, IGr y HGr, significan, respectivamente, acame de tallo, aspecto de planta, aspecto de mazorca, textura de grano, mazorcas podridas, índice de grano y humedad del grano.

Tabla 11. Continuación.

Fuente de variación	DF	LM	DM	DC	LGr	NH	NGH
Ambientes (Amb)	3	130.71**	23.58**	2.21*	4.05**	1.24	155.23**
Repet. /(Amb)	8	2.04**	0.49	0.49**	0.17**	0.54	11.36*
Bloq /(Rep*Amb)	48	0.33	0.27	0.06	0.01	0.31	3.20
Variedades (Var)	24	24.50**	1.72**	1.17**	0.56**	44.61**	44.79**
Var x Amb	72	0.80**	0.30	0.06	0.02	0.25	4.52*
Error	144	0.46	0.31	0.05	0.02	0.34	3.05
Total	299						
	CV	5.99	10.38	9.11	8.38	5.47	8.11
	Media	11.30	5.39	2.35	1.50	10.72	21.53
	R2	0.95	0.78	0.89	0.94	0.96	0.85

* y ** significan diferencias al 5 y 1%, respectivamente.

LM, DM, DC, LGr, NH y NGH, significan, respectivamente, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, diámetro de la coronta, longitud del grano, número de hileras y número de granos por hileras en la mazorca.

Tabla 11. Continuación

Fuente de variación	DF	LP	LRP	NRP	NRS	P300 (x 10 ²)	PMGr (x 10 ⁻³)
Ambientes (Amb)	3	287.80**	59.82*	55.25**	1439.37**	304.42**	337.01**
Repet. /(Amb)	8	13.82	9.80*	3.52	1.74	9.25**	10.46**
Bloq /(Rep*Amb)	48	5.55	3.50	3.09	0.77	2.34	2.68
Variedades (Var)	24	16.41**	9.13**	28.45**	2.97*	166.46**	185.84**
Var x Amb	72	6.00*	3.21	3.54*	1.64**	6.38**	7.13**
Error	144	4.04	2.84	2.54	0.62	1.91	2.12
Total	299						
	CV	9.57	5.03	10.99	12.01	7.49	7.49
	Media	21.01	33.52	14.49	6.57	184.58	0.62
	R2	0.78	0.70	0.79	0.98	0.96	0.96

* y ** significan diferencias al 5 y 1%, respectivamente.

LP, LRP, NRP, NRS, P300 y PMGr, significan, respectivamente, longitud del pedúnculo de la panoja, longitud del raquis principal de la espiga, número de ramas primarias, número de ramas secundarias, peso de 300 granos y peso medio del grano.

Tabla 12

Cuadrados medios del análisis combinado para las variables enfermedades foliares (EF), enfermedades de tallo (ET) y para la cobertura de mazorca (CMz), evaluadas en 25 variedades de maíz amiláceo en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Fuente de variación	DF	EF	ET	CMz
Ambientes (Amb)	2	7.31**	787.04**	805.57**
Repet. /(Amb)	6	0.18	14.60	22.65
Bloq /(Rep*Amb)	36	0.13	26.92**	8.03
Variedades (Var)	24	0.41	31.89	7.04
Var x Amb	48	0.34*	26.57**	8.22
Error	108	0.20	12.58	5.99
Total	224			
	CV	16.66	128.33	64.87
	Media	2.66	2.76	3.77
	R2	0.69	0.78	0.81

* y ** significan diferencias al 5 y 1%, respectivamente.

Las Tablas 13 y 14 contienen los valores promedios de los diferentes caracteres de planta y de mazorca evaluados en las 25 variedades de maíz amiláceo en el ciclo del cultivo 2019 – 2020. En lo que concierne al rendimiento de grano, los resultados demuestran que las variedades experimentales Blanco Gigante-P (G₁₀), Cusqueado-P (G₈), Maíz Morado-Pi (G₂₀), Carhuay-P (G₉), Morocho Rojo Duro-Pi (G₁₈), Astilla Blanca-C (G₁₁), y Chullpi-Q (G₆), fueron las que presentaron los mayores niveles de productividad promedio, superando significativamente ($p < 0,05$) a la mayoría del resto de variedades experimentales probadas, pero con rendimientos promedios estadísticamente iguales a las variedades testigos (Tabla 13).

Tabla 13

Valores promedios para diferentes variables planta y de mazorca evaluadas en 25 variedades de maíz amiláceo, evaluadas en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Entrada	Ecotipo -Variedad	Código	Rend (t/ha)	IP	FM (días)	FF (días)	ASI (días)	AP (cm)	AM (cm)
1	Astilla Amarilla-DH	G1	4.050	0.92	98.25	105.67	7.42	208.12	106.20
2	Astilla Blanca-DH	G2	3.587	0.91	97.39	104.39	7.00	205.08	104.84
3	Carhuay-Run	G3	4.196	0.95	101.77	109.45	7.68	201.41	104.41
4	Carhuay-Q	G4	3.299	0.86	96.22	106.20	9.98	200.05	101.67
5	Bolón-Q	G5	3.780	0.95	97.68	104.53	6.85	210.97	108.01
6	Chulpy-Q	G6	4.624	1.26	109.84	118.69	8.85	223.58	131.04
7	Astilla Blanca-ACP	G7	4.051	0.89	95.63	102.65	7.02	199.04	103.06
8	Cusqueado-P	G8	5.163	1.12	99.83	106.56	6.73	212.83	108.51
9	Carhuay-P	G9	4.669	0.99	96.85	103.69	6.84	199.61	101.21
10	Blanco Gigante-P	G10	5.226	1.03	100.75	106.87	6.12	215.85	106.81
11	Astilla Blanca-C	G11	4.650	1.05	100.98	110.55	9.57	225.17	123.78
12	Almidón-ST	G12	3.965	1.07	104.03	111.40	7.38	229.57	125.87
13	Astilla Blanca-ST	G13	3.773	0.97	100.75	108.78	8.03	215.89	115.24
14	Chulpy-ST	G14	3.208	1.04	117.28	130.08	12.80	242.93	152.28
15	Pistiada-Pi	G15	3.464	0.94	102.63	109.71	7.08	203.11	110.11
16	Carhuay-Pi	G16	3.012	0.84	100.04	107.98	7.94	205.41	102.61
17	Morocho Duro-Pi	G17	3.971	1.02	101.76	108.94	7.18	209.09	115.82
18	Morocho Rojo Duro-Pi	G18	4.653	1.17	105.03	111.43	6.40	223.58	125.46
19	Paru Rojo-Pi	G19	3.739	0.93	101.68	109.48	7.80	207.02	112.38
20	Maíz Morado-Pi	G20	4.788	1.22	106.63	111.63	5.00	221.79	125.88
21	Paru Occe-Pi	G21	3.838	1.00	103.55	109.87	6.32	217.14	120.04
22	Huamamsara-Pi	G22	3.527	0.87	97.32	106.26	8.94	203.91	103.65
23	Choclero-101	T1	4.862	0.97	102.85	107.82	4.97	232.27	125.84
24	Choclero-INIA-603	T2	5.059	0.99	104.72	110.99	6.28	232.85	125.04
25	INIA-601	T3	4.876	1.12	105.97	112.54	6.58	239.12	135.23
	Media		4.161	1.00	101.98	109.45	7.47	215.41	115.80
	Mínimo		3.012	0.84	95.63	102.65	4.97	199.04	101.21
	Máximo		5.226	1.26	117.28	130.08	12.80	242.93	152.28
	LSD		0.636	0.11	1.74	2.06	2.19	8.24	6.25

Rend, IP, FM, FF, ASI, AP, AM, se refieren, respectivamente, al rendimiento de grano, el índice de prolificidad, floración masculina, floración femenina, intervalo de floración, la altura de planta y la altura de mazorca. LSD es la mínima diferencia significativa.

Tabla 13. Continuación

Entrada	Ecotipo -Variedad	Código	PMM	AcR (%)	AcT (%)	AsPt (1 – 5)	AsMz (1 – 5)	TGr (Newton)	MP (%)
1	Astilla Amarilla-DH	G1	0.51	5.91	4.53	2.61	2.93	35.65	21.30
2	Astilla Blanca-DH	G2	0.51	6.26	6.32	2.64	3.15	33.82	25.10
3	Carhuay-Run	G3	0.52	7.33	6.03	2.59	2.98	30.46	22.97
4	Carhuay-Q	G4	0.50	12.26	7.78	2.97	3.10	37.52	25.43
5	Bolón-Q	G5	0.51	8.57	9.22	2.90	3.34	38.56	23.37
6	Chulpy-Q	G6	0.58	28.63	7.26	2.89	2.99	75.62	13.84
7	Astilla Blanca-ACP	G7	0.51	5.87	9.76	2.98	3.06	31.37	26.90
8	Cusqueado-P	G8	0.51	14.79	8.33	2.53	2.92	31.96	26.33
9	Carhuay-P	G9	0.50	10.18	11.69	2.95	3.09	31.48	26.48
10	Blanco Gigante-P	G10	0.50	9.49	10.66	2.43	2.87	28.87	21.45
11	Astilla Blanca-C	G11	0.55	6.91	13.28	2.52	3.03	33.97	22.50
12	Almidón-ST	G12	0.54	7.69	4.01	2.85	2.99	36.38	17.47
13	Astilla Blanca-ST	G13	0.53	12.10	8.08	2.54	2.88	31.35	22.06
14	Chulpy-ST	G14	0.63	21.69	4.75	2.97	2.77	67.25	16.72
15	Pistiada-Pi	G15	0.54	9.77	8.08	2.99	3.19	33.88	21.57
16	Carhuay-Pi	G16	0.50	7.38	5.26	3.08	3.20	32.68	21.16
17	Morocho Duro-Pi	G17	0.55	10.46	7.28	2.89	3.04	62.78	16.37
18	Morocho Rojo Duro-Pi	G18	0.56	11.41	8.81	2.62	2.58	40.96	8.54
19	Paru Rojo-Pi	G19	0.52	10.45	8.99	2.82	2.96	34.67	13.33
20	Maíz Morado-Pi	G20	0.57	11.58	14.03	2.80	2.71	41.40	3.84
21	Paru Occe-Pi	G21	0.55	13.56	7.73	3.01	2.71	35.80	14.23
22	Huamamsara-Pi	G22	0.49	9.36	8.89	2.76	2.87	33.64	19.62
23	Choclero-101	T1	0.53	29.16	13.02	2.54	2.64	50.91	14.06
24	Choclero-INIA-603	T2	0.53	21.85	11.14	2.56	2.93	31.68	14.89
25	INIA-601	T3	0.56	16.58	8.82	2.63	2.51	43.24	5.25
	Media		0.53	12.37	8.55	2.76	2.94	39.44	18.59
	Mínimo		0.49	5.87	4.01	2.43	2.51	28.87	3.84
	Máximo		0.63	29.16	14.03	3.08	3.34	75.62	26.90
	LSD		0.02	6.64	4.52	0.31	0.26	5.30	5.99

PMM, AcR, AcT, AsPt, AsMz, TGr y MP se refieren al acame de raíz, acame de tallo, aspecto de planta, aspecto de mazorca, textura del grano y mazorcas podridas, respectivamente.

Tabla 13. Continuación

Entrada	Ecotipo -Variedad	Código	IG	HG (%)	LM (cm)	DM (cm)	DC (cm)	LGr (cm)	NH (N°)
1	Astilla Amarilla-DH	G1	0.84	42.23	10.53	5.49	2.05	1.72	10.01
2	Astilla Blanca-DH	G2	0.83	42.61	10.61	5.26	1.91	1.76	9.96
3	Carhuay-Run	G3	0.82	39.99	9.65	5.60	2.14	1.73	12.08
4	Carhuay-Q	G4	0.85	41.05	9.73	5.45	2.26	1.62	11.53
5	Bolón-Q	G5	0.84	36.96	11.52	5.05	2.31	1.46	9.94
6	Chulpy-Q	G6	0.83	37.61	10.27	5.70	2.84	1.21	17.21
7	Astilla Blanca-ACP	G7	0.88	43.20	9.81	5.98	2.12	1.89	12.53
8	Cusqueado-P	G8	0.82	48.41	12.18	5.76	2.66	1.56	8.49
9	Carhuay-P	G9	0.87	39.66	10.40	5.55	2.05	1.79	11.97
10	Blanco Gigante-P	G10	0.84	48.63	12.63	5.92	2.81	1.56	8.11
11	Astilla Blanca-C	G11	0.83	46.71	10.83	6.40	2.53	1.73	11.67
12	Almidón-ST	G12	0.85	44.15	10.99	5.07	1.82	1.59	8.89
13	Astilla Blanca-ST	G13	0.84	45.76	11.44	5.30	1.88	1.67	8.81
14	Chulpy-ST	G14	0.81	49.72	9.96	5.10	2.44	1.42	15.75
15	Pistiada-Pi	G15	0.83	41.30	10.19	5.29	2.20	1.48	10.61
16	Carhuay-Pi	G16	0.84	43.54	10.06	5.38	2.24	1.53	10.05
17	Morocho Duro-Pi	G17	0.86	39.06	11.26	4.79	2.10	1.31	8.96
18	Morocho Rojo Duro-Pi	G18	0.87	47.05	12.70	4.91	2.34	1.25	10.37
19	Paru Rojo-Pi	G19	0.82	42.65	10.31	5.30	2.24	1.56	10.31
20	Maíz Morado-Pi	G20	0.81	36.27	13.47	4.55	2.84	1.03	10.02
21	Paru Occe-Pi	G21	0.83	41.13	10.10	5.26	2.10	1.56	10.70
22	Huamamsara-Pi	G22	0.83	39.90	9.83	5.45	2.06	1.66	9.89
23	Choclero-101	T1	0.83	36.94	15.61	5.46	3.10	1.13	11.35
24	Choclero-INIA-603	T2	0.83	47.25	13.64	5.81	2.78	1.33	8.21
25	INIA-601	T3	0.82	39.88	14.65	4.88	2.86	0.97	10.55
	Media		0.84	42.47	11.30	5.39	2.35	1.50	10.72
	Mínimo		0.81	36.27	9.65	4.55	1.82	0.97	8.11
	Máximo		0.88	49.72	15.61	6.40	3.10	1.89	17.21
	LSD		0.04	4.66	0.55	0.17	0.16	0.10	0.47

IG, HG, LM, DM, DC, LGr y NH, significan, respectivamente, índice de grano, humedad del grano a cosecha, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, longitud del grano y número de hileras en la mazorca.

Tabla 13. Continuación

Entrada	Ecotipo -Variedad	Código	NGH (N°)	LP (cm)	LRP (cm)	NRP (N°)	NRS (N°)	P300 (g)	PMGr (g)
1	Astilla Amarilla-DH	G1	20.45	20.92	33.68	13.60	6.32	191.67	0.639
2	Astilla Blanca-DH	G2	20.35	20.88	33.45	14.62	7.07	188.74	0.628
3	Carhuay-Run	G3	19.80	21.78	32.83	15.34	6.35	174.51	0.582
4	Carhuay-Q	G4	19.40	21.11	33.03	14.70	6.48	174.78	0.583
5	Bolón-Q	G5	21.13	22.50	34.30	12.69	6.26	205.70	0.686
6	Chulpy-Q	G6	23.08	21.37	33.66	17.42	7.22	100.94	0.336
7	Astilla Blanca-ACP	G7	20.31	21.20	31.69	14.84	6.36	174.18	0.581
8	Cusqueado-P	G8	22.06	21.18	32.48	13.01	6.26	254.89	0.849
9	Carhuay-P	G9	20.35	21.14	32.49	14.90	6.54	160.14	0.534
10	Blanco Gigante-P	G10	23.09	20.01	33.31	13.08	6.56	274.84	0.916
11	Astilla Blanca-C	G11	20.31	23.35	33.50	14.81	6.52	194.32	0.648
12	Almidón-ST	G12	20.13	20.42	32.92	14.15	6.85	211.06	0.705
13	Astilla Blanca-ST	G13	21.43	21.55	34.16	13.55	6.49	203.23	0.678
14	Chulpy-ST	G14	23.07	19.91	33.01	18.32	7.47	99.59	0.331
15	Pistiada-Pi	G15	20.00	19.54	33.34	15.13	6.65	185.31	0.618
16	Carhuay-Pi	G16	19.50	20.11	33.16	14.12	6.32	187.23	0.625
17	Morocho Duro-Pi	G17	20.30	19.74	32.73	13.99	6.64	208.38	0.694
18	Morocho Rojo Duro-Pi	G18	23.26	21.06	34.29	15.94	7.30	171.04	0.570
19	Paru Rojo-Pi	G19	19.41	20.18	34.23	14.11	6.52	174.46	0.580
20	Maíz Morado-Pi	G20	25.25	20.01	33.23	13.91	6.48	145.01	0.485
21	Paru Occe-Pi	G21	19.97	20.64	33.88	16.59	7.03	165.24	0.550
22	Huamamsara-Pi	G22	18.59	21.24	32.60	14.28	6.46	190.92	0.637
23	Choclero-101	T1	26.28	25.09	36.60	9.40	4.54	176.24	0.587
24	Choclero-INIA-603	T2	24.89	21.22	34.73	14.00	6.52	262.02	0.876
25	INIA-601	T3	25.92	18.97	34.59	15.67	7.11	140.02	0.467
	Media		21.53	21.01	33.52	14.49	6.57	184.58	0.62
	Mínimo		18.59	18.97	31.69	9.40	4.54	99.59	0.33
	Máximo		26.28	25.09	36.60	18.32	7.47	274.84	0.92
	LSD		1.41	1.62	1.36	1.29	0.64	11.16	0.04

NGH, LP, LRP, NRP, NRS, P300 y PMGr, significan, respectivamente, número de granos por hilera de la mazorca, longitud del pedúnculo de la panoja, número de ramas primarias en la espiga, número de ramas secundarias en la espiga, peso de 300 granos y peso medio del grano.

Tabla 14

Valores promedios para las variables cobertura de mazorca (CMz), enfermedades foliares (EF) y enfermedades de tallo (ET) evaluadas en 25 variedades de maíz amiláceo, en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Entrada	Ecotipo -Variedad	Código	CMz (%)	EF (1 – 5)	ET (%)
1	Astilla Amarilla-DH	G1	2.96	2.61	4.30
2	Astilla Blanca-DH	G2	3.92	2.49	2.22
3	Carhuay-Run	G3	2.69	2.56	2.13
4	Carhuay-Q	G4	3.14	2.69	4.35
5	Bolón-Q	G5	5.30	2.96	6.82
6	Chulpy-Q	G6	3.68	2.84	3.34
7	Astilla Blanca-ACP	G7	3.76	2.82	2.95
8	Cusqueado-P	G8	4.50	2.75	2.17
9	Carhuay-P	G9	3.23	2.77	2.95
10	Blanco Gigante-P	G10	3.47	2.60	3.31
11	Astilla Blanca-C	G11	3.31	2.63	0.00
12	Almidón-ST	G12	3.92	2.49	2.28
13	Astilla Blanca-ST	G13	1.79	2.34	3.10
14	Chulpy-ST	G14	3.52	2.27	0.38
15	Pistiada-Pi	G15	4.34	2.65	8.08
16	Carhuay-Pi	G16	4.27	2.90	4.99
17	Morocho Duro-Pi	G17	3.98	2.39	2.64
18	Morocho Rojo Duro-Pi	G18	5.32	2.56	0.57
19	Paru Rojo-Pi	G19	4.10	2.42	3.51
20	Maíz Morado-Pi	G20	2.79	3.32	1.06
21	Paru Occe-Pi	G21	3.52	2.66	3.61
22	Huamamsara-Pi	G22	2.56	2.81	3.33
23	Choclero-101	T1	5.56	2.53	2.54
24	Choclero-INIA-603	T2	2.77	2.49	0.00
25	INIA-601	T3	5.61	3.06	0.38
	Media		3.76	2.66	2.84
	Mínimo		1.79	2.27	0.00
	Máximo		5.61	3.32	8.08
	LSD		2.28	0.41	3.31

CMz, EF y ET, significan, respectivamente, cobertura de mazorca, enfermedades foliares y enfermedades de tallo.

En lo concerniente al resto de los caracteres de planta y de mazorca analizadas, en términos generales, las variedades locales que resultaron con los mayores niveles de productividad (G10, G8, G20, G9, G18, G11 y G6), también mostraron adecuado comportamiento agronómico respecto a dichos caracteres; no obstante, las variedades Chullpi-Q (G6), Maíz Morado-Pi (G20) y Morocho Rojo Duro-Pi (G18) fueron las más prolíficas, resultando también las más tardías, aunque solo la primera obtuvo un ASI elevado, superior a las otras dos. De estas siete variedades más rendidoras, Cusqueado-P (G8), Carhuay-P (G9) y Blanco Gigante-P (G10) se caracterizaron por presentar la mejor altura de mazorca, presentando una posición de la mazorca alrededor de la mitad de la planta, mientras que las otras cuatro variedades (Maíz Morado-Pi (G20), Morocho Rojo Duro-Pi (G18), Astilla Blanca-C (G11) y Chullpi-Q (G6), presentaron una posición de la mazorca un poco por encima de la mitad de la planta. Esta mayor altura en la posición de la mazorca pudo contribuir a un mayor índice de acame de raíz y de tallo, al ejercer en el genotipo un mayor efecto de palanca, tal como lo observado en la Tabla 13, donde la variedad Chullpi-Q (G6) presentó uno de los valores más altos de acame de raíz, con 28,63% de plantas acamadas. Sin embargo, la variedad Cusqueado-P (G8), con una posición de mazorca alrededor de la mitad de la planta, presentó un acame de raíz de alrededor del 15%. Esto demuestra la complejidad de este tipo de caracteres agronómicos, determinados por un gran número de genes, cada uno con efectos muy pequeños sobre el carácter y muy afectados por el ambiente donde se desarrollan los genotipos, denominados caracteres cuantitativos (Hallauer et al., 2010). De estos materiales con mejores niveles de productividad, la variedad Blanco Gigante-P (G10) fue la que presentó el menor valor de textura de grano (28.87 N), el cual resultó estadísticamente igual ($p < 0.05$) al nivel de textura presentado por las variedades Carhuay-P (G9), Cusqueado-P (G8) y Astilla Blanca-C (G11). Con valores de textura de grano intermedio resultaron las variedades Morocho Rojo Duro-Pi (G18) y Maíz Morado-Pi (G20), mientras que la variedad Chullpi-Q (G6) resultó con la mayor dureza de grano, que fue estadísticamente superior ($p < 0.05$) al resto de los materiales probados. En lo que respecta a la pudrición de mazorcas, todas las variedades con altos rendimientos también mostraron elevados índices de mazorcas podridas, a excepción de las variedades Maíz Morado-Pi (G20) y Morocho Rojo Duro-Pi (G18), que presentaron los valores más bajos para este carácter, el cual resultó estadísticamente igual ($p < 0.05$) a la

variedad INIA-601, utilizada como testigo, pero inferior al resto de los materiales utilizados en el estudio.

