Conservación in situ de seis ecotipos de la raza colombiana maíz chococito (*Zea mays* L.) en la Universidad del Pacífico-Buenaventura

Daniel Micolta Espinosa



Universidad del Pacífico
Programa de Agronomía
Buenaventura, Colombia
2024

Conservación in situ de seis ecotipos de la raza colombiana maíz chococito (*Zea mays* L.) en la Universidad del Pacífico-Buenaventura

Daniel Micolta Espinosa

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de: Agrónomo

Director:

PhD. José Omar Cardona Montoya

Línea de investigación: Recursos fitogenéticos

Universidad del Pacífico
Programa de Agronomía
Buenaventura, Colombia
2024

AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente infinita de fortaleza y sabiduría, por iluminar mi camino y darme el valor necesario para enfrentar cada desafío.

A mi madre, (Nancy Micolta Espinosa) por ser mi pilar fundamental su amor incondicional y ejemplo de fortaleza me han guiado siempre. Este logro también es suyo.

A mi tía (Yoana Micolta Espinosa) por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, y por recordarme que cada logro es un paso más hacia nuestros sueños compartidos.

Al director de trabajo de grado (José Omar Cardona Montoya) por su orientación y apoyo constante durante este proceso que han sido fundamentales en la culminación de este proyecto.

A la Universidad del Pacífico y al programa de Agronomía, por brindarme las herramientas y el conocimiento.

Resumen

El estudio realizó un análisis detallado de las características morfo-agronómicas y morfométricas de seis ecotipos de maíz chococito, con el objetivo primordial de purificar la raza y conservarla en su hábitat natural. Utilizando técnicas de análisis factorial, se identificaron ocho factores principales que explican el 70.10% de la varianza total en los datos recolectados. Estos factores incluyeron aspectos clave como el crecimiento de la planta, que abarcó la altura, el número de entrenudos y la longitud de la mazorca y del pedúnculo; la capacidad de ramificación, evaluando tanto el número total de ramificaciones como las primarias y secundarias; y el desarrollo vertical, medido por la altura de la mazorca y la longitud de la hoja. Además, el análisis consideró la estabilidad estructural frente al acame del tallo y de la raíz, la morfología foliar que incluyó el ancho de la hoja y la estructura de la venación, y la resiliencia y adaptabilidad evaluadas mediante el largo de la hoja y el número de macollas. Otros factores explorados fueron el desarrollo de las hojas superiores, que incluyó el número de hojas sobre la mazorca y la resistencia al acame del tallo, así como la complejidad reproductiva, reflejada en el número de ramificaciones secundarias y la resistencia al acame de la raíz. Estos hallazgos no solo proporcionan una comprensión profunda de la variabilidad morfológica del maíz chococito, sino que también establecen una base científica sólida para guiar los esfuerzos de conservación y purificación de esta valiosa variedad local.

Palabras clave: *Maíz chococito, Conservación in situ, Ecotipos*

Abstract

The study conducted a detailed analysis of the morpho-agronomic and morphometric characteristics of six ecotypes of "maíz chococito," with the primary goal of purifying the race and preserving it in its natural habitat. Using factorial analysis techniques, eight principal factors were identified, which together account for 70.10% of the total variance in the data collected. These factors included key elements such as plant growth, encompassing plant height, number of internodes, and the length of the ear and peduncle; branching capacity, which evaluated both the total number of branches as well as primary and secondary branches; and vertical development, measured by ear height and leaf length. Additionally, the analysis considered structural stability in relation to stalk and root lodging, leaf morphology, including leaf width and venation structure, and resilience and adaptability, evaluated through leaf length and the number of tillers. Other factors explored included upper leaf development, which covered the number of leaves above the ear and resistance to stalk lodging, as well as reproductive complexity, reflected in the number of secondary branches and root lodging resistance. These findings not only provide a deep understanding of the morphological variability of "maíz chococito" but also establish a solid scientific basis to guide efforts towards the conservation and purification of this valuable local maize variety. The results highlight the importance of considering multiple morphometric and agronomic facets to ensure the sustainable management and adaptation of the maize in its natural environment.

Keywords: *Chococito maize, In situ conservation, Ecotypes*

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 1

1. **PLANTEAMIENTO** DEL PROBLEMA 3

2. JUSTIFICACIÓN 4

3. OBJETIVOS 5

3.1 GENERAL 5

3.2 ESPECÍFICOS 5

4. MARCO TEÓRICO 6

4.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL MAÍZ 6

4.2 IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN COLOMBIA 6

4.3 TAXONOMÍA Y BOTÁNICA DEL MAÍZ 6

4.4 CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL MAÍZ 8

4.5 DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ 9

4.6 CONSERVACIÓN IN SITU 10

4.7 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN GENÉTICA 11

4.8 MARCADORES MORFO-AGRONÓMICOS 11

4.9 MARCADORES MOLECULARES 12

5. METODOLOGÍA 12

5.1 LOCALIZACIÓN 12

5.2 VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y MORFOLÓGICAS 13

6. RESULTADOS 15

6.1 ANÁLISIS DE LOS AUTOVALORES 15

6.2 ANÁLISIS DE LOS AUTOVECTORES 16

6.3 FACTORES Y CONTRIBUCIONES CLAVE 16

6.4 STANDARDIZED SCORING COEFFICIEN 21

7. DISCUSIÓN 24

8.CONCLUSIÓN.....27

8.1 CONCLUSIÓN GENERAL 27
8.2 CONCLUSION ESPECIFICA 1 27
8.3 CONCLUSION ESPECIFICA 2 28
8.4 CONCLUSION ESPECIFICA 3 28

9.RECOMENDACIONES 29

BIBLIOGRAFÍA.....30

ANEXOS.....36

Lista de tablas

Tabla 1. Taxonomía del maíz..... ……7

Tabla 2. Condiciones edafoclimáticas del maíz 9

Tabla 3. Variable morfométricas y morfológicas a evaluar en el maíz..... 14

Tabla 4. Autovalores y sus proporciones 15

Tabla 5. Análisis de autovalores..... 16

Tabla 6. STANDARDIZED SCORING COEFFICIEN..... 21

Tabla 7. Porcentaje de contribuciones 23

Lista de figuras

Figura 1. Evolución del maíz. Esquemas que resumen las diferentes hipótesis acerca del posible origen del maíz. 1

Figura 2. Ilustración de maíz. 8

Figura 3. Tabla de Munsell 13

Lista de anexos

Anexo 1. Ecotipos investigados..... 36

Anexo 3. Ecotipos en etapa de germinación..... 36

Anexo 5. Ecotipos en etapa vegetativa..... 37

Anexo 7. Ecotipos enetapavegetativa.....37

Anexo 9. Ecotipos en etapa reproductiva..... 38

Anexo 11. Ecotipos en etapa reproductiva..... 38

Anexo 13. Proceso de empaque. 39

Anexo 15. Recolección de datos 39

INTRODUCCIÓN

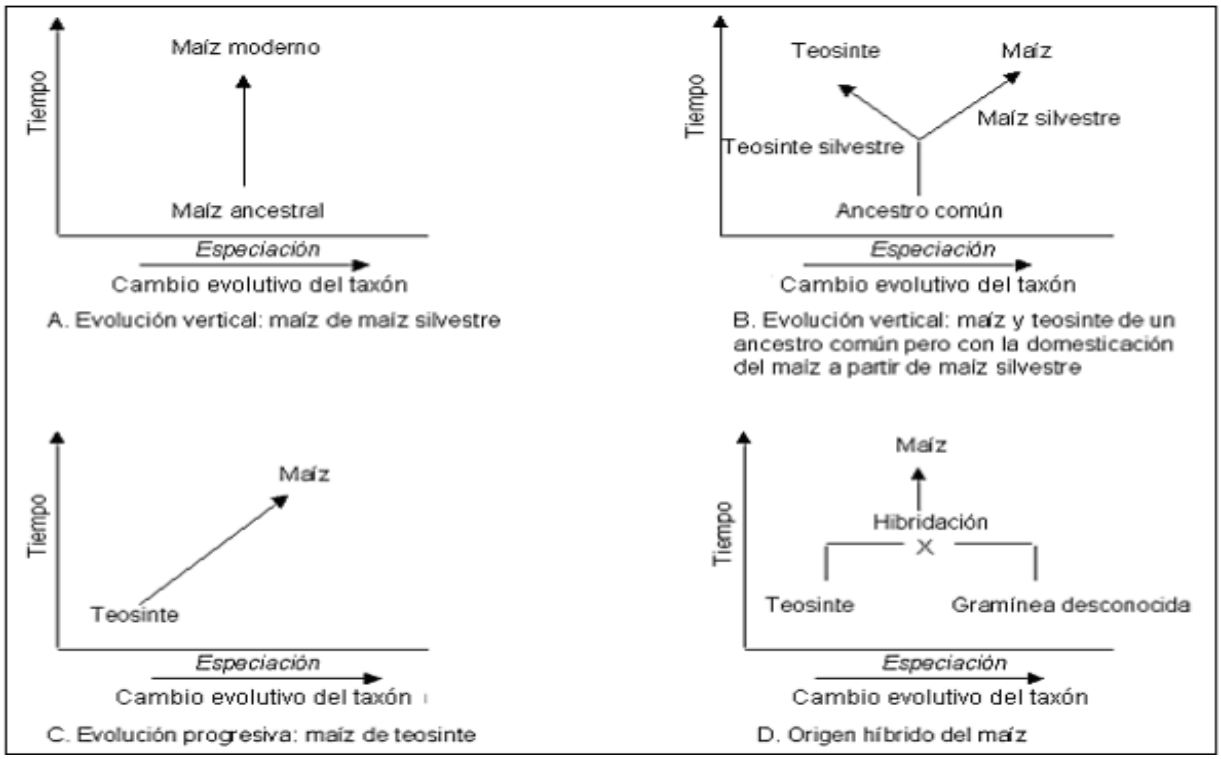
Para el año 2022/2023 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estima la producción mundial de maíz en 1.161,86 millones de toneladas, unos 6,52 millones de toneladas menos que la previsión del mes pasado, la cual fue de 1.216,87 millones de toneladas. Los 1.161,86 millones de toneladas estimados para este año podrían significar una reducción de 55,00 millones de toneladas o 4,52% en la producción mundial de maíz. (Producción Agrícola Mundial,2022).

El maíz es el grano más importado en Colombia. De los 14 millones de toneladas de alimentos que en Colombia importaron en 2021, el 42% es maíz, 6.017.059 toneladas (5.654.325 toneladas de maíz amarillo más 362.734 toneladas de maíz blanco). Este valor importado representa el 9% del déficit comercial Comercio de Colombia en 2021. Colombia produce 1,6 millones de toneladas de maíz (21%), ya tiene mercado generado con el 79% de la necesidad insatisfecha proporcionada por maíz importado, que puede ser producido internamente (Fenalce, 2022).

Como resultado de la adaptación ambiental del maíz, se creó una amplia variedad de cultivares o razas locales tradicionales que han sobrevivido a través de los años en huertos familiares. El término raza se ha utilizado para agrupar individuos o poblaciones que tienen características en común que pueden distinguirse como un grupo según su morfología, ecología, genética y la historia del cultivo (Anderson y Cutler 1942).

“Actualmente, el maíz es uno de los cultivos alimentarios más consumidos en el mundo y uno de los cultivos alimentarios más antiguos que se conocen” (Doebley, 2004). Se han propuesto varias hipótesis sobre el origen evolutivo del maíz, Wilkes (1979) y Wilkes y Goodman (1995) resumen en forma de diagrama cuatro posibles modelos evolutivos (Fig. 1). A continuación, se presentan los respectivos modelos: 1) el maíz moderno evolucionó partiendo del maíz silvestre; 2) la separación del maíz y el teosinte que surgieron de un ancestro común y divergieron durante el desarrollo evolutivo 3) la progresión del teosinte al maíz y 4) el maíz híbrido originario de un híbrido de teosinte y una gramínea desconocida.

Figura 1. Evolución del maíz. Esquemas que resumen las diferentes hipótesis acerca del posible origen del maíz.



Fuente: adaptado de Wilkes and Goodman (1995)

Desde una perspectiva citogenética, los estudios de la composición cromosómica de las variedades de maíz desde 1955 han arrojado una gran cantidad de información. Los componentes cromosómicos más estudiados son: el cromosoma B, la heterocromatina (nudos o “knobs” visibles durante la meiosis) y anomalías del cromosoma 10, Correlacionando la frecuencia de ocurrencia de estas características con su ubicación geográfica (Rivas, 2016).

McClintock, estududio las diferencias en la presencia de "knobs" en maíz del Caribe, América del Sur, América Central y América del Norte. Los resultados brindan un apoyo importante para la hipótesis del origen del maíz y la evolución del teosinte; según McClintock et al (1981) Hay razones para creer que el maíz, tal como lo conocemos hoy, se originó a partir del evolucionado del teosinte en una región particular y luego influenciado por otras especies en la región entre el centro y suroeste de México. De acuerdo con la investigación que realizó Roberts et al., (1957), el maíz chococito o chococeño se encuentra en el grupo racial de razas hibridas colombianas (RCH), los resultados proporcionan que en Colombia se encuentran 23 razas.

Aunque el cultivo de maíz nativo ha contribuido a la conservación del material genético, su uso potencial no ha superado a la industria porque las variedades híbridas y mejoradas de maíz son las variedades dominantes como materia prima industrial. Poca investigación sobre el uso potencial del maíz nativo en la agroindustria ha demostrado que muchos pigmentos que dan color a las frutas, vegetales y granos contienen compuestos como las antocianinas del maíz morado, que tienen efectos para combatir la degeneración del cuerpo humano y tiene efectos beneficiosos sobre la salud y el bienestar (Salinas et al, 2005).

Las colecciones de germoplasma se basan en la recolección de propágulos de fuentes semilleras que representen la mayor diversidad posible de una especie en diferentes ecosistemas y regiones geográficas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la diversidad genética de una colección no siempre es fácil de determinar por su morfología y que puede estar influenciada por factores ambientales. Por lo tanto, es necesario monitorear la verdadera diversidad genética de la colección a posteriori mediante análisis moleculares, como marcadores genéticos, para garantizar que la colección contenga una amplia variedad de alelos y genotipos. Esto permitirá mantener la riqueza genética de la colección a largo plazo y asegurar su utilidad en programas de mejora genética y conservación (Gonzáles et al,2002).

La exploración de la diversidad genética del maíz en la región tropical de Colombia es importante para identificar y conservar variedades con características únicas y deseables, así como para desarrollar nuevas variedades adaptadas a las condiciones locales. Esto requiere de la colaboración entre diferentes actores y programas de conservación genética (Cardona, 2010). La conservación de los recursos fitogenéticos debe ser un esfuerzo concertado para preservar la variabilidad genética dentro de las especies o ecotipos. Al preservar la variabilidad genética de una especie, se preserva también el "pool" genético de la población, que es fundamental para mantener la diversidad y la capacidad adaptativa de la especie (Gámez et al, 2014).

Desde siempre, las diferentes especies vegetales han estado sometidas a una activa interacción con el medio ambiente, lo cual ha generado un gran número de genotipos adaptados a diferentes condiciones locales, ampliando la diversidad genética. Sin embargo, en las últimas décadas esta diversidad genética se ha visto severamente reducida por las exigencias del mercado y la disminución de los suelos cultivados. Ante esta situación, uno de los desafíos actuales es buscar la manera de incentivar la conservación y uso racional de los recursos genéticos (Becerra et al, 2000).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

"El maíz es considerado como un recurso biológico cultural, el cual se conservan *in situ* en extensos territorios de los pueblos indígenas y comunidades locales" (Boege, 2008). "Sin embargo, su continuidad se ha visto afectada por múltiples factores que, en el marco de su compleja relación, resultado en la pérdida de soberanía y seguridad alimentaria de millones de personas" (Bartra, 2011). "En los últimos tiempos, el establecimiento de técnicas agrícolas ha puesto en peligro el patrimonio biocultural, que incluye relaciones entre humanos, productos y naturaleza que se remontan a más de 6.000 años".

"La economía del Pacífico colombiano ha sido absorbida poco a poco por la economía nacional convirtiéndola en una economía de enclave donde su actividad predominante es la extracción y la sobreexplotación de los recursos naturales" (BIOPACIFICO, 1996 citado por Martínez et al. 2000). "Es necesario la conservación de la diversidad biológica y más un en lugares donde las actividades extractivas degradaron los ecosistemas, sin que se hayan establecidos como agro ecosistemas estables y productivos" (Andrade, 1993; FAO, 1996). "Las Formas Agroalimentarias locales (FAL), actualmente resulta insuficiente generando autodependencia de productos provenientes de otras regiones del país; en el cultivo del maíz el cual muy pocos agricultores siembran, beneficiándose sobre todo como autoconsumo aprovechando las zonas de vega" (Sánchez, 1995).

Por otro lado, según Torres y Reyes, (1998) citados por Martínez et al. (2000) plantean que existen evidencias de perdida de la diversidad genética en el maíz, sobre todo en variedades nativas de las diferentes regiones, que fueron desplazadas por variedades comerciales y por especies que generaban un mayor impacto económico como acontece con el cultivo de chontaduro.

Aunque el cultivo de maíz nativo ha contribuido a la conservación del material genético, su uso potencial no ha superado a la industria porque las variedades híbridas y mejoradas de maíz son las variedades dominantes como materia prima industrial. Poca investigación sobre el uso potencial del maíz nativo en la agroindustria ha demostrado que muchos pigmentos que dan color a las frutas, vegetales y granos contienen compuestos como las antocianinas del maíz morado, que tienen efectos para combatir la degeneración del cuerpo humano y tiene efectos beneficiosos sobre la salud y el bienestar (Salinas et al, 2005).

La contaminación genética de las variedades locales de maíz puede producirse cuando nuevas variedades de maíz son introducidas, contaminando las variedades locales tradicionales a través de la polinización cruzada. Es un problema importante porque las variedades locales a menudo poseen rasgos genéticos únicos que los agricultores locales han desarrollado y conservado durante generaciones. Al contaminarse con polen de nuevos materiales, estas variedades autóctonas pierden su pureza y pueden dejar de presentar las características que las hacían valiosas para las comunidades locales. De hecho, las variedades locales suelen albergar rasgos genéticos únicos que contribuyen a su resistencia, adaptabilidad y calidad nutricional. La contaminación genética puede provocar la pérdida de estos rasgos, reduciendo la diversidad genética de las poblaciones nativas de maíz.

En síntesis, para la raza colombiana de maíz Chococeño:

- Se desconoce su variabilidad por color de grano (contenido de antocianinas),
- No se dispone de datos actualizados sobre descriptores,
- Su variabilidad intraespecífica no se conoce, pero se sospecha,
- Demanda una purificación de la raza. La raza chococito está muy contaminada localmente debido a la presencia e introducción de maíces mejorados.

2. JUSTIFICACIÓN

Los caracteres morfométricos son medidas cuantitativas y cualitativas de la forma y tamaño de las plantas y sus partes, como la altura de la planta, la longitud y anchura de las hojas, y el tamaño y forma de la mazorca de maíz. estos caracteres pueden ser utilizados para distinguir entre diferentes ecotipos de la raza maíz chococito, que pueden tener características morfológicas únicas adaptadas a diferentes condiciones ambientales. Por otro lado, los marcadores moleculares son secuencias de adn que pueden ser utilizadas para evaluar la diversidad genética dentro de una población de maíz chococito. Estos marcadores pueden ser utilizados para identificar variabilidad genética en la población, que puede ser importante para la conservación y mejora genética de la especie.