Con relación a los caracteres índice de grano (IG), humedad del grano (HG) longitud de mazorcas (LM), diámetro de mazorcas (DM), diámetro de coronta (DC), longitud de panoja (LP), longitud del raquis principal (LRP), número de ramas secundarias, cobertura de mazorca (CMz) y enfermedades foliares (EF), todo el grupo de variedades con los rendimientos más altos presentaron valores para estas variables muy similares entre sí. De las siete variedades con mayores niveles de productividad, G9 y G11 fueron las que presentaron los granos más largos, no habiendo diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre ellas, pero superando estadísticamente ($p < 0.05$) al resto de este grupo de materiales y a las variedades testigos; no obstante, la variedad Astilla Blanca-ACP (G7) fue la variedad con la mayor longitud de grano (1.89 cm), superando al resto de las variedades incluidas en el estudio, excepto a la variedad G9. En cuanto al número de hileras en la mazorca, la variedad G6 superó significativamente ($p < 0.05$) al resto de los materiales probados, mientras que las variedades G8 y G10 presentaron mazorcas con el menor número de hileras de granos. Esta característica observada en las variedades G8 y G10 es un carácter típico en este tipo de materiales chocleros, como lo demuestra la variedad testigo Choclero-INIA-603, que también presentó mazorcas con alrededor de 8 hileras. En lo referente al número de granos por hileras, la variedad Maíz Morado-Pi (G18) presentó uno de los valores más altos (25.25 granos /hileras), que resultó estadísticamente igual ($p < 0.05$) al número de granos /hileras mostrados por las variedades testigos, pero superior al resto de las variedades probadas. Del mismo modo, la variedad Chullpi-ST (G14) presentó el mayor número de ramas primarias en la espiga, el cual resultó significativamente superior ($p < 0.05$) al resto de las variedades utilizadas en el estudio, excepto a la variedad Chullpi-Q (G6), siendo la variedad Choclero-101, utilizada como testigo, la que presentó el menor número de ramas primarias en la panoja, la cual resultó significativamente inferior ($p < 0.05$) a todas las variedades restantes analizadas. Este menor número de ramas en la panoja puede estar asociado con una mayor eficiencia del genotipo para su producción de grano, puesto que la planta no gasta tanta energía en mantener una panoja muy grande, que en nada beneficia a la producción, dada la excesiva cantidad de polen producida en la planta de maíz, la

cual supera con creces a la cantidad requerida para el proceso de fertilización de los óvulos en la mazorca, tal como lo refiere Paliwal (2000).

El peso de 300 granos y el peso medio del grano, representa a uno de los caracteres directamente relacionados con los componentes de la productividad, donde la variedad Blanco Gigante-P (G10) presentó el mayor valor para ambas variables, resultando superior al resto de los materiales, mientras que los valores más bajos los obtuvieron las variedades pertenecientes a la raza Chullpi (Chullpi-ST y Chullpi-Q). No obstante, este menor valor en el peso medio del grano en estos materiales Chullpi son compensados por un mayor número de hileras en la mazorca, el cual resultó significativamente superior ($p < 0.05$) al resto de los genotipos incluidos en el estudio y un número de granos por hileras relativamente alto, que también fue estadísticamente superior a todas las variedades estudiadas, excepto a las variedades Morocho Rojo Duro-Pi (G18), Blanco Gigante-P (G10) y al testigo Choclero-INIA-603, cuyos números de granos por hileras fueron estadísticamente iguales ($p < 0.05$) a los materiales Chullpi, y las variedades Choclero-101 (T1), INIA-601 (T3) y Maíz Morado-Pi (G20), quienes superaron en el número de granos promedio por hilera de la mazorca a estas variedades de la raza Chullpi.

Todos los materiales probados presentaron valores bajos de enfermedades de tallo, siendo las variedades Pistiada-Pi (G15) y Bolón-Q (G5) las que presentaron los mayores porcentajes de plantas afectadas por patógenos que dañan el tejido que compone los haces vasculares en la planta, siendo estos porcentajes significativamente superiores ($p < 0.05$) al resto de las variedades probadas, mientras que las variedades Astilla Blanca-C (G11), Choclero-INIA-603 (T2), Chullpi-ST (G14), INIA-601 (T3), Morocho Rojo Duro-Pi (G18) y maíz Morado-Pi (G20), fueron los menos afectados por este tipo de patógenos.

El análisis presentado con los diferentes caracteres agronómicos permiten afirmar que las variedades experimentales Cusqueado-P (G8), Carhuay-P (G9) y Blanco Gigante (G10), además estar caracterizadas entre las de mayor nivel de productividad, también fueron las que presentaron el resto de caracteres agronómicos de manera más apropiada, caracterizadas por presentar niveles de precocidad intermedios, adecuada altura de planta y de mazorca, posición de la

mazorca alrededor de la mitad de la planta, niveles de acame de planta aceptables, adecuada textura de grano, siendo catalogados entre los granos más suaves, índices de granos alrededor del 85%, niveles de componentes del rendimiento apropiados, longitud de panoja, longitud del raquis principal, número de ramas primarias y secundarias alrededor de la media del conjunto de materiales probados, buena cobertura de mazorca y bajos niveles de enfermedades foliares y del tallo; no obstante, estas variedades también se cuentan entre las que presentaron los mayores niveles de mazorcas podridas, lo cual significa que su cosecha debe realizarse en forma temprana, para evitar mayores pérdidas de grano en campo.

Por otro lado, dentro de los materiales con adecuadas características agronómicas, también se deben mencionar a las variedades Astilla Amarilla-DH (G1), Carhuay-Run (G3) y Astilla Blanca-ACP (G7), cuyos niveles de productividad fueron estadísticamente iguales ($p < 0.05$) a los rendimientos mostrados por G6, G9, G11 y G18, pero en el resto de los caracteres evaluados comparten las bondades mostradas por todas las variedades más rendidoras descritas previamente, compartiendo además, los altos niveles de pudrición de mazorcas, lo que significa que también se deben cosechar en forma temprana, para evitar mayores niveles de pérdida por mazorcas dañadas por los patógenos presentes en el campo.

Además de los análisis de varianza convencionales también se llevaron a cabo otros tipos de análisis, que ayudan a interpretar los resultados obtenidos en las evaluaciones agronómicas. Dentro de este tipo de análisis, hablamos de análisis multivariados, tales como análisis de componentes principales, tanto para estudiar la caracterización morfológica, como también para la caracterización química de los genotipos evaluados.

De acuerdo al análisis de componentes principales, los tres primeros componentes explicaron 71.9% de la variación fenotípica observada en el grupo de poblaciones estudiadas, lo cual se puede considerar bastante apropiado para este tipo de estudios (Rodríguez, 2001). Estos resultados difieren de los encontrados por Ángeles et al. (2010), en cuyo trabajo se encontró que los tres primeros ejes sólo explicaron el 57.8% de la variabilidad total observada en poblaciones de maíz nativo de México. En la Figura 8 se presentan los resultados del análisis de componentes principales para la caracterización morfológica de las variedades de maíz amiláceo

evaluadas en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

En el primer cuadrante de la Figura 8 se observan dos grupos bien diferenciados, uno de ellos formado por las variedades Chullpi-Q (Chu-Q) y Chullpi-Astilla Blanca-ST (Chu-AB-ST), perteneciente a la raza Chullpi, caracterizada por presentar elevados valores de altura de mazorca, de posición media de la mazorca, presentando los mayores valores de textura de grano y siendo las que requirieron el mayor número de días para alcanzar la floración masculina y femenina. El otro grupo lo conforman las variedades Paru Occe-Pi (PO-Pi) y Morocho Duro-Pi (MD-Pi), las cuales comparten la condición de estar entre las que presentaron el mayor número de hileras de granos en la mazorca, el mayor número de ramas primarias y secundarias en la espiga, con mayor amplitud en el intervalo entre la floración masculina y femenina.

En el segundo cuadrante se agrupan varias de las variedades tipo cancheros, donde se observan varias variedades de maíz Carhuay y Astilla, además de las variedades Huamansara-Pi (Hua-Pi), Pistiada-Pi (Pist-Pi), Parú Rojo-Pi (PR-Pi) y la variedad Almidón-ST (Alm-ST), las cuales fueron agrupados mediante caracteres relacionados con la mazorca, caracterizándose por presentar los valores más altos para longitud del grano, índice de grano y mazorcas podridas, además de ser valoradas con los mejores aspectos de la mazorca.

En el cuadrante tres se pueden apreciar dos grupos bien definidos. El primer grupo está definido por las variedades Astilla Blanca-Cusqueado-C (AB-Cusq-C), Astilla Blanca-ST, Carhuay-P (Car-P) y Bolón-Q (Bol-Q), siendo agrupados por presentar las mazorcas con mayor diámetro, además de ser las variedades más precoces, con la posición media de la mazorca más baja y siendo las de granos más blandos. El otro grupo lo conforman las variedades Cusqueado-P (Cusq-P) y Blanco Gigante-P (BG-P), las cuales se caracterizaron por presentar los valores más altos para la longitud de la panoja y para el peso medio del grano, siendo además las que presentaron el menor número de ramos primarias y secundarias en la espiga, con mejor sincronía floral y menor número de hileras de granos en la mazorca.

En el cuarto cuadrante se pueden distinguir un grupo de materiales constituido por los testigos 1 y 2 y un segundo grupo integrado por el testigo 3 (T3), Maíz Morado-Pi (MM-Pi) y la variedad Morocho Rojo Duro-Pi (MRD-Pi). El primer grupo se caracteriza por ser los materiales con los mayores valores de productividad promedio, siendo también los que presentaron mayor longitud de mazorca, mayor longitud del raquis principal de la espiga, mayor diámetro de la coronta y mayor número de granos por hileras en la mazorca. El segundo grupo fueron los que presentaron las plantas más altas y más prolíficas, además de estar entre las que presentaron corontas de mayor diámetro y con mayor número de granos por hileras de la mazorca.

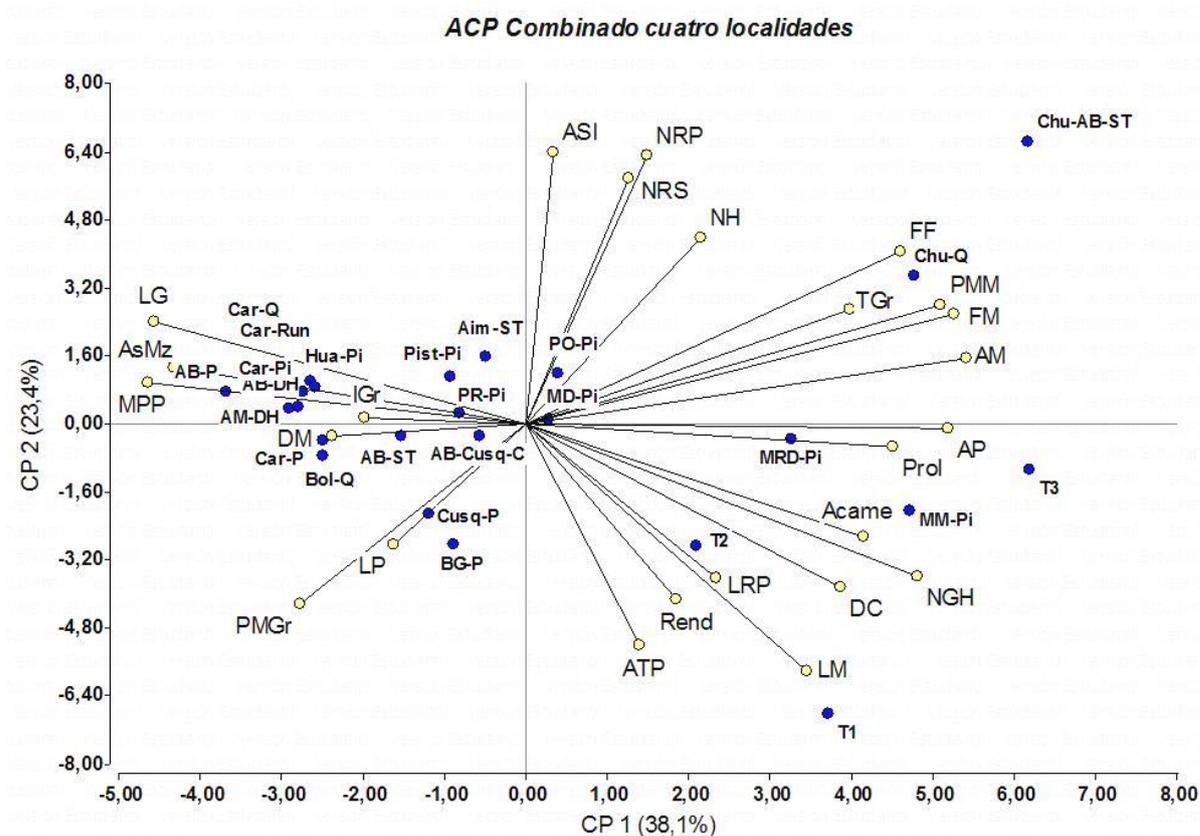


Figura 8: Análisis de componentes principales para la caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en 4 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Además del análisis de componentes principales, también se hizo un análisis de conglomerados, con el cual se procuró agrupar las variedades de maíz amiláceo de tal modo de encontrar la máxima homogeneidad posible dentro de cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. Para ello se utilizó la correlación cofenética, que consiste en un modelo de clasificación basado en una estructura jerárquica de conglomerados, que se puede representarse gráficamente mediante un árbol, llamado dendograma. El coeficiente de correlación es una medida de proximidad o similitud entre dos series de datos. Por lo tanto, a partir de él se puede definir una medida de disimilaridad: $d(i, j) = (1 - \text{corr}(i, j))/2$, la cual tiene un rango de valores entre 0 y 1 (Crisci y López, 2018). En la Figura 9 se presenta el dendograma para las 25 variedades de maíz amiláceo, en donde se puede observar la formación de seis grupos bien definidos. El primer grupo lo conforman 4 variedades, de las cuales dos corresponden a las variedades testigos (T_1 y T_2) y las otras dos son las variedades Cusquedado-P y Blanco Gigante-P, todas de maíces tipo chocleros. El segundo grupo lo conforman tres variedades, dentro de las cuales figura el testigo INIA-603 (T_3), la variedad Maíz Morado-Pi y Morocho Rojo Duro-Pi, las dos primeras corresponden a maíces morados y la última de granos rojos. El tercer grupo es el más pequeño de todos, conformado sólo por dos variedades de maíz pertenecientes a la raza Chullpi (Chullpi-Q y Chullpi-AB-ST). El cuarto grupo lo conforman 5 variedades, siendo cuatro de ellas (Paru Occe-Pi, Paru Rojo-Pi, Pistiado-Pi, Morocho-Duro-Pi) provenientes del distrito de Pichos, mientras que la última (Almidón-ST), es una variedad que pertenece a la raza cusqueado, proveniente de Santiago de Tucuma. El quinto grupo es el más numeroso, conformado por 8 variedades, dentro de las cuales figura una variedad de maíz tipo cusqueado (Bolón-Q), una variedad de maíz tipo astilla (Astilla Blanca-ST), colectada en Santiago de Tucuma, la variedad Huamansara-Pi, tres variedades de maíz Carhuay (Carhuay-Q, Carhuay-Pi y Carhuay-Run) y dos variedades tipo maíz Astilla (Astilla Amarilla-DH y Astilla Blanca-DH), ambas provenientes del distrito Daniel Hernández. El último grupo lo integran sólo tres variedades, dos de las cuales provienen de Pampas (Carhuay-P y Astilla Blanca-P), más la variedad Astilla Blanca-Cusqueado-C, colectada en Colcabmaba.

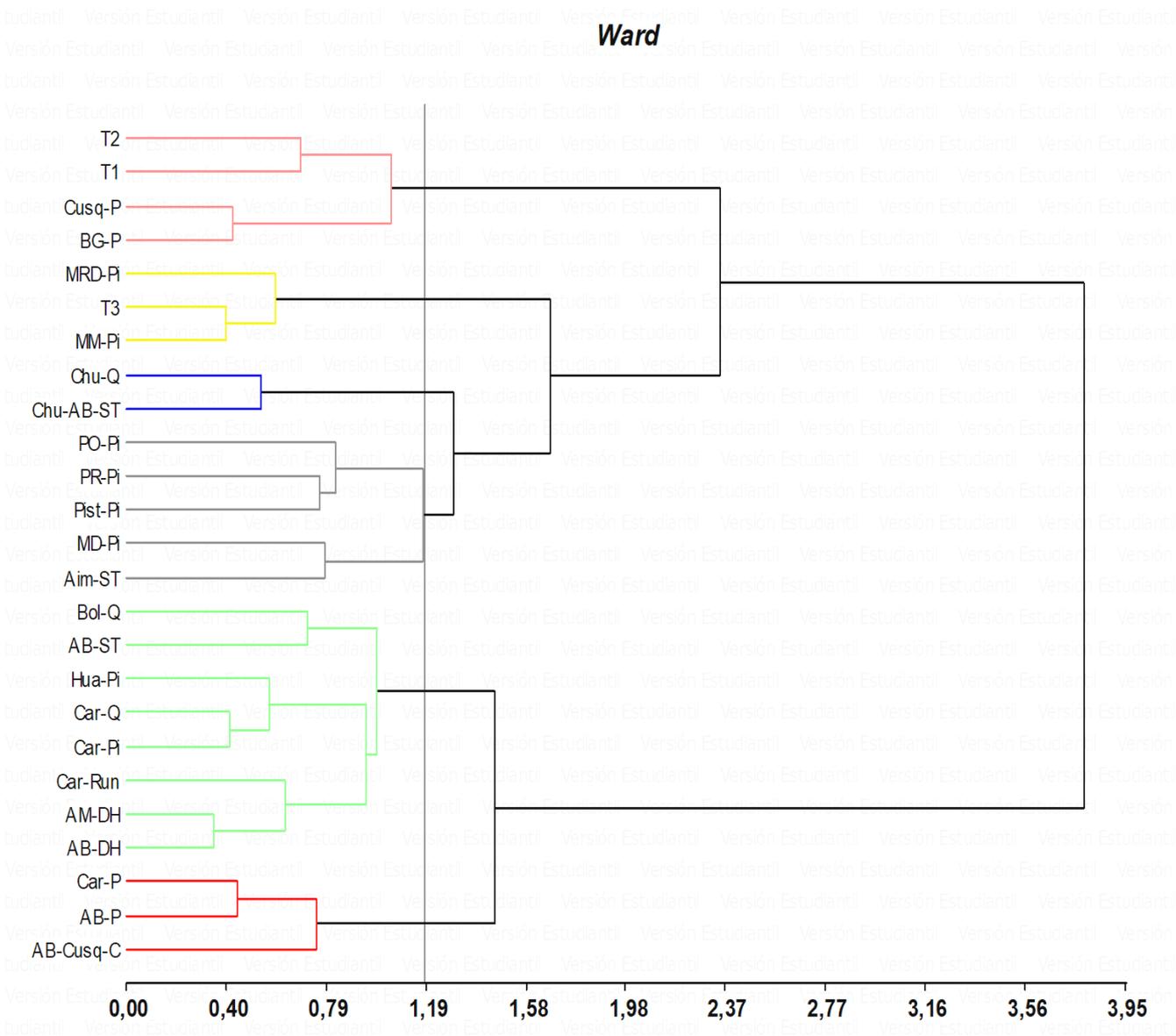


Figura 9: Dendrograma para la caracterización morfológica de 25 poblaciones de maíz amiláceo, obtenido con el método de Ward.

Ángeles et al (2010) también realizaron la caracterización morfológica de un grupo de variedades nativas de la región de Puebla, México, determinando que algunas de las variedades nativas mostraron mayores niveles de productividad que los híbridos utilizados como testigos. En nuestro estudio, si bien hubo algunas variedades que mostraron altos rendimientos [Blanco Gigante-P (G10), Cusqueado-P (G8), Maíz Morado-Pi (G20), Carhuay-P (G9), Morocho Rojo Duro-Pi

(G18), Astilla Blanca-C (G11), y Chullpi-Q (G6)], éstas no llegaron a superar a los testigos. Indudablemente, estas diferencias se deben al hecho de pertenecer a situaciones distintas. En el trabajo de Ángeles et al (2010) utilizaron como testigos cultivares híbridos, que, si bien poseen mayor potencial genético de productividad, requieren de condiciones óptimas de producción (adecuada fertilización química, buenas condiciones de humedad en el suelo, buen manejo de las poblaciones de insectos plagas, etc.), similares aquellas condiciones que tuvieron durante su desarrollo, para poder expresar ese potencial. En nuestro caso, las variedades mejoradas han sido desarrolladas en condiciones similares a donde se han colectado las variedades experimentales, lo cual ha permitido que hayan podido expresar su potencial de producción.

Uno de los grandes atributos que permite diferenciar las variedades nativas es su diversidad en el color del grano y en la precocidad, lo cual se considera un aspecto común entre estos tipos de maíces de altura. Al respecto, Gil et al (2004) refieren que esa variabilidad es atribuida al proceso de selección practicada por los agricultores en estas variedades durante muchas generaciones.

4.3. Caracterización nutricional

En el ciclo del cultivo 2019 – 2020, las 25 variedades de maíz evaluadas en ese ciclo también fueron sometidas a los análisis fisicoquímicos, con el fin de terminar los aportes energéticos, minerales y protéicos de las mismas. El análisis de componentes principales (CP) indicó que entre los tres primeros CP explicaron 70.9% de la variabilidad fenotípica total de la composición química mostrada por las variedades de maíz amiláceo estudiadas en ese ciclo, en donde entre el CP-1 y CP-2 por si solos explicaron el 58,6% de dicha variabilidad. De acuerdo con los vectores propios originados en el análisis, las variables con mayor peso en el primer componente fueron Calcio, Energía Total, Hierro, Materia Grasa y Proteína Total. En el segundo componente las variables originales que mayor aportaron a la variabilidad total observada en la caracterización química fueron cenizas, Fibra Cruda, Humedad y Vitamina A. El tercer componente estuvo fuertemente influido por el Calcio, Carbohidratos, Fibra Cruda y Hierro (Tabla 15).

En la Figura 10 se presenta la representación gráfica del CP-1 y CP-2, en donde se puede observar agrupados en el primer cuadrante a los cultivares G₂₁, G₆ y G₁₄, caracterizados por presentar los valores más altos de calcio y energía total; en este mismo cuadrante se observan a los cultivares G₄ y G₁₃, quienes presentaron los valores más altos de fibra cruda y vitamina A. En el segundo cuadrante se observa el mayor grupo, integrado por G₁, G₉, G₁₉, G₃, G₁₁, G₂₂, G₇ y G₈, agrupados en función de la humedad. En el tercer grupo lo conformaron los híbridos G₁₅, G₅, G₁₆, G₁₀, G₁₂, G₇ y G₈, caracterizados por presentar la humedad más alta. En el cuarto cuadrante se agruparon las variedades G₂₀, G₁₇, G₁₈, T₂, T₁ y T₃, caracterizadas por presentar los valores más altos de hierro, proteína total y energía total. También Salinas et al. (2013) utilizaron el análisis de componentes principales para la caracterización física y química de 61 colectas de maíz azul/morado, asociadas a 10 razas procedentes de regiones tropicales y subtropicales del Estado de Oaxaca, México, donde lograron identificar la formación de cuatro grupos bien diferenciados.

Tabla 15

Vectores propios para los tres primeros componentes principales y 10 variables medidas en la caracterización química de 25 variedades de maíz amiláceo en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Variables	CP-1	CP-2	CP-3
Calcio	0.235	0.003	0.591
Carbohidratos	-0.395	-0.182	0.345
Ceniza	0.039	0.575	0.096
Energía total	0.455	-0.074	-0.015
Fibra cruda	0.146	0.559	0.265
Hierro	0.333	-0.186	0.304
Humedad	-0.398	0.233	-0.104
Materia grasa	0.418	0.197	-0.065
Proteína total	0.338	-0.239	-0.421
Vitamina A	0.027	0.365	-0.409

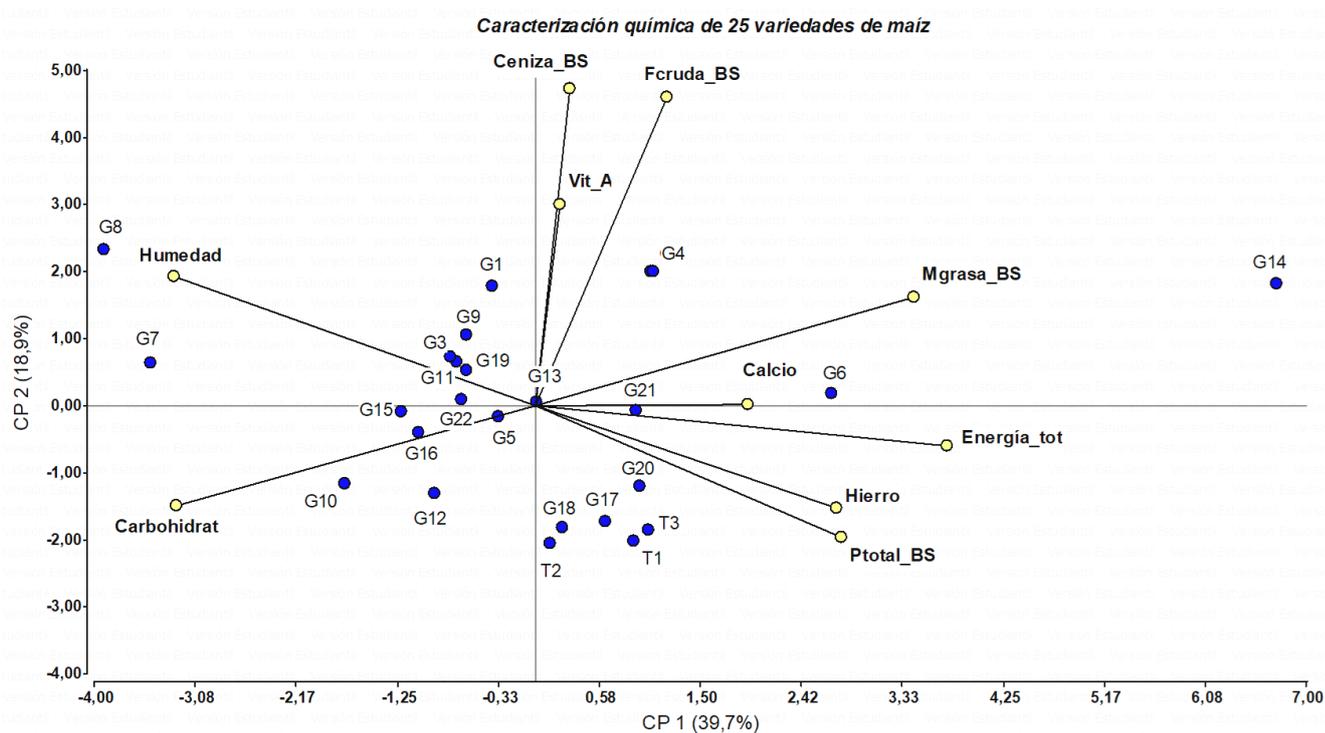


Figura 10: Análisis de componentes principales para la caracterización química de 25 variedades de maíz amiláceo colectadas en la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

La caracterización fisicoquímica de las 25 variedades de maíz amiláceo también se puede visualizar en el dendograma presentado en la Figura 11, en donde se puede apreciar la formación de cinco grupos bien diferenciados.

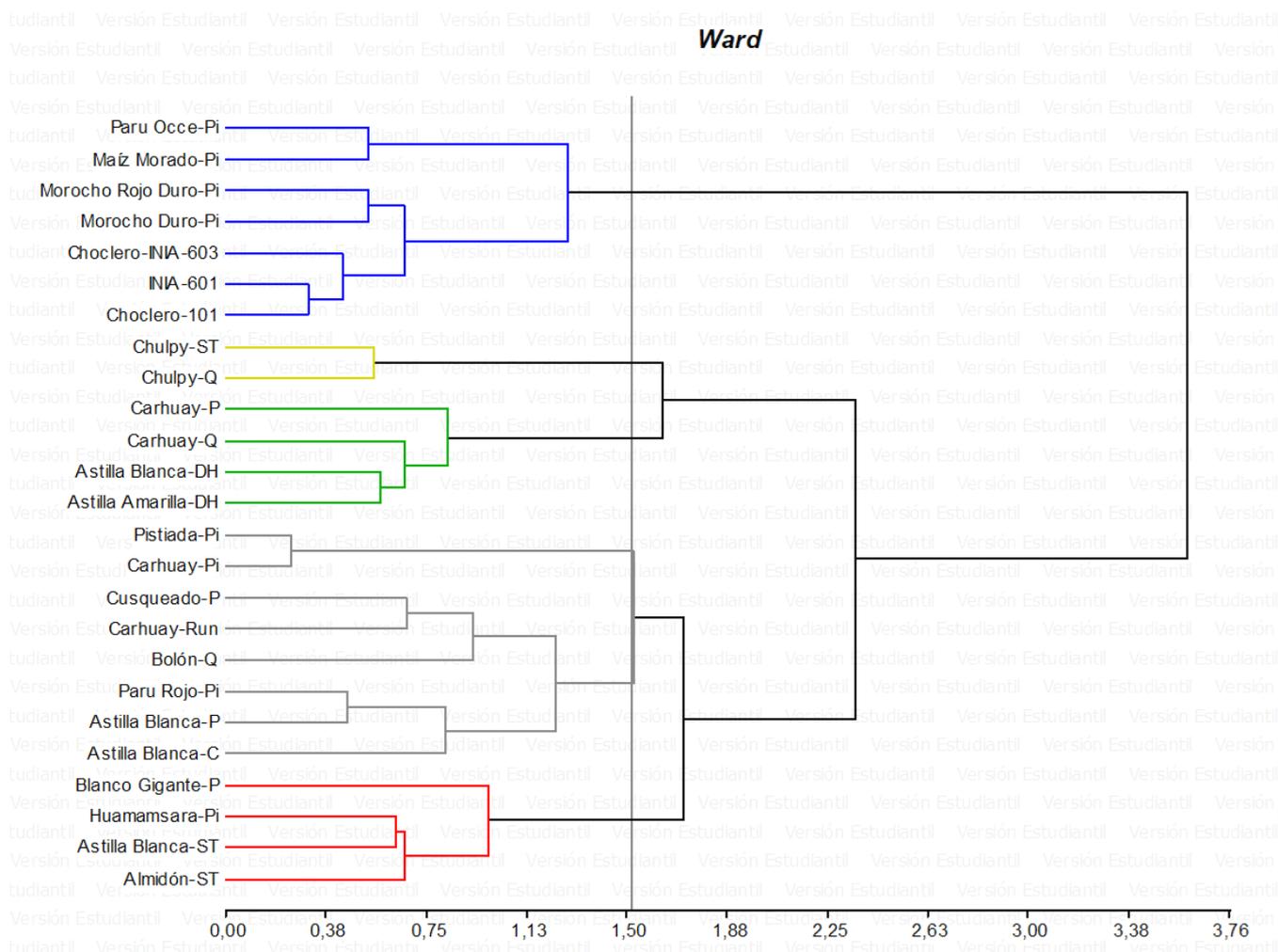


Figura 11: Dendograma para la caracterización química de 25 poblaciones de maíz amiláceo, obtenida con el método de Ward.

El grupo 1 estuvo integrado por 4 variedades colectadas en el distrito Pichos (G₂₁, G₂₀, G₁₈, G₁₇) y los tres testigos (T₂, T₃ y T₁). Un segundo grupo lo integran solo dos variedades de la raza Chullpi (Chullpi-ST y Chullpi-Q). Un tercer grupo lo conforman dos variedades Carhuay (G₉ y G₆) y dos variedades tipo astilla (G₂ y G₁). El cuarto grupo fue el más numeroso, conformado por 8 genotipos, donde figuran las variedades G₁₅, G₁₆, G₈, G₃, G₅, G₁₉, G₇ y G₁₁. El quinto grupo lo integran 4

variedades, siendo una de éstas proveniente de Pampas (G₁₀), una de Pichos (G₂₂) y dos variedades coectadas en Santiago de Tucuma (G₁₃ y G₁₂).

El grupo 1 (G₂₁, G₂₀, G₁₈, G₁₇, T₂, T₃ y T₁) estuvo caracterizado por presentar valores elevados de carbohidratos, hierro y fibra cruda y bajos valores de proteína total y materia grasa. El grupo dos (Chullpi-ST y Chullpi-Q) se caracterizó por presentar valores altos de proteína total, hierro, energía total y calcio, y bajos valores para fibra cruda y cenizas. El grupo 3 (G₉, G₆, G₂ y G₁) se caracterizó por ser los materiales con los mayores valores de materia grasa y energía total; también presentó valores altos de proteína total, hierro, fibra cruda, cenizas y calcio, así como también, valores bajos de carbohidrato y humedad. El grupo 4 (G₁₅, G₁₆, G₈, G₃, G₅, G₁₉, G₇ y G₁₁) fue el que presentó los niveles más altos de vitamina A, con valores altos también de proteína total, materia grasa, humedad, fibra cruda y cenizas. El quinto grupo estuvo caracterizado por presentar elevada humedad, fibra cruda, cenizas y carbohidratos, con valores bajos de vitamina A, hierro y energía total (Figura 12).

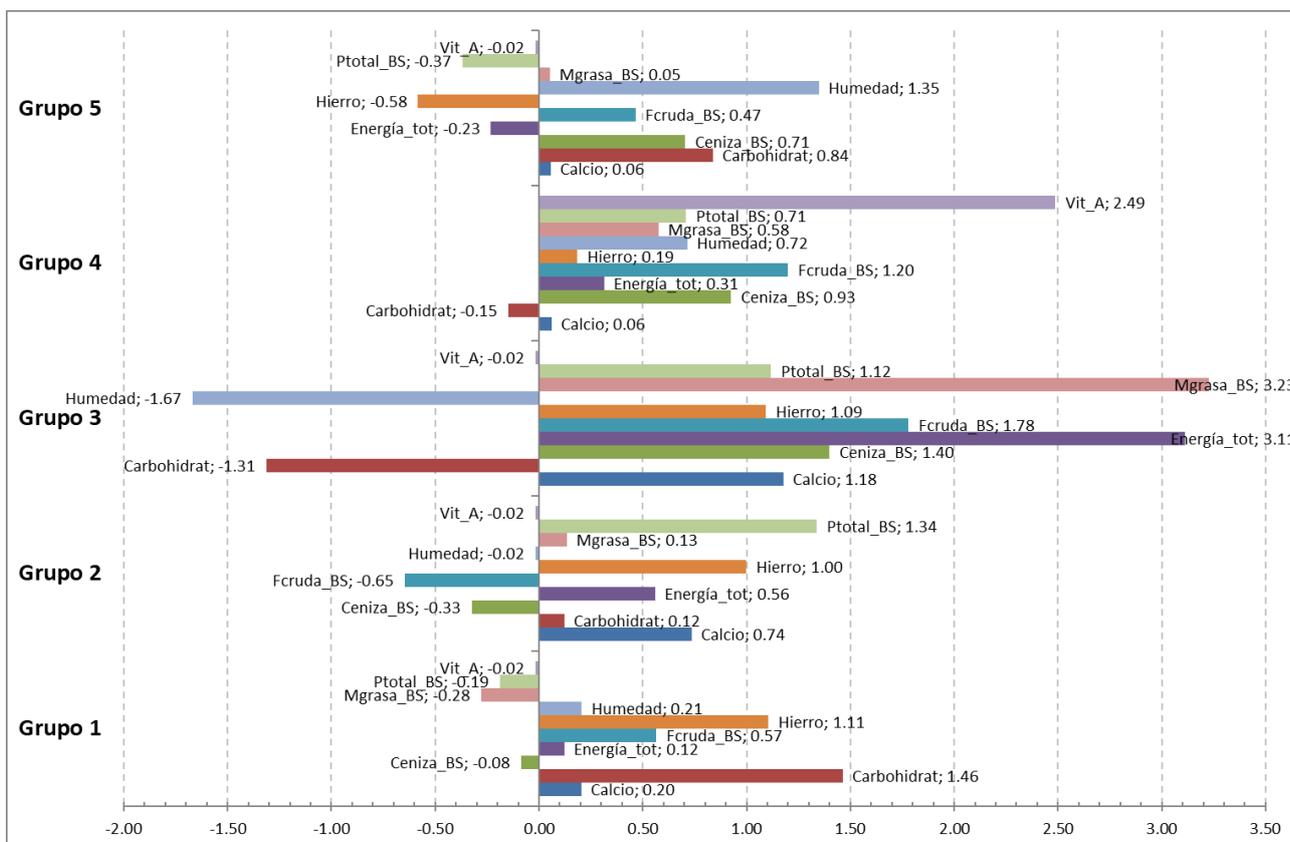


Figura 12: Caracterización química de 25 poblaciones de maíz amiláceo.

Méndez et al. (2005) realizaron un estudio para determinar la composición química de 20 cultivares de maíz (variedades e híbridos) en México, en donde lograron determinar que las mayores humedades del grano la obtuvieron en maíces más blandos, lo que sugiere que el tipo de grano influye significativamente en este carácter. También refieren que la humedad del grano es un carácter de mucha importancia en el cultivo, puesto que si los granos se almacenan por encima de 15% de humedad, pueden crecer hongos y generar pérdidas importantes. Del mismo modo, ellos reportaron mayores valores de contenido proteico en los granos dentados y semidentados, comparados con los granos más duros. En nuestro caso, todos los maíces utilizados fueron variedades de maíz amiláceo (maíces con poca dureza del grano), pero las variedades del grupo 2 (Cullpi-Q, Chullpi-ST), además de ser las que presentaron los valores más altos para la textura del grano, también fueron las que presentaron los valores más altos de proteína total.

La importancia de este tipo de estudios radica en el hecho de que además de tener un grupo de variedades nativas bien caracterizadas desde el punto de vista morfológico, lo cual representa información de gran relevancia para la parte agronómica y para servir de base a los mejoradores de planta, para orientar los procesos de mejoramiento genético con ese grupo de variedades, también se dispone de la caracterización química del conjunto de variedades, lo cual brindará la oportunidad de identificar las variedades de maíz que puedan presentar un mejor aporte energético y nutricional a la población. En este sentido, de las variedades de maíz amiláceo con el mejor desempeño agronómico [Cusqueado-P (G₈), Carhuay-P (G₉), Blanco Gigante (G₁₀), Astilla Amarilla-DH (G₁), Carhuay-Run (G₃), Astilla Blanca-ACP (G₇), Chullpi (G₆), Astilla Blanca-C (G₁₁) y Morocho Rojo Duro-Pi (G₁₈)], las variedades G₉, G₆ y G₁, resultaron con elevados contenidos de hierro y elevado aporte energético. Del mismo modo, los genotipos G₃, G₇ y G₁₁ estuvieron dentro del grupo de variedades que presentaron los niveles más altos de vitamina A, con valores altos también de proteína total, materia grasa, humedad, fibra cruda y cenizas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La caracterización molecular sugirió que los materiales con mayor diversidad genética se encontraron entre la variedad perteneciente a la raza Piscorunto y aquellas agrupadas en la raza San Gerónimo y entre la Piscorunto y Cusco Gigante.

La caracterización morfológica determinó que las variedades de maíz amiláceo Cusqueado-P (G8), Carhuay-P (G9), Blanco Gigante (G10), Astilla Amarilla-DH (G1), Carhuay-Run (G3) y Astilla Blanca-ACP (G7) presentaron las mejores condiciones agronómicas para su producción comercial.

En la caracterización nutricional los 3 primeros componentes principales explicaron 70.9% de la variabilidad fenotípica total de la composición fisicoquímica mostrada por las variedades de maíz amiláceo estudiadas, también permitió identificar las variedades de maíz que puedan presentar un mejor aporte energético y nutricional a la población.

5.2. Recomendaciones

A partir del análisis realizado con los diferentes aspectos involucrados en la realización del trabajo de investigación, se pueden hacer las siguientes recomendaciones.

Con base a los resultados observados con la caracterización molecular, se podría proponer un proceso de filtrado de los marcadores SNPs con base a criterios de calidad, que permitan una mejor distribución de dichos marcadores en el genoma de los materiales analizados y de esa forma poder obtener una mejor separación de los genotipos, que pueda coincidir de mejor manera con la clasificación obtenida vía caracteres morfológicos.

En la caracterización morfológica, debido a la gran cantidad de variables utilizadas, se podría proponer utilizar una metodología que permita seleccionar para el estudio de caracterización sólo aquellos caracteres de planta y de mazorca que más contribuyan a separar las variedades de maíz amiláceo, a fin de lograr una separación bien clara entre el grupo de genotipos estudiados.

En la caracterización nutricional se recomienda incluir la determinación de lisina y triptófano, debido a que son los dos aminoácidos esenciales deficientes en el maíz, pero que podrían existir variedades de maíz amiláceo que presenten aportes importantes de ambos aminoácidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agama-Acevedo, E., Salinas-Moreno, Y., Pacheco-Vargas, G. y Bello-Pérez, L. A. 2011. Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.2 Núm.3 1 de mayo - 30 de junio, 2011 p. 317-329.
- Aldrich, S.R., Scott, W.O. and Leng, E. R. 1975. *Modern corn production* (2nd ed.). A & L. Publications, Champaign, IL 378 p.
- Anderson, E. 1945. What is Zea mays? A report of progress. *Chron. Bot.*, 9: 88-92.
- Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. y López-Romero, G. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 33 (4): 287 – 296.
- Barcaccia G, 2010. Molecular markers for character-izing and conserving crop plant germplasm, pp. 772. In: *Molecular techniques in crop improve-ment*. Mohan Jain S and Brar DS eds. Springer, New York, NY
- Beadle, G.W. 1978. Teosinte and the origin of maize. In D.B. Walden, ed. *Maize breeding and genetics*, p. 113-128. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.
- Carballoso, T. V.; Mejía, C. A.; Balderrama, C. S.; Carballo, C. A. y González, C. F. V. 2000. Divergencia en poblaciones de maíz nativas de Valles Altos de México. *Agrociencia*. 34:167-174.
- Blum, J. (2008), A revisionist model of hospital licensure. *Regulation & Governance*, 2: 48-64. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5991.2007.00027.x>
- Bradbury, P. J., Zhang, Z., Kroon, D. E., Casstevens, T. M., Ramdoss, Y., & Buckler, E. S. (2007). TASSEL: software for association mapping of complex traits in diverse samples. *Bioinformatics*, 23(19), 2633-2635.
- Contreras-Molina, O., Gil-Muñoz, A., López, P. A. Reyes-López, D. y Guerrero-Rodríguez, J.de D. 2016. Caracterización morfológica de maíces nativos de la Sierra Nororiental de Puebla, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.*, 17: 633-3647.

- Crisci, J. y López, F. 2018. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Researchgate. 102 pp. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/44334056>
- Elshire, R. J., Glaubitz, J. C., Sun, Q., Poland, J. A., Kawamoto, K., Buckler, E. S., & Mitchell, S. E. (2011). A robust, simple genotyping-by-sequencing (GBS) approach for high diversity species. *PloS one*, 6(5), e19379.
- Evanno G, Regnaut S, Goudet J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study. *Mol Ecol*. 14(8):2611–2620.
- FAO 1993. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El maíz en la nutrición humana Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°25) ISBN 92-5-303013-5. Roma - Italia.
- Fehr, W. (1991). Principles of Cultivar Development: Theory and Technique. (Vol. 1). Macmillan Publishing Company. Iowa State University, Ames, Iowa USA. Disponible en: https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=agron_books.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2019. Base de datos de producción agropecuaria FAOSTAT. Disponible en <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
- Fuentes, S. 2011. Análisis conglomerado. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Madrid, España. 82 p. Disponible en: http://www.estadistica.net/Master-Econometria/Analisis_Cluster.pdf.
- Pedro J. García Mendoza, Iris B. Pérez Almeida, Gino P. Prieto Rosales, Darío Medina Castro, Damian Manayay, Juan C. Ricse Nestares, Ronald Ortecho Llanos, Alicia Medina Hoyos. "Genotype by environment interaction and productive potential of 25 starch maize assessed at the Tayacaja Province, Peru. *BIOAGRO*, vol. 33, no. 2, Aug. 2021, pp. 67. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85106888225&origin=inward&txGid=457d22ad6f7d45c6bdacceb82acbdba7>

- García Mendoza, P. J. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista De Investigaciones De La Universidad Le Cordon Bleu*, 4(2), 73-79. Recuperado a partir de <http://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/article/view/65>.
- Gil, M. A., López, P. A., Muñoz, A. y López, H. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de Puebla, México: diversidad y utilización. In: *Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales*. J L Chávez-Servia, J Tuxill y D I Jarvis (eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp:18-25. Disponible en: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Manejo_de_la_diversidad_de_los_cultivos_en_los_agroecosistemas_tradicionales_1068.pdf.
- González, E. G. 2003. Microsatélites: sus aplicaciones en la conservación de la biodiversidad. *Graellsia* 59(2-3):377-388. Disponible en: <http://graellsia.revistas.csic.es/index.php/graellsia/article/view/253/253>.
- Guacho A., E. F. 2014. Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo. Presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Hallauer, A. R., Carena, M. J. y Miranda Filho, J. B. 2010. *Quantitative genetics in maize breeding*. 3rd. Ed., London, Springer. 663 p.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) 1991. *Descriptors for Maize*. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome. 88 p.
- Jiao, Y., Peluso, P., Shi, J., Liang, T., Stitzer, M. C., Wang, B., ... & Guill, K. (2017). Improved maize reference genome with single-molecule technologies. *Nature*, 546(7659), 524-527.
- Kashiani P, Saleh G, 2010. Estimation of genetic correlations on sweet corn inbred lines using SAS. mixed model. *Am J Agric Biol Sci* 5(3): 309-314.