El conocimiento detallado de la diversidad genética en germoplasmas autóctonos, es útil para fines de conservación y uso sustentable. Preservar y promover el cultivo de variedades autóctonas en zonas con adaptabilidad específica, puede ayudar a salvaguardar su integridad genética y su importancia cultural. una forma de conservación de las razas colombianas de maíz en con la creación de ‘zonas de exclusión’; equivalentes a la de reserva natural. Las variedades locales suelen estar vinculadas al patrimonio cultural y a las prácticas agrícolas tradicionales de determinadas comunidades. La contaminación genética socava este patrimonio al erosionar el carácter distintivo de las variedades autóctonas.

Los esfuerzos para mitigar la contaminación genética de las variedades locales de maíz incluyen el mantenimiento de zonas de exclusión. El aislamiento reproductivo minimiza riesgo de la polinización cruzada, para evitar el flujo de genes hacia los cultivos nativos.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Establecer lineamientos que permitan la conformación de un banco transitorio de germoplasma de maíz chococito, con base en marcadores morfo-agronómicos y morfométricos (descriptores), de seis biotipos la raza maíz chococeño (*Zea mays* L.), preclasificados por color de grano; que permita: a) generar una información base que admita la purificación de la raza, b) determinar su variabilidad intraespecífica (intrapoblacional), c) un plan-programa de conservación in situ.

3.2 ESPECÍFICOS

Generar información base sobre marcadores morfo agronómicos y morfométricos (descriptores), que permita la purificación de la raza.

Determinar la variabilidad intraespecífica (intrapoblacional)

Establecer un plan-programa de conservación *in situ*, mediada por un banco de germoplasma transitorio; como base fundamental para la conservación de la raza.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL MAÍZ

"El maíz (*Zea mays*) es una planta domesticada originaria de Mesoamérica, donde se ha cultivado desde hace aproximadamente 10,000 años" (Piperno & Ranere, 2009). "Este cereal fue fundamental en la alimentación de culturas como los mayas, aztecas e incas, extendiéndose luego por toda América y llegando a ser uno de los cultivos más importantes del mundo" (Matsuoka et al., 2002). "La diversidad genética del maíz ha sido ampliamente estudiada, mostrando una gran variabilidad morfológica y adaptabilidad a diferentes climas y suelos" (Doebley, 2004).

4.2 IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN COLOMBIA

> El maíz es uno de los cultivos más importantes en Colombia, tanto desde una perspectiva económica como cultural. A pesar de ser un país productor de maíz, Colombia depende significativamente de las importaciones para satisfacer la demanda interna. En 2021, el 42% de los alimentos importados eran maíz, lo que subraya la necesidad de incrementar la producción nacional (Fenalce, 2022).

"El maíz chococito es una variedad endémica de maíz dulce cultivada en diversas regiones de Colombia. Se destaca por su grano dulce y su importancia cultural y económica para las comunidades locales" (Ríos, Rosas, & Buitrago, 2017). "Este ecotipo ha sido objeto de estudios para determinar su diversidad genética y morfológica, así como para desarrollar estrategias de conservación que aseguren su manejo sostenible" (Perafán, Moreno, & Calle, 2020).

4.3 TAXONOMÍA Y BOTÁNICA DEL MAÍZ

"El maíz (*Zea mays*) es una planta perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Panicoideae. Es una especie herbácea anual que se caracteriza por sus tallos robustos y altos, que pueden alcanzar hasta 3 metros de altura, y por sus inflorescencias masculinas y femeninas separadas en la misma planta" (Piperno & Ranere, 2009). "La taxonomía del maíz ha sido objeto de estudios detallados para entender su evolución y diversidad genética" (Doebley, 2004). "Se clasifica en el género *Zea*, que incluye otras especies silvestres relacionadas como *Zea diploperennis* y *Zea perennis*" (Matsuoka et al., 2002).

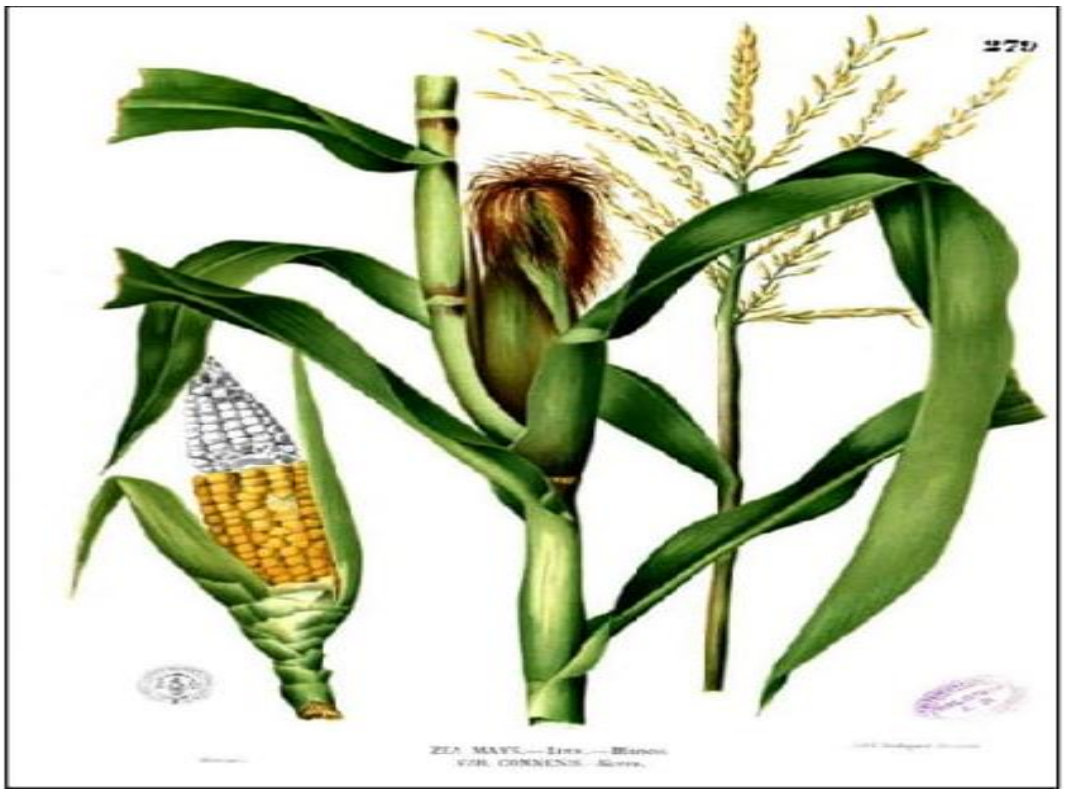
Tabla 1. Taxonomía del maíz

Nivel Taxonómico	Nombre científico	Autoridad
Reino	Plantae	
Subreino	Tracheobionta	
División	Magnoliophyta	
Clase	Liliopsida	
Subclase	Commelinidae	
Orden	Poales	
Familia	Poaceae	
Subfamilia	Panicoideae	
Género	*Zea*	
Especie	*Zea mays* L.	Linnaeus, 1753

Fuente: Propia

El maíz tiene hojas alternas, largas y estrechas, dispuestas de manera espiralada alrededor del tallo. Las flores masculinas están agrupadas en la parte superior de la planta en espigas llamadas anteras, mientras que las flores femeninas están agrupadas en espigas más abajo, formando la mazorca que contiene los granos de maíz (Piperno & Ranere, 2009). Los granos de maíz son semillas simples, generalmente amarillos o blancos, que se desarrollan en mazorcas cubiertas por hojas modificadas conocidas como brácteas.

Figura 2. Ilustración del maíz



Fuente: Francisco Manuel Blanco, Flora de Filipinas, Gran edición, Atlas II, 1880- 1883.

4.4 CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL MAÍZ

El maíz (*Zea mays*) es una planta que prospera en una amplia gama de condiciones edafoclimáticas. Prefiere suelos bien drenados, profundos y fértiles, con un pH ligeramente ácido a neutro (entre 5.5 y 7.0). Es altamente sensible al frío durante la fase inicial de su crecimiento y requiere temperaturas promedio diarias de al menos 10-15°C durante la temporada de crecimiento. Una temperatura media anual de 18-32°C es ideal para su desarrollo óptimo. Además, el maíz necesita una cantidad adecuada de agua, aproximadamente de 500 a 1,200 mm anuales, distribuidos de manera uniforme durante su ciclo de crecimiento para obtener rendimientos óptimos (Baethgen & Reidsma, 2020).

Tabla 2. Condiciones edafoclimáticas del maíz

Factor	Condiciones Favorables para el Maíz
Suelo	Suelos bien drenados, profundos y fértiles. pH entre 5.5 y 7.0.
Temperatura	Temperaturas diarias promedio de 10-15°C durante la fase inicial de crecimiento. Media anual de 18-32°C durante el ciclo.
Agua	Precipitación anual de 500-1,200 mm, distribuida uniformemente a lo largo del ciclo de crecimiento.

Fuente: Propia

4.5 DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ

"La variabilidad genética del maíz es una riqueza para la población mundial y puede ser la base para lograr la soberanía alimentaria en especial ante los cambios climáticos" (Castillo, 2011). La diversidad genética del maíz le confiere adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y resistencia a plagas y enfermedades, lo que es especialmente importante en un contexto de cambio climático y creciente presión sobre los recursos naturales.

"Las variedades criollas de maíz tienen una enorme diversidad genética que las hace valiosas para la agricultura, además, las variedades criollas son importantes para la sostenibilidad de la agricultura ayudando a mantener los niveles de rendimiento de las cosechas" (Altieri, 2003).

El maíz ha experimentado un proceso evolutivo incesante a lo largo del tiempo, lo que ha resultado en una gran diversidad genética de la especie, la selección voluntaria e involuntaria del hombre ha sido un factor clave en este proceso evolutivo, además la variación climática y geográfica también ha llevado a la adaptación a diferentes condiciones climáticas y suelos. El flujo génico, es decir, la transferencia de material genético entre poblaciones, también ha sido ha permitido la incorporación de nuevas características genéticas Como resultado de este proceso evolutivo, existen numerosas variedades de maíz adaptadas a diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción (Mera, 2009).