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.916.6498&rep=rep1&type=pdf>

Kashiani P, Saleh G, Osman M, Habibi D, 2011. Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semi-arid climatic condition. *Afr J Agric Res* 6(4): 1032-1040. https://academicjournals.org/article/article1380897641_Kashiani%20et%20al.pdf

Kashiani, P., Saleh, G., Panandam, J. M., Psyquay A., N. A. and Selamat, A. 2012. Molecular characterization of tropical sweet corn inbred lines using microsatellite markers. *Maydica* 57(2): 154 – 163. <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/703/639>

Liu, B.H. 1998. *Statistical genomics: linkage, mapping and QTL analysis*. 611 p. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Macuri Núñez Edwin Raúl. (2016). “Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (*Zea mays* L) en la sierra baja y media del Perú” (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

Mangelsdorf, P.C. 1986. The origin of corn. *Sci. Am.*, 255(2): 72-78.

Mangelsdorf, P.C. & Reeves, R.G. 1959. The origin of corn. III. Modern races, the product of teosinte introgression. *Bot. Mus. Leafl. Harv. Univ.*, 18: 389-411.

Mathias R., M., Sagredo D., B. y Kalazich B., J. 2007. Uso de marcadores SSR para identificación de germoplasma de papa en el programa de mejoramiento de INIA de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 67(1):3-15. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/agrtec/v67n1/at01.pdf>.

Méndez-Montevalvo, G., Solorza-Feria, J., Velázquez del Valle, M., Gómez-Montiel, N., Paredes-López, O. y Bello-Pérez, L. 2005. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia* 39: 267-274. Disponible en: <https://www.agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/download/390/390>

MINAM. 2014. Razas de maíz del Perú. Mapa de maíces elaborado por el Ministerio del Ambiente con base a la información proporcionada por el Programa

Cooperativo de Investigación en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Incluye colectas de maíz realizadas desde 1952 a 1989, en las 24 regiones o departamentos y 118 provincias. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/razasmaizperu.pdf>.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 2012. El Maíz Amiláceo. Principales aspectos de la cadena agroproductiva. Dirección General de Competitividad Agraria. Dirección de Información Agraria. Jr. Yauyos 258- Lima. 38 p.

Miranda Calero Samantha, Esquivel Quezada Jorge, Ruíz Urbina Juan y Rivers Carcache Ena. (2015). Análisis proximal de granos de arroz, frijol, maíz y café comercializados en el mercado Roberto Huembes de Managua. Laboratorio de Biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Revista Universidad y Ciencia. 8(13) septiembre-diciembre, pp. 41-46. Disponible en: <https://www.lamjol.info/index.php/UYC/article/view/4560/4276>.

Mullis, K., Faloona, F., Scharf, S., Saiki, R., Horn, G. y Erlich, H. 1986. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: The polymerase chain reaction. Cold Spring Harbor Symp Quant Biol 51:263–273. Disponible en: <http://symposium.cshlp.org/content/51/263.extract>

Narváez-González, E. D., Figueroa Cárdenas, J.D.D., Taba, S., Tostado, E.C., Peniche, R. A. M. and Sánchez, F. R. 2006. Relationship between the microstructure, physical features, and chemical composition of different maize accessions from Latin America. Cereal Chemistry, 83(6): 595–604.

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Nacionales (ONERN). 1984. Inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona Alto Andina del Perú: Reconocimiento, Departamento de Huancavelica. Vol. II. Lima, Perú.

Onderdonk, J.J. & Ketcheson, J.W. 1972. A standardization of terminology for the morphological description of corn seedlings. Can. J. Plant Sci., 52: 1003-1006.

- Paliwal, R. L. 2001. En: El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Paliwal, R. L.; G. Granados; H. R. Laffite; A. D. Violic (Edes.). FAO, CIMMYT. Roma, 2001. Disponible en: <http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s00.htm#toc>.
- Paliwal, R. L. 2001. Producción de semillas. En: El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Paliwal, R. L.; G. Granados; H. R. Laffite; A. D. Violic (Edes.). FAO, CIMMYT. Roma, 2001. Disponible en: <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-maiz-en-los-tropicos.pdf>.
- Paliwal, R.L., and E.W. Sprague. 1981. Improving adaptation and yield dependability in maize in the developing world. CIMMYT, Elbatan, Mexico. 17 p. Disponible en: <http://libcatalog.cimmyt.org/Download/cim/13186.pdf>.
- Quispe J., F. Arroyo C., K. y Gorriti G., A. 2011. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa – Perú. Rev Soc Quím Perú. 77 (3):205 – 217. Rev. Mex. Cienc. Agríc., 2(3): 317-329.
- Revilla, P. and Tracy, W.F. 1995. Morphological Characterization and Classification of Open-pollinated Sweet Corn Cultivars. J. AMER. SOC. HORT. SCI. 120(1):112-118.
- Ríos T., J. 2015. Caracterización morfológica de cultivares de maíz amiláceo (*Zea mays* L) en condiciones agroecológicas de Quisca - Ambo 2013. Tesis presentada para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán-Huánuco.
- Rocandio-Rodríguez, M., Santacruz-Varela¹, A., Córdova-Téllez, L., López-Sánchez, H., Castillo-González, F., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J. y Ortega-Paczka, R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. Rev. Fitotec. Mex., 37 (4): 351 – 361.
- Rodríguez, W. 2001. El análisis de componentes principales: un estudio de sus múltiples posibilidades en las geociencias. Memorias GEOMIN 2001, La Habana, 19-23 de marzo. ISBN 959-7117-10-X. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Willy-Rodriguez->

4/publication/343686534_EL_ANALISIS_DE_COMPONENTES_PRINCIPALES_UN_ESTUDIO_DE_SUS_MULTIPLES_POSIBILIDADES_EN_LAS_GEOCIENCIAS/links/5f39bc3fa6fdcccc43cfb8f5/EL-ANALISIS-DE-COMPONENTES-PRINCIPALES-UN-ESTUDIO-DE-SUS-MULTIPLES-POSIBILIDADES-EN-LAS-GEOCIENCIAS.pdf

Ruiz, C., J. Cotrina, , y J. De Neef, 2010. Manejo tecnificado del cultivo de maíz en la Sierra. Programa de Desarrollo Rural Sostenible – Cajamarca. MINAGRI. Manual. 24 p. Disponible en: http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/Manual_Manejo_tecnificado_del_cultivo_de_ma_z.pdf.

Salhuana, W. 2004. Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú. En: Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). UNALM. Lima-Perú. p. 204-251.

Salinas, Y., Aragón C., F., Ybarra M., C., Aguilar V., J., Altunar L., B. y Sosa M., E. 2013. Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36 (1): 23 – 31. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n1/v36n1a3.pdf>

SENAMHI / DRD (2021). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) Dirección de Redes de Observación y Datos (DRD). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Simpson J. 1997. Molecular markers. Bol. Soc. Bot. Méx. 60:73-76. Disponible en: <http://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/1521/1171>.

Srdić J, Nikolic´ A, Pajic´ Z, Drinic´ SM, Filipovic´ M, 2011a. Genetic similarity of sweet corn inbred lines in correlation with heterosis. Maydica 56(3): 251-256.

Steel, R. G. D. Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. Traducido por, Ricardo Martínez B, Revisión técnica Jesús María Castaño. 2da. Edición, Publisher, McGraw-Hill, 1996. México, D. F. 622 p.

Tautz D. 1989. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers. Nucleic Acids Research 17: 6463-6471.

Disponible en: <https://academic.oup.com/nar/article-abstract/17/16/6463/1074659?redirectedFrom=fulltext>.

Varshney RK, Hoisington DA, Tyagi AK, 2006. Advances in cereal genomics and applications in crop breeding. *Trends Biotechnol* 24(11): 490-499.

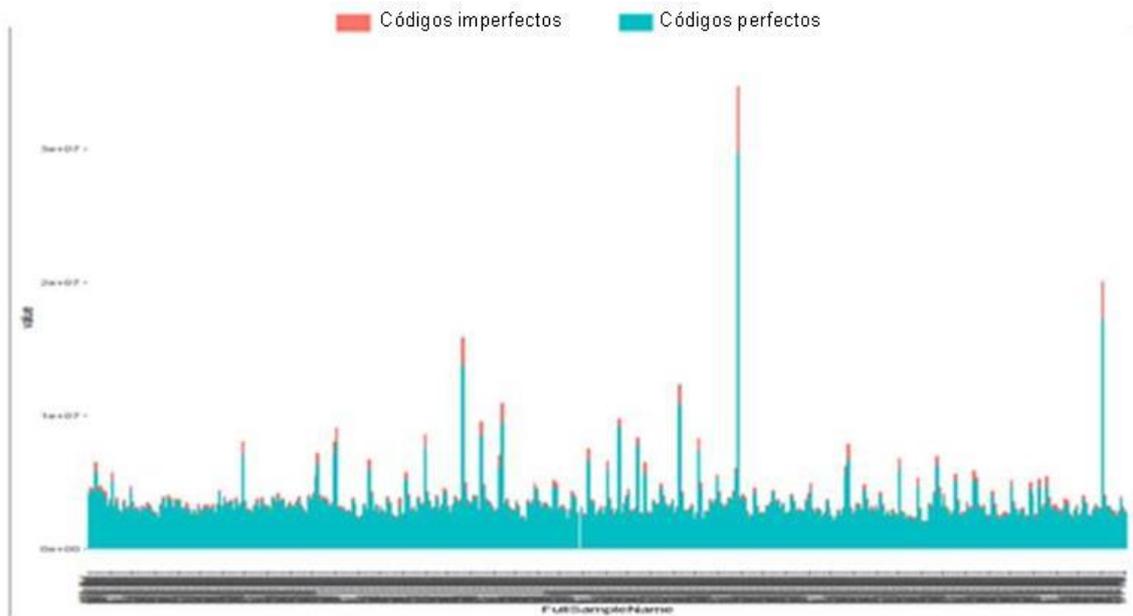
Xu Y, 2010. *Molecular plant breeding*. CAB International, Oxfordshire, UK

Yopez C., E. 2011. Caracterización morfológica y evaluación fenológica de sesenta y cinco entradas de maíz (*Zea mays* L.) del banco de germoplasma del CICA -K'ayra- Cusco. Trabajo de Tesis presentada para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

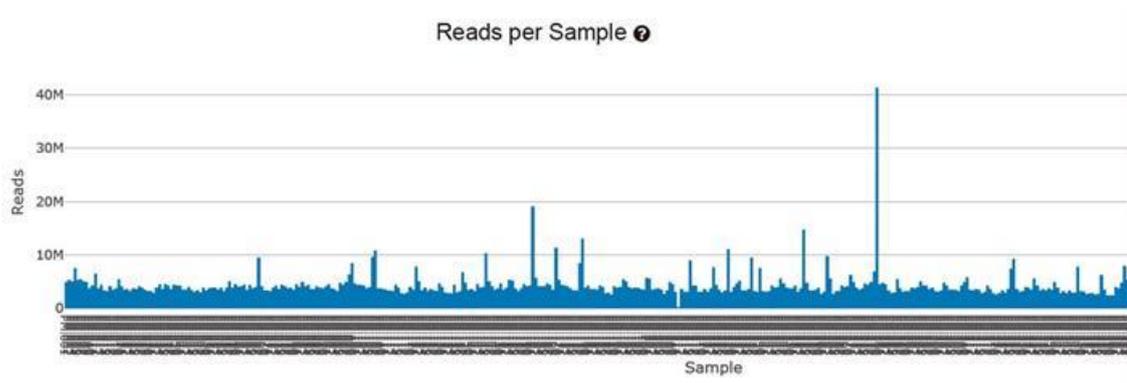
Zuliani, P., Bramardi, S. J., Lavalle, A. y Defacio, R. 2012. Caracterización de poblaciones nativas de maíz mediante análisis de procrustes generalizado y análisis factorial múltiple. *Rev. FCA UNCUYO*.. 44(1): 49-64.

ANEXOS

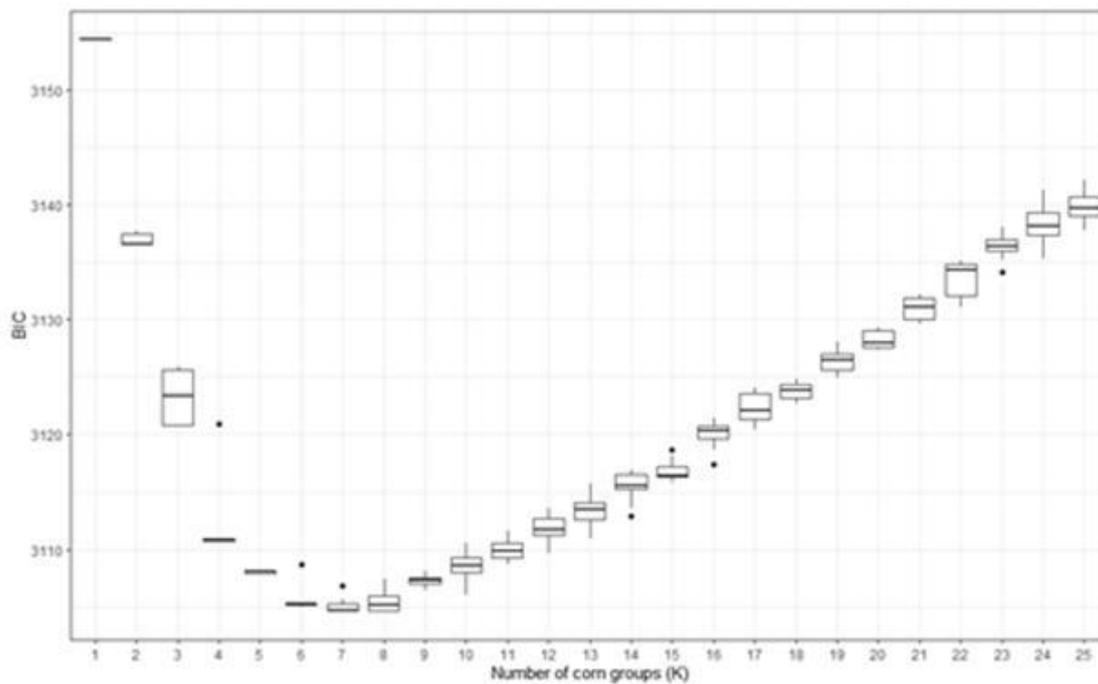
Control de calidad de datos GBS de maíz amiláceo



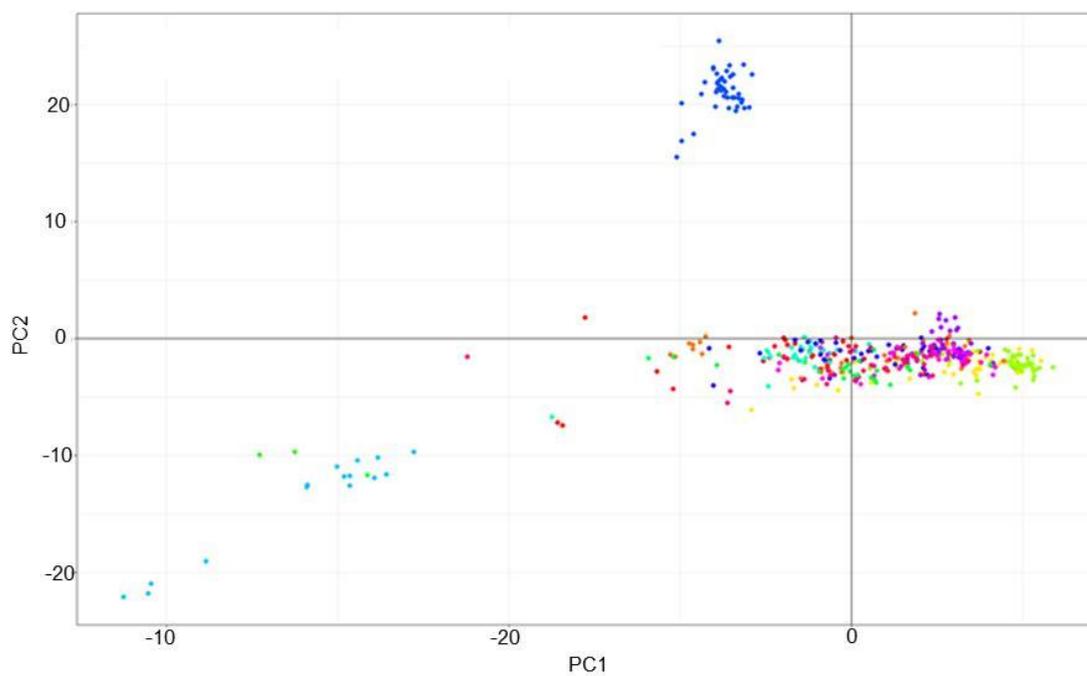
Cantidad de lecturas obtenidas por muestra analizada



Número de razas resultantes del análisis.



Análisis de componentes principales



ANEXO 02: Caracterización morfológica

Medias ajustadas de la unidad de producción agrícola del Sr. Adalberto Ega, Anexo Rundo (Beto)

Loc	Variedad	Rend	PT	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	MzT	Prol	TGr	MPP
Beto	AB-Cusq-C	5.170	43	113	120	6	211	107	0.51	1.6	31.7	33.3	2.7	3.0	44.3	1.0	33.6	5.4
Beto	AB-DH	3.672	37	107	112	5	197	87	0.44	0.3	19.9	20.1	2.8	2.8	35.9	1.0	36.4	4.4
Beto	AB-P	5.960	45	106	110	5	194	92	0.47	5.2	24.1	29.3	2.7	2.3	45.7	1.0	35.8	1.3
Beto	AB-ST	4.400	37	112	119	7	207	103	0.50	5.5	18.2	23.7	2.7	3.0	42.6	1.1	27.0	2.8
Beto	Aim-ST	4.830	43	115	122	7	219	109	0.50	4.9	5.9	10.8	3.0	3.1	52.5	1.2	35.5	2.1
Beto	AM-DH	5.101	39	107	114	7	210	95	0.45	4.1	12.1	16.2	2.8	2.8	41.4	1.0	39.4	0.0
Beto	BG-P	6.240	40	114	117	3	206	94	0.46	5.8	23.6	29.5	2.3	2.5	49.2	1.2	31.8	0.0
Beto	Bol-Q	4.126	41	108	115	7	206	92	0.44	1.7	24.1	25.9	2.8	3.3	39.1	1.0	45.1	0.9
Beto	Car-P	5.170	45	108	114	6	194	89	0.46	3.7	32.9	36.6	2.8	2.8	46.3	1.0	34.1	2.0
Beto	Car-Pi	4.034	40	109	115	6	199	87	0.43	4.3	15.6	20.0	2.8	3.1	42.7	1.1	33.4	0.8
Beto	Car-Q	4.705	38	107	114	7	189	83	0.44	18.8	23.0	41.9	2.5	2.8	39.2	1.0	35.1	3.4
Beto	Car-Run	4.131	43	114	120	6	189	84	0.44	1.7	23.5	25.2	2.5	3.0	43.4	1.0	32.0	4.0
Beto	Chu-AB-ST	3.118	40	132	144	11	223	127	0.56	0.1	6.4	6.5	2.7	2.8	42.7	1.1	62.2	1.5
Beto	Chu-Q	4.747	36	124	133	9	214	114	0.53	6.5	12.0	18.5	2.8	3.0	50.4	1.4	62.3	0.6
Beto	Cusq-P	6.565	41	111	116	5	197	89	0.45	5.6	22.9	28.5	2.5	2.7	53.6	1.3	29.7	1.3
Beto	Hua-Pi	4.605	46	110	118	8	195	90	0.46	2.8	25.6	28.4	3.0	2.6	43.8	1.0	35.7	1.6
Beto	MD-Pi	4.221	43	115	121	6	193	95	0.50	3.7	23.4	27.1	3.2	2.8	45.6	1.1	56.7	1.4
Beto	MM-Pi	3.380	34	121	126	6	202	108	0.53	4.0	30.3	34.2	3.2	3.0	39.1	1.1	37.3	0.8
Beto	MRD-Pi	4.529	43	117	124	7	214	116	0.54	2.0	15.9	17.9	3.0	2.7	53.2	1.2	38.8	1.3
Beto	Pist-Pi	4.006	43	115	121	6	206	103	0.50	1.6	20.2	21.7	3.0	3.0	41.6	1.0	26.8	1.6
Beto	PO-Pi	4.687	46	116	123	8	204	101	0.49	1.6	23.1	24.7	2.7	2.5	44.7	1.0	33.9	0.0
Beto	PR-Pi	4.692	47	114	121	6	195	96	0.49	5.0	21.9	26.9	2.8	2.8	45.4	1.0	30.0	0.7
Beto	T1	4.571	33	117	121	4	210	111	0.52	14.2	30.6	44.8	3.0	3.0	40.5	1.2	45.9	3.3
Beto	T2	5.112	37	120	125	5	222	115	0.52	10.8	20.4	31.2	2.7	3.3	40.2	1.1	31.8	2.6
Beto	T3	3.747	33	123	128	6	215	116	0.54	5.1	25.4	30.5	3.5	2.5	41.1	1.3	36.0	0.0

Continuación

Loc	Variedad	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr
Beto	AB-Cusq-C	0.84	52.5	10.4	7.1	2.5	2.3	12.2	20.6	18.9	33.2	16.0	14.0	173.7	0.582
Beto	AB-DH	0.83	46.8	10.6	5.0	2.0	1.5	10.0	20.5	19.6	33.2	15.2	13.3	159.7	0.531
Beto	AB-P	0.86	46.3	9.9	5.7	2.1	1.8	12.9	20.6	18.5	30.9	16.1	13.4	180.1	0.600
Beto	AB-ST	0.81	44.5	10.7	4.7	2.3	1.2	8.8	20.7	17.9	32.1	14.5	12.8	194.8	0.648
Beto	Aim-ST	0.79	40.7	10.1	4.6	1.9	1.4	8.9	18.9	17.7	30.7	14.1	12.5	200.8	0.672
Beto	AM-DH	0.82	40.4	10.7	5.4	2.0	1.7	10.3	19.8	19.4	33.2	15.6	13.3	184.1	0.612
Beto	BG-P	0.80	48.2	12.1	5.3	2.9	1.2	8.1	21.5	18.3	31.9	13.2	13.0	247.6	0.824
Beto	Bol-Q	0.82	35.9	11.2	4.9	2.2	1.3	9.8	20.0	20.6	35.3	13.1	13.3	185.6	0.620
Beto	Car-P	0.80	39.4	9.6	5.1	2.1	1.5	12.1	19.2	17.2	32.1	16.1	13.0	139.1	0.464
Beto	Car-Pi	0.78	42.9	9.4	5.1	2.1	1.5	10.1	17.5	17.8	31.6	15.3	12.6	174.1	0.580
Beto	Car-Q	0.81	40.5	9.7	5.2	2.3	1.5	11.6	19.9	18.1	32.3	15.9	12.8	151.9	0.509
Beto	Car-Run	0.86	49.1	8.9	5.2	2.3	1.4	12.3	19.8	16.2	29.9	16.6	12.9	146.9	0.494
Beto	Chu-AB-ST	0.78	52.7	9.7	4.8	2.5	1.1	16.2	23.0	17.3	31.3	18.9	14.2	83.8	0.278
Beto	Chu-Q	0.79	34.9	9.6	4.6	2.8	0.9	16.8	23.8	19.7	31.3	17.0	14.2	90.6	0.301
Beto	Cusq-P	0.81	44.0	11.3	5.1	2.8	1.2	8.5	19.3	19.3	30.1	13.6	12.7	217.9	0.725
Beto	Hua-Pi	0.79	35.0	9.2	4.8	2.0	1.4	10.1	17.6	18.0	33.0	16.3	12.8	174.8	0.586
Beto	MD-Pi	0.80	34.5	10.3	4.1	2.1	1.0	9.1	19.1	17.2	31.4	14.7	12.3	166.1	0.554
Beto	MM-Pi	0.77	28.3	11.7	4.0	2.5	0.7	10.1	23.1	16.6	30.4	15.0	12.7	123.2	0.413
Beto	MRD-Pi	0.81	47.0	11.8	4.3	2.2	1.0	10.2	21.4	17.1	33.3	18.4	13.6	145.2	0.482
Beto	Pist-Pi	0.77	41.8	10.1	4.9	2.2	1.4	10.9	20.2	17.7	32.8	16.5	13.3	160.2	0.537
Beto	PO-Pi	0.82	41.3	9.5	4.8	2.1	1.3	10.5	18.6	18.0	32.0	15.0	12.6	150.2	0.503
Beto	PR-Pi	0.76	39.2	9.3	4.9	2.1	1.4	10.7	18.3	17.2	33.5	14.9	12.8	133.3	0.444
Beto	T1	0.80	38.0	15.3	5.0	3.2	0.9	11.7	26.3	21.7	35.0	8.8	14.2	161.5	0.538
Beto	T2	0.81	41.4	11.9	4.6	2.6	1.0	8.5	19.9	20.0	32.9	14.0	13.0	179.1	0.600
Beto	T3	0.80	34.3	12.8	4.0	2.7	0.7	10.3	22.8	15.0	33.8	15.6	13.2	104.6	0.350

Medias ajustadas de la unidad de producción agrícola del Instituto Tecnológico (Colcabamba)

Loc	Variedad	Rend	PT	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	MzT	Prol	TGr	MPP
Colcabamba	AB-Cusq-C	3.070	34	102	110	8	261	153	0.59	10.7	8.0	18.7	2.7	3.0	24.0	0.8	31.3	22.3
Colcabamba	AB-DH	4.176	43	98	106	8	246	130	0.53	6.3	0.1	6.4	2.0	3.0	36.4	0.9	26.4	27.7
Colcabamba	AB-P	3.255	38	97	104	7	237	135	0.57	5.9	6.4	12.3	2.9	3.0	28.1	0.7	25.9	14.7
Colcabamba	AB-ST	2.896	35	103	110	7	253	139	0.55	7.2	1.1	8.3	2.3	3.0	26.7	0.8	32.3	22.8
Colcabamba	Aim-ST	3.536	39	104	113	9	269	159	0.59	6.9	0.9	7.8	2.7	2.8	33.1	0.9	34.0	16.8
Colcabamba	AM-DH	3.366	36	100	107	7	224	119	0.53	3.5	5.0	8.5	3.0	2.8	29.0	0.8	35.1	27.0
Colcabamba	BG-P	3.043	34	102	108	5	246	130	0.53	6.8	9.4	16.2	2.6	3.3	26.3	0.8	26.5	27.2
Colcabamba	Bol-Q	3.297	37	97	106	8	246	134	0.54	4.1	6.8	10.8	3.0	3.2	29.5	0.8	45.7	25.3
Colcabamba	Car-P	2.851	28	97	103	6	241	126	0.52	13.5	7.8	21.3	2.7	3.0	24.0	1.0	27.6	22.0
Colcabamba	Car-Pi	2.570	43	101	109	8	245	134	0.54	19.6	0.0	19.6	3.0	3.3	26.7	0.6	33.1	25.1
Colcabamba	Car-Q	2.624	40	97	108	11	240	130	0.54	5.8	0.8	6.6	3.0	3.2	27.9	0.7	31.1	22.8
Colcabamba	Car-Run	3.179	42	103	110	8	228	121	0.53	7.0	2.3	9.3	2.7	3.0	30.3	0.7	29.4	29.6
Colcabamba	Chu-AB-ST	3.216	34	115	130	15	276	182	0.66	24.6	5.5	30.1	2.6	2.8	32.0	1.0	69.8	14.9
Colcabamba	Chu-Q	5.134	42	110	117	7	258	158	0.61	33.1	3.3	36.4	2.6	2.7	49.3	1.2	73.5	8.6
Colcabamba	Cusq-P	3.460	38	101	109	8	247	135	0.54	9.5	5.1	14.7	2.3	3.2	32.4	0.9	29.7	25.7
Colcabamba	Hua-Pi	2.601	33	100	109	9	234	127	0.54	11.3	2.4	13.7	3.0	3.0	23.2	0.7	35.4	18.4
Colcabamba	MD-Pi	4.123	41	101	107	6	248	145	0.58	11.0	0.2	11.2	2.7	3.0	33.3	0.8	62.4	9.0
Colcabamba	MM-Pi	4.669	43	108	113	4	269	164	0.61	7.2	13.3	20.6	2.0	2.7	51.9	1.2	40.2	4.2
Colcabamba	MRD-Pi	5.685	45	107	111	4	268	156	0.58	15.4	5.3	20.7	2.0	2.5	43.4	1.0	40.3	7.2
Colcabamba	Pist-Pi	3.557	41	101	109	8	247	141	0.57	10.6	0.0	10.6	2.7	2.8	32.9	0.8	31.8	13.5
Colcabamba	PO-Pi	3.556	39	102	109	7	255	150	0.59	6.5	0.9	7.3	3.3	3.0	32.5	0.9	36.3	15.1
Colcabamba	PR-Pi	3.852	37	101	109	8	249	141	0.56	11.3	5.0	16.3	2.6	3.0	32.4	0.9	33.5	10.6
Colcabamba	T1	2.949	34	105	110	5	269	154	0.58	41.9	9.9	51.8	2.0	2.5	29.5	0.9	48.9	9.6
Colcabamba	T2	3.599	32	108	112	4	268	152	0.57	18.1	15.5	33.6	2.6	2.8	28.5	0.9	37.1	15.2
Colcabamba	T3	4.857	36	108	115	6	289	175	0.60	13.8	7.3	21.1	2.3	2.7	38.9	1.1	39.1	5.6

Continuación

Loc	Variedad	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr
Colcabamba	AB-Cusq-C	0.78	50.0	9.3	5.8	2.4	3.3	11.6	19.4	30.2	32.6	14.8	4.3	192.4	0.642
Colcabamba	AB-DH	0.82	45.6	9.6	5.5	1.7	3.8	10.4	20.4	21.6	33.8	15.5	5.6	191.9	0.641
Colcabamba	AB-P	0.82	39.0	8.4	5.6	1.8	3.8	13.0	18.4	23.0	30.8	14.9	3.6	157.7	0.526
Colcabamba	AB-ST	0.80	46.6	10.0	5.2	1.8	3.4	9.5	20.4	23.7	36.0	13.8	4.6	191.4	0.637
Colcabamba	Aim-ST	0.83	43.7	9.5	4.8	1.7	3.1	8.9	19.8	23.3	34.3	14.2	5.6	214.7	0.717
Colcabamba	AM-DH	0.82	42.2	9.2	5.3	2.1	3.2	10.3	19.5	24.3	35.0	13.7	4.1	198.2	0.661
Colcabamba	BG-P	0.82	47.0	10.3	5.5	2.5	3.0	8.0	20.7	20.7	34.2	14.2	4.7	246.6	0.822
Colcabamba	Bol-Q	0.81	33.3	10.1	4.9	2.1	2.8	10.0	19.1	22.9	33.5	13.8	4.0	226.2	0.754
Colcabamba	Car-P	0.85	39.5	8.7	5.5	1.8	3.7	12.5	19.3	23.9	32.9	15.5	4.2	159.7	0.532
Colcabamba	Car-Pi	0.84	47.4	9.0	5.2	2.0	3.2	10.1	19.3	24.4	34.8	14.4	4.1	190.3	0.633
Colcabamba	Car-Q	0.82	42.5	8.2	5.4	2.3	3.1	11.4	18.4	22.8	34.2	14.6	4.8	188.2	0.628
Colcabamba	Car-Run	0.75	38.3	8.2	5.6	2.0	3.6	11.3	18.1	21.3	32.6	15.2	4.2	191.4	0.640
Colcabamba	Chu-AB-ST	0.76	47.0	8.1	4.9	2.2	2.7	16.1	21.2	19.8	32.7	20.8	6.0	105.6	0.348
Colcabamba	Chu-Q	0.80	39.3	8.9	5.3	2.6	2.7	17.9	22.0	21.4	33.8	19.1	3.5	97.9	0.327
Colcabamba	Cusq-P	0.72	42.5	10.6	5.4	2.3	3.1	8.2	20.7	22.6	33.6	13.2	4.0	238.7	0.795
Colcabamba	Hua-Pi	0.80	39.1	8.4	5.3	1.9	3.5	9.6	18.1	24.5	33.5	13.3	4.7	192.3	0.640
Colcabamba	MD-Pi	0.89	40.1	9.8	4.5	1.8	2.7	9.1	19.4	22.5	35.0	13.7	4.6	232.3	0.772
Colcabamba	MM-Pi	0.79	37.3	12.0	4.3	2.3	1.9	10.1	23.6	21.6	33.5	14.9	4.3	143.3	0.477
Colcabamba	MRD-Pi	0.83	43.1	12.4	4.8	2.1	2.6	10.4	22.6	22.6	35.4	17.9	6.7	194.5	0.650
Colcabamba	Pist-Pi	0.76	39.5	9.7	5.2	2.0	3.2	10.8	19.6	21.7	34.9	16.6	4.9	192.0	0.640
Colcabamba	PO-Pi	0.81	42.6	9.1	5.1	2.0	3.1	10.8	19.0	20.4	35.0	18.3	5.3	157.3	0.526
Colcabamba	PR-Pi	0.77	37.8	9.1	5.0	2.0	3.0	10.3	18.1	22.5	34.5	15.0	4.5	155.5	0.519
Colcabamba	T1	0.86	44.6	13.2	5.0	2.7	2.2	11.1	24.2	25.5	37.4	11.6	2.5	152.5	0.507
Colcabamba	T2	0.78	48.3	12.0	5.1	2.5	2.6	8.3	21.6	23.3	35.7	13.3	4.3	305.2	1.020
Colcabamba	T3	0.78	36.0	13.1	4.5	2.6	1.9	10.7	24.9	21.8	35.6	18.0	5.8	143.2	0.477

**Medias ajustadas de la unidad de producción agrícola del Sr. Clímaco
Culcapuza, El Rosario. Centro Poblado Mantacra (Mantacra)**

Loc	Variedad	Rend	PT	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	MzT	Prol	TGr	MPP
Mantacra	AB-Cusq-C	5.337	46	83	95	12	212	126	0.59	9.3	7.3	16.7	2.8	3.3	59.5	1.3	37.6	52.6
Mantacra	AB-DH	3.909	47	80	90	10	190	103	0.54	7.9	2.4	10.2	2.7	3.5	40.7	0.9	35.2	56.9
Mantacra	AB-P	4.049	47	81	91	10	184	100	0.55	8.4	4.2	12.6	3.0	3.7	41.3	0.9	40.2	65.5
Mantacra	AB-ST	3.063	44	82	93	10	196	110	0.56	13.4	6.5	20.0	3.2	3.3	39.1	0.9	33.1	57.9
Mantacra	Aim-ST	3.342	45	87	97	10	213	118	0.55	20.2	3.9	24.1	3.2	3.2	44.3	1.0	39.0	43.6
Mantacra	AM-DH	3.088	48	81	91	10	184	101	0.55	4.8	4.2	9.1	2.7	3.5	38.4	0.8	35.8	46.0
Mantacra	BG-P	6.013	47	80	93	12	207	111	0.54	20.6	3.6	24.2	3.0	3.3	47.3	1.0	28.7	56.3
Mantacra	Bol-Q	2.979	43	82	91	10	182	101	0.55	8.0	0.9	8.9	3.0	3.5	48.0	1.1	32.2	53.8
Mantacra	Car-P	5.764	46	81	88	7	194	107	0.56	20.4	5.1	25.5	3.3	3.8	46.1	1.0	36.9	64.9
Mantacra	Car-Pi	2.607	42	83	93	10	188	104	0.55	15.4	5.4	20.7	3.3	3.1	30.9	0.7	37.7	50.7
Mantacra	Car-Q	3.493	48	79	92	13	199	111	0.56	6.9	3.1	10.0	3.0	3.3	43.6	0.9	43.5	58.0
Mantacra	Car-Run	4.756	43	86	97	10	182	101	0.56	2.8	1.5	4.3	2.8	3.5	42.7	1.0	34.7	45.2
Mantacra	Chu-AB-ST	2.790	44	103	116	13	254	157	0.62	44.6	2.3	46.9	3.5	3.3	36.7	0.8	75.9	53.0
Mantacra	Chu-Q	3.692	41	91	106	15	218	133	0.61	41.4	6.0	47.4	3.3	3.3	46.2	1.1	81.8	43.2
Mantacra	Cusq-P	5.451	43	81	91	10	204	112	0.55	28.8	0.7	29.4	3.3	3.3	54.6	1.3	30.5	55.7
Mantacra	Hua-Pi	3.513	50	80	91	11	186	102	0.55	18.1	3.0	21.1	3.3	3.3	41.9	0.8	28.2	51.6
Mantacra	MD-Pi	4.604	53	83	94	11	191	109	0.57	16.7	5.4	22.2	3.0	3.2	56.8	1.1	78.0	35.1
Mantacra	MM-Pi	6.623	43	87	94	7	226	133	0.59	16.8	6.3	23.1	3.5	2.5	54.7	1.3	55.6	14.4
Mantacra	MRD-Pi	5.396	50	85	96	11	219	127	0.58	14.3	5.8	20.1	3.2	2.5	58.7	1.2	43.4	29.5
Mantacra	Pist-Pi	3.287	40	84	94	9	194	115	0.60	19.1	4.1	23.1	3.2	3.5	40.7	1.0	40.0	60.4
Mantacra	PO-Pi	3.605	42	85	93	8	207	122	0.59	32.7	3.0	35.7	3.5	3.2	44.7	1.1	39.0	34.1
Mantacra	PR-Pi	3.669	45	82	93	10	195	111	0.57	5.7	4.3	10.1	2.8	3.0	38.5	0.9	37.2	35.8
Mantacra	T1	6.699	44	83	91	8	227	129	0.56	43.6	0.8	44.4	3.5	2.8	41.7	1.0	60.0	38.5
Mantacra	T2	6.014	48	83	94	11	220	121	0.55	40.2	4.5	44.7	3.3	3.0	46.2	1.0	28.3	45.2
Mantacra	T3	6.247	42	86	96	10	223	127	0.57	31.4	3.5	34.9	3.2	2.0	48.3	1.1	59.4	11.5

Continuación

Loc	Variedad	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr
Mantacra	AB-Cusq-C	0.88	32.2	11.3	5.8	2.6	3.2	11.8	19.1	21.2	34.1	14.9	4.1	185.7	0.619
Mantacra	AB-DH	0.79	26.2	11.4	5.4	2.1	3.3	9.8	20.8	21.7	33.5	14.8	4.5	183.3	0.610
Mantacra	AB-P	0.93	37.2	10.5	5.9	2.3	3.6	11.9	21.1	21.6	33.2	14.3	4.6	166.4	0.556
Mantacra	AB-ST	0.86	29.1	11.3	5.0	1.9	3.1	8.3	20.7	21.3	33.5	13.7	4.6	199.6	0.667
Mantacra	Aim-ST	0.91	39.4	10.9	4.9	1.9	3.0	8.9	19.8	21.0	34.6	15.1	4.6	200.0	0.666
Mantacra	AM-DH	0.80	32.6	10.4	5.4	2.1	3.3	9.6	20.2	20.2	33.8	13.6	4.2	173.4	0.578
Mantacra	BG-P	0.90	42.4	13.6	6.0	2.9	3.1	8.3	23.6	20.0	33.9	12.8	4.6	288.4	0.964
Mantacra	Bol-Q	0.78	31.5	12.0	4.8	2.4	2.4	9.6	21.1	22.8	34.4	14.6	4.7	172.9	0.574
Mantacra	Car-P	0.85	24.0	11.1	5.7	2.4	3.3	11.7	21.7	20.9	33.3	13.5	4.4	158.8	0.531
Mantacra	Car-Pi	0.81	27.6	10.4	5.1	2.3	2.9	9.8	19.8	19.7	34.2	13.8	4.5	180.4	0.602
Mantacra	Car-Q	0.86	37.4	10.2	5.4	2.4	3.0	11.9	20.4	21.4	34.1	14.3	4.5	165.4	0.550
Mantacra	Car-Run	0.78	22.7	9.9	5.2	2.3	3.0	12.1	19.3	28.3	35.4	13.9	4.5	165.8	0.552
Mantacra	Chu-AB-ST	0.83	37.7	10.2	5.2	2.2	2.9	15.1	22.4	22.2	33.9	14.0	3.8	97.0	0.323
Mantacra	Chu-Q	0.86	30.2	10.6	5.3	3.0	2.3	17.3	22.2	21.4	34.6	16.3	5.5	100.2	0.331
Mantacra	Cusq-P	0.87	45.7	13.5	5.8	2.8	3.1	8.4	24.2	20.9	32.4	13.9	4.6	251.6	0.839
Mantacra	Hua-Pi	0.87	28.4	10.0	5.2	2.1	3.1	9.7	19.9	21.3	32.4	14.8	4.4	177.2	0.590
Mantacra	MD-Pi	0.86	31.3	12.0	4.6	2.3	2.3	8.9	20.6	20.8	34.1	14.9	4.9	181.4	0.605
Mantacra	MM-Pi	0.85	37.0	14.6	5.0	2.9	2.1	9.8	26.5	19.7	32.5	12.0	3.8	160.5	0.536
Mantacra	MRD-Pi	0.86	41.1	13.2	5.0	2.6	2.4	10.3	24.0	22.2	34.6	14.7	4.8	164.1	0.547
Mantacra	Pist-Pi	0.89	34.5	10.4	4.9	2.3	2.6	10.2	20.1	20.1	35.1	14.7	4.7	191.7	0.636
Mantacra	PO-Pi	0.87	31.5	10.6	5.2	2.3	2.9	10.1	21.3	22.0	35.4	16.8	4.7	171.5	0.569
Mantacra	PR-Pi	0.89	39.8	11.2	5.3	2.3	3.0	10.5	20.5	21.7	35.8	13.3	4.8	189.4	0.628
Mantacra	T1	0.86	26.8	16.6	5.5	3.4	2.1	11.3	27.4	24.8	37.1	7.2	0.7	187.1	0.624
Mantacra	T2	0.84	47.0	14.6	5.7	2.9	2.8	8.2	24.1	20.6	36.0	14.5	3.8	263.4	0.878
Mantacra	T3	0.84	38.0	15.6	5.2	3.2	2.0	10.3	28.2	19.8	33.0	14.7	4.7	148.4	0.493

**Medias ajustadas de la unidad de producción agrícola del Sr. Roberto
Palomino Espinoza Poblado Porvenir (Porvenir)**

Loc	Variedad	Rend	PT	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	MzT	Prol	TGr	MPP
Porvenir	AB-Cusq-C	4.969	33	107	112	5	215	115	0.53	4.6	6.4	11.0	2.0	2.7	32.3	1.0	33.6	12.6
Porvenir	AB-DH	3.164	27	105	109	4	194	98	0.51	7.1	1.6	8.7	2.7	2.6	26.7	1.0	36.4	10.5
Porvenir	AB-P	4.013	30	101	108	7	182	85	0.47	4.4	5.6	9.9	3.0	3.0	30.0	1.0	27.1	18.7
Porvenir	AB-ST	4.158	32	106	112	7	206	108	0.53	14.9	3.7	18.6	1.6	2.5	32.5	1.0	31.0	9.8
Porvenir	Aim-ST	4.185	35	109	113	4	214	116	0.54	3.8	3.5	7.2	2.3	2.8	37.4	1.1	35.6	8.8
Porvenir	AM-DH	3.987	33	104	111	6	200	102	0.51	5.6	0.0	5.5	2.0	2.8	33.8	1.0	31.0	12.7
Porvenir	BG-P	4.244	25	107	112	5	205	95	0.46	9.6	4.9	14.4	2.0	2.5	26.1	1.1	29.6	6.1
Porvenir	Bol-Q	3.066	26	103	108	5	199	96	0.48	16.7	0.1	16.8	2.7	3.2	21.6	0.8	29.8	12.1
Porvenir	Car-P	5.081	35	102	109	7	184	87	0.48	13.5	1.7	15.2	3.0	2.7	36.7	1.1	25.8	14.2
Porvenir	Car-Pi	3.973	37	104	113	9	190	89	0.46	8.2	1.8	9.9	3.0	2.8	35.5	1.0	33.9	9.0
Porvenir	Car-Q	3.617	31	102	110	8	187	89	0.48	10.7	1.1	11.8	3.3	3.0	26.1	0.9	36.9	15.4
Porvenir	Car-Run	4.782	34	104	111	7	194	98	0.50	7.4	1.0	8.3	2.3	2.6	34.8	1.0	28.1	9.6
Porvenir	Chu-AB-ST	4.385	41	117	130	14	233	153	0.66	14.9	6.5	21.4	3.0	2.2	50.1	1.2	62.9	3.3
Porvenir	Chu-Q	3.645	21	113	120	7	210	123	0.58	35.5	4.2	39.7	3.0	3.0	30.2	1.4	89.2	7.6
Porvenir	Cusq-P	4.519	33	106	110	4	200	96	0.48	12.4	5.2	17.6	2.0	2.8	33.5	1.0	34.4	20.2
Porvenir	Hua-Pi	4.292	35	103	109	6	199	99	0.50	9.6	1.8	11.4	2.0	2.7	35.6	1.0	32.7	1.9
Porvenir	MD-Pi	5.201	42	109	113	4	198	106	0.54	15.6	3.4	19.0	2.7	2.8	40.3	1.0	54.0	8.4
Porvenir	MM-Pi	3.587	27	109	113	4	199	106	0.53	14.2	7.2	21.4	2.6	2.7	35.3	1.3	37.7	2.0
Porvenir	MRD-Pi	5.297	40	112	117	4	204	113	0.55	11.6	8.4	20.0	2.0	2.6	44.0	1.1	38.9	2.1
Porvenir	Pist-Pi	3.028	24	108	113	6	184	95	0.51	12.7	4.4	17.2	3.0	3.0	24.0	1.0	36.4	4.5
Porvenir	PO-Pi	4.254	37	110	114	4	201	104	0.52	17.5	3.9	21.3	2.4	2.5	38.0	1.0	32.9	7.3
Porvenir	PR-Pi	4.361	40	107	113	6	194	99	0.51	9.9	4.3	14.3	3.0	2.8	37.1	0.9	33.6	7.5
Porvenir	T1	4.315	25	105	109	3	217	110	0.51	14.0	13.4	27.4	2.0	2.5	23.4	0.9	50.4	5.4
Porvenir	T2	4.304	27	111	116	6	230	122	0.53	23.1	5.8	28.9	2.0	2.8	27.8	1.0	32.4	6.1
Porvenir	T3	3.143	24	111	114	3	219	120	0.55	17.3	0.9	18.2	1.7	2.7	27.6	1.2	38.0	0.9