> Históricamente, los estudios relacionados con diversidad genética en plantas han estado relacionados con datos arqueológicos, botánicos, lingüísticos, históricos y morfológicos. Vale decir, desde el punto de vista agronómico y comercial, la caracterización del germoplasma se ha basado fundamentalmente en características de alta y de baja heredabilidad, medidas a través del fenotipo. Sin embargo, las principales limitantes de esta caracterización son la influencia ambiental, el tiempo requerido para colectar los datos y el reducido número de genes involucrados en este proceso. En la década de los 50 la electroforesis comenzó a ser utilizada en estudios de diversidad genética. Básicamente la electroforesis es una técnica que separa moléculas por su movilidad diferencial a través de un solvente en un campo eléctrico. Actualmente, los avances en biología molecular han incorporado nuevos marcadores, de naturaleza molecular y de mayor sensibilidad para detectar cambios en el genotipo de los individuos, situación que ha permitido grandes avances en este tipo de estudios. (Becerra y Paredes, 2000, p. 271., cita textual).

"La diversidad genética es esencial para la adaptabilidad y la evolución de los cultivos. En el caso del maíz chococito, esta diversidad se manifiesta en su capacidad para adaptarse a diferentes microclimas y condiciones edafológicas" (Taba et al., 2004). La conservación in situ de estos ecotipos asegura la preservación de genes valiosos que podrían ser esenciales para la mejora futura del cultivo.

"El maíz ha desarrollado una amplia variedad de cultivares o razas locales, adaptados a diferentes condiciones ambientales y prácticas culturales. La diversidad genética del maíz es esencial para su adaptabilidad y resistencia a enfermedades, plagas y cambios climáticos" (Taba et al., 2004). La raza colombiana maíz chococito es un ejemplo de esta diversidad, con varias características únicas que deben ser preservadas.

4.6 CONSERVACIÓN IN SITU

> La conservación in situ se define como el mantenimiento y recuperación de especies en sus hábitats naturales. Esta estrategia se basa en la premisa de que los agroecosistemas dinámicos y manejados por comunidades locales son fundamentales para la preservación de la diversidad genética de los cultivos (Bellon, 1996).

“La conservación in situ permite la coevolución de los cultivos con sus plagas, enfermedades y condiciones ambientales, lo cual es crucial para mantener la resiliencia agrícola” (Brush, 2000). “Además, este enfoque promueve la participación activa de las comunidades locales, integrando sus conocimientos tradicionales en las estrategias de conservación” (Castañeda-Álvarez et al., 2016).

La conservación in situ de cultivos se centra en el mantenimiento de la biodiversidad en su entorno original. Esto incluye no solo las plantas, sino también las interacciones ecológicas y las prácticas agrícolas tradicionales que han permitido la evolución y adaptación de las especies (Brush, 2000).

4.7 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN GENÉTICA

El uso de marcadores morfo agronómicos y moleculares es esencial para evaluar la diversidad genética dentro de una población de maíz. Los caracteres morfométricos incluyen medidas cuantitativas y cualitativas de la planta, mientras que los marcadores moleculares permiten identificar variabilidad genética a nivel de ADN (González et al., 2002).

La diversidad genética dentro de una población de maíz es fundamental para la adaptación y la mejora genética. Permite identificar genes de interés para resistencia a enfermedades, adaptación a condiciones climáticas adversas, y características agronómicas deseables como rendimiento y calidad del grano (Camacho-Villa et al., 2007).

4.8 MARCADORES MORFO AGRONÓMICOS

Los caracteres morfo agronómicos son utilizados para distinguir entre diferentes ecotipos de maíz chococito. Estos caracteres incluyen la altura de la planta, la longitud y anchura de las hojas, y el tamaño y forma de la mazorca. Estas características son importantes para la identificación y conservación de variedades autóctonas (Cardona, 2010).

4.9 MARCADORES MOLECULARES

Los marcadores moleculares, como los microsatélites y los SNPs, son herramientas poderosas para evaluar la diversidad genética dentro de las poblaciones de maíz. Estos marcadores proporcionan información detallada sobre la estructura genética y las relaciones entre diferentes ecotipos, lo que es crucial para la conservación y mejora genética (Gámez et al., 2014).

5. METODOLOGÍA

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en el campus de la Universidad del Pacifico, en un módulo con medidas de 3x3m a una altitud de 14 msnm; temperatura media 26 °C; brillo solar 3,2 horas/día; humedad relativa 89%; precipitación 6898,2mm; evaporación 926,65mm; evotranspiración potencial 1097,2mm.

Evaluación en campo. Se evaluaron 120 accesiones que se dividen en 6 grupos identificándoles según el color de grano tomando como referencia la tabla de Munsell figura 2.

Tabla 3. Ubicación de los ecotipos en campo.

Módulo	**III**					
Fila	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
1	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
2	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
3	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
4	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
5	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
6	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
7	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
8	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
9	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4
10	10RV3/C2	10RV4/C8	5YRV7/C4	7.5YRV7/C8	2.5YV8/C8	2.5YV8/C4

Fuente: Propia

Figura 2. Tabla de Munsell



Fuente: Edafología. (n.d.).

5.2 VARIABLES

MORFOMÉTRICAS Y MORFOLÓGICAS

Para obtener los datos la evaluación se realizó a comienzos de la floración hasta dos semanas antes de la cosecha. Se realizo un análisis estadístico como análisis de varianza posteriormente un análisis descriptivo para exploración de varianzas y por último estimar el coeficiente de correlación (r) como medida de distancia entre pares de variables.

“Las variables para la evaluación de los descriptores fueron de la caracterización de maíces de CIMMYT y IBPGR” (1991) y los reportados por Wellhausen et al., (1951)”, en la tabla 4 se muestran las respectivas variables

Tabla 3. Variable morfométricas y morfológicas a evaluar en el maíz

ID	NOMBRE DE VARIABLE	UNIDAD	ID	NOMBRE DE VARIABLE	UNIDAD
APL	Altura de la planta	cm	CGR2	Color del grano (medianamente predominante)	
AMZ	Altura de la mazorca	cm	CGR3	Color del grano 3 (poca predominancia)	
DMAX	Diámetro del tallo máximo	mm	PGR	Peso de 100 granos a una humedad del 10%	g
DMIN	Diámetro del tallo minimo	mm	DP	Diámetro del pedúnculo de la mazorca	mm
HT	N° total de hojas por planta	un	LP	Longitud el pedúnculo de la mazorca	cm
HSMZ	N° de hojas Arriba de la mazorca por planta	un	BRACT	N° de brácteas de la mazorca	un
HLON	Longitud de la hoja	cm	LGRAN	Promedio de la longitud del grano	mm
HANC	Ancho de la hoja	cm	AGRA	Promedio del ancho del grano	mm
HVEN	Venación		GGRA	Promedio del grosor del grano	
HIND	Índice de venación		FSG	Forma de la superficie del grano	
HPUB	Pubescensia de la vaina foliar		TGRA	Tipo de grano 1 (mas predominante)	
HORI	Orientacion de las hojas		PER1	Color del pericarpio 1 (mas predominante)	
MAC	N° de Macollas	un	PER2	Color del pericarpio 2 (menos predominante)	
NEN	N° de entrenudos	un	ALE1	Color aleurona 1 (mas predominante)	
CTLL	Color del tallo		ALE2	Color aleurona 2 (menos predominante)	
AR	Acame de raíz		END1	Color del endospermo 1 (mas predominante)	
AT	Acame de tallo		END2	Color del endospermo 2 (menos predominante)	
MZPL	N° de mazorcas por planta	un	TPGRA	Tipo de grano 2 (menos predominante)	
FASC	Fascinación		PER11	Color del pericarpio 11 (mas predominante)	
LESP	Longitud de la espiga	cm	PER22	Color del pericarpio 22 (menso predominante)	
LPED	Longitud del pedúnculo de la espiga	cm	ALE11	Color aleurona 11 (mas predominante)	
LPR	Longitud de las partes ramificada de la espiga	cm	ALE22	Color aleurona 22 (menos predominante)	
PPR	Porcentaje de la parte ramificada de la espiga	%	END11	Color del endospermo 11 (mas predominante)	
RP	N° de ramificaciones primarias	un	END22	Color del endospermo 22 (menos predominate)	
RS	N° de ramificaciones segundarias	un	DMZ2	Diámetro medio de la mazorca	mm
RT	N° de ramificaciones terciarias	un	DTU	Diámetro de la tusa	mm
TR	N° total de ramificaciones	un	DRAQ	Diámetro del raquis	mm
PRS	Porcentaje de ramificaciones segundarias	%	LRAQ	Longitud de la raquilla	mm
PRT	Porcentaje de ramificaciones terciarias	%	ITURAQ	Índice tusa/raquis	
DBAS	Diámetro de la base de la mazorca	mm	IGLUGRAN	Índice gluma/grano	
DAPIC	Diámetro del apice de la mazorca	mm	ILRAQLGRAN	Índice raquilla/grano	
LM	Longitud de la mazorca	cm	CRA	Color del raquis	
DMED	Diámetro de la mazorca	mm	CGLU	Color de gluma	
FMZCAL	Forma de la mazorca		CTU	Color de tusa	
HGRAN	N° de hileras de granos		CMED	Color de la medula	
DHG	Disposicion de hileras de granos		CMA	Cobertura de la mazorca	
TIG	Tipo de grano		DPUD	Daños por pudrición	
CGR1	Color del grano 1 (mas predominante)				

Fuente: Peña, 2017

6. RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE LOS AUTOVALORES

La tabla de autovalores y sus proporciones proporciona información clave sobre la importancia relativa de cada autovalor en el análisis de autovalores que se ha realizado con los datos. Los autovalores y las proporciones dan a entender qué tan significativos son los autovalores individuales para explicar la variabilidad en los datos.

Tabla 4. Autovalores y sus proporciones

Autovalor		**Proporción (%)**	
1	4,742	20,62	20,62
2	2,838	12,34	32,95
3	1,868	8,12	41,08
4	1,624	7,06	48,14
5	1,509	6,56	54,70
6	1,352	5,88	60,58
7	1,143	4,97	65,55
8	1,047	4,55	70,10

Fuente: Propia

- Autovalor 1: Tiene el autovalor más alto (4.742), explicando el 20.62% de la varianza. Esto sugiere que es el autovalor más importante, capturando una porción significativa de la información en los datos.