Continuación

Loc	Variedad	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr
Porvenir	AB-Cusq-C	0.90	56.1	12.8	6.7	2.6	4.1	11.4	22.6	22.1	32.0	13.4	4.4	228.1	0.760
Porvenir	AB-DH	0.86	52.7	11.3	6.1	2.0	4.1	9.4	21.1	23.6	34.0	11.9	3.6	204.6	0.681
Porvenir	AB-P	0.91	52.6	10.8	6.6	2.1	4.5	12.6	21.4	21.0	31.3	14.7	4.5	186.4	0.620
Porvenir	AB-ST	0.90	58.4	13.5	6.0	1.8	4.2	8.6	23.4	22.6	34.2	10.6	2.9	236.9	0.793
Porvenir	Aim-ST	0.91	57.2	12.9	5.7	1.9	3.8	9.1	21.0	19.4	31.7	13.7	5.0	235.1	0.783
Porvenir	AM-DH	0.88	55.2	11.7	6.0	2.0	4.0	9.7	21.4	20.2	32.9	12.7	3.9	207.6	0.692
Porvenir	BG-P	0.81	56.4	14.4	6.9	3.0	3.9	8.0	24.8	23.0	34.4	13.3	3.8	320.8	1.067
Porvenir	Bol-Q	0.88	46.1	12.6	6.0	2.4	3.7	9.7	22.1	23.8	33.2	10.3	3.4	218.2	0.730
Porvenir	Car-P	0.92	48.5	11.7	6.1	2.0	4.0	11.5	21.8	21.9	32.5	14.0	4.3	181.9	0.608
Porvenir	Car-Pi	0.91	56.8	11.8	6.2	2.7	3.4	10.6	21.5	21.4	32.3	13.5	3.8	203.5	0.681
Porvenir	Car-Q	0.93	46.1	11.0	6.1	2.3	3.8	11.7	20.8	23.3	32.5	14.5	4.7	196.2	0.653
Porvenir	Car-Run	0.92	51.9	11.9	6.5	2.1	4.4	12.1	21.7	21.6	33.6	13.7	3.9	192.6	0.639
Porvenir	Chu-AB-ST	0.89	63.3	12.2	6.2	2.6	3.6	15.5	25.4	20.9	35.3	18.6	6.2	114.7	0.382
Porvenir	Chu-Q	0.86	43.7	11.6	7.5	2.9	4.6	17.2	23.7	22.3	33.8	16.2	4.9	123.4	0.413
Porvenir	Cusq-P	0.86	55.3	12.7	6.6	2.8	3.8	8.7	23.0	20.5	33.3	12.6	3.5	303.5	1.013
Porvenir	Hua-Pi	0.90	53.1	11.4	6.2	2.3	3.9	10.0	20.5	21.2	31.1	13.6	4.6	214.3	0.717
Porvenir	MD-Pi	0.88	48.9	13.0	5.6	2.2	3.3	9.0	21.8	20.5	31.9	12.6	5.1	240.2	0.800
Porvenir	MM-Pi	0.89	53.0	15.6	5.3	3.5	1.8	10.1	27.7	19.0	33.9	13.3	5.0	156.1	0.521
Porvenir	MRD-Pi	0.92	51.1	13.3	5.2	2.3	2.9	10.4	24.4	21.6	33.4	13.3	3.6	180.4	0.601
Porvenir	Pist-Pi	0.88	48.8	11.2	5.8	2.2	3.6	10.4	21.0	21.5	33.9	13.1	4.3	213.3	0.712
Porvenir	PO-Pi	0.88	53.9	11.6	6.0	2.3	3.7	10.8	20.8	20.2	33.1	15.7	5.1	197.6	0.657
Porvenir	PR-Pi	0.90	54.2	12.1	6.1	2.3	3.8	10.1	21.4	21.0	32.6	13.2	4.3	218.1	0.728
Porvenir	T1	0.84	39.3	16.8	6.0	3.3	2.7	11.6	28.5	25.9	37.0	9.2	1.0	222.8	0.742
Porvenir	T2	0.85	51.7	16.2	7.7	3.0	4.8	8.2	33.4	20.4	35.6	15.1	4.9	285.5	0.952
Porvenir	T3	0.87	55.4	17.4	5.6	3.1	2.4	11.0	30.0	19.1	35.5	14.6	4.9	165.7	0.552

Análisis de componentes principales Loc = Beto

Matriz de correlación/Coeficientes

	Rend	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	Prol	TGr	MPP	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr
Rend	1																												
FM	-0.417	1																											
FF	-0.468	0.974	1																										
ASI	-0.463	0.421	0.606	1																									
AP	-0.149	0.655	0.647	0.289	1																								
AM	-0.305	0.857	0.836	0.366	0.88	1																							
PMM	-0.323	0.858	0.824	0.324	0.7	0.95	1																						
ARP	0.27	-0.086	-0.142	-0.277	-0.063	-0.053	-0.035	1																					
ATP	0.173	-0.291	-0.392	-0.54	-0.483	-0.323	-0.163	0.155	1																				
Acame	0.272	-0.277	-0.385	-0.568	-0.418	-0.286	-0.15	0.611	0.877	1																			
AsP	-0.538	0.302	0.264	0.113	0.218	0.404	0.493	-0.148	0.075	-0.014	1																		
AsMz	-0.326	0.097	0.127	0.07	0.288	0.145	0.034	0.101	-0.149	-0.07	0.024	1																	
Prol	0.157	0.52	0.441	-0.014	0.458	0.484	0.451	0.205	-0.263	-0.112	0.197	-0.022	1																
TGr	-0.332	0.511	0.576	0.528	0.295	0.415	0.406	-0.046	-0.326	-0.283	0.219	0.074	0.332	1															
MPP	-0.08	-0.198	-0.179	-0.16	-0.137	-0.127	-0.104	0.149	0.241	0.264	-0.222	0.345	-0.305	-0.157	1														
IGr	0.32	-0.414	-0.424	-0.213	-0.217	-0.321	-0.353	-0.063	0.206	0.135	-0.378	-0.188	-0.261	-0.136	0.434	1													
HumT	0.219	-0.049	-0.012	-0.015	0.113	0.3	-0.093	-0.243	-0.237	-0.307	-0.628	-0.132	-0.186	-0.166	0.432	0.457	1												
LM	0.064	0.216	0.061	-0.501	0.403	0.395	0.351	0.372	0.281	0.406	0.288	0.066	0.447	0.034	-0.011	-0.041	-0.185	1											
DM	0.455	-0.438	-0.395	-0.191	-0.15	-0.304	-0.367	-0.025	0.228	0.173	-0.572	-0.036	-0.396	-0.25	0.485	0.502	0.613	-0.193	1										
DC	0.196	0.485	0.361	-0.283	0.332	0.401	0.383	0.425	0.246	0.404	-0.107	0.046	0.64	0.201	0.02	-0.08	-0.006	0.683	0.3	1									
LG	0.337	-0.634	-0.541	-0.061	-0.293	-0.47	-0.515	-0.182	0.079	-0.024	-0.439	-0.062	-0.624	-0.343	0.421	0.459	0.527	-0.485	0.879	-0.465	1								
NH	-0.245	0.407	0.5	0.574	0.124	0.305	0.314	-0.054	-0.182	-0.173	-0.064	-0.047	0.072	0.61	0.091	0.03	0.163	-0.294	0.189	0.159	0.068	1							
NGH	-0.208	0.567	0.481	-0.03	0.453	0.609	0.604	0.256	0.072	0.18	0.213	0.034	0.506	0.462	0.058	-0.053	-0.073	0.678	-0.149	0.748	-0.498	0.424	1						
LP	0.33	-0.246	-0.245	-0.197	0.172	-0.046	-0.191	0.319	0.016	0.168	-0.325	0.34	0.032	0.176	0.22	0.193	0.035	0.354	0.339	0.295	0.157	0.008	0.218	1					
LRP	-0.16	-0.128	-0.124	-0.113	0.235	0.137	0.06	0.13	0.232	0.249	0.269	0.154	-0.166	4.00E-03	0.052	-0.062	-0.155	0.463	0.066	0.078	0.019	-0.125	0.183	0.405	1				
NRP	-0.271	0.211	0.333	0.624	0.018	0.133	0.171	-0.459	-0.361	-0.513	0.011	-0.229	-0.15	0.157	-0.063	0.016	0.289	-0.656	-5.00E-03	-0.425	0.179	0.476	-0.212	-0.564	-0.332	1			
NRS	-0.101	0.383	0.407	0.221	0.493	0.532	0.444	-0.01	-0.084	-0.073	-0.021	0.062	0.217	0.486	0.212	0.118	0.306	0.306	0.315	0.471	0.034	0.696	0.713	0.399	0.364	0.121	1		
P300	0.653	-0.606	-0.662	-0.593	-0.157	-0.458	-0.539	0.102	0.093	0.126	-0.428	2.00E-03	-0.102	-0.516	0.064	0.268	0.219	0.159	0.338	-0.05	0.344	-0.724	-0.383	0.356	-0.014	-0.502	-0.399	1	
PMGr	0.651	-0.606	-0.663	-0.593	-0.159	-0.46	-0.54	0.103	0.098	0.13	-0.426	2.00E-03	-0.108	-0.521	0.069	0.27	0.216	0.155	0.339	-0.052	0.347	-0.725	-0.388	0.353	-0.015	-0.502	-0.404	1	1

Matriz de correlación/Probabilidades

	Rend	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	Prol	TGr	MPP	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr	
Rend	0.0383																													
FM	0.0183	<0,0001																												
FF	0.0199	0.0359	0.0013																											
ASI	0.4783	0.0004	0.0005	0.1607																										
AP	0.1385	<0,0001	<0,0001	0.072	<0,0001																									
AM	0.1151	<0,0001	<0,0001	0.114	0.0001	<0,0001																								
PMM	0.1917	0.6835	0.4969	0.1802	0.7647	0.8018	0.868																							
ARP	0.4081	0.1578	0.0525	0.0053	0.0145	0.1153	0.4371	0.4601																						
ATP	0.1891	0.1806	0.0575	0.0031	0.0374	0.1651	0.4748	0.0012	<0,0001																					
Acame	0.0056	0.1428	0.2016	0.5895	0.296	0.0451	0.0122	0.4804	0.723	0.9456																				
AsP	0.112	0.6431	0.5443	0.7402	0.1629	0.4898	0.8709	0.6295	0.4778	0.739	0.9111																			
AsMz	0.4537	0.0076	0.0272	0.9463	0.0215	0.0143	0.0236	0.3253	0.2031	0.5952	0.3458	0.9178																		
Prol	0.1048	0.009	0.0026	0.0066	0.152	0.0394	0.0442	0.8285	0.1121	0.1703	0.292	0.7242	0.1045																	
TGr	0.7025	0.3438	0.3909	0.4436	0.5132	0.5452	0.6213	0.4785	0.2456	0.2018	0.2858	0.0912	0.1384	0.4548																
MPP	0.1191	0.0397	0.0347	0.306	0.2983	0.1178	0.0837	0.763	0.3243	0.5205	0.0626	0.3682	0.2078	0.5163	0.03															
IGr	0.2929	0.8154	0.9549	0.9418	0.5899	0.9973	0.6589	0.2421	0.2534	0.1351	0.0008	0.5281	0.3731	0.4273	0.0309	0.0216														
HumT	0.7606	0.3005	0.772	0.0107	0.0457	0.0507	0.0854	0.0674	0.1729	0.0443	0.163	0.7526	0.0251	0.8726	0.9601	0.8457	0.3766													
LM	0.0223	0.0287	0.051	0.3592	0.4732	0.1391	0.0711	0.906	0.272	0.4095	0.0028	0.8633	0.0502	0.2279	0.0141	0.0106	0.0011	0.3559												
DM	0.3488	0.0139	0.0759	0.1698	0.1052	0.0471	0.0591	0.034	0.236	0.0452	0.6123	0.8272	0.0006	0.3361	0.9263	0.7042	0.9762	0.0002	0.9909											
DC	0.0995	0.0007	0.0052	0.7726	0.155	0.0178	0.0084	0.383	0.7073	0.9091	0.028	0.769	0.0008	0.093	0.0363	0.021	0.0068	0.014	<0,0001	0.0193										
LG	0.2381	0.0434	0.011	0.0027	0.5548	0.1383	0.1258	0.7969	0.3846	0.4095	0.7604	0.8249	0.732	0.0012	0.6655	0.8878	0.4358	0.1536	0.3646	0.4478	0.7479									
NH	0.3186	0.0031	0.015	0.8866	0.0231	0.0012	0.0014	0.2175	0.7319	0.3882	0.3064	0.8717	0.0098	0.02	0.7828	0.8013	0.7299	0.0002	0.4758	<0,0001	0.0113	0.0349								
NGH	0.1073	0.235	0.2373	0.345	0.4105	0.8286	0.3592	0.1206	0.9387	0.4217	0.1126	0.0959	0.8808	0.4009	0.2904	0.3543	0.8685	0.0822	0.0973	0.1527	0.4532	0.9687	0.2946							
LP	0.4435	0.542	0.5555	0.5899	0.259	0.5142	0.7762	0.5369	0.2655	0.2294	0.1933	0.4621	0.4286	0.984	0.8047	0.7681	0.4588	0.0196	0.7554	0.7095	0.9274	0.5519	0.3814	0.0446						
LRP	0.1902	0.3109	0.1038	0.0009	0.9337	0.5263	0.4133	0.0209	0.0759	0.0087	0.9583	0.2699	0.4749	0.4529	0.7645	0.9391	0.1612	0.0004	0.9828	0.0342	0.3914	0.0163	0.3101	0.0034	0.1052					

Análisis de componentes principales Loc = Colcabamba

Matriz de correlación/Coeficientes																													
	Rend	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	Prol	TGr	MPP	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr
Rend	1																												
FM	0.469	1																											
FF	0.248	0.901	1																										
ASI	-0.407	0.036	0.459	1																									
AP	0.486	0.746	0.637	-0.114	1																								
AM	0.503	0.828	0.781	0.063	0.939	1																							
PMM	0.441	0.803	0.806	0.197	0.767	0.937	1																						
ARP	0.129	0.562	0.463	-0.043	0.453	0.464	0.441	1																					
ATP	0.123	0.332	0.112	-0.48	0.383	0.288	0.184	0.223	1																				
Acame	0.157	0.601	0.432	-0.223	0.529	0.502	0.442	0.925	0.575	1																			
AsP	-0.517	-0.402	-0.199	0.374	-0.509	-0.37	-0.201	-0.319	-0.332	-0.398	1																		
AsMz	-0.598	-0.621	-0.411	0.288	-0.571	-0.6	-0.58	-0.511	-0.29	-0.542	0.52	1																	
Prol	0.728	0.635	0.473	-0.256	0.658	0.667	0.582	0.35	0.409	0.453	-0.548	-0.624	1																
TGr	0.372	0.637	0.654	0.199	0.405	0.585	0.681	0.616	0.014	0.521	-0.074	-0.411	0.464	1															
MPP	-0.641	-0.546	-0.366	0.297	-0.659	-0.732	-0.719	-0.436	-0.255	-0.465	0.341	0.71	-0.624	-0.507	1														
IGr	-0.033	-0.284	-0.379	-0.307	-0.078	-0.131	-0.141	0.14	-0.126	0.067	0.073	-0.053	-0.132	0.132	-0.119	1													
HumT	-0.295	0.205	0.205	0.102	0.167	0.097	0.068	0.206	0.042	0.189	-0.111	0.079	-0.211	-0.098	0.29	0.065	1												
LM	0.483	0.367	0.059	-0.673	0.644	0.442	0.203	0.306	0.56	0.474	-0.679	-0.539	0.458	0.055	-0.489	0.069	-2.00E-03	1											
DM	-0.522	-0.47	-0.359	-0.205	-0.608	-0.622	-0.525	-0.132	-0.155	-0.171	0.305	0.461	-0.496	-0.467	0.707	-0.182	0.342	-0.55	1										
DC	0.19	0.502	0.367	-0.227	0.463	0.408	0.318	0.542	0.599	0.688	-0.253	-0.281	0.386	0.312	-0.273	-0.231	0.117	0.527	-0.09	1									
LG	-0.517	-0.653	-0.478	0.313	-0.745	-0.718	-0.591	-0.431	-0.494	-0.553	0.414	0.535	-0.611	-0.524	0.697	-0.008	0.162	-0.747	0.793	-0.674	1								
NH	0.177	0.376	0.494	0.403	0.121	0.333	0.501	0.49	-0.081	0.379	0.076	-0.297	0.367	0.581	-0.244	-0.072	-0.106	-0.369	0.15	0.17	0.006	1							
NGH	0.566	0.671	0.436	-0.424	0.782	0.677	0.495	0.534	0.511	0.647	-0.735	-0.666	0.716	0.355	-0.567	0.007	0.057	0.845	-0.537	0.639	-0.801	0.079	1						
LP	-0.346	-0.281	-0.312	-0.12	-0.071	-0.152	-0.179	0.091	0.156	0.137	0.053	0.013	-0.312	-0.237	0.164	0.182	0.324	0.05	0.323	0.074	0.164	-0.149	-0.115	1					
LRP	0.158	0.22	0.027	-0.39	0.356	0.188	0.016	0.36	0.012	0.307	-0.296	-0.371	0.117	0.133	-0.281	0.272	0.203	0.633	-0.431	0.299	-0.5	-0.371	0.479	0.033	1				
NRP	0.487	0.538	0.621	0.329	0.384	0.545	0.607	0.165	-0.173	0.071	0.011	-0.294	0.501	0.432	-0.347	-0.253	-0.081	-0.168	-0.149	0.069	-0.149	0.679	0.192	-0.51	-0.206	1			
NRS	0.386	0.264	0.345	0.235	0.352	0.348	0.263	-0.316	-0.277	-0.373	-0.118	-0.139	0.185	-0.024	-0.136	-0.102	0.111	0.027	-0.302	-0.279	-0.051	-0.089	0.077	-0.371	0.037	0.567	1		
P300	-0.223	-0.332	-0.427	-0.304	-0.226	-0.401	-0.509	-0.39	0.14	-0.273	0.094	0.368	-0.452	-0.407	0.415	0.036	0.271	0.183	0.12	-0.085	0.148	-0.795	-0.216	0.183	0.196	-0.621	-5.00E-03	1	
PMGr	-0.22	-0.333	-0.43	-0.307	-0.227	-0.402	-0.511	-0.392	0.14	-0.274	0.094	0.366	-0.451	-0.41	0.415	0.034	0.27	0.184	0.122	-0.085	0.15	-0.794	-0.216	0.182	0.195	-0.619	-4.00E-03	1	1

Matriz de correlación/Probabilidades																													
	Rend	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	Prol	TGr	MPP	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr
Rend	1																												
FM	0.0179	1																											
FF	0.2321	<0.0001	1																										
ASI	0.0434	0.8638	0.021	1																									
AP	0.0139	<0.0001	0.0006	0.5867	1																								
AM	0.0104	<0.0001	<0.0001	0.7633	<0.0001	1																							
PMM	0.0275	<0.0001	<0.0001	0.3459	<0.0001	<0.0001	1																						
ARP	0.5379	0.0035	0.0198	0.8391	0.0231	0.0194	0.0272	1																					
ATP	0.5566	0.1054	0.5946	0.0151	0.0588	0.1622	0.3781	0.2848	1																				
Acame	0.4537	0.0015	0.031	0.2848	0.0066	0.0106	0.027	<0.0001	0.0026	1																			
AsP	0.0081	0.0461	0.3413	0.0656	0.0094	0.0684	0.3353	0.1206	0.1052	0.0488	1																		
AsMz	0.0016	0.0009	0.0411	0.1631	0.0029	0.0015	0.0024	0.0091	0.159	0.0052	0.0078	1																	
Prol	<0.0001	0.0006	0.017	0.2171	0.0003	0.0003	0.0023	0.0862	0.0424	0.0229	0.0045	0.0009	1																
TGr	0.0673	0.0006	0.0004	0.3397	0.0448	0.0021	0.0002	0.0011	0.9486	0.0075	0.7241	0.0413	0.0194	1															
MPP	0.0006	0.0047	0.0716	0.1497	0.0003	<0.0001	0.0001	0.0293	0.2187	0.0191	0.0956	0.0001	0.0009	0.0096	1														
IGr	0.8768	0.1695	0.0613	0.1356	0.7126	0.534	0.5018	0.5044	0.5468	0.7493	0.7294	0.7999	0.5302	0.5281	0.5703	1													
HumT	0.1526	0.3262	0.3257	0.6277	0.4262	0.6453	0.7463	0.3229	0.8436	0.3646	0.5988	0.7078	0.3109	0.6426	0.1591	0.759	1												
LM	0.0145	0.0709	0.7799	0.0002	0.0005	0.027	0.3307	0.1374	0.0036	0.0166	0.0002	0.0054	0.0214	0.7925	0.013	0.7434	0.9907	1											
DM	0.0075	0.0178	0.0776	0.3263	0.0013	0.0009	0.0071	0.5308	0.4581	0.414	0.138	0.0203	0.0117	0.0185	0.0001	0.3846	0.0943	0.0044	1										
DC	0.3632	0.0106	0.0708	0.2742	0.0198	0.043	0.1219	0.0051	0.0016	0.0001	0.2222	0.174	0.0569	0.1294	0.1871	0.2668	0.5787	0.0068	0.6676	1									
LG	0.0082	0.0004	0.0156	0.1275	<0.0001	0.0001	0.0019	0.0316	0.0121	0.0041	0.0398	0.0058	0.0012	0.0072	0.0001	0.9685	0.4398	<0.0001	<0.0001	0.0002	1								
NH	0.3975	0.0643	0.0122	0.046	0.5661	0.1035	0.0108	0.013	0.7015	0.0617	0.7189	0.1494	0.0709	0.0023	0.2392	0.7308	0.6135	0.0691	0.4753	0.4161	0.9774	1							
NGH	0.0032	0.0002	0.0292	0.0348	<0.0001	0.0002	0.0119	0.0059	0.0091	0.0005	<0.0001	0.0003	0.0001	0.0815	0.0031	0.9743	0.7863	<0.0001	0.0056	0.0006	<0.0001	0.7062	1						
LP	0.0906	0.174	0.1285	0.5672	0.7356	0.4672	0.3914	0.6651	0.4565	0.5136	0.7996	0.9522	0.1287	0.4324	0.3828	0.1136	0.8131	0.115	0.7238	0.4323	0.4782	0.5846	0.0681	0.0154	0.8753	1			
LRP	0.452	0.2896	0.8989	0.0541	0.0808	0.368	0.9376	0.0768	0.9539	0.136	0.1507	0.0676	0.5791	0.5259	0.1744	0.1884	0.3309	0.0007	0.0314	0.1468	0.0109	0.0681	0.0154	0.8753	0.3237	1			
NRP	0.0136	0.0056	0.0009	0.1079	0.0579	0.0048	0.0013	0.4293	0.4089	0.7357	0.96	0.153	0.0107	0.0312	0.0892	0.2233	0.7013												

Análisis de componentes principales Loc = Mantacra

Matriz de correlación/Coeficientes

	Rend	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	Prol	TGr	MPP	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr	
Rend	1																													
FM	-0.147	1																												
FF	-0.219	0.948	1																											
ASI	-0.292	0.296	0.575	1																										
AP	0.375	0.717	0.667	0.191	1																									
AM	0.242	0.808	0.76	0.233	0.964	1																								
PMM	-0.077	0.746	0.717	0.225	0.582	0.772	1																							
ARP	0.28	0.546	0.494	0.125	0.749	0.709	0.406	1																						
ATP	0.033	0.009	0.06	0.119	0.064	0.139	0.306	-0.158	1																					
Acame	0.289	0.554	0.51	0.144	0.768	0.739	0.456	0.989	-0.014	1																				
AsP	0.196	0.44	0.292	-0.214	0.6	0.584	0.389	0.769	-0.028	0.774	1																			
AsMz	-0.489	-0.19	-0.129	0.088	-0.555	-0.491	-0.192	-0.31	-0.146	-0.336	-0.343	1																		
Prol	0.606	0.006	-0.05	-0.123	0.29	0.304	0.28	0.123	0.138	0.144	0.135	-0.338	1																	
TGr	0.057	0.655	0.647	0.311	0.539	0.64	0.655	0.491	0.15	0.52	0.326	-0.304	0.131	1																
MPP	-0.416	-0.253	-0.148	0.187	-0.427	-0.423	-0.282	-0.218	-0.151	-0.244	-0.245	0.876	-0.402	-0.408	1															
IGr	0.144	-0.1	-0.047	0.048	0.164	0.141	0.122	0.14	0.292	0.185	0.2	-0.029	0.176	0.01	0.083	1														
HumT	0.232	0.079	0.144	0.234	0.408	0.3	0.009	0.222	0.016	0.227	0.117	-0.354	0.283	-0.09	-0.178	0.443	1													
LM	0.816	-0.084	-0.172	-0.276	0.477	0.321	-0.132	0.432	-0.117	0.42	0.322	-0.697	0.476	0.127	-0.536	0.041	0.364	1												
DM	0.406	-0.272	-0.193	0.101	0.057	-0.063	-0.277	0.113	-0.088	0.101	-0.132	0.239	0.029	-0.333	0.391	0.272	0.239	0.161	1											
DC	0.778	0.047	0.034	0.017	0.504	0.425	0.14	0.545	-0.084	0.54	0.343	-0.566	0.504	0.315	-0.442	0.069	0.264	0.808	0.347	1										
LG	-0.356	-0.311	-0.232	0.05	-0.454	-0.486	-0.399	-0.426	-0.01	-0.434	-0.435	0.716	-0.421	-0.599	0.73	0.146	-0.055	-0.596	0.527	-0.61	1									
NH	-0.16	0.605	0.661	0.467	0.336	0.476	0.647	0.293	0.055	0.305	0.125	0.14	-0.061	0.618	0.064	-0.045	-0.272	-0.318	0.083	0.156	-0.099	1								
NGH	0.74	0.163	0.054	-0.221	0.625	0.502	0.087	0.581	-0.154	0.566	0.512	-0.729	0.401	0.314	-0.583	0.038	0.358	0.903	0.155	0.826	-0.629	-0.049	1							
LP	0.032	0.137	0.118	-0.031	-0.092	-0.062	-0.011	-0.079	-0.496	-0.152	-0.143	0.171	-0.009	4.00E-03	0.045	-0.334	-0.427	-0.094	-0.048	-0.009	-0.012	0.296	-0.113	1						
LRP	0.024	0.089	0.087	-0.019	0.139	0.154	0.127	0.236	-0.164	0.216	0.018	-0.058	-0.08	0.071	-0.102	-0.027	-0.057	0.131	-0.079	0.194	-0.243	0.118	-0.008	0.476	1					
NRP	-0.465	0.112	0.21	0.385	-0.203	-0.096	0.21	-0.14	0.255	-0.105	-0.179	0.208	0.066	-0.047	0.084	0.017	0.101	-0.565	-0.205	-0.436	0.22	0.104	-0.487	-0.243	-0.267	1				
NRS	-0.419	-0.036	0.089	0.344	-0.374	-0.281	0.071	-0.366	0.318	-0.325	-0.321	0.204	0.048	-0.097	0.097	0.055	0.133	-0.533	-0.203	-0.42	0.223	0.019	-0.455	-0.407	0.861	1				
P300	0.324	-0.591	-0.535	-0.162	-0.208	-0.379	-0.622	-0.087	-0.117	-0.106	-0.153	0.052	0.122	-0.647	0.204	0.249	0.439	0.355	0.387	0.115	0.251	-0.778	0.065	-0.195	0.084	-0.186	-0.09	1		
PMGr	0.327	-0.591	-0.535	-0.163	-0.207	-0.379	-0.624	-0.087	-0.114	-0.106	-0.152	0.052	0.121	-0.646	0.205	0.249	0.438	0.356	0.39	0.115	0.253	-0.778	0.066	-0.196	0.08	-0.19	-0.093	1	1	

Matriz de correlación/Probabilidades

	Rend	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	Prol	TGr	MPP	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr	
Rend																														
FM	0.4834																													
FF	0.2929	<0,0001																												
ASI	0.1563	0.1509	0.0026																											
AP	0.0647	0.0001	0.0003	0.3595																										
AM	0.2444	<0,0001	<0,0001	0.262	<0,0001																									
PMM	0.7137	<0,0001	0.0001	0.2792	0.0023	<0,0001																								
ARP	0.1751	0.0048	0.0121	0.5521	<0,0001	0.0001	0.0439																							
ATP	0.8753	0.9641	0.7748	0.572	0.7594	0.5088	0.1374	0.4501																						
Acame	0.1617	0.004	0.0093	0.4912	<0,0001	<0,0001	0.0218	<0,0001	0.9484																					
AsP	0.349	0.0277	0.1571	0.3045	0.0015	0.0022	0.0548	<0,0001	0.8933	<0,0001																				
AsMz	0.0132	0.3629	0.5394	0.6755	0.0039	0.0126	0.3572	0.1311	0.4864	0.1007	0.0933																			
Prol	0.0013	0.9765	0.8138	0.5572	0.1596	0.14	0.1756	0.5593	0.5095	0.4908	0.5192	0.0981																		
TGr	0.7854	0.0004	0.0005	0.13	0.0054	0.0006	0.0004	0.0128	0.4733	0.0077	0.1122	0.1394	0.5336																	
MPP	0.0387	0.2226	0.4799	0.3706	0.0332	0.0353	0.172	0.2948	0.4722	0.2401	0.2386	<0,0001	0.0466	0.0428																
IGr	0.4935	0.6335	0.8245	0.8201	0.4328	0.502	0.5621	0.5042	0.1567	0.3764	0.3366	0.8918	0.4008	0.9637	0.6939															
HumT	0.2642	0.7088	0.4933	0.2605	0.0427	0.1455	0.9657	0.2865	0.9386	0.2752	0.5776	0.0824	0.1698	0.6692	0.3945	0.0265														
LM	<0,0001	0.6911	0.4101	0.181	0.0159	0.1173	0.5296	0.0311	0.5785	0.0364	0.1167	0.0001	0.0162	0.5452	0.0058	0.8442	0.0735													
DM	0.044	0.1876	0.3551	0.631	0.7854	0.7659	0.1793	0.591	0.6747	0.63	0.5286	0.2495	0.892	0.104	0.0532	0.1882	0.2503	0.441												
DC	<0,0001	0.8236	0.8702	0.9358	0.0102	0.0343	0.5038	0.0048	0.6885	0.0054	0.0933	0.0032	0.0102	0.1252	0.0268	0.7448	0.2015	<0,0001	0.0894											
LG	0.0805	0.1308	0.2638	0.8138	0.0225	0.0138	0.0483	0.0335	0.9606	0.0304	0.0298	0.0001	0.0361	0.0016	<0,0001	0.4873	0.7956	0.0017	0.0068	0.0012										
NH	0.4447	0.0013	0.0003	0.0186	0.1008	0.0161	0.0005	0.1558	0.7938	0.1389	0.5505	0.503	0.7738	0.001	0.761	0.8299	0.188	0.1212	0.6933	0.4566	0.6386									
NGH	<0,0001	0.4371	0.7962	0.2874	0.0008	0.0106	0.681	0.0023	0.4621	0.0032	0.009	<0,0001	0.0468	0.1264	0.0022	0.858	0.079	<0,0001	0.4585	<0,0001	0.0008	0.8177								
LP	0.8805	0.5152	0.5751	0.8833	0.6632	0.7694	0.9574	0.7057	0.468	0.4959	0.4129	0.9668	0.9867	0.8322	0.1022	0.0334	0.654	0.8181	0.965	0.9532	0.1511	0.5898								
LRP	0.9075	0.6706	0.6806	0.9279	0.508	0.4618	0.5451	0.256	0.4338	0.2996	0.933	0.7843	0.7029	0.7352	0.6263	0.8966	0.785	0.5337	0.7071	0.3536	0.2409	0.575	0.9691	0.0161						
NRP	0.0192	0.5925	0.3129	0.0574	0.3308	0.6486	0.3141	0.5051	0.219	0.6175	0.3913	0.3177	0.7538	0.8217																

Análisis de componentes principales Loc = Porvenir

Matriz de correlación/Coefficientes																														
	Rend	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	Prol	TGr	MPP	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr	
Rend	1																													
FM	0.08	1																												
FF	0.116	0.887	1																											
ASI	0.043	0.128	0.56	1																										
AP	0.115	0.708	0.618	0.065	1																									
AM	0.103	0.867	0.847	0.267	0.894	1																								
PMM	0.091	0.859	0.869	0.326	0.693	0.939	1																							
ARP	-0.172	0.518	0.433	0.039	0.352	0.408	0.407	1																						
ATP	0.315	0.355	0.245	-0.147	0.394	0.35	0.271	0.112	1																					
Acame	-0.028	0.593	0.475	-0.024	0.462	0.495	0.464	0.921	0.491	1																				
AsP	-0.217	-0.106	0.134	0.485	-0.486	-0.221	-0.027	0.075	-0.182	-5.00E-03	1																			
AsMz	-0.407	-0.403	-0.429	-0.179	-0.47	-0.478	-0.434	0.112	-0.37	-0.046	0.382	1																		
Prol	-0.032	0.616	0.579	0.125	0.31	0.497	0.556	0.449	0.133	0.444	0.018	-0.23	1																	
TGr	-0.049	0.615	0.638	0.227	0.397	0.604	0.673	0.674	0.285	0.703	0.256	-0.054	0.571	1																
MPP	0.091	-0.602	-0.471	0.067	-0.445	-0.514	-0.499	-0.289	-0.257	-0.355	0.229	0.407	-0.399	-0.281	1															
IGr	0.247	-0.26	-0.052	0.332	-0.406	-0.189	-0.011	-0.366	-0.29	-0.434	0.336	0.158	-0.113	-0.244	0.196	1														
HumT	0.129	0.276	0.369	0.347	0.254	0.291	0.253	-0.389	-0.186	-0.415	-0.239	-0.473	0.181	-0.268	-0.067	0.127	1													
LM	-0.022	0.337	0.077	-0.43	0.615	0.378	0.172	0.261	0.452	0.406	-0.585	-0.272	0.192	0.033	-0.478	-0.486	-0.067	1												
DM	0.036	0.016	0.112	0.264	0.245	0.091	-0.07	0.354	0.013	0.314	0.008	0.126	0.073	0.198	0.288	-0.386	-0.054	-0.064	1											
DC	-0.159	0.348	0.219	-0.173	0.449	0.297	0.118	0.419	0.501	0.563	-0.164	-0.108	0.373	0.319	-0.384	-0.551	-0.173	0.703	0.203	1										
LG	0.122	-0.217	-0.051	0.342	-0.073	-0.111	-0.138	0.031	-0.314	-0.097	0.108	0.194	-0.209	-0.051	0.509	0.024	0.062	-0.527	0.748	-0.495	1									
NH	-0.045	0.299	0.525	0.534	0.125	0.392	0.503	0.392	0.125	0.392	0.472	-0.031	0.48	0.691	-0.05	0.195	-0.19	-0.265	0.228	0.124	0.104	1								
NGH	-0.052	0.468	0.312	-0.143	0.694	0.518	0.32	0.449	0.465	0.576	-0.415	-0.248	0.311	0.171	-0.448	-0.48	-0.055	0.889	0.211	0.737	-0.301	-0.04	1							
LP	-0.08	-0.366	-0.283	0.017	-0.1	-0.213	-0.262	0.035	0.222	0.118	0.087	2.00E-03	-0.423	0.101	0.174	-0.224	-0.552	-0.063	0.178	2.00E-03	0.171	0.11	-0.092	1						
LRP	-0.228	0.441	0.343	-0.038	0.586	0.486	0.351	0.44	0.446	0.561	-0.306	-0.427	0.18	0.28	-0.426	-0.6	-0.147	0.69	0.117	0.569	-0.268	0.09	0.768	0.277	1					
NRP	0.083	0.538	0.706	0.568	0.252	0.46	0.513	0.26	-0.096	0.189	0.344	-0.175	0.558	0.348	-0.157	0.169	0.373	-0.225	0.3	0.07	0.203	0.569	0.075	-0.507	-0.074	1				
NRS	-0.005	0.475	0.547	0.381	0.145	0.371	0.47	0.165	-0.306	0.024	0.358	0.024	0.475	0.218	-0.17	0.247	0.421	-0.229	0.068	-0.056	0.088	0.289	-0.041	-0.699	-0.309	0.847	1			
P300	0.187	-0.287	-0.456	-0.406	-1.00E-03	-0.346	-0.545	-0.251	0.05	-0.201	-0.448	0.064	-0.498	-0.48	0.279	-0.439	0.073	0.203	0.269	0.01	0.241	-0.794	0.058	0.124	-0.023	-0.461	-0.366	1		
PMGr	0.185	-0.288	-0.457	-0.405	-2.00E-03	-0.347	-0.545	-0.248	0.048	-0.199	-0.447	0.067	-0.498	-0.48	0.28	-0.438	0.073	0.202	0.269	0.01	0.241	-0.795	0.057	0.125	-0.024	-0.464	-0.367	1	1	
Matriz de correlación/Probabilidades																														
	Rend	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM	ARP	ATP	Acame	AsP	AsMz	Prol	TGr	MPP	IGr	HumT	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr	
Rend	1																													
FM	0.7043	1																												
FF	0.5798	<0,0001	1																											
ASI	0.8377	0.5431	0.0036	1																										
AP	0.5853	0.0001	0.001	0.7582	1																									
AM	0.6247	<0,0001	<0,0001	0.1961	<0,0001	1																								
PMM	0.6649	<0,0001	<0,0001	0.1117	0.0001	<0,0001	1																							
ARP	0.4097	0.008	0.0307	0.8532	0.0849	0.0431	0.0435	1																						
ATP	0.1247	0.0817	0.2373	0.4833	0.0511	0.0866	0.1898	0.5943	1																					
Acame	0.8925	0.0018	0.0163	0.9105	0.0201	0.0195	<0,0001	0.0127	<0,0001	1																				
AsP	0.2969	0.6137	0.5218	0.0139	0.0137	0.289	0.8976	0.7228	0.384	0.9826	1																			
AsMz	0.0436	0.0461	0.0322	0.3908	0.0176	0.0158	0.0304	0.5937	0.0686	0.8282	0.0597	1																		
Prol	0.8778	0.001	0.0024	0.5522	0.1319	0.0116	0.0039	0.0244	0.5275	0.0262	0.9317	0.2693	1																	
TGr	0.817	0.0011	0.0006	0.2743	0.0494	0.0014	0.0002	0.0002	0.1673	0.0001	0.2172	0.7967	0.0029	1																
MPP	0.6655	0.0014	0.0174	0.7502	0.0257	0.0086	0.0111	0.161	0.2147	0.0814	0.2718	0.0436	0.0482	0.1737	1															
IGr	0.2342	0.2095	0.8048	0.1049	0.044	0.366	0.9585	0.072	0.1594	0.0303	0.1007	0.4495	0.5909	0.239	0.3465	1														
HumT	0.5404	0.1819	0.0698	0.0893	0.2207	0.1578	0.2224	0.0545	0.3744	0.0391	0.2506	0.0171	0.3861	0.1954	0.7509	0.546	1													
LM	0.9174	0.0998	0.7131	0.0317	0.0011	0.0621	0.4112	0.2085	0.0233	0.0443	0.0021	0.1877	0.3572	0.8761	0.0157	0.0137	0.75	0.7602	1											
DM	0.865	0.9385	0.595	0.203	0.2381	0.6662	0.7392	0.0823	0.9501	0.1264	0.9701	0.5477	0.7302	0.3426	0.1625	0.057	0.7975	0.7602	0.3293	1										
DC	0.4472	0.0885	0.2937	0.4074	0.0243	0.1499	0.5743	0.0372	0.0107	0.0034	0.4326	0.6082	0.0665	0.12	0.0582	0.0043	0.4081	0.0001	0.3293	<0,0001	1									
LG	0.5627	0.2969	0.8096	0.0944	0.7285	0.5965	0.5116	0.8821	0.1267	0.6449	0.6082	0.3525	0.317	0.8087	0.0093	0.9098	0.769	0.0068	<0,0001	0.012	0.012	1								
NH	0.8304	0.1467	0.0071	0.006	0.5504	0.0528	0.0103	0.0525	0.5531	0.0527	0.0173	0.8823	0.0151	0.0001	0.8125	0.3502	0.3632	0.2002	0.2725	0.5548	0.6201	0.85	1							
NGH	0.8068	0.0184	0.1288	0.4958	0.0001	0.008	0.1184	0.0244	0.0192	0.0026	0.0393	0.2327	0.1301	0.4125	0.0246	0.0152	0.7937	<0,0001	0.3103	<0,0001	0.1432	0.85	0.85	1						
LP	0.7048	0.0716	0.1707	0.9363	0.6334	0.3077	0.205	0.8695	0.2853	0.5727	0.6809	0.9926	0.0349	0.63	0.4063	0.2812	0.0043	0.7662	0.3944	0.9905	0.4135	0.5999	0.6605	0.6605	1					
LRP	0.2727	0.0273	0.0928	0.8587	0.0021	0.0138	0.085	0.0276	0.0254	0.0035	0.1367	0.0334	0.3883	0.1751	0.0335	0.0015	0.4823	0.0001	0.5774	0.003	0.195	0.6688	<0,0001	0.1804	0.1804	1				
NRP	0.6934	0.0056	0.0001	0.0031	0.2238	0.0208	0.0087	0.209	0.6469	0.3659	0.0921	0.4031																		

ACP. POTENCIA DE LA PRUEBA POR LOCALIDAD

LOCALIDAD					
Lambda	BETO	COLCABAMBA	MANTACRA	PORVENIR	
1	0.303	0.384	0.305	0.311	EXPLICA UN TERCIO DE LA VARIANZA
2	0.477	0.554	0.513	0.509	EXPLICAN LA MITAD DE LA VARIANZA TOTAL
3	0.604	0.655	0.616	0.626	EXPLICAN CASI DOS TERCIOS DE LA VARIANZA TOTAL
4	0.693	0.731	0.707	0.718	EXPLICAN CASI TRES CUARTOS DE LA VARIANZA TOTAL

VARIABLES QUE MEJOR EXPLICAN LA VARIANZA POR LOCALIDAD

BETO				COLCABAMBA				MANTACRA				PORVENIR			
Variables	CP 1	CP 2	CP 3	Variables	CP 1	CP 2	CP 3	Variables	CP 1	CP 2	CP 3	Variables	CP 1	CP 2	CP 3
FF	0.928	-0.100	0.093	AM	0.899	0.131	0.089	AM	0.906	-0.207	-0.150	FM	0.899	-0.018	0.215
FM	0.916	0.061	0.039	FM	0.869	0.136	-0.050	AP	0.901	-0.008	-0.166	AM	0.895	-0.010	0.226
AM	0.860	0.183	0.168	AP	0.861	-0.133	0.108	Acame	0.811	0.023	-0.136	FF	0.868	-0.316	0.165
PMM	0.855	0.167	0.055	NGH	0.847	-0.384	-0.013	ARP	0.794	0.048	-0.062	PMM	0.866	-0.240	0.176
TGr	0.655	-0.058	0.197	PMM	0.826	0.344	0.015	NGH	0.741	0.558	0.052	AP	0.758	0.343	0.257
AP	0.654	0.208	0.258	Prol	0.812	0.029	0.163	TGr	0.718	-0.434	0.078	TGr	0.725	-0.182	-0.458
NGH	0.623	0.565	0.319	FF	0.717	0.442	-0.069	FM	0.680	-0.591	-0.009	Acame	0.718	0.255	-0.503
ASI	0.564	-0.627	0.106	Acame	0.689	-0.205	-0.637	DC	0.677	0.518	0.057	Prol	0.706	-0.218	0.026
Prol	0.521	0.430	-0.078	TGr	0.663	0.322	-0.172	AsP	0.668	0.058	-0.035	ARP	0.633	0.086	-0.537
NH	0.521	-0.313	0.554	Rend	0.649	-0.056	0.490	PMM	0.642	-0.571	-0.137	NGH	0.622	0.603	0.021
AsP	0.490	0.086	-0.534	ARP	0.637	-0.013	-0.628	FF	0.602	-0.653	-0.134	LRP	0.584	0.580	-0.166
NRS	0.489	0.193	0.758	LM	0.592	-0.756	0.129	LM	0.570	0.778	0.073	NRP	0.553	-0.623	0.156
DC	0.347	0.755	0.276	DC	0.565	-0.294	-0.456	Rend	0.444	0.717	0.023	DC	0.534	0.520	-0.206
NRP	0.286	-0.815	0.127	NRP	0.505	0.698	0.245	NH	0.406	-0.693	0.161	NH	0.526	-0.563	-0.468
LM	0.208	0.902	-0.009	ATP	0.398	-0.499	-0.284	Prol	0.377	0.327	-0.239	LM	0.439	0.782	0.143
AsMz	0.116	0.131	0.073	NH	0.394	0.741	-0.389	HumT	0.248	0.351	-0.676	ATP	0.417	0.457	-0.081
LRP	0.025	0.396	0.089	LRP	0.329	-0.571	0.052	LRP	0.194	0.061	0.423	NRS	0.392	-0.639	0.305
ARP	-0.091	0.588	0.002	NRS	0.186	0.252	0.729	ASI	0.103	-0.465	-0.371	ASI	0.249	-0.639	-0.011
LP	-0.196	0.499	0.464	HumT	-0.035	-0.134	-0.352	IGr	0.081	0.170	-0.563	DM	0.127	0.044	-0.331
HumT	-0.205	-0.269	0.721	IGr	-0.074	-0.239	-0.043	ATP	0.045	-0.171	-0.503	HumT	0.115	-0.237	0.833
MPP	-0.256	0.055	0.527	ASI	-0.157	0.773	-0.103	LP	-0.021	-0.138	0.733	Rend	0.005	-0.006	0.357
Acame	-0.343	0.633	-0.069	LP	-0.229	-0.327	-0.509	DM	-0.105	0.381	-0.192	AsP	-0.066	-0.669	-0.469
ATP	-0.370	0.433	-0.088	P300	-0.469	-0.651	0.166	NRP	-0.240	-0.526	-0.562	LP	-0.219	0.293	-0.602
IGr	-0.456	-0.036	0.496	PMGr	-0.470	-0.651	0.168	PMGr	-0.343	0.774	-0.280	LG	-0.249	-0.296	-0.157
DM	-0.527	-0.062	0.751	AsP	-0.541	0.390	-0.098	P300	-0.343	0.773	-0.280	IGr	-0.281	-0.671	0.189
Rend	-0.555	0.294	0.217	DM	-0.641	0.192	-0.496	NRS	-0.370	-0.425	-0.592	AsMz	-0.425	-0.161	-0.511
LG	-0.646	-0.391	0.511	AsMz	-0.765	0.106	-0.022	MPP	-0.608	-0.187	-0.043	P300	-0.471	0.626	0.225
P300	-0.754	0.298	-0.014	MPP	-0.795	0.042	-0.180	AsMz	-0.661	-0.348	0.071	PMGr	-0.471	0.626	0.223
PMGr	-0.756	0.297	-0.016	LG	-0.828	0.337	-0.084	LG	-0.734	-0.123	-0.197	MPP	-0.617	-0.198	-0.205

ANEXO 03: Caracterización nutricional

Características nutricionales de variedades de maíz amiláceo evaluados en la provincia de Tayacaja, Huancavelica ciclo 2019 - 2020.