- Autovalor 2: También es relevante con un autovalor de 2.838, contribuyendo con un 12.34% llevando el total acumulado a 32.95%.

- Autovalores 3 a 8: Continúan explicando porciones decrecientes juntos los ocho autovalores explican un 70.10% de la varianza total, lo cual es sustancial y sugiere que estos autovalores capturan bien las características esenciales de los datos

6.2 ANÁLISIS DE LOS AUTOVECTORES

Analizando los vectores propios asociados a cada variable y su contribución a los ocho factores, interpreto que de las principales características que cada factor parece indicar según los valores más significativas de los vectores propios.

Tabla 5. Análisis de autovalores

Variable	Vectores Propios							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Altura Planta (cm)	**0,413**	-0,071	0,043	0,068	-0,147	-0,146	-0,011	0,062
Altura Mazorca (cm)	0,179	0,185	**0,399**	0,056	-0,108	0,257	-0,210	-0,133
Diámetro Tallo Máximo (cm)	0,167	-0,212	0,067	0,030	0,240	0,044	-0,167	0,060
Diámetro Tallo Mínimo (cm)	0,242	-0,231	0,114	-0,015	0,246	0,059	-0,010	0,039
No. Hojas - Total	0,271	-0,127	0,039	0,069	-0,344	-0,314	-0,236	-0,086
No. Hojas - Encima Mazorca	0,078	-0,142	0,120	0,182	**-0,512**	0,213	0,294	0,208
Largo Hoja (cm)	0,118	-0,194	0,207	0,056	0,118	**0,507**	0,330	0,273
Ancho Hoja (cm)	0,218	0,021	0,311	-0,108	**0,356**	-0,055	0,095	0,138
Indice Venación	0,197	0,010	0,275	-0,131	0,294	-0,283	-0,027	-0,171
No. Macollas	-0,045	-0,174	0,073	-0,072	0,062	0,328	-0,061	-0,311
No. Entrenudos	**0,347**	-0,136	0,097	0,080	-0,212	-0,059	-0,036	-0,050
No. Mazorcas/planta	0,221	0,014	-0,064	**-0,398**	-0,090	-0,198	0,087	-0,051
Longitud Espiga (cm)	0,274	-0,012	**-0,455**	0,060	0,145	0,132	0,106	-0,069
Longitud Pedúnculo Espiga (cm)	0,267	0,034	**-0,376**	0,005	0,191	0,147	0,133	-0,242
Longitud Ramificaciones Espiga (cm)	0,221	0,297	-0,282	0,115	0,127	0,113	0,010	0,061
No. Ramificaciones Primarias	0,047	**0,448**	0,278	-0,107	0,021	0,080	0,124	-0,163
No. Ramificaciones Secundarias	0,158	0,154	-0,093	0,020	0,024	-0,283	0,306	**0,525**
No. Ramificaciones Terciarias	0,165	0,320	-0,149	0,188	-0,161	0,227	-0,318	-0,031
No. Ramificaciones Total	0,150	**0,525**	0,134	-0,004	-0,044	0,057	0,072	0,032
Color Tallo	0,020	-0,004	-0,070	**-0,583**	-0,171	0,165	-0,050	0,115
Acame Raíz	-0,040	-0,010	0,103	**0,501**		-0,200	0,373	-0,354
Acame Tallo	-0,045	0,023	0,031	0,309	0,215	0,008	**-0,503**	**0,420**
Daño Pulgón	-0,290	0,214	0,035	-0,003	0,050	-0,110	0,127	0,105

Fuente: Propia

6.3 FACTORES Y CONTRIBUCIONES CLAVE

Factor 1: Predominantemente asociado con características estructurales generales y crecimiento de la planta, incluyendo altura, diámetro del tallo, número de entrenudos, numero de ho

Factor 2: Relacionado con la ramificación de la espiga, como número de ramificaciones primarias, secundarias, y totales.

Factor 3: Se enfoca en dimensiones de las mazorcas y hojas, con énfasis en su largo.

Factor 4: Incluye características negativas como "Color Tallo" y positivas como "Acame Raíz", sugiriendo un posible factor de resistencia o respuesta al estrés.

Factor 5: Abarca dimensiones de hojas y venación, posiblemente indicativo de la capacidad fotosintética o eficiencia en el uso de recursos.

Factor 6: Asociado con el largo de hoja y macollas, potencialmente reflejando la salud o vigor de crecimiento lateral de la planta.

Factor 7: Predominantemente negativo en "Acame Tallo", indicando un factor de vulnerabilidad o fragilidad estructural.

Factor 8: Alta carga en ramificaciones secundarias, implicando una influencia en la densidad o complejidad de la estructura de la planta.

Factor 1: Crecimiento general

- Altura Planta (cm): 0.413
- No. Entrenudos: 0.347
- Longitud Pedúnculo Espiga (cm): 0.267
- Longitud Espiga (cm): 0.274
- No. Hojas - Total: 0.271

Este factor parece estar fuertemente asociado con el crecimiento vertical y general de la planta, como se observa en las alturas y el número de entrenudos, que indican el desarrollo estructural general de la planta.

Factor 2:

- No. Ramificaciones Total: 0.525
- No. Ramificaciones Primarias: 0.448
- No. Ramificaciones Terciarias: 0.320
- Longitud Ramificaciones Espiga (cm): 0.297

Este factor se relaciona claramente con la estructura y el desarrollo de la espiga. Los valores altos en las diferentes categorías de ramificaciones indican que este componente indica cómo la planta desarrolla su estructura reproductiva, esencial para la producción de semillas y la futura germinación.

Factor 3:

- Altura Mazorca (cm): 0.399
- Indice Venación: 0.275
- Ancho Hoja (cm): 0.311
- Largo Hoja (cm): 0.207

Este factor se enfoca en las características específicas de la mazorca y las hojas, incluyendo la altura de la mazorca y el tamaño y venación de las hojas, que son indicativos de la fotosíntesis y la salud general de la planta.

- Longitud Espiga (cm):-0.455
- Longitud Pedúnculo Espiga (cm): -0.376

Estos valores negativos indican que a medida que aumenta este factor (que incluye aspectos positivos como el ancho y largo de las hojas, indicativos de una buena capacidad fotosintética), la longitud de la espiga y del pedúnculo tiende a disminuir. Esto podría sugerir una compensación entre el desarrollo vertical de la planta y el desarrollo de sus componentes horizontales o laterales como las hojas y la mazorca.

Factor 4:

- Acame Raíz: 0.501
- Acame Tallo: 0.309
- Color Tallo: -0.583

Este componente parece relacionarse con la resistencia de la planta a condiciones de estrés físico, como el acame de raíz y tallo.

- No. Mazorcas/planta: -0.398
- Color Tallo: -0.583

El valor negativo en el número de mazorcas por planta en este factor que también involucra resistencia al acame (con un valor positivo alto para acame de raíz) sugiere que plantas con mayor estabilidad y menos tendencia al acame tienden a tener menos mazorcas por planta. Esto puede interpretarse como que las plantas más robustas y estables invierten menos en la producción de múltiples mazorcas.

Factor 5:

- Diámetro Tallo Mínimo (cm): 0.246
- Ancho Hoja (cm): 0.356
- Indice Venación: 0.294

Este factor captura elementos relacionados con la eficiencia fotosintética y la capacidad de la planta para sostenerse, indicado por el diámetro del tallo y las características de las hojas como el ancho y la venación.

- No. Hojas - Encima Mazorca: -0.512

El valor negativo muy significativo para el número de hojas encima de la mazorca en el Factor 5 sugiere que a medida que este factor aumenta (relacionado con aspectos negativos de otras variables), el número de hojas encima de la mazorca disminuye, posiblemente indicando una relación entre menor follaje superior y algún tipo de estrés.

Factor 6:
Largo Hoja (cm): 0.507

- No. Macollas: 0.328

El sexto factor se asocia con el crecimiento lateral y la salud de la planta, destacando especialmente el largo de las hojas y el número de macollas, que pueden indicar vigor y capacidad productiva.

- No. Hojas - Total: -0.314
- Indice Venación: -0.283
- No. Ramificaciones Secundarias de la espiga: -0.283

El valor negativo indica que a medida que este factor aumenta, el número total de hojas tiende a disminuir. Dado que el Factor 6 tiene un valor positivo alto considerable en el largo de la hoja, este patrón sugiere una compensación entre el tamaño y el número de hojas. Las plantas pueden estar desarrollando hojas más grandes a expensas de la cantidad, concentrando recursos en hojas más eficientes para la fotosíntesis en lugar de producir más hojas.

Similar al punto anterior, un índice de venación menor (cuando el Factor 6 es alto) puede indicar que las hojas más grandes no necesitan una venación tan compleja o densa.

El valor negativo significativo para el número de ramificaciones secundarias en la espiga indica que cuando el Factor 6 aumenta, hay una disminución en el número de ramificaciones secundarias. Dado que este factor está positivamente correlacionado con el largo de la hoja (0.507).
Estos factores pueden estar capturando aspectos de vulnerabilidad estructural (Factor 7) y la densidad o complejidad de la estructura de la planta (Factor 8), especialmente con respecto a las ramificaciones secundarias.

Factor 7

- No. Hojas - Encima Mazorca: 0.294
- Largo Hoja (cm): 0.330
- Acame Raíz: 0.373
- No. Ramificaciones Secundarias: 0.306
- Acame Tallo: -0.503
- No. Ramificaciones Terciarias: -0.318

El Factor 7 muestra una asociación mixta entre el desarrollo de hojas, resistencia al acame y estructura de la espiga. La correlación positiva con características como el número de hojas por encima de la mazorca y el largo de la hoja sugiere que este factor podría estar relacionado con el crecimiento y vigor general de las hojas más altas en la planta, que son vitales para la captura de luz en las etapas tardías del crecimiento. La resistencia al acame de la raíz también es favorable, permitiendo a la planta mantenerse erguida incluso bajo condiciones adversas.
Por otro lado, la correlación negativa con el acame del tallo y con el número de ramificaciones terciarias podría indicar entre la fortaleza estructural del tallo y el desarrollo de las raíces.

Factor 8

- No. Ramificaciones Secundarias: 0.525
- Acame Raíz: -0.354

El Factor 8 parece concentrarse más en la reproducción y estructura de la espiga, específicamente en el desarrollo de ramificaciones secundarias, lo cual puede ser crucial para la y producción de semillas de la planta. El valor alto en ramificaciones secundarias sugiere un factor que promueve un complejo desarrollo de la espiga.

La correlación negativa con la resistencia al acame de la raíz podría reflejar un enfoque en la inversión energética y de recursos hacia la producción de la espiga en detrimento de la estabilidad estructural de la planta. Esto podría representar un riesgo de acame en situaciones de viento fuerte o suelo débil, donde la capacidad de la planta para soportar su propio peso es crucial.

6.4 STANDARDIZED SCORING COEFFICIEN

Tabla 6. STANDARDIZED SCORING COEFFICIEN

Variable	Factor							
	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8
Altura Planta (cm)	0,189	-0,043	0,032	0,047	-0,119	-0,123	-0,011	0,071
Altura Mazorca (cm)	0,082	0,110	0,292	0,019	-0,099	0,220	-0,212	-0,101
Diámetro Tallo Máximo (cm)	0,077	-0,127	0,050	0,035	0,190	0,053	-0,169	0,103
Diámetro Tallo Mínimo (cm)	0,111	-0,137	0,084	0,004	0,199	0,059	-0,006	0,038
No. Hojas - Total	0,125	-0,077	0,029	0,035	-0,278	-0,279	-0,222	-0,068
No. Hojas - Encima Mazorca	0,036	-0,085	0,089	0,095	**-0,434**	0,175	0,297	0,166
Largo Hoja (cm)	0,054	-0,115	0,152	0,036	0,081	**0,443**	0,327	0,239
Ancho Hoja (cm)	0,101	0,012	0,226	-0,061	0,297	-0,037	0,095	0,131
Indice Venación	0,091	0,005	0,201	-0,075	0,255	-0,237	-0,035	-0,173
No. Macollas	-0,021	-0,101	0,050	-0,060	0,045	0,279	-0,086	-0,324
No. Entrenudos	0,159	-0,082	0,072	0,046	-0,176	-0,054	-0,033	-0,052
No. Mazorcas/planta	0,102	0,007	-0,050	-0,282	-0,029	-0,199	0,094	-0,080
Longitud Espiga (cm)	0,126	-0,007	-0,332	0,064	0,111	0,121	0,088	-0,073
Longitud Pedúnculo Espiga (cm)	0,123	0,020	-0,275	0,025	0,154	0,133	0,101	-0,248
Longitud Ramificaciones Espiga (cm)	0,102	0,176	-0,205	0,093	0,088	0,106	0,013	0,055
No. Ramificaciones Primarias	0,022	0,267	0,202	-0,084	0,025	0,064	0,106	-0,174
No. Ramificaciones Secundarias	0,073	0,091	-0,068	0,022	0,023	-0,238	0,333	**0,481**
No. Ramificaciones Terciarias	0,076	0,190	-0,108	0,121	-0,156	0,194	-0,306	0,008
No. Ramificaciones Total	0,070	0,312	0,098	-0,012	-0,037	0,047	0,071	0,022
Color Tallo	0,010	-0,004	-0,062	**-0,472**	-0,095	0,121	-0,039	0,119
Acame Raíz	-0,019	-0,004	0,082	**0,401**	0,013	-0,144	0,320	-0,377
Acame Tallo	-0,021	0,014	0,029	0,265	0,144	0,010	**-0,427**	**0,429**
Daño Pulgón	-0,132	0,126	0,025	0,011	0,049	-0,085	0,117	0,107

Fuente: Propia

Factor 1: Vigor General de Crecimiento

Variables relevantes: Altura de la planta, número de entrenudos, longitud de la espiga, longitud del pedúnculo de la espiga.

Este factor parece representar el vigor general de crecimiento de la planta, incluyendo su altura total y el desarrollo longitudinal de sus componentes principales como la espiga. Una carga positiva más alta en estas características indica un crecimiento más robusto y posiblemente una mayor captación de recursos.

Factor 2: Capacidad de Ramificación

Variables relevantes: Número de ramificaciones totales, ramificaciones primarias, y secundarias. Este factor parece estar relacionado con la capacidad de la planta para producir ramificaciones. Esto es importante ya que las ramificaciones pueden influir en la producción de flores.

Factor 3: Desarrollo Vertical

Variables relevantes: Altura de la mazorca, largo de la hoja.
Este factor destaca el desarrollo vertical, especialmente en lo que respecta a la mazorca y las hojas. Un desarrollo vertical adecuado es crucial para la eficiencia de la fotosíntesis y la fertilidad de la planta.

Factor 4: Estabilidad Estructural

Variables relevantes: Acame de raíz, acame de tallo.
Este factor indica la estabilidad estructural de la planta, lo cual es esencial para soportar condiciones climáticas adversas como vientos fuertes o lluvias pesadas.

Factor 5: Morfología Foliar

Variables relevantes: Ancho de hoja, índice de venación.
Este factor se relaciona con características específicas de las hojas, incluyendo su ancho y la estructura de sus venas, lo que puede afectar a la eficiencia fotosintética y la transpiración.

Factor 6: Resiliencia o Adaptabilidad

Variables relevantes: Largo de la hoja, número de macollas.

Este factor puede estar representando la resiliencia o adaptabilidad de la planta a variaciones ambientales, dado que el largo de las hojas y el número de macollas pueden influir en cómo la planta maneja el estrés y utiliza los recursos.

Factor 7 variables relevantes: Número de hojas encima de la mazorca, acame de tallo.

Factor 8 variables relevantes: Número de ramificaciones secundarias y terciarias, acame de tallo.

Tabla 7. Porcentaje de contribuciones

Variable	Contribuciones (%)							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Altura Planta (cm)	16,971	0,532	0,193	0,373	2,142	2,035	0,014	0,518
Altura Mazorca (cm)	3,193	3,413	15,915	0,063	1,485	6,568	5,083	1,066
Diámetro Tallo Máximo (cm)	2,779	4,549	0,465	0,208	5,463	0,384	3,247	1,109
Diámetro Tallo Mínimo (cm)	5,805	5,345	1,302	0,003	5,959	0,475	0,005	0,146
No. Hojas - Total	7,372	1,672	0,157	0,209	11,706	10,524	5,565	0,475
No. Hojas - Encima Mazorca	0,611	2,044	1,471	1,501	28,423	4,138	9,985	2,881
Largo Hoja (cm)	1,363	3,756	4,288	0,212	0,980	26,585	12,091	5,931
Ancho Hoja (cm)	4,841	0,038	9,511	0,624	13,323	0,184	1,018	1,790
Indice Venación	3,915	0,008	7,513	0,930	9,811	7,583	0,139	3,124
No. Macollas	0,207	2,910	0,474	0,608	0,311	10,508	0,833	10,897
No. Entrenudos	12,021	1,899	0,963	0,358	4,701	0,389	0,125	0,280
No. Mazorcas/planta	4,929	0,014	0,462	13,306	0,127	5,369	0,994	0,674
Longitud Espiga (cm)	7,484	0,016	20,574	0,676	1,862	1,985	0,867	0,561
Longitud Pedúnculo Espiga (cm)	7,114	0,110	14,127	0,102	3,589	2,382	1,152	6,373
Longitud Ramificaciones Espiga (	4,930	8,812	7,880	1,456	1,159	1,505	0,019	0,311
No. Ramificaciones Primarias	0,235	20,164	7,620	1,188	0,097	0,546	1,271	3,161
No. Ramificaciones Secundarias	2,540	2,334	0,866	0,083	0,078	7,681	12,503	24,089
No. Ramificaciones Terciarias	2,768	10,244	2,177	2,427	3,671	5,090	10,594	0,006
No. Ramificaciones Total	2,294	27,578	1,782	0,024	0,212	0,301	0,573	0,052
Color Tallo	0,043	0,005	0,716	37,137	1,376	1,974	0,174	1,479
Acame Raíz	0,166	0,006	1,270	26,795	0,025	2,803	11,545	14,749
Acame Tallo	0,206	0,059	0,154	11,699	3,147	0,013	20,666	19,149
Daño Pulgón	8,212	4,493	0,121	0,021	0,356	0,978	1,540	1,180

Fuente: Propia

Contribuciones (%)

Factor 1:

- Altura Planta (cm): 16,971%
- No. Entrenudos: 12,021%

Factor 2:

- No. Ramificaciones Primarias: 20,164%
- No. Ramificaciones Terciarias: 10,244%
- No. Ramificaciones Total: 27,578%

Factor 3:

- Altura Mazorca (cm): 15,915%
- Longitud Espiga (cm): 20,574%
- Longitud Pedúnculo Espiga (cm): 14,127%

Factor 4:

- Color Tallo: 37,137%
- Acame Raíz: 26,795%
- No. Mazorcas/planta: 13,306

Factor 5:

No. Hojas - Total: 11,706
No. Hojas - Encima Mazorca: 28,423%
Ancho Hoja (cm): 13,323%

Factor 6:

Largo Hoja (cm): 26,585%
No. Hojas – Total: 10,524%
No. Macollas: 10,508%

Factor 7:

- No. Hojas - Encima Mazorca: 9,985%
- Acame Raíz: 11,545%
- Acame Tallo: 20,666%
- No. Ramificaciones Secundarias: 12,503%
- Largo Hoja (cm): 12,091%

Factor 8:

- No. Ramificaciones Segundarias: 24,089 %
- Acame Tallo: 19,149%
- No. Macollas: 10,897%

En la gráfica se han identificado dos factores principales que explican el 32.96% de la varianza total en los datos (Factor 1: 20.62%, Factor 2: 12.34%).

El Factor 1 está fuertemente relacionado con las variables de estructura de la planta, como la longitud de espiga, número de hojas, y altura de planta. Esto sugiere que este factor está asociado con el crecimiento general y desarrollo estructural de la planta de maíz chococito.

El Factor 2, aunque menos influyente, agrupa características como daño por pulgón y número de macollas, lo que puede estar relacionado con la resistencia a plagas o adaptaciones específicas al entorno.

Ambos factores brindan una visión importante sobre la variabilidad genética intraespecífica del maíz chococito, ayudando a identificar rasgos clave para la conservación y mejoramiento de esta raza. La agrupación de puntos cercanos indica características que covarían juntas, lo cual es útil para establecer estrategias de selección y purificación del germoplasma.

Este análisis multivariado permite identificar las variables más relevantes que deben ser priorizadas en la conservación y programas de mejora del maíz chococito.

7. DISCUSIÓN

Se ha llevado a cabo un análisis detallado de los autovalores y autovectores asociados con las características morfo agronómicas y morfométricas de los seis ecotipos de maíz chococito estudiados. Estos resultados arrojan datos positivos sobre la variabilidad y las relaciones entre estas características que son clave, proporcionando una base para la purificación de esta raza y su conservación en su entorno natural.

Los resultados revelan la importancia relativa de cada característica y su contribución a los factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta. El análisis factorial ha sido efectivo para reducir la dimensionalidad de los datos y capturar la información relevante, destacando ocho factores principales que explican conjuntamente el 70.10% de la varianza total. Estos factores se han asociado con características específicas de la planta, como el crecimiento general, la ramificación de la espiga, las dimensiones de las mazorcas y hojas, la resistencia al estrés, la morfología foliar, la resiliencia y adaptabilidad, la estabilidad estructural y la reproducción.

Cada factor indica un conjunto distintivo de características que son cruciales para comprender la biología y el comportamiento del maíz chococito. Por ejemplo, el factor 1 está relacionado con el crecimiento vertical y general de la planta, mientras que el factor 2 se centra en la ramificación de la espiga, esencial para la producción de semillas. El factor 3 se enfoca en las dimensiones de las mazorcas y hojas, indicativas de la fotosíntesis y la salud general de la planta, y así sucesivamente. Factor 4 resistencia y respuesta al estrés con variables relevantes como el acame raíz, acame tallo, color tallo. Este factor agrupa características relacionadas con la respuesta de la planta al estrés mecánico y ambiental. La resistencia al acame es crucial para la supervivencia en ambientes adversos. La correlación positiva con el acame de raíz y la negativa con el color del tallo (indicando posiblemente una respuesta de defensa o debilidad) sugiere que este factor mide la robustez estructural y la adaptabilidad.

Factor 5. Probablemente está relacionado a la eficiencia fotosintética entre la cuales se encuentran variables relevantes como el ancho de la hoja, Índice de venación, diámetro del tallo mínimo. Este factor posiblemente mide la eficiencia con la que la planta utiliza la luz y los recursos para el crecimiento y el desarrollo, con un enfoque en la estructura de las hojas y el sostén proporcionado por el tallo. Las hojas más anchas y una buena venación son cruciales para la fotosíntesis eficiente, mientras que un tallo robusto soporta el crecimiento general de la planta. Factor 6 está relacionado al desarrollo lateral con variables relevantes como el largo de la hoja, número de macollas. Este factor enfatiza el desarrollo lateral, donde el largo de las hojas y el número de macollas indican una capacidad de crecimiento lateral vigoroso y una potencial productividad en términos de reproducción vegetativa o la capacidad de rebrote.

Factor 7. La asociación de este factor con el acame sugiere un enfoque en la resistencia estructural, mientras que la cantidad de hojas encima de la mazorca puede indicar la capacidad de la planta para mantener un crecimiento foliar superior durante el desarrollo tardío, crucial para la fotosíntesis y la acumulación de reservas para la fructificación.

Factor 8. Las variables relevantes fueron número de ramificaciones secundarias, acame raíz. Este factor podría estar midiendo la complejidad reproductiva a través del número de ramificaciones secundarias, lo que es esencial para la producción de semillas.

Los resultados también proporcionan información valiosa sobre la relación entre las diferentes características. Por ejemplo, la compensación entre el desarrollo vertical y horizontal de la planta, como se indica por las relaciones negativas entre la longitud de la espiga y el pedúnculo con el largo de las hojas en el Factor 3. Además, se observan asociaciones mixtas, como en el Factor 7, que muestra tanto una correlación positiva con el desarrollo de hojas como una correlación negativa con el acame del tallo.

El análisis estadístico, respaldado por los autovalores y autovectores, arroja luz sobre los aspectos fundamentales de la morfología y el comportamiento del maíz chococito, proporcionando una base para futuras investigaciones y programas de mejoramiento genético. Estos hallazgos pueden ser cruciales para la conservación y purificación de esta raza, así como para su adaptación a los cambios ambientales y las demandas agronómicas en el futuro.

8. CONCLUSIÓN

8.1 CONCLUSIÓN GENERAL

La investigación actual destaca la importancia de una caracterización detallada y multidimensional de los descriptores morfo-agronómicos y morfométricos, el análisis de la variabilidad intraespecífica, y la implementación de estrategias de conservación combinadas para la purificación y preservación de razas de maíz. Estos enfoques no solo facilitan la conservación de la diversidad genética, sino que también aseguran la sostenibilidad y productividad de estas razas en el futuro.

En el campo, se evaluaron 120 accesiones de maíz que se dividen en 6 grupos, identificados según el color de grano tomando como referencia la tabla de Munsell (Figura 2). Estos grupos representan una amplia diversidad genética que es esencial para la adaptación y la mejora de las razas de maíz en distintas condiciones agroecológicas.

La caracterización detallada de estas accesiones utilizando marcadores morfo agronómicos ha permitido identificar una diversidad a nivel intraespecífico. Este conocimiento es fundamental para diseñar estrategias de conservación que no solo mantengan la variabilidad genética, sino que también contribuyan a la mejora continua de las razas de maíz, haciendo posible la selección de variedades más resistentes y productivas.

8.2 CONCLUSION ESPECIFICA 1

La caracterización morfo agronómica y morfométrica de las razas de maíz es esencial para su conservación y mejoramiento. La investigación actual ha establecido que la identificación precisa de descriptores es crucial para la purificación de las razas. Estudios recientes han utilizado métodos como análisis de varianza y análisis descriptivo para explorar la variabilidad entre diferentes ecotipos. “Específicamente, se han evaluado variables como altura de planta, número de entrenudos, diámetro del tallo, y características de la espiga” (Wellhausen et al., 1951; CIMMYT y IBPGR, 1991). Estos estudios han demostrado la importancia de utilizar una combinación de descriptores morfológicos y morfométricos para obtener una comprensión integral de las características distintivas de cada raza.

8.3 CONCLUSION ESPECIFICA 2

La variabilidad intraespecífica es un factor crítico para la resiliencia y adaptabilidad de las razas de maíz. Investigaciones recientes han utilizado análisis estadísticos como el análisis de autovalores y autovectores para desentrañar la variabilidad dentro de las poblaciones de maíz. Por ejemplo, el análisis de autovalores ha revelado que los primeros ocho factores pueden explicar hasta el 70.10% de la varianza total en las características morfo-agronómicas, indicando una significativa variabilidad intraespecífica." Estos factores están asociados con características como el crecimiento general de la planta, la ramificación de la espiga, las dimensiones de las mazorcas y hojas, y la resistencia al estrés" (Peña, 2017). Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar múltiples dimensiones de variabilidad para diseñar estrategias efectivas de conservación y mejoramiento.

8.4 CONCLUSION ESPECIFICA 3

La conservación in situ de las razas de maíz es fundamental para mantener su diversidad genética y adaptabilidad. El establecimiento de bancos de germoplasma transitorios ha sido una estrategia efectiva en diversos estudios para conservar la diversidad genética y facilitar la purificación de las razas. Los bancos de germoplasma permiten el almacenamiento y la regeneración de semillas en condiciones controladas, mientras que la conservación in situ asegura que las plantas continúen evolucionando en sus ambientes naturales. Estudios han demostrado que la combinación de estas estrategias es esencial para la conservación de razas tradicionales como el maíz chococito, proporcionando una base sólida para su uso futuro en programas de mejoramiento genético y adaptación a condiciones cambiantes (CIMMYT y IBPGR, 1991; Peña, 2017).

9. RECOMENDACIONES

La metodología utilizada en la investigación ha sido adecuada y ha proporcionado resultados valiosos para la caracterización y conservación de la raza maíz chococito. Las recomendaciones proporcionadas buscan fortalecer aún más estos esfuerzos y asegurar la sostenibilidad y productividad de esta importante variedad de maíz.

Continuar y fortalecer las estrategias de conservación in situ, asegurando que los ecotipos se mantengan en sus hábitats naturales y se realice un monitoreo continuo para evaluar su estado y adaptación.

Mantener y expandir el banco de germoplasma para incluir una mayor diversidad de ecotipos y garantizar que las muestras sean renovadas periódicamente para mantener su viabilidad. Esto incluiría la adquisición de nuevas accesiones y la conservación de las existentes bajo condiciones óptimas.

Implementar un análisis morfométrico detallado que incluya la mazorca permitirá una mejor comprensión de la variabilidad intraespecífica y contribuirá significativamente a la purificación y conservación de la raza maíz chococito.

Realizar análisis de ADN utilizando marcadores moleculares (microsatélites, SNPs, etc.) para identificar la diversidad genética y las relaciones entre los diferentes biotipos.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M. A. (2003). Aspectos Socioculturales de la Diversidad del Maíz Nativo. Departamento de Ciencias, Políticas y Gestión del Medio Ambiente, Universidad de California, Berkeley. Preparada para el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. *Agroecology in Action, http://www. agroeco. org/doc/alt. contam-maiz. pdf*.

Amú Riascos, A. (2009). *Colección y caracterización morfológica del germoplasma nativo de maíz chococito (zea mays) cultivado en la Costa Pacífica Colombiana.*

Anderson, E., Cutler, H. (1942). Races of Zea mays: I. Their recognition and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, *29*(2), 69-88. https://doi.org/10.2307/2394331

Andrade, G. (1993). Riquezas, amenazas y propuestas de conservación: Pacífico biodiverso. *Revista Ecológica*, *4*(15-16), 5-9.

Baethgen, W., & Reidsma, P. (Eds.). (2020). *Climate change and agriculture: Integrated approaches to adaptation and mitigation.* Earthscan.

Bartra, A. (2011). Erosión que no cesa. *La Jornada del Campo*, *48*, 17.

Becerra, V., & Paredes, M. (2000). Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *Agricultura técnica*, *60*(3), 270-281.

Bedoya, S. C., Mir, C., Charcosset, A., & Warburton, M. (2010). Migración del maíz a partir de su centro de origen, evidencias históricas, genéticas y paleobotánicas. *El Cultivo del Maíz, Temas Selectos*, *2*, 15-34.

Blanco, F. M. (1880-1883). *Flora de Filipinas* (Gran edición, Atlas II). [Ilustración del maíz]. Imp. de Manuel y de la Infanta.

Boege E. (2008) El Patrimonio Biocultural de los Pueblos Indígenas de México. Hacia la Conservación in situ de la Biodiversidad y Agrodiversidad en los Territorios Indígenas. *Instituto Nacional de Antropología e Historia*, p 344.

Cardona, J. O. (2010). Análisis de diversidad genética de las razas colombianas de maíz a partir de datos Roberts et al.,(1957) usando la estrategia Ward-MLM. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, *2*, 199.

Castillo González, F. (2011). Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México. 2011. *Revista fitotecnia mexicana*, *34*(4), 0-0.

Doebley, J. (2004). The genetics of maize evolution. *Annual Review Genetics*, *38*, 37-59.

Doebley, J. (2004). The genetics of maize evolution. *Annual Review of Genetics, 38,* 37-59. https://doi.org/10.1146/annurev.genet.38.072902.092425

Doebley, J. (2004). The genetics of maize evolution. *Annual Review of Genetics, 38,* 37-59. https://doi.org/10.1146/annurev.genet.38.072902.092425

Edafología. (n.d.). *Tablas de colores Munsell*. Universidad de Granada. http://edafologia.ugr.es/programas_suelos/practclas/taxoil/comun/munsells.m

FAO. (1996).Plan de acción mundial para la conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. 64 pp.

Fernández, Hilda., San Vicente, Félix., Marín, Carlos., & Torrealba, Darío. (2006). Determinación de la relación genética entre líneas de maíz usando marcadores SSR. *Agronomía Tropical*, *56*(4), 643-650. Recuperado en 27 de febrero de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000400024&lng=es&tlng=es.

Gálvez-López, D., Salvador-Figueroa, M., Becerra-Leor, E. N., González-Paz, M., Hernández-Delgado, S., & Mayek-Pérez, N. (2010). Diversidad molecular y relaciones genéticas de Germoplasma de mango de Chiapas, México. *Agrociencia*, *44*(8), 907-915.

Gámez Vázquez, A. J., de la O Olán, M., Santacruz Varela, A., & López Sánchez, H. (2014). Conservación in situ, manejo y aprovechamiento de maíz Palomero Toluqueño con productores custodios. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *5*(8), 1519-1530.

González, E. G. (2003). Microsatélites: sus aplicaciones en la conservación de la biodiversidad. *Graellsia*, *59*(2-3), 377-388.

González, M., & Robert, T. (2002). Guía de campo para el reconocimiento de especies del "programa de recolección, selección y mejoramiento de especies frutales silvestres del pacífico colombiano", primera fase. *Universidad del Pacifico. Buenaventura.*

Govaerts, B., Vega, D., Chávez, X., Narro, L., San Vicente, F. M., Palacios, N., ... & Tapasco, J. (2019). Maiz Para Colombia Vision 2030.

IBPGR, 1991. Descriptors for Maize.International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome

Jiménez, R. (2014). *Caracterización de las razas criollas e indígenas de maíz colombiano por medio de marcadores moleculares SSR*. [Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59974

Linnaeus, C. (1753). *Species plantarum: Exhibentes plantas rite cognitas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas.* Impensis Laurentii Salvii.

Martínez, N. C., Reyes, L. M., & Martínez, O. (2000). Diversidad genética de cuatro materiales de maíz Chococito en la zona baja del río Anchicayá, Pacífico colombiano. *Agronomía Colombiana*, *17*(1-3), 73-77.

Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sanchez, G. J., Buckler, E., & Doebley, J. (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 99*(9), 6080-6084. https://doi.org/10.1073/pnas.052125199
Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sanchez, G. J., Buckler, E., & Doebley, J. (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 99*(9), 6080-6084. https://doi.org/10.1073/pnas.052125199
McClintock B. Kato Yamakake Takeo Ángel Blumenschein A. & Escuela Nacional de Agricultura (Mexico). (1981). *Chromosome constitution of races of maize : its significance in the interpretation of relationships between races and varieties in the americas*. Colegio de Postgraduados.

Mera, L. M., Kato, Y. T. A., Mapes, S. C., Serratos, H. J. A., & Bye, B. R. A. (2009). Diversificación y distribución reciente del maíz en México. *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*, 69-81.

Peña Cuellar, R. (2017). *Variables morfometricas y análisis molecular para la identificación de razas colombianas de maíz (Zea mays L.).* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira]. Repositorio Universidad Nacional. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59974

Peñaranda, M. I., & Navas, A. A. (2005). Caracterización molecular y evaluación bioquímica de cultivares colombianos y germoplasma elite de maíz según contenido de aceite. *Agronomía Colombiana*, *23*(1), 7-16.

Perafán, C., Moreno, J., & Calle, F. (2020). Importancia agronómica y potencial de uso del maíz chococito (*Zea mays* var. *amylacea*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 14*(2), 319-330. https://doi.org/10.17584/rcch.2020v14i2.10486

Piperno, D. R., & Ranere, A. J. (2009). *From teosinte to maize: The catastrophic sexual transmutation.* In D. R. Piperno (Ed.), *The origins of agriculture in the lowland Neotropics* (pp. 153-174). Academic Press.

Piperno, D. R., & Ranere, A. J. (2009). *From teosinte to maize: The catastrophic sexual transmutation.* In D. R. Piperno (Ed.), *The origins of agriculture in the lowland Neotropics* (pp. 153-174). Academic Press.

Producción Agrícola Mundial. (2022, diciembre). *Producción Mundial de Maíz 2022/2023.* http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/maiz.aspx.

Ríos, A., Rosas, J., & Buitrago, L. (2017). *Estudio sobre el maíz chococito: Variedad endémica y su importancia cultural y económica en Colombia*. Editorial Académica.

Ríos, M., Rosas, J., & Buitrago, D. (2017). Caracterización morfológica y molecular del maíz chococito (*Zea mays* L.). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Rivas, Juan Gabriel. (2016). Caracterización de la diversidad genética de razas nativas de maíz (Zea mays ssp mays) del Noroeste Argentino mediante descriptores morfométricos y marcadores moleculares. (Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.)

Roberts, L. M., Grant, U. J., Ramirez, R. E., Hatheway, W. H., Smith, D. L., & Mangelsdorf, P. C. (1957). Razas de maíz en Colombia. Ministerio de Agricultura de Colombia, Investigaciones especiales. *Boletín Técnico*, (2), 159.

Salinas Moreno, Y., Cruz Chávez, F. J., Díaz Ortiz, S. A., & Castillo González, F. (2012). Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Revista fitotecnia mexicana*, *35*(1), 33-41.

Salinas Moreno, Y., Rubio Hernández, D., & Díaz Velázquez, A. (2005). Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (Zea mays L.) como colorantes en yogur. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, *55*(3), 293-298.

Sánchez, Enrique., Leal, Claudia. (1995) “Elementos para una evaluación de sistemas productivos adaptativos en el Pacífico colombiano” En: Economías rurales en el Pacífico colombiano. Biopacífico.

Serna-Saldívar, S. O., Lara, S. G., & Uribe, J. G. (2011). Perfil fitoquímico y propiedades nutracéuticas de maíces pigmentados y sus tortillas. *Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México. RE Preciado Ortiz, S Montes Hernández (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética AC, pp, 75-96.*

Vázquez-Ovando, A., Molina-Freaner, F., Nuñez-Farfán, J., & Salvador-Figueroa, M. (2012). Potencial de los marcadores moleculares para el rescate de individuos de Theobroma cacao L. de alta calidad. *BioTecnología*, *16*(1), 36-56.

Wilkes, H. (1979). Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. *Crop Improvement*, *6*(1), 1-18.

Wilkes, H., Goodman, M. (1995). Mystery and missing links: the origin of maize. In S. Taba, ed. Maize genetic resources. p. 1-6. Mexico, DF, CIMMYT.

ANEXOS

Anexo 1. Ecotipos investigados



Fuente: Propia

Anexo 2. Etapa de germinación



Fuente: Propia

Anexo 3. Ecotipos en etapa de germinación.



Fuente: Propia

Anexo 4. Etapa de germinación.



Fuente: Propia

Anexo 5. Ecotipos en etapa vegetativa.



Fuente: Propia

Anexo 6. Ecotipos en etapa vegetativa.



Fuente: Propia

Anexo 7. Ecotipos en etapa vegetativa.



Fuente: Propia

Anexo 8. Ecotipo con macollas



Fuente: Propia

Anexo 9. Ecotipos en etapa reproductiva.



Fuente: Propia

Anexo 10. Ecotipos en etapa reproductiva.



Fuente: Propia

Anexo 11. Ecotipos en etapa reproductiva.



Fuente: Propia

Anexo 12. Ecotipos en etapa reproductiva.



Fuente: Propia

Anexo 13. Proceso de empaque.



Fuente: Propia

Anexo 14. Proceso de empaque.



Fuente: Propia

Anexo 15. Recolección de datos



Fuente: Propia