Entrada	Ecotipo recolectado	Tipo de variedad	Código-Variedad	Calcio mg/100g	Carbohidratos (g/100 g)	Ceniza BS (g/100g)	Ceniza BH (g/100g)	Energía total (kcal/100g)	Fibra cruda BS (g/100g)	Fibra cruda BH (g/100g)	Hierro (mg/kg)	Humedad (g/100g)	Materia grasa BS (g/100g)	Materia grasa BH (g/100g)	Proteína total BS ((Nx6,25) g/100g)	Proteína total BH ((Nx6,25) g/100g)	Vitamina A (ugRE/g)
1	Astilla Amarilla	Local	G1	6,58	73,08	2,25	1,95	360,23	2,53	2,19	15,51	13,43	5,02	4,35	8,31	7,19	0,65
2	Astilla Blanca	Local	G2	6,57	72,11	2,29	1,99	362,03	2,42	2,10	15,44	13,19	5,24	4,55	9,40	8,16	1,88
3	Carhuay	Local	G3	5,76	72,53	2,18	1,88	359,02	2,39	2,06	14,31	13,79	5,03	4,34	8,65	7,46	< 0,65*
4	Carhuay	Local	G4	5,67	71,94	2,16	1,87	363,31	2,68	2,32	15,00	13,39	5,62	4,87	9,16	7,93	0,82
5	Bolón	Local	G5	6,75	73,01	2,08	1,80	362,31	2,12	1,83	14,57	13,51	5,45	4,71	8,06	6,97	< 0,65*
6	Chulpy	Local	G6	6,07	72,12	2,08	1,82	370,37	2,37	2,07	13,08	12,65	6,47	5,65	8,88	7,76	< 0,65*
7	Astilla Blanca	Local	G7	6,17	75,00	1,95	1,68	357,40	2,53	2,18	11,83	13,82	4,50	3,88	6,52	5,62	< 0,65*
8	Cusqueado	Local	G8	6,28	73,98	2,68	2,30	352,98	2,26	1,94	12,01	14,13	4,36	3,74	6,81	5,85	< 0,65*
9	Carhuay	Local	G9	6,39	73,86	1,95	1,69	362,28	2,40	2,08	14,35	13,29	5,12	4,44	7,75	6,72	1,13
10	Blanco Gigante	Local	G10	5,46	74,84	2,05	1,79	360,56	2,25	1,97	14,69	12,62	4,17	3,64	8,14	7,11	< 0,65*
11	Astilla Blanca	Local	G11	7,85	73,54	2,11	1,83	359,75	2,51	2,18	13,20	13,32	4,70	4,07	8,35	7,24	< 0,65*
12	Almidón	Local	G12	6,25	74,12	1,87	1,62	360,98	2,20	1,91	18,36	13,36	4,82	4,18	7,76	6,72	< 0,65*
13	Astilla Blanca	Local	G13	6,72	73,56	2,05	1,78	361,07	2,52	2,19	19,04	13,24	4,88	4,23	8,29	7,19	< 0,65*
14	Chulpy	Local	G14	7,97	71,50	2,43	2,14	374,68	2,88	2,53	21,62	12,09	7,19	6,32	9,04	7,95	< 0,65*
15	Pistiada	Local	G15	5,28	73,42	1,94	1,68	362,17	2,31	2,00	13,25	13,49	5,28	4,57	7,91	6,84	< 0,65*
16	Carhuay	Local	G16	5,49	73,53	1,91	1,66	362,68	2,29	1,99	12,92	13,27	5,17	4,48	8,14	7,06	< 0,65*
17	Morocho Duro	Local	G17	6,38	73,39	1,80	1,57	365,12	2,16	1,88	14,95	12,85	5,23	4,56	8,76	7,63	< 0,65*
18	Morocho Rojo Duro	Local	G18	6,27	73,08	1,76	1,53	363,03	2,11	1,83	16,78	13,25	5,11	4,43	8,89	7,71	< 0,65*
19	Paru Rojo	Local	G19	6,59	73,85	2,11	1,83	361,84	2,50	2,17	13,79	13,21	5,07	4,40	7,73	6,71	< 0,65*
20	Maíz Morado	Local	G20	6,75	72,93	2,10	1,83	360,63	2,26	1,97	18,49	12,95	4,54	3,95	9,58	8,34	< 0,65*
21	Paru Occe	Local	G21	6,62	72,20	2,16	1,87	361,74	2,28	1,98	17,64	13,32	5,19	4,50	9,36	8,11	< 0,65*
22	Huamamsara	Local	G22	7,08	74,17	1,88	1,63	362,34	2,54	2,20	16,81	13,31	5,10	4,42	7,46	6,47	< 0,65*
23	Choclero-101	Testigo	T1	7,05	73,34	1,93	1,68	363,10	2,05	1,79	18,84	12,87	4,89	4,26	9,01	7,85	< 0,65*
24	Choclero-INIA-603	Testigo	T2	7,02	73,13	1,82	1,58	362,44	2,00	1,74	15,09	13,01	4,78	4,16	9,33	8,12	< 0,65*
25	INIA-601	Testigo	T3	7,00	73,06	1,82	1,58	364,22	2,11	1,84	17,36	12,99	5,17	4,50	9,04	7,87	< 0,65*

BS y BH = base seca y base húmeda, respectivamente; *=Límite de cuantificación = 0,65 ugRE/g

Análisis de componentes principales

Matriz de correlación/Coeficientes										
	Calcio	Carbohidrat	Ceniza_BS	Energía_tot	Fcruda_BS	Hierro	Humedad	Mgrasa_BS	Ptotal_BS	Vit_A
Calcio	1									
Carbohidrat	-0.219	1								
Ceniza_BS	0.129	-0.319	1							
Energía_tot	0.292	-0.591	-0.142	1						
Fcruda_BS	0.176	-0.22	0.483	0.246	1					
Hierro	0.515	-0.364	-0.054	0.466	0.08	1				
Humedad	-0.35	0.343	0.165	-0.832	-0.076	-0.556	1			
Mgrasa_BS	0.234	-0.729	0.167	0.887	0.44	0.307	-0.527	1		
Ptotal_BS	0.126	-0.718	-0.11	0.485	-0.216	0.462	-0.535	0.334	1	
Vit_A	-0.075	-0.205	0.186	-0.024	0.256	-0.092	0.083	0.069	0.055	1

Matriz de correlación/Probabilidades										
	Calcio	Carbohidrat	Ceniza_BS	Energía_tot	Fcruda_BS	Hierro	Humedad	Mgrasa_BS	Ptotal_BS	Vit_A
Calcio										
Carbohidrat	0.2936									
Ceniza_BS	0.5383	0.1199								
Energía_tot	0.1565	0.0018	0.4986							
Fcruda_BS	0.3992	0.2903	0.0145	0.2354						
Hierro	0.0084	0.0741	0.7985	0.019	0.704					
Humedad	0.0867	0.0937	0.4307	<0,0001	0.7191	0.0039				
Mgrasa_BS	0.2593	<0,0001	0.4254	<0,0001	0.0276	0.1358	0.0068			
Ptotal_BS	0.5475	0.0001	0.6023	0.0141	0.3004	0.0202	0.0058	0.1027		
Vit_A	0.7221	0.3249	0.373	0.9101	0.2162	0.6618	0.6939	0.7422	0.7947	

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	3.975	0.397	0.397
2	1.894	0.189	0.587
3	1.228	0.123	0.710
4	0.997	0.100	0.809
5	0.796	0.08	0.889
6	0.454	0.045	0.934
7	0.377	0.038	0.972
8	0.25	0.025	0.997
9	2.90E-02	3.00E-03	1
10	1.50E-05	1.50E-06	1

Autovectores				
Variables	e1	e2	e3	e4
Calcio	0.235	0.003	0.591	-0.386
Carbohidrat	-0.395	-0.182	0.345	0.233
Ceniza_BS	0.039	0.575	0.096	-0.326
Energía_tot	0.455	-0.074	-0.015	0.393
Fcruda_BS	0.146	0.559	0.265	0.258
Hierro	0.333	-0.186	0.304	-0.359
Humedad	-0.398	0.233	-0.104	-0.184
Mgrasa_BS	0.418	0.197	-0.065	0.369
Ptotal_BS	0.338	-0.239	-0.421	-0.368
Vit_A	0.027	0.365	-0.409	-0.186

Correlaciones con las variables originales				
Variables	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Calcio	0.469	0.004	0.655	-0.386
Carbohidrat	-0.788	-0.251	0.382	0.232
Ceniza_BS	0.078	0.792	0.106	-0.326
Energía_tot	0.907	-0.102	-0.017	0.393
Fcruda_BS	0.291	0.769	0.293	0.258
Hierro	0.663	-0.256	0.337	-0.358
Humedad	-0.794	0.321	-0.115	-0.184
Mgrasa_BS	0.834	0.271	-0.072	0.369
Ptotal_BS	0.674	-0.328	-0.467	-0.367
Vit_A	0.055	0.502	-0.454	-0.186

Correlación cofenética= 0,963

Valores de Z

Elementos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Calcio	0.20	0.74	1.18	0.06	0.06
Carbohidrat	1.46	0.12	-1.31	-0.15	0.84
Ceniza_BS	-0.08	-0.33	1.40	0.93	0.71
Energía_tot	0.12	0.56	3.11	0.31	-0.23
Fcruda_BS	0.57	-0.65	1.78	1.20	0.47
Hierro	1.11	1.00	1.09	0.19	-0.58
Humedad	0.21	-0.02	-1.67	0.72	1.35
Mgrasa_BS	-0.28	0.13	3.23	0.58	0.05
Ptotal_BS	-0.19	1.34	1.12	0.71	-0.37
Vit_A	-0.02	-0.02	-0.02	2.49	-0.02

Elementos	Calcio	Carbohidrat	Ceniza_BS	Energía_tot	Fcruda_BS	Hierro	Humedad	Mgrasa_BS	Ptotal_BS	Vit_A
Grupo 1	0.20	1.46	-0.08	0.12	0.57	1.11	0.21	-0.28	-0.19	-0.02
Grupo 2	0.74	0.12	-0.33	0.56	-0.65	1.00	-0.02	0.13	1.34	-0.02
Grupo 3	1.18	-1.31	1.40	3.11	1.78	1.09	-1.67	3.23	1.12	-0.02
Grupo 4	0.06	-0.15	0.93	0.31	1.20	0.19	0.72	0.58	0.71	2.49
Grupo 5	0.06	0.84	0.71	-0.23	0.47	-0.58	1.35	0.05	-0.37	-0.02

Anexo 04: Planilla de laboratorio para la evaluación de las características moleculares de las variedades de maíz amiláceo producidas en la provincia de Tayacaja, Huancavelica

Nº	ENSAYO # 1					Localidad:		Fecha Siembra:	
						Presencia		Ausencia	
	Rep	Bloc	Plot	Entry	Variedad				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

Anexo 05: Libro de campo para la evaluación de las características morfológicas de las variedades de maíz amiláceo producidas en la provincia de Tayacaja, Huancavelica

Nº	ENSAYO # 1					Localidad:		Fecha Siembra:						Fecha Cosecha:												
						Floración		Altura		Acame		Aspecto		Cob		Enferm.		Totales		Tex		Maz		Peso		Hum
	Rep	Bloc	Plot	Entry	Variedad	M	F	Planta	Maz	Raiz	Tallo	Ptas	Maz	Maz	Foliar	Tallo	Ptas	Maz	Grano	Pod	Mazorca	Grano	Grano			
1																										
2																										
3																										
5																										
6																										
8																										
8																										
10																										
11																										
12																										
14																										
15																										
16																										
18																										
19																										
20																										
21																										
23																										
24																										
25																										

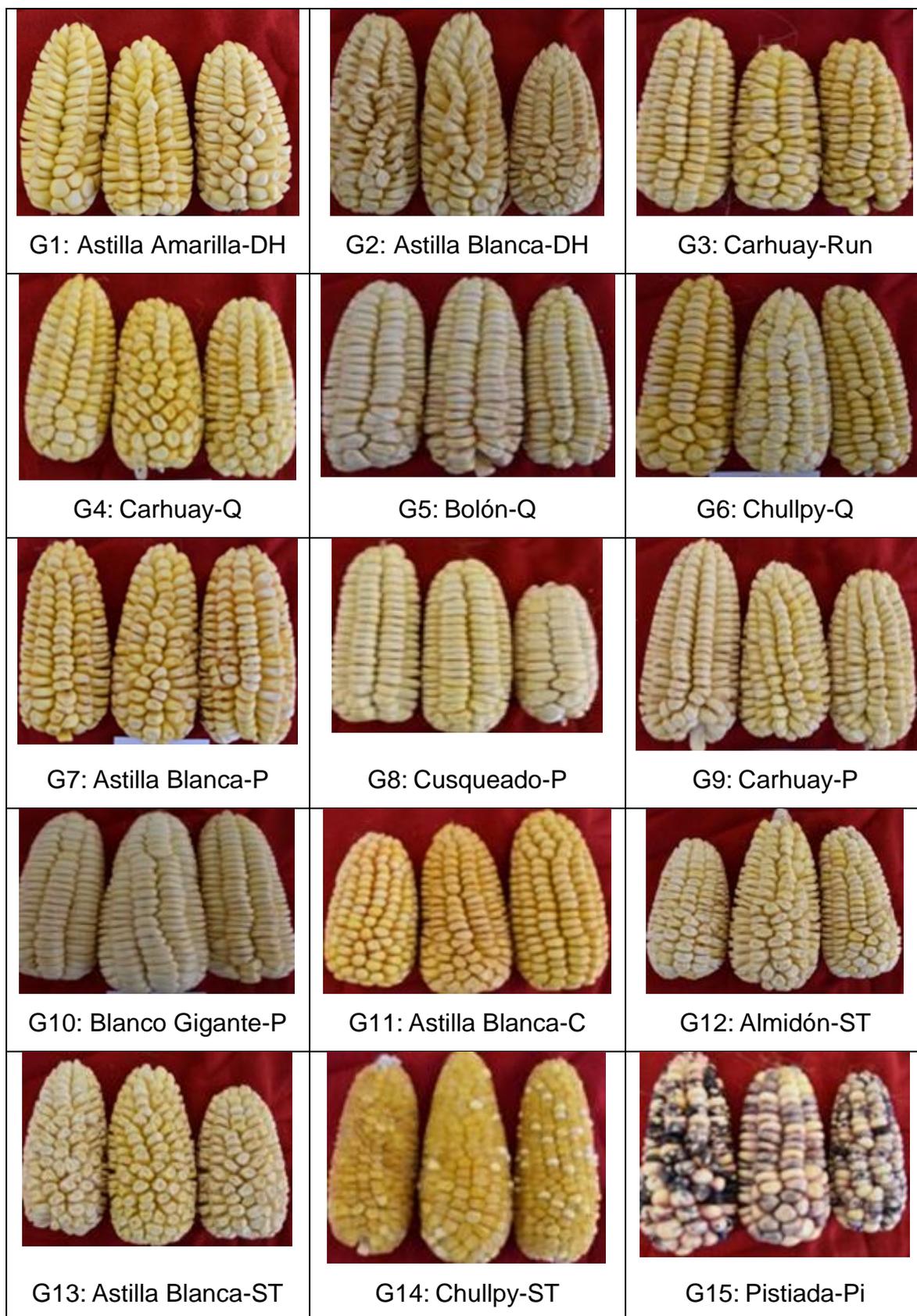
Nº	ENSAYO # 1					Localidad:										Fecha Siembra:					Fecha Cosecha:				
						Altura de Planta										Altura de Mazorca									
	Rep	Bloc	Plot	Entry	Variedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									

Nº	ENSAYO # 1					Localidad:										Fecha Siembra:					Fecha Cosecha:				
						Longitud de Mazorcas										Diámetro de Mazorcas									
	Rep	Bloc	Plot	Entry	Variedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									

Anexo 06: Planilla de laboratorio para la evaluación de las características nutricionales de las variedades de maíz amiláceo producidas en la provincia de Tayacaja, Huancavelica

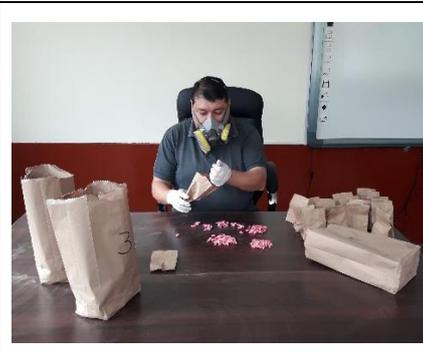
Nº	VARIEDAD	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (%)								
		Calcio mg/100g	Carbohidratos (g/100 g)	Ceniza (g/100g)	Energía total (kcal/100g)	Fibra cruda (g/100g)	Hierro (mg/kg)	Humedad (g/100g)	Materia grasa (g/100g)	Proteína total ((Nx6,25) g/100g)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										

Anexo 07: Las 25 variedades de maíz amiláceo colectadas en la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.



		
<p>G16: Carhuay-Pi</p>	<p>G17: Morocho Duro-Pi</p>	<p>G18: Morocho Rojo Duro-Pi</p>
		
<p>G19: Paru Rojo-Pi</p>	<p>G20: Maíz Morado-Pi</p>	<p>G21: Paru Occe-Pi</p>
		
<p>G22: Huamamsara-Pi</p>	<p>G23: Choclero-101</p>	<p>G24: Choclero-INIA-603</p>
		
<p>G25: INIA-601</p>		

Anexo 08: Principales actividades y equipos utilizados



PREPARACIÓN DE SEMILLA



ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Y SEMBRADO DE ENSAYOS



SUPERVISIÓN DE LOS ENSAYOS CON LOS CIENTÍFICOS DEL CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT)



LABORES AGRONÓMICAS



SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL CULTIVO



COSECHA DE MAÍZ



SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE MAÍZ

EQUIPOS



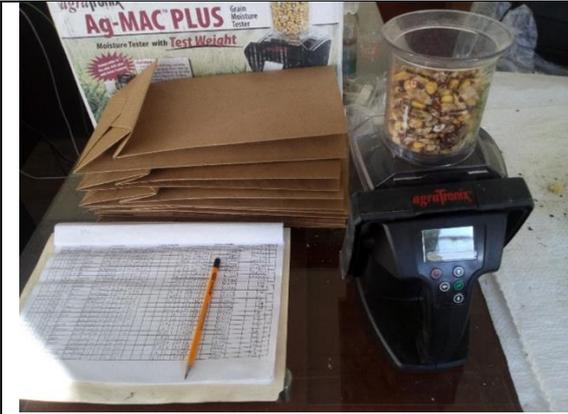
REGLA PARA MEDIR ALTURA DE PLANTA



MAZORCOMETRO



BALANZAS



MEDIDOR DE HUMEDAD



TEXTURÓMETRO



CROMATÓGRAFO DE GASES



HPLC



EXTRACTOR SOXHLET



EXTRACTOR KJELDALH

TESIS-DR-GINO-PRIETO

por Gino Paul PRIETO ROSALES

Fecha de entrega: 29-jul-2022 05:52p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1731584038

Nombre del archivo: TESIS-DR-GINO-PRIETO-ROSALES-UNS-2022.pdf (6.36M)

Total de palabras: 37765

Total de caracteres: 160732

TESIS-DR-GINO-PRIETO

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Tayacaja Daniel Hernandez Morillo Trabajo del estudiante	5%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	revistas.unat.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	llamkasun.unat.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	revistas.inia.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	vri.unat.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
8	revistas.ulcb.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	dialnet.unirioja.es Fuente de Internet	

<1 %

10

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

11

dokumen.pub

Fuente de Internet

<1 %

12

[Submitted to Jawaharlal Nehru Technological University](#)

Trabajo del estudiante

<1 %

13

archive.org

Fuente de Internet

<1 %

14

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1 %

15

www.jorgegalbiati.cl

Fuente de Internet

<1 %

16

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

17

mst.ama.cu

Fuente de Internet

<1 %

18

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

19

documents.mx

Fuente de Internet

<1 %

20

repository.cimmyt.org

Fuente de Internet

<1 %

21

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

22

www.colpos.mx

Fuente de Internet

<1 %

23

busquedas.elperuano.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

nanopdf.com

Fuente de Internet

<1 %

25

www.archivos.ujat.mx

Fuente de Internet

<1 %

26

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

27

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

28

ridaa.unq.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

29

w.redalyc.org

Fuente de Internet

<1 %

30

www.cienciasinaloa.ipn.mx

Fuente de Internet

<1 %

31

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

32	paperity.org Fuente de Internet	<1 %
33	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
34	udoagricola.orgfree.com Fuente de Internet	<1 %
35	Martín Merino Ibarra, Elva Guadalupe Escobar Briones. "Tendencias de Investigación en Limnología Tropical Perspectivas Universitarias en Latinoamérica", Universidad Nacional Autónoma de México, 2015 Publicación	<1 %
36	repositorio.ulasamericas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
39	J. Antonio Rangel-Lucio, Amalio Santacruz-Varela, Leobigildo Córdova-Téllez, J. Guadalupe García-Rodríguez et al. "ADAPTACIÓN Y SELECCIÓN DE MAÍCES NATIVOS EN LA REGIÓN DEL BAJÍO DE MÉXICO POR SU CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA", Revista Fitotecnia Mexicana, 2021	<1 %

40	digital.bl.fcen.uba.ar Fuente de Internet	<1 %
41	libios.fr Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.utelesup.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	www.sech.info Fuente de Internet	<1 %
44	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
45	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
46	Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante	<1 %
47	www.digesa.minsa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
48	www.ins.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo