

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**“EVALUACIÓN DEL TERCER CICLO DE SELECCIÓN POR MEDIOS
HERMANOS DEL CULTIVO DE MAÍZ RAZA CANGUIL ROJO (*Zea mays* L. var
Everta), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA-IMBABURA”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR/A:

Thalia Lizeth Trujillo Ortiz

DIRECTOR/A:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra, 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DEL TERCER CICLO DE SELECCIÓN POR MEDIOS
HERMANOS DEL CULTIVO DE MAÍZ RAZA CANGUIL ROJO (*Zea mays* L.
var Everta), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA-IMBABURA”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO/A AGROPECUARIO/A

APROBADO:

Ing. Doris Chalampunte, PhD.

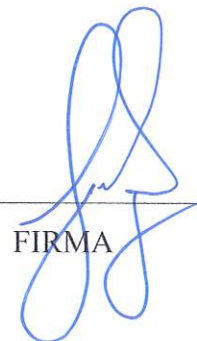
DIRECTOR



FIRMA

Ing. Marcelo Cevallos, PhD.

ASESOR



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula de identidad:	100397773-1
Apellidos y nombres:	Trujillo Ortiz Thalia Lizeth
Dirección:	Ibarra
Email:	tltrujillo@utn.edu.ec
Teléfono fijo:	0989767160

DATOS DE LA OBRA	
Título:	EVALUACIÓN DEL TERCER CICLO DE SELECCIÓN POR MEDIOS HERMANOS DEL CULTIVO DE MAÍZ RAZA CANGUIL ROJO (<i>Zea mays</i> L. var <i>Everta</i>), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA-IMBABURA
Autor:	Trujillo Ortiz Thalia Lizeth
Fecha:	5 de junio del 2024
Solo para trabajos de grado	
Programa	<input checked="" type="checkbox"/> Pregrado <input type="checkbox"/> Posgrado
Título por el que opta	Ingeniería Agropecuaria
Director	Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 5 días del mes de junio del 2024

EL AUTOR

.....

Trujillo Ortiz Thalia Lizeth

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Srta. Trujillo Ortiz Thalia Lizeth, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 5 días del mes de junio de 2024



Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 5 de junio de 2024

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

.....


Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

C.C.:1002610531.....

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 5 días del mes de junio del 2024

Thalia Lizeth Trujillo Ortiz: “EVALUACIÓN DEL TERCER CICLO DE SELECCIÓN POR MEDIOS HERMANOS DEL CULTIVO DE MAÍZ RAZA CANGUIL ROJO (*Zea mays* L. var Everta), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA-IMBABURA”

Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 5 días del mes de junio del 2024, con 84 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el tercer ciclo de selección por medios hermanos del cultivo de maíz raza canguil rojo (*Zea mays* L. var Everta), en la Granja Experimental La Pradera – Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

1. Caracterizar el comportamiento agronómico de una población de medios hermanos de maíz raza canguil bajo las condiciones climáticas de la granja experimental “La Pradera” en Chaltura, provincia de Imbabura.
2. Evaluar el porcentaje de reventado de canguil procedente de la selección de medios hermanos.
3. Seleccionar las mejores familias de medios hermanos de maíz raza canguil para continuar con el proceso de selección de mejoramiento genético.

.....


Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Directora de Trabajo de Grado

.....


Thalia Lizeth Trujillo Ortiz

Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Dios por darme salud y vida para cumplir esta meta tan importante que es culminar mi carrera profesional como ingeniera agropecuaria.

Agradezco a mi padre, Julio Trujillo, por ser mi principal apoyo para cumplir el sueño de ser una profesional, por haberme respaldado en cada una de las decisiones que he tomado en mi vida y por enseñarme valores, ya que estos me ayudaron a no rendirme jamás y seguir adelante hasta alcanzar mis metas.

A mis hermanos Verónica, Andrés y Daniel, por brindarme su apoyo incondicional y guiar mi camino para lograr un objetivo más en mi vida.

A mi directora de tesis, Ing. Doris Salome Chalampunte, PhD, quien fue mi apoyo y guía durante la elaboración de mi proyecto de investigación, juntamente con mis asesores Ing. Marcelo Cevallos, PhD, e Ing. Julia Prado, PhD. A ellos, gracias por orientarme de la mejor manera hasta la culminación de mi carrera.

Al Ing. Cristian Subía, director del Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), y a los técnicos que forman parte de este programa, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto y, sobre todo, por transmitir sus conocimientos y apoyo durante la fase de campo y proyecto escrito.

Un agradecimiento infinito a la Universidad Técnica del Norte, la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, especialmente a la carrera Agropecuaria, al personal docentes, administrativo, trabajadores y compañeros de estudio, quienes, durante el transcurso de mi etapa universitaria, me brindaron su apoyo y amistad incondicional.

Trujillo Thalia

DEDICATORIA

Este logro quiero dedicárselo a mi madre, la Lic. Esthela Ortiz. Aunque ya no esté físicamente, su espíritu sigue viviendo en mí. Quiero agradecerle por el ejemplo que me dio de perseverancia en la vida y por enseñarme el valor de la educación. Gracias a su inspiración, he logrado completar mis estudios y estoy orgullosa de honrar su memoria con este logro tan importante.

A mi padre, hermanos y familia en general, quienes con sus palabras de aliento no me dejaron decaer para que siguiera adelante y siempre fuera constante en cumplir la meta de ser una profesional.

Trujillo Thalia

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 HIPÓTESIS.....	6
CAPITULO II	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Generalidades cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	7
2.1.1 Descripción taxonómica y botánica del cultivo de maíz.....	7
2.1.2 Polinización en el maíz (<i>Zea mays</i> L.)	9
2.1.3 Razas de maíz a nivel nacional	10
2.1.3.1 Variedades nativas.....	10
2.1.3.2 Variedades mejoradas	11
2.2 Maíz raza canguil.....	11
2.2.1 Importancia del canguil en el Ecuador.....	12
2.2.2 Requerimiento del cultivo de maíz raza canguil	13
2.2.2.1 Clima	13
2.2.2.2 Suelo	13
2.2.2.3 Riego.....	13
2.2.2.4 Siembra.....	14
2.2.2.5 Fertilización	14
2.2.2.6 Cosecha	14
2.3 Mejoramiento genético.....	14

2.4 Métodos de selección	15
2.4.1 Selección Masal.....	15
2.4.2 Selección de medios hermanos	16
2.5 Importancia de las antocianinas en los alimentos	17
2.6 MARCO LEGAL	17
CAPITULO III	19
MARCO METODOLÓGICO	19
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
3.2 MATERIALES.....	20
3.2.1 Materiales de campo.....	20
3.2.2 Material genético.....	20
3.2.3 Insumos	20
3.2.4 Material de oficina	20
3.3.1 Factor en estudio.....	21
3.3.2 Diseño experimental.....	21
3.3.3 Características del experimento.....	21
3.3.3.1 Características de la unidad experimental.....	22
3.3.4 Análisis estadístico.....	23
3.3.5 Variables a evaluarse.....	24
3.3.5.1 Días a la emergencia.....	24
3.3.5.2 Número de plantas germinadas.....	24
3.3.5.3 Porcentaje de emergencia.....	24
3.3.5.4 Días a la floración femenina.....	24
3.3.5.5 Número de plantas acamadas.....	25
3.3.5.6 Altura de la planta (m).....	25
3.3.5.7 Altura de la inserción de la primera mazorca (m).....	26
3.3.5.8 Número de mazorcas por planta.....	26
3.3.5.9 Diámetro y largo de la mazorca (cm).....	26
3.3.5.10 Número de hileras por mazorca.....	27
3.3.5.11 Ancho, largo y grosor del grano (cm).....	27
3.3.5.12 Porcentaje de mazorcas rojas.....	28
3.3.5.13 Rendimiento del grano por hectárea.....	28
3.3.5.14 Porcentaje de reventado.....	28
3.3.5.15 Incidencia de plagas y enfermedades.....	29

3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	29
3.4.1 Obtención de la semilla.....	29
3.4.2 Preparación del terreno.....	29
3.4.3 Delimitación del terreno.....	29
3.4.4 Diseño de la parcela.....	30
3.4.5 Siembra.....	30
3.4.6 Fertilización.....	30
3.4.7 Riego.....	31
3.4.8 Labores culturales.....	31
3.4.9 Controles fitosanitario.....	32
3.4.10 Cosecha.....	32
3.4.11 Desgrane.....	32
3.4.12 Selección de las mejores familias.....	33
CAPÍTULO IV.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1 Variabilidad morfológica y agronómica de la población de maíz raza canguil a través de la selección de medios hermanos.....	34
4.2 Días a la floración femenina.....	35
4.3 Altura total de la planta (m).....	35
4.4 Altura de la inserción a la primera mazorca.....	36
4.5 Número de mazorcas por planta.....	36
4.6 Largo de la mazorca.....	37
4.7 Diámetro de la mazorca.....	38
4.8 Número de hileras por mazorca.....	38
4.9 Largo del grano (cm).....	39
4.10 Ancho del grano (cm).....	39
4.11 Grosor del grano (cm).....	40
4.12 Porcentaje de reventado (100s).....	40
4.13 Rendimiento del grano t ha ⁻¹	42
4.14 Porcentaje de mazorcas rojas.....	42
4.15 Incidencia de plagas y enfermedades en la población de maíz raza canguil.....	43
4.15.1 Incidencia de plagas.....	43
4.15.2 Incidencia de enfermedades.....	45
4.16 Análisis de componentes principales (ACP).....	47

4.17 Análisis de conglomerados en una población de medios hermanos en cultivo de maíz canguil rojo.....	48
4.18 Análisis del valor discriminante en grupos encontrados en la población de maíz raza canguil	50
4.18.1 Análisis de variables de interés agronómico evaluadas en tres grupos morfológicos identificadas en 117 familias de maíz tipo canguil rojo que se encuentran dentro del objetivo 1.....	50
4.18.2 Análisis variable porcentaje de reventado en tres grupos morfológicos identificados en 117 familias de maíz tipo canguil rojo que se encuentra dentro del objetivo 2.....	56
4.18.3 Selección de materiales promisorios de la población en estudio objetivo 3	59
CAPÍTULO V	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1 CONCLUSIONES	62
5.2 RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Distribución de las variedades nativas de maíz conservadas por el INIAP</i>	10
Figura 2 <i>Distribución de las variedades de maíz generadas por el INIAP para la Sierra Ecuatoriana</i>	11
Figura 3 <i>Grupos de canguil según su cocción</i>	12
Figura 4 <i>Ubicación de la investigación en la Granja Experimental “La Pradera”</i>	19
Figura 5 <i>Descripción del croquis de campo de la investigación</i>	21
Figura 6 <i>Descripción del croquis de las parcelas en estudio</i>	23
Figura 7 <i>Emergencia de plantas de maíz a los 45 días después de la siembra</i>	24
Figura 8 <i>Floración femenina cultivo canguil rojo</i>	25
Figura 9 <i>Presencia de acame del tallo y de la raíz</i>	25
Figura 10 <i>Toma datos de número de mazorcas por planta</i>	26
Figura 11 <i>Toma de datos de la mazorca</i>	26
Figura 12 <i>Número de hileras por mazorca</i>	27
Figura 13 <i>Toma de datos del grano con la ayuda de calibre pie de rey</i>	27
Figura 14 <i>Colores presentes en las familias en estudio</i>	28
Figura 15 <i>Porcentaje de reventado de la familia 78 del bloque 1</i>	29
Figura 16 <i>Siembra de la investigación tesis canguil rojo</i>	30
Figura 17 <i>Riego por aspersion primera etapa fenológica del cultivo</i>	31
Figura 18 <i>Labores culturales limpieza y aporque al cultivo de canguil rojo</i>	31
Figura 19 <i>Cosecha de la investigación tesis canguil rojo</i>	32
Figura 20 <i>Largo de mazorcas maíz raza canguil (longitud menor y mayor)</i>	37
Figura 21 <i>Diámetro de la mazorca maíz raza canguil (diámetro mayo y menor)</i>	38
Figura 22 <i>Largo del grano maíz raza canguil (longitud menor y mayor)</i>	39
Figura 23 <i>Ancho del grano maíz canguil rojo (ancho menor y mayor)</i>	40
Figura 24 <i>Porcentaje de reventado</i>	41
Figura 25 <i>Incidencia de gusano cogollero en familias de maíz raza canguil, campaña agrícola 2022-2023</i>	43
Figura 26 <i>Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda Smith)</i>	44
Figura 27 <i>Incidencia de gusano de la mazorca en familias de maíz raza canguil, campaña agrícola 2022-2023</i>	45
Figura 28 <i>Incidencia de mancha de asfalto en familias de maíz raza canguil, campaña agrícola 2022-2023</i>	45

Figura 29 Mancha de asfalto (<i>Phyllachora maydis</i> Maubl)	47
Figura 30 Análisis componentes principales de variables cuantitativas evaluadas en maíz raza canguil rojo.....	49
Figura 31 Dendograma obtenido por el análisis de conglomerados para las 11 variables en las 117 familias de maíz raza canguil rojo.....	49
Figura 32 Altura de la planta según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo.....	51
Figura 33 Altura de la inserción a la primera mazorca según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo.....	52
Figura 34 Número de hileras por mazorca según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo	53
Figura 35 Porcentaje mazorcas rojas según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo	54
Figura 36 Rendimiento del grano según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo.....	55
Figura 37 Porcentaje de reventado según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo.....	57
Figura 38 Familias consideradas material promisorio para futuras investigaciones con más del 60% de reventado.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características climáticas</i>	19
Tabla 2 <i>Descripción unidad experimental</i>	23
Tabla 3 <i>Control fitosanitario realizado en el cultivo de maíz raza canguil</i>	32
Tabla 4 <i>Variabilidad morfológica de datos cuantitativos encontrados en las 117 familias de maíz raza canguil rojo</i>	34
Tabla 5 <i>Valores y porcentajes de la variación de cada componente principal de la matriz de las 117 familias de maíz raza canguil rojo con 11 variables</i>	47
Tabla 6 <i>Valores de dos componentes principales para las 11 variables de 117 familias de maíz raza canguil</i>	48
Tabla 7 <i>Valores promedios para caracteres cuantitativos de maíz raza canguil rojo</i> ...	50
Tabla 8 <i>Características para materiales promisorio del cultivo de maíz raza canguil rojo</i>	59

**“EVALUACIÓN DEL TERCER CICLO DE SELECCIÓN POR MEDIOS
HERMANOS DEL CULTIVO DE MAÍZ RAZA CANGUIL ROJO (*Zea mays* L. var
Everta), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA-IMBABURA”**

Thalia Lizeth Trujillo Ortiz
Universidad Técnica del Norte
Correo: tltrujillo@utn.edu.ec

RESUMEN

Ecuador es uno de los países donde existe gran diversidad de razas de maíz, dando a conocer que en la actualidad se han reportado 29 razas de maíz, de las cuales 17 pertenecen a la región sierra o inter andina, sin embargo, algunas de estas razas se han visto afectadas por el proceso de erosión genética siendo una de estas razas el canguil ecuatoriano. Con la finalidad de recuperar la diversidad genética en el año 2020 se colectó germoplasma de canguil en ferias de semilla que se realizan en los cantones de Cotacachi y Otavalo, el proceso de evaluación inicio con 55 muestras de maíz raza canguil. Los procesos de mejoramiento genético permitieron a la presente fecha disponer de material promisorio, es así que, a través de la presente investigación, se evaluó el comportamiento agronómico, el porcentaje de reventado y el porcentaje de color rojo en el tercer ciclo de mejoramiento por Medios Hermanos MH del cultivo de maíz raza canguil rojo. Se evaluaron 117 familias de canguil rojo con 18 variables cuantitativas, siendo las variables de mayor interés el porcentaje de reventado y el porcentaje de número de mazorcas rojas. Los resultados finales permitieron determinar que 69 familias presentaron porcentajes arriba del 60% para reventado de grano y presencia de mazorcas rojas, características de importancia para la generación de una variedad mejorada con identidad, por lo que resulta necesario continuar con nuevos ciclos de selección hasta llegar a homogenizar la población en estudio.

Palabras claves: diversidad genética, germoplasma, material promisorio, selección por medios hermanos, maíz palomero, fitomejoramiento.

**EVALUATION OF THE THIRD CYCLE OF SELECTION BY HALF SIBLINGS OF
THE RED CANGUIL MAIZE CROP (*Zea mays* L. var *Everta*), IN THE
EXPERIMENTAL FARM LA PRADERA- IMBABURA.**

Thalia Lizeth Trujillo Ortiz

*Universidad Técnica del Norte

Correo: tltrujillo@utn.edu.ec

ABSTRACT

Ecuador is one of the countries where there is a great diversity of corn races, revealing that currently 29 corn races have been reported, of which 17 belong to the highland or inter Andean region, however, some of these races. They have been affected by the process of genetic erosion, one of these breeds being the Ecuadorian popcorn. With the aim of recovering genetic diversity in 2020, popcorn germplasm was collected at seed fairs held in the cantons of Cotacachi and Otavalo. The evaluation process began with 55 samples of popcorn breed. The genetic improvement processes allowed to the present date to have promising material, so, through the present investigation, the agronomic behavior, the percentage of bursting and the percentage of red color were evaluated in the third cycle of improvement by Media MH brothers of the red popcorn breed. The final results allowed determining that 69 families presented percentages above 60% for grain bursting and presence of red cobs, important characteristics for the generation of an improved variety with identity, so it is necessary to continue with new selection cycles until the population under study is homogenized.

Keywords: genetic diversity, germplasm, promising material, half sibling selection, popcorn, plant breeding.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) tiene como centro de origen América, siendo este uno de los cultivos más importantes en la seguridad alimentaria. El maíz es el cultivo de mayor importancia dentro de la canasta alimenticia básica de la población, por este motivo en diferentes países se ha investigado y validado materiales de maíz en busca de una mayor productividad y calidad; proveyéndoles valor nutricional, con el fin de combatir la desnutrición de la población, especialmente en el área rural, y con mayor énfasis en niños y ancianos (Deras, 2010). Adicionalmente, cabe destacar que el maíz, conjuntamente con el arroz y el trigo son los tres alimentos más cultivados a nivel mundial (Blas, 2021). En la región interandina del país el cultivo de maíz es parte de un componente básico de la dieta de la población rural (Yáñez, 2007).

Hasta el momento en el Ecuador se han identificado 29 razas de maíz (Yáñez, 2007) de estas razas 17 pertenecen a la región interandina, demostrando la riqueza genética de esta región. La distribución de algunos de los tipos de maíces más cultivados en la región sierra o interandina se debe al gusto y costumbres de los agricultores. Así, en la zona norte del país (Carchi, Imbabura, Pichincha) se producen maíz de tipo amarillo harinoso, mientras que, en la parte central (Tungurahua, Chimborazo y Bolívar) y sur (Cañar y Azuay) se cultivan granos blanco harinoso y blanco amorochado, respectivamente (Yáñez, 2007).

En estudios realizados por el Departamento de Nutrición y Calidad de la EESC del INAP se ha de terminado los valores de porcentaje de proteína y almidón en algunas razas de maíz de altura en las que se puede observar que la raza canguil presenta aceptables porcentajes (Proteína= 10.72% y Almidón= 62.88%), seguido de raza chulpi (P= 10.23% y A= 64.27%), patillo (P= 10.11% y A= 66.20%), chaucho mejorado (P= 9.14% y A= 74.63%) y blanco blandito (P= 8.30 y A= 73.10%) (Yáñez, 2007).

Entre las principales variedades nativas de maíz que se cultivan en la Sierra son: cuzco ecuatoriano, canguil ecuatoriano, racimos de uva, chillos, morocho, patillo, chulpi, y

variedades mejoradas como: INIAP-122 “Chaucho mejorado”, INIAP-102 “blanco blandito mejorado”, INIAP- 153 “Zhima mejorado”, INIAP-180 e INIAP-103 (Yáñez, 2007). Siendo así que en la provincia de Imbabura se ha realizado colecta de maíz raza canguil rojo o también conocido como maíz palomero (*Zea mays* L.var Everta), y que su principal diferencia con las diferentes razas de maíz es que, al calentarse a temperatura suficiente, la cariósida se expande con un sonido explosivo y se produce una gran expansión de volumen, hasta 30 veces el volumen del grano original (Sweley et al., 2014).

En los cantones de Otavalo y Cotacachi, Castañeda (2020) colectó germoplasma de maíz raza canguil en las ferias de semilla, logrando identificar 55 accesiones de la raza canguil, clasificadas por colores en: blanco, rojo, anaranjado, negro, amarillo y rosado (Castañeda, 2020). Para definir relaciones de similitud entre los maíces tipo canguil se realizó un análisis de conglomerados y se identificó cuatro grupos. El Grupo I que se logra apreciar granos en tonalidades rojo, el Grupo II presentó variación de colores, el Grupo III se logra apreciar accesiones con granos en tonos amarillos y anaranjados y el Grupo IV agrupó materiales con granos de colores amarillos, anaranjados y rojos oscuros. Respecto a las características cuantitativas el 83% de las accesiones presentan características de un grano reventador. Finalmente, se determinó que 22 accesiones independientemente del color de grano pueden ser considerados materiales promisorios ya que el porcentaje de reventado supera el 50% materiales que podrían ser usados para procesos de mejoramiento genético (Castañeda et al., 2021).

Posteriormente, de las 55 accesiones antes descritas, se seleccionaron 35 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) raza canguil que presentaron color rojo y un porcentaje de reventado mayor al 50%. Estas accesiones fueron colocadas en campo y se dejó que cumpla con su ciclo vegetativo con una polinización libre. El material colectado de este trabajo de campo sirvió para una nueva etapa de cultivo donde se evaluó la selección de medios hermanos (Lima, 2021).

De investigaciones previas realizadas por la Universidad Técnica del Norte conjuntamente con el Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias, INIAP- Programa de Maíz. Se realizó un segundo ciclo de MH seleccionando 136 familias (o mazorcas) de maíz raza canguil evaluado en campo por Velásquez (2022). En la presente investigación se realizó la

evaluación del tercer ciclo de selección de medios hermanos MH metodología que consiste en identificar una planta que va hacer funciones repetidas como planta madre y se colecta el polen de las plantas que tengan buenas características para ser plantas machos, se junta todo el polen se mezcla y se poliniza la planta que va hacer la función de madre ahí obtendríamos medios hermano.

Dentro de los esquemas de selección en mejoramiento, se ha logrado que las poblaciones mejoradas lleguen a ser agrónomicamente superiores y así, conservar la variabilidad genética en programas de mejoramiento genético sostenible. En este sentido, la selección de medios hermanos, se ha introducido para hacer más eficiente el incremento de la frecuencia de los alelos favorables para caracteres de baja heredabilidad y la obtención de materiales mejorados (Lagos, 2020).

En las localidades de Derramadero y Coahuila se llevó a cabo el estudio sobre el comportamiento agrónomico de la población NEPOPREC C6 compuesta por 198 familias de medios hermanos, donde nos indican que esta población, a través de la selección y recombinación de individuos superiores, ha permitido obtener genes favorables de adaptabilidad a condiciones a temporales deficientes, y así también se obtuvieron resultados donde la FMH superaron a los testigos en cuanto a la precocidad y el rendimiento del grano (Rodríguez, 2017).

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El canguil posee alto contenido en hidratos de carbono de fácil digestión y, aunque el canguil es apetecido por los niños y adultos, la agricultura ecuatoriana le da poca importancia en su producción (Aguilar, 2019). La casi extinción o pérdida de material genético de este cultivo es un fenómeno nacional. Ya que hace 25 años la producción superaba las 300 hectáreas, ahora el canguil no aparece ni siquiera en las estadísticas nacionales (Sánchez, 2012).

La raza de maíz tipo canguil se caracteriza por presentar granos largos y de forma puntiaguda, con colores amarillo, blanco y rojo, una de las limitantes que presenta los cultivos nativos tipo reventón es que, al momento de la cocción en una olla, los líquidos que se encuentran en su interior se calientan, pero no pueden salir por la capa dura con la que son recubiertas y presenta un bajo porcentaje de reventado (Lema, 2017), esto se debe a que las razas nativas

fueron perdiendo su variabilidad genética y se mezclaron con otras razas de maíz que no son tipo reventón. Y así esta variedad fue desplazada por variedades más comerciales que tienden a ser redondas y de color amarillo que son importadas de otros países como Argentina, Chile, Brasil y Estado Unidos, llegando en el año 2023 y 2024 a importar un total de 12.986 toneladas de maíz reventón (Sistema de Información Pública Agropecuaria,2024). Es así que esta variedad se ha posicionado en el mercado ecuatoriano ya que este presenta una forma casi perfecta al momento de reventar, dando una mejor apariencia para su consumo (Carrera, 2017).

Según Eyhérbide (2018) la principal razón para la reducción de producción de este cultivo es el alto costo de inversión que surge en el proceso productivo de maíz canguil como es el bajo rendimiento, déficit de adaptación y alta incidencia de plagas y enfermedades. Todo este proceso encarece el valor de esta variedad nacional ya que el costo, de la libra del canguil nativo cuesta \$1.50, pero en el mercado ecuatoriano existe canguil importado o común que se oferta en 0.50 ctvs. (Aguilar, 2019); otra de las principales razones de la baja producción de canguil nativo es la falta de conocimiento del valor nutricional que presenta los granos en su pigmentación de color rojo localizada principalmente en el pericarpio y en la capa de aleurona (Eyhérbide, 2018).

En la actualidad la Universidad Técnica del Norte, a través de la carrera de Agropecuaria en conjunto con el Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, se encuentra en procesos de mejoramiento del cultivo de maíz raza canguil ya que este se ha visto reducido por diversos factores como la falta de semilla, la comercialización y el incremento anual de las importaciones nacionales (Valverde, 2015).

1.3 JUSTIFICACIÓN

Conservar y mejorar las poblaciones de las plantas surgió a partir de la necesidad de preservar el germoplasma de nuestro país y así poder obtener variedades de maíz que puedan ser mejoradas con varios ciclos de selección; por eso cabe recalcar que al realizar un tercer ciclo de selección de medios hermanos (MH), en cultivo de maíz raza canguil se puede aportar a la formación de variedades con un alto potencial de rendimiento, un mayor porcentaje de reventado y con una buena heterosis en sus cruas (García, 2002).

Se seleccionó el cultivo raza canguil rojo o también conocido como maíz palomero por el alto valor nutricional, ya que contiene antocianinas que son el grupo más importante de compuestos hidrosolubles, responsables del color rojo, negro, púrpura y azul de los alimentos (Pazmiño, 2011). La incorporación de estos alimentos en la dieta alimenticia es beneficiosa para la salud ya que puede mejorar la agudeza visual, mostrar actividad antioxidante y actuar como agente quimio protector del cuerpo (Ortiz et al., 2011).

Con el proceso de selección de medios hermanos se busca que las razas de maíz canguil rojo muestren características agronómicas deseadas como son número de mazorcas por planta, rendimiento de grano por hectárea y porcentaje de reventado. Donde con la mezcla de estas semillas, se logre obtener poblaciones adecuadas a las distintas necesidades que se presentan. Por lo tanto, este proceso de selección de familias de medios hermanos, busca que en cada ciclo de selección se obtenga estimados de varianza genética aditiva y de heredabilidad de los caracteres deseados en el cultivo (Chávez, 1995).

En investigaciones anteriormente realizadas por la Universidad Técnica del Norte y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria INIAP sobre el cultivo de maíz raza canguil se tomó como objetivo principal realizar un proceso de selección de individuos o familias que muestren características requeridas, en donde se mezclen las semillas y se obtenga nuevas poblaciones con características deseadas, por tanto el tercer ciclo de selección de medios hermanos en cultivo de maíz raza canguil está ayudando a obtener características deseadas como son el color rojo de grano, un alto porcentaje de reventado y un mejor rendimiento, esto ayudará a generar poblaciones homogéneas para futuras investigaciones.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el tercer ciclo de selección por medios hermanos (MH), del cultivo de maíz raza canguil rojo (*Zea mays* L. var Everta), en la Granja Experimental La Pradera – Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de una población de medios hermanos de maíz raza canguil bajo las condiciones climáticas de la granja experimental “La pradera” en Chaltura, provincia de Imbabura.

- Evaluar el porcentaje de reventado de canguil procedente de la selección de medios hermanos.
- Seleccionar las mejores familias de medios hermanos de maíz raza canguil para continuar con el proceso de mejoramiento.

1.5 HIPÓTESIS

Ho. - Ninguna de las familias de maíz raza canguil rojo presentan altos porcentajes de reventado y porcentaje de color rojo, por tal motivo no podrían ser consideradas como material promisorio para futuras investigaciones.

Ha. - Algunas familias de maíz raza canguil rojo presentan un alto porcentaje de reventado y porcentaje de color rojo, que podrían ser consideradas como material promisorio para futuras investigaciones.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

El maíz es considerado el tercer cultivo más relevante a nivel global, solo superado por el trigo y el arroz, esto se debe a su capacidad de adaptarse las diversas condiciones ecológicas y del suelo, se lo cultiva en casi todas las regiones del mundo. Además, es un alimento esencial para millones de personas, especialmente en América latina (Ortigoza, 2019). Se estima que la producción mundial de maíz supera los 800 millones de toneladas métricas por año, de éstas 730 millones son de maíz amarillo y 70 millones de maíz blanco. El maíz amarillo se utiliza principalmente en la agroindustria y el maíz blanco para el consumo humano (Totis, 2016).

2.1.1 Descripción taxonómica y botánica del cultivo de maíz

La planta de maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte (60-80 cm de altura). Su clasificación taxonómica es:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Poales
Familia: Poaceae
Género: *Zea*
Especie: *mays* L.

a) Raíz

El sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52% de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción de la planta, mientras que el sistema nodular es el 48% de la masa total de raíces de la planta. La función de las raíces de anclaje es mantener la planta erecta para así evitar su caída (Sánchez, 2014).

b) Tallo

La planta de maíz tiene un tallo principal que se extiende sobre la superficie del suelo hasta la aparición de la quinta hoja; a partir de la sexta hoja, el tallo comienza a crecer rápidamente en altura, especialmente debido a la elongación de los internudos inferiores. Los tallos del maíz son muy robustos y pueden tener entre 12 y 24 nudos aéreos, dependiendo de la precocidad del cultivar. Desde el nudo situado por encima de la inserción de la mazorca apical, el tallo es completamente cilíndrico y sólido, tanto exterior como interiormente.

c) Hojas

Las hojas constan de dos partes: la vaina, que envuelve el tallo y la hoja propiamente dicha. La vaina y la hoja son continuas y ésta generalmente es más parada o más paralela al tallo. Las hojas tienen una nervadura central y una serie de nervaduras secundarias paralelas a la nervadura central. Por las nervaduras llega a la hoja la savia bruta y después de ser elaborada por el proceso de fotosíntesis, se transmite a otros órganos de la planta, principalmente a la mazorca donde se forman los granos (Blasco, 1981).

d) Inflorescencia

El maíz tiene una inflorescencia monoica, es decir, presenta inflorescencia masculina y femenina separada en misma planta.

- **Inflorescencia Masculina:** Consiste en una panícula (también llamada espiga o penacho) de color amarillo, que produce una cantidad muy alta de polen, entre 20 a 25 millones de granos de polen. Cada florecilla de la panícula tiene tres estambres donde se desarrolla el polen.
- **Inflorescencia Femenina:** Contiene una menor cantidad granos de polen, alrededor de 800 a 1000, y se forman en estructuras vegetativas llamadas espádices que se disponen de forma lateral (Aguilar, 2019).

e) Fruto y semillas

El grano o futo del maíz es un cariopse. En él, la pared del ovario o pericarpio está fusionada con la cubierta de la semilla o testa, formando juntas la pared del fruto. El fruto maduro se compone de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. La capa de la aleurona, que es la parte más externa del endosperma, está en contacto con la

pared del fruto. La estructura del endosperma del maíz es muy variable, lo que le da al grano diferentes apariencias (Paliwal, 2001).

2.1.2 Polinización en el maíz (*Zea mays* L.)

El maíz es una planta monoica, y sus órganos sexuales son: el polen y los jilotes, se originan a partir de la micro y macroesporogénesis respectivamente; una vez desarrollados estos se produce el fenómeno de la polinización, la que puede ser natural o artificial si es que interviene la mano del hombre (Santoyo, 2004).

Durante la polinización natural del maíz, el polen se desprende de las anteras y se deposita en los estigmas, aunque a veces ambas partes no maduran al mismo tiempo. Cabe destacar que aproximadamente el 95 % de los óvulos del maíz son polinizados de manera cruzada, mientras que solo el 5 % se autopoliniza (Santoyo, 2004).

La polinización cruzada es favorecida por el viento y la gravedad, que transportan el polen desde la espiga hasta el estigma, permitiendo la posibilidad de polinización a grandes distancias. En el maíz, se han reportado casos de polinización cruzada hasta a 200 metros de distancia (Ortiz, 2010).

En el proceso artificial de polinización, interviene la mano del hombre sobre todo para mejoramiento genético (Santoyo, 2004). Este método es el más frecuente utilizado para la regeneración y multiplicación de accesiones de germoplasma. Se puede hacer mediante cruzamientos planta a planta esto quiere decir se utiliza la misma planta como planta masculina y como planta femenina. También se realiza cruzamientos en cadena este cruzamiento se recomienda cuando se va a regenerar un número considerable de accesiones, para realizar este método se utiliza una planta como masculina y otra como femenina (Taba, 2004).

Cuando la polinización se ha llevado a cabo, comienza el proceso de fecundación que es la unión de las dos células sexuales para la formación de un nuevo ser (semilla) con la información genética de ambas (Santoyo, 2004).

2.1.3 Razas de maíz a nivel nacional

El maíz es el principal cultivo transitorio en Ecuador, ya que no solo es un componente esencial de la dieta de gran parte de la población y está ligado a costumbres y tradiciones locales, sino también es una opción de producción económicamente rentable debido a sus numerosos usos, especialmente en la industria de alimentaria y de balanceados (Proaño, 2021).

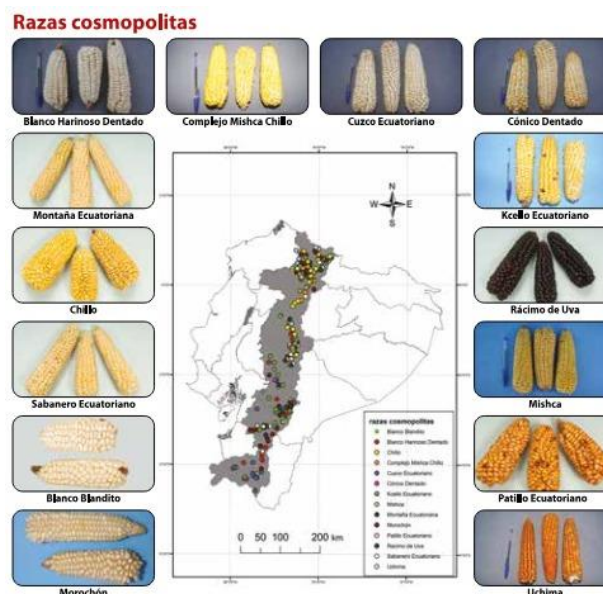
Ecuador posee una gran agrobiodiversidad, y el maíz de altura es un claro ejemplo de ello, con diversos tipos, formas y colores de grano que se encuentran en la región andina, que es un centro de diversificación de este cereal. En Ecuador, se han identificado 29 razas de maíz, de las cuales 17 pertenecen a la Sierra (Zambrano et al., 2021).

2.1.3.1 Variedades nativas

Entre las principales variedades de maíz criollo o nativas cultivadas en la Sierra de Ecuador se encuentran: Chazo, Blanco de leche, cuzco ecuatoriano, canguil ecuatoriano, racimo de uva, chillo, huandango, morochón, patillo, tusilla, chaucho, chulpi, entre otras. Muchas de estas razas aún se encuentran en varias provincias de la Sierra, lo que les ha validado el nombre de razas cosmopolitas (Zambrano et al., 2021) (Figura 1).

Figura 1

Distribución de las variedades nativas de maíz conservadas por el INIAP



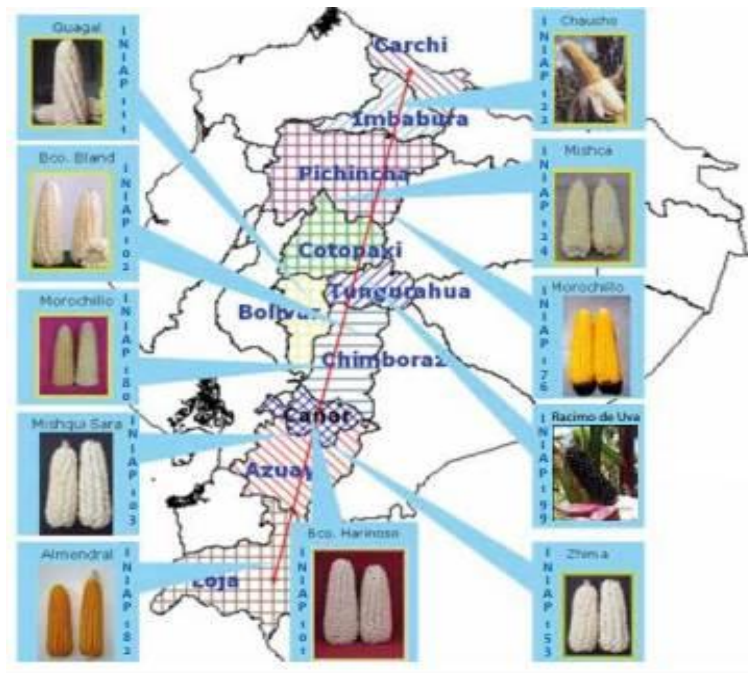
Fuente: Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana (Zambrano et al., 2021)

2.1.3.2 Variedades mejoradas

Entre las variedades mejoradas están: INIAP-122 “Chaucho mejorado”, INIAP-124 “Mishca mejorado”, INIAP-102 “Blanco blandito mejorado”, INIAP-111 “Guagal mejorado”, INIAP-153 “Zhima mejorado”, INIAP-180, INIAP-182, INIAP-103 “Mishqui sara” e INIAP-199 “Racimo de uva” (Zambrano et al., 2021) (Figura 2).

Figura 2

Distribución de las variedades de maíz generadas por el INIAP para la Sierra Ecuatoriana



Fuente: Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana (Zambrano et al., 2021)

2.2 Maíz raza canguil

El maíz raza canguil o también conocido como maíz palomero tiene la capacidad de reventar para producir palomitas o rosetas de maíz. El maíz raza canguil, presenta granos pequeños, su endospermo es muy duro y su pericarpio es grueso. Se lo cultiva para el consumo humano como palomitas, y el principal objetivo de su producción es desarrollar variedades, con altos volúmenes de expansión y rendimiento del grano (Santacruz, 2018).

La capacidad de reventar del maíz palomero está condicionado a varios factores, tales como: tamaño, volumen, contenido de humedad del grano, cantidad de daño en el pericarpio y endospermo, entre otros. Además, también son importantes los parámetros que incluyen el sabor, la textura, el color y la forma, para obtener unas palomitas de buena calidad. Ya que,

entre mayor volumen tenga el grano, proporcionará mejor textura una vez reventado (Santacruz, 2018).

El producto resultante de la explotación del maíz palomero se le da la denominación de palomita, pipoca, pop corn, etc. Su textura es única y puede ser preparado de forma casera o de manera industrializada (Bernardi, 2010).

El producto se divide en dos grupos según el proceso de cocción:

- Mariposa, que produce una roseta esponjosa con alas que se proyecta desde el centro hacia la borde (Figura 3).
- Seta o Caramel, que se produce un roseta compacta y redondeada. No tiene alas, por tanto, no se quiebra en su manipulación (Figura 3).

Figura 3

Grupos de canguil según su cocción



Fuente: Artículo rasgos de calidad y consideraciones sobre el rendimiento de las palomitas de maíz (Sweley et al., 2014).

Este producto se comercializa para el consumo humano saborizado con azúcar o sal, luego del proceso de cocción mediante el cual se expande (Bernardi, 2010).

2.2.1 Importancia del canguil en el Ecuador

El maíz ha desempeñado un papel primordial en el desarrollo de la humanidad, fue el sustento de grandes culturas. La importancia de este cereal va más allá de la alimentación porque forma parte de las ceremonias religiosas, del pensamiento, la literatura y poesía (Santacruz, 2018).

Actualmente, la industria utiliza el maíz palomero o canguil como una golosina dulce o salada, populares en los parques, salas de cine y en la población infantil. En Ecuador, esta golosina es comúnmente conocida como palomitas o pop corn. Para su elaboración, se emplea el grano maduro y seco. La característica de “explosión” que ocurre cuando se somete al calor y alcanzar cierta temperatura se debe a que la pequeña cantidad de agua interna del grano (14%) se vaporiza bruscamente y el gránulo de almidón de esta variedad, altamente cristalino y compacto, se expande rápidamente, adquiriendo su característico aspecto espumoso blanco (Gear, 2016). A pesar de su alto consumo, las siembras comerciales en el país son casi nulas, por lo que se recurre a importaciones para cubrir el déficit de producción (Aguilar, 2019).

2.2.2 Requerimiento del cultivo de maíz raza canguil

2.2.2.1 Clima

El maíz necesita entre 760 a 1300 mm de lluvia durante su ciclo de crecimiento y temperaturas que oscilen entre 10 a 20 °C (Peñaherrera, 2011).

2.2.2.2 Suelo

El maíz se adapta muy bien a los suelos profundos, ricos en materia orgánica y con un buen drenaje para evitar el encharcamiento. Sembrarlo en estos suelos trae beneficios como una germinación más fácil de las semillas, plantas más fuertes y vigorosas, mazorcas grandes y granos de alta calidad. El pH del suelo debe estar entre 5.5 y 7.5 (Peñaherrera, 2011).

2.2.2.3 Riego

El maíz es una planta que requiere mucha agua y se logra los más altos rendimientos cuando se dispone de este elemento durante todo el desarrollo vegetativo. Las exigencias máximas de humedad se presentan durante la época de la floración y el periodo de formación de la mazorca. Un atraso en estos riegos produce una importante disminución en la producción. Los suelos arenosos requieren mayor frecuencia que los suelos franco arcillosos y profundos (Blasco, 1981).

Riego de floración: Es importante asegurarse un desarrollo normal de los órganos de reproducción de la planta y una buena polinización y que éste coincida con la máxima

absorción de elementos nutrientes de la planta. Se debe aplicar este riego cuando el 50% de la población de las plantas está floreciendo (Blasco, 1981).

2.2.2.4 Siembra

Para sembrar, generalmente se utiliza un espeque o gualmo (palo con punta) para hacer hoyos a un costado de los surcos. La profundidad de los hoyos no debe superar los 5 cm para asegurar una buena germinación y que todas las plantas emerjan al mismo tiempo. La distancia de siembra recomendada es de 80 cm entre surcos, 50 cm entre plantas, colocando 2 semillas de maíz por hoyo. Con esta técnica se utiliza 30 kg de semilla por hectárea obteniendo así 500000 plantas (Peñaherrera, 2011).

2.2.2.5 Fertilización

Se recomienda fertilizar el suelo con nitrógeno (N) y fósforo (P), y aplicar potasio (K) sólo si hay una evidente deficiencia de este elemento. La fertilización debe ajustarse a las características específicas de la zona de producción, por lo que es esencial realizar un análisis químico del suelo al menos dos meses antes de la siembra. En general, se recomienda aplicar entre 100 a 120 kg/hectárea de nitrógeno (N), entre 30 a 40 kg/hectárea de fósforo (P₂O₅) y entre 80 a 100 kg/hectárea de potasio (Zambrano et al., 2021).

2.2.2.6 Cosecha

La cosecha de grano seco debe realizarse cuando el grano alcanza la madurez fisiológica, identificable por una capa negra en la base del grano. Las prácticas comunes para la cosecha de grano seco incluyen dejar las plantas enteras en pie, cortar la parte superior de las plantas (espiga, flor masculina o panoja) para aumentar la exposición de las mazorcas al sol, y el doblado o quebrado, que consiste en doblar la parte superior de la planta o solo la mazorca para prevenir la pudrición de los granos por *Fusarium* y reducir el daño causada por los pájaros (Peñaherrera, 2011).

2.3 Mejoramiento genético

El mejoramiento genético es la modificación de las especies vegetales, que persigue el objetivo de obtener la máxima efectividad según los fines y/o necesidades del hombre, esto se puede conseguir, produciendo más por unidad de superficie o mejorando la calidad del

producto al igual que debe presentar un incremento a resistencia a plagas y enfermedades (Callava, 2020).

El cultivo de maíz, como tantas otras especies, ha pasado por un largo proceso de evolución, es decir, aislamiento reproductivo, mutación, hibridación y selección natural. A su vez el proceso de mejora ha desarrollado nuevas formas de cultivar el maíz con el objeto de lograr aumentar el rendimiento. Primero se usaron variedades de polinización abierta, formadas por individuos con diferentes composiciones genéticas, pero que presenta cierta uniformidad en características como tipo de grano, tipo de espiga y altura de la planta (Callava, 2020).

Años más tarde en la década de los 60 se comenzaron a emplear híbridos, este material se obtiene del cruzamiento controlado entre dos genotipos parentales. Los genotipos parentales más empleados y ampliamente difundidos, son las líneas endocriadas, estas líneas puras se logran por medio de sucesivas autofecundaciones, obteniendo individuos genéticamente homogéneos y homocigotos para todos los caracteres, permitiendo fijar características deseables que serán transmitidas a su progenie (Callava, 2020).

Más tarde se empleó la recombinación genética resultante del entrecruzamiento de estas líneas endocriadas dará origen a la semilla de la primera generación filial (F1), donde se expresa al máximo el fenómeno de heterosis, todos los procesos de mejora genética se encuentran gobernados principalmente por las exigencias del mercado, este tiene la necesidad de contar con materiales de estrecha base genética, buscando obtener uniformidad para facilitar las operaciones realizadas durante el ciclo del cultivo (Callava, 2020).

2.4 Métodos de selección

2.4.1 Selección Masal

La selección masal es un método de mejoramiento de plantas que se basa en la selección de individuos dentro de una población, por lo que también se conoce como selección intrapoblacional. Las semillas de las plantas seleccionadas se mezclan y siembran en el siguiente ciclo, formando así una nueva generación con un mayor número de individuos que poseen las características deseables de las plantas seleccionadas o progenitoras (Saquimux, 2011).

De esta forma, la selección masal consiste en elegir individualmente plantas dentro de una población según sus características visuales, por lo que a veces se le llama selección fenotípica. Este proceso implica identificar individuos dentro de una población y seleccionarlos conforme a los objetivos deseados. Es el método más simple para los agricultores, por lo que la selección masal se ha utilizado extensamente durante mucho tiempo para mejorar variedades que se han transmitido de generación en generación (Saquimux, 2011).

En el maíz, mediante el uso de la selección masal, se puede obtener aumentos en el rendimiento o mejorar diversas características agronómicas de la planta, tales como altura, la cantidad de mazorcas por planta, tipo y color de grano, el contenido de aceites en el grano y la sincronización de polinización, etc. La adaptación de una nueva variedad a un ambiente específico puede justificar el uso de la selección masal, eligiendo aquellos individuos que mejor adapten. De esta manera, se puede preservar las características de las variedades locales que poseen los agricultores o de las variedades mejoradas de polinización libre que se hayan introducido (Saquimux, 2011).

2.4.2 Selección de medios hermanos

Cuando dos o más individuos comporten únicamente uno de sus progenitores, se considera que forman una familia de medios hermanos. El comportamiento de estas familias ofrece una prueba de progenie de los individuos en la población, la cual se utiliza como criterio de selección. El método más simple y antiguo de selección de medios hermanos es la selección espiga por hilera (Eyhérbide, 2018).

Un ejemplo claro de selección de medios hermanos es cuando las plantas que crecen en un surco forman una familia de medios hermanos, ya que tienen en común al progenitor femenino pero diferentes padres, debido a que los estigmas fueron polinizados por granos de polen de distintas plantas macho. Una de las ventajas del método de selección de medios hermanos es que, en cada ciclo de selección, se pueden obtener estimaciones de la varianza genética aditiva y de la heredabilidad de los caracteres seleccionados (Díaz, 2010).

2.5 Importancia de las antocianinas en los alimentos

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, que presenta pigmentos naturales que pueden encontrarse en frutos, tallos y raíces de plantas. Diversas investigaciones indican que la presencia de antocianinas en los alimentos cumple ciertas funciones como la atracción de polinizadores para la dispersión de la semilla y la protección de la planta contra los efectos de radiación ultravioleta y los ataques microbianos (López, 2023).

Además de sus propiedades como pigmentos naturales, se ha demostrado que el consumo de alimentos ricos en antocianinas puede mejorar de la salud debido a sus propiedades antiinflamatorias y actividades antioxidantes (López, 2023).

2.6 MARCO LEGAL

La siguiente investigación tiene su base legal en la constitución de la República del Ecuador, Capítulo tercero. Soberanía alimentaria. Art. 281 menciona que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente, para fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria, promover la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella; así como el uso, la conservación e intercambio libre de semillas (Ecuador, 2008).

Por otro lado, la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, semilla y fomento de la agricultura en el Art. 1, Establece que tiene por objeto proteger, revitalizar, multiplicar y dinamizar la agrobiodiversidad en lo relativo a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura; asegurar la producción, acceso libre y permanente a semillas de calidad y variedad, mediante el fomento e investigación científica y la regulación de modelos de agricultura sustentable. Además, el Art. 17 especifica que la Autoridad Agraria Nacional, en coordinación con institutos públicos de investigación y centros de educación superior, identificarán con la participación de los productores y organizaciones sociales, las áreas de agrobiodiversidad que fortalezcan la protección, conservación, manejo y uso sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación. Así mismo, en el Art. 22 se detalla que la Autoridad Agraria Nacional en coordinación con la institución rectora de la educación

superior, ciencia, tecnología e innovación, centros de educación superior y entidades privadas establecerá planes, programas y proyectos para fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica en materia de los recursos fitogenéticos y semillas (Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, 2017).

CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la Granja Experimental “La Pradera” de la Universidad Técnica del Norte, ubicada en la parroquia San José de Chaltura (Figura 4).

Figura 4

Ubicación de la investigación en la Granja Experimental “La Pradera”



Se ha considerado este lugar de estudio ya que presenta características climáticas apropiadas para el cultivo de maíz raza canguil rojo que se adapta a partir de 2260 msnm, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Características climáticas

Temperatura mínima	10 °C
Temperatura máxima	32 °C
Precipitación	750 mm
Humedad relativa	70% - 90%

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía INAMHI (2022)

3.2 MATERIALES

Para la presente investigación de campo se utilizó diferentes materiales como: material de campo, material genético, insumos y materiales de oficina que se detallan a continuación.

3.2.1 Materiales de campo

- Cinta métrica
- Azadón
- Rastrillo
- Bomba de mochila
- Mangueras
- Botas
- Aspersores
- Etiquetas de Información
- Calibrador (pie de rey)

3.2.2 Material genético

El material genético que se utilizó en la investigación son semillas de maíz raza canguil de color rojo, provenientes de la Campaña de selección masal realizada durante el ciclo 2021-2022 en la Granja Experimental “La pradera” y la Selección Oriental de Santa Catalina.

3.2.3 Insumos

- Fertilizantes
- Insecticidas
- Fungicidas

3.2.4 Material de oficina

- Libreta de campo
- Impresora
- Lápiz
- Material bibliográfico
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Recipientes de vidrio

- Cronometro
- Canguilera eléctrica (capacidad de 60 g y potencia de 1200 watts)
- Frascos de vidrio

3.3 MÉTODOS

El presente estudio fue de tipo experimental en donde, a través del método de selección de medios hermanos, se llevará a cabo su fase intrafamiliar en el lote del campo experimental, con una polinización libre. La finalidad de este experimento es mejorar las características agronómicas de rendimiento y reventado en el cultivo de maíz raza canguil rojo (*Zea mays* L. var Everta) en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura.

3.3.1 Factor en estudio

El factor de estudio de la presente investigación fueron 117 familias de maíz raza canguil rojo, provenientes de las cosechas de los ciclos anteriores.

3.3.2 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en la investigación es Diseño Bloques Completos al Azar (DBCA), donde en la primera repetición se realizó la siembra de Medios hermanos MH y la distribución de los surcos fue la siguiente: se sembró dos surcos hembra y un surco machos así seguido hasta terminar de sembrar las 117 familias. Posterior a la siembra de la primera repetición se procedió sembrar la segunda repetición donde las familias se proceden a sembrar de forma continua como se observa en (Figura 5).

3.3.3 Características del experimento

- Factor en estudio/ familias	117
- Bloques	2
- Número de unidades experimentales	234
- Distancia entre surco	0.80 m

Figura 5

Descripción del croquis de campo de la investigación

5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m
Parcela 7	Camino	Parcela 6	Camino	Parcela 5	Camino	Parcela 4	Camino	Parcela 3	Camino	Parcela 2	Camino	Parcela 1
F 76		F 75		F 109		F 108		F 49				
F 77		F 74		F 110		F 107		F 50				
F 78		F 73		M		M		M				
F 79		F 72		F 111		F 106		F 51				
F 80		F 71		F 112		F 105		F 52				
F 81		F 70		M		M		M				
F 82		F 69		F 113		F 104		F 53				
F 83		F 68		F 114		F 103		F 54				
F 84		F 67		M		M		M				
F 85		F 66		F 115		F 102		F 55		F 48		F 1
F 86		F 65		F 116		F 101		F 56		F 47		F 2
F 87		F 64		M		M		M		M		M
F 88		F 63		F 117		F 100		F 57		F 46		F 3
F 89		F 62		Bloque 2		F 99		F 58		F 45		F 4
F 90		F 61		F 1		M		M		M		M
F 91		F 60		F 2		F 98		F 59		F 44		F 5
F 92		F 59		F 3		F 97		F 60		F 43		F 6
F 93		F 58		F 4		M		M		M		M
F 94		F 57		F 5		F 96		F 61		F 42		F 7
F 95		F 56		F 6		F 95		F 62		F 41		F 8
F 96		F 55		F 7		M		M		M		M
F 97		F 54		F 8		F 94		F 63		F 40		F 9
F 98		F 53		F 9		F 93		F 64		F 39		F 10
F 99		F 52		F 10		M		M		M		M
F 100		F 51		F 11		F 92		F 65		F 38		F 11
F 101		F 50		F 12		F 91		F 66		F 37		F 12
F 102		F 49		F 13		M		M		M		M
F 103		F 48		F 14		F 90		F 67		F 36		F 13
F 104		F 47		F 15		F 89		F 68		F 35		F 14
F 105		F 46		F 16		M		M		M		M
F 106		F 45		F 17		F 88		F 69		F 34		F 15
F 107		F 44		F 18		F 87		F 70		F 33		F 16
F 108		F 43		F 19		M		M		M		M
F 109		F 42		F 20		F 86		F 71		F 32		F 17
F 110		F 41		F 21		F 85		F 72		F 31		F 18
F 111		F 40		F 22		M		M		M		M
F 112		F 39		F 23		F 84		F 73		F 30		F 19
F 113		F 38		F 24		F 83		F 74		F 29		F 20
F 114		F 37		F 25		M		M		M		M
F 115		F 36		F 26		F 82		F 75		F 28		F 21
F 116		F 35		F 27		F 81		F 76		F 27		F 22
F 117		F 34		F 28		M		M		M		M
		F 33		F 29		F 80		F 77		F 26		F 23
		F 32		F 30		F 79		F 78		F 25		F 24
		F 31										

M= Surco plantas masculinas

F= Surco plantas femeninas

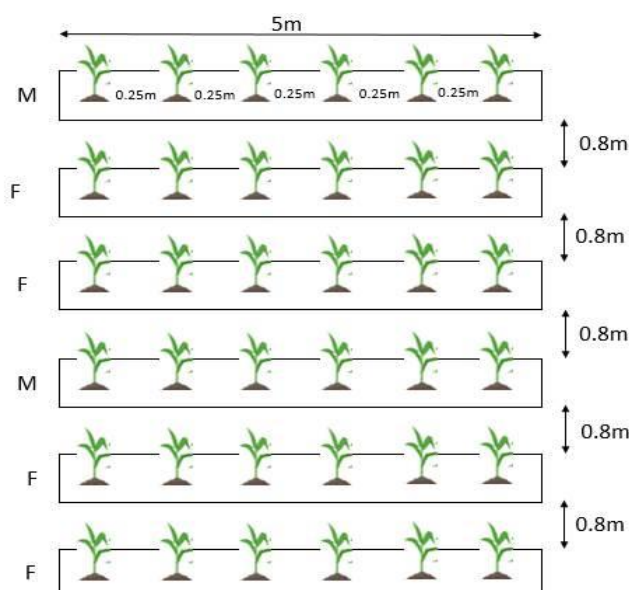
B= Bloques

3.3.3.1 Características de la unidad experimental

Cada una de la unidades experimentales fue se sembrada en surcos de 5 metros de largo a una distancia de 0.80 m y una distancia entre planta y planta de 0.25 m (Figura 6).

Figura 6

Descripción del croquis de las parcelas en estudio.



En el ensayo se evaluaron 234 unidades experimentales con las características explicadas en la Tabla 2.

Tabla 2

Descripción unidad experimental

DATOS	MEDIDAS
Área de la unidad experimental	4 m ²
Distancia entre punto	0.25 m
Nº de semillas por punto	1 semillas
Nº de plantas por unidad experimental	21

3.3.4 Análisis estadístico

El trabajo de caracterización de la población se describió morfológicamente usando el programa Infostat, en donde se realizó pruebas: análisis de la varianza con la prueba de LS de Fisher al 5%, estadísticas descriptivas, análisis de componentes principales y análisis de conglomerados.

3.3.5 Variables a evaluarse

3.3.5.1 Días a la emergencia

Para evaluar la variable días a la emergencia se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que exista presencia del 50% de plantas germinadas (Figura 7).

Figura 7

Emergencia de plantas de maíz a los 45 días después de la siembra



3.3.5.2 Número de plantas germinadas

Se realizó el conteo de número de plantas emergidas de cada accesión después de 45 días, para conocer el número exacto de plantas con las que se trabajará por cada unidad experimental.

3.3.5.3 Porcentaje de emergencia

Para la variable número de plantas germinadas se procedió a calcular el porcentaje de emergencia que se presentó en cada unidad experimental.

3.3.5.4 Días a la floración femenina

Para la variable días a la floración femenina se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que existan los filamentos o cabellos de la mazorca en un 50% de la planta (CIMMYT, 2017) (Figura 8).

Figura 8

Floración femenina cultivo canguil rojo



3.3.5.5 Número de plantas acamadas

En cada unidad experimental se contabilizó el número de plantas que presentan acame de tallo o raíz. Esto se realizó tomando en cuenta las plantas que se encontraban dobladas y formaban un ángulo de 45° o más desde la parte inferior del tallo con la superficie de la tierra (Figura 9).

Figura 9

Presencia de acame del tallo y de la raíz



3.3.5.6 Altura de la planta (m)

En la etapa fenológica maduración se tomó plantas al azar de cada unidad experimental y se colocó una regla de madera pegada una cinta métrica desde el punto de la inserción de las raíces hasta la base de la espiga (CIMMYT, 2017). Luego se registrará la altura de las plantas en nuestra libreta de campo.

3.3.5.7 Altura de la inserción de la primera mazorca (m)

Para evaluar la variable altura de la inserción de la primera mazorca se procedió a medir cinco plantas al azar desde el suelo hasta el nudo de la primera mazorca.

3.3.5.8 Número de mazorcas por planta

Para evaluar la variable número de mazorcas se realizó un conteo de mazorcas en plantas al azar en las unidades experimentales (Figura 10).

Figura 10

Toma datos de número de mazorcas por planta

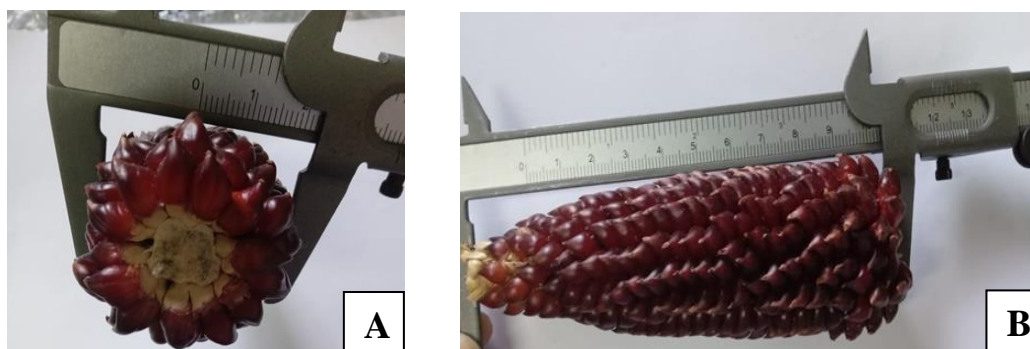


3.3.5.9 Diámetro y largo de la mazorca (cm)

Se tomó cinco mazorcas al azar y con la ayuda del calibrador pie de rey se tomó la medida del diámetro y largo de la mazorca, posteriormente se anotó en la libreta de campo (CIMMYT, 2017) (Figura 11).

Figura 11

Toma de datos de la mazorca



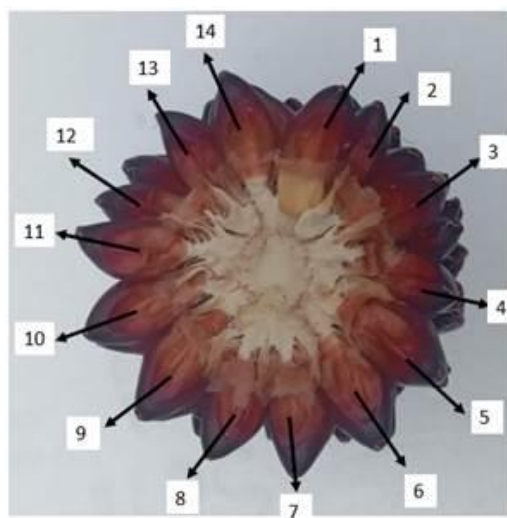
Nota: toma de datos del diámetro de la mazorca (A); toma de datos del largo de la mazorca (B)

3.3.5.10 Número de hileras por mazorca

Se realizó el conteo de las hileras que contienen cinco mazorcas de cada una de las unidades experimentales (Figura 12).

Figura 12

Número de hileras por mazorca

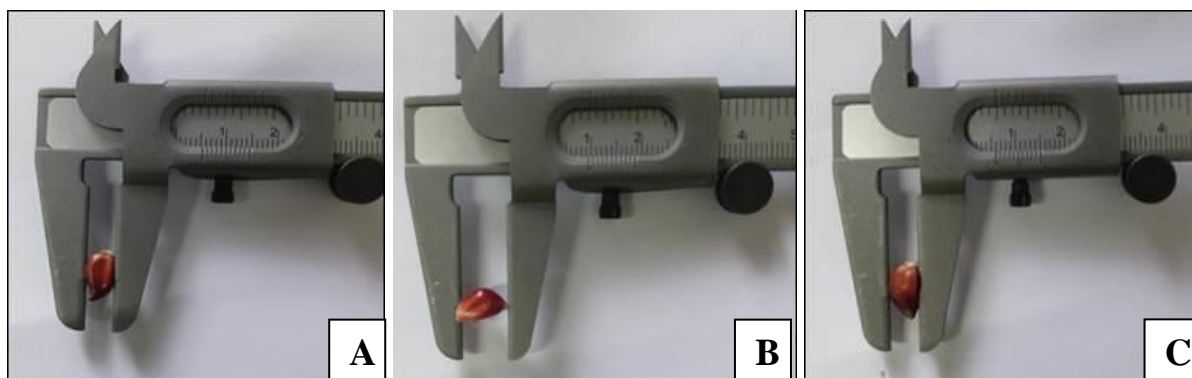


3.3.5.11 Ancho, largo y grosor del grano (cm)

Con la ayuda del calibre pie de rey se midió el ancho, largo y grosor de 15 granos tomados al azar y se realizó un promedio en cm (Figura 13).

Figura 13

Toma de datos del grano con la ayuda de calibre pie de rey



Nota: toma de datos del ancho del grano (A); toma de datos del largo del grano (B); toma de datos del grosor del grano (C)

3.3.5.12 Porcentaje de mazorcas rojas

Del total de las mazorcas cosechadas en campo se realizó el conteo de las mazorcas que presentan coloración roja, para posteriormente realizar el cálculo de porcentaje de mazorcas rojas que existen por unidad experimental (Figura 14).

Figura 14

Colores presentes en las familias en estudio



3.3.5.13 Rendimiento del grano por hectárea

El rendimiento del grano se evaluó una vez cosechada y desgranadas las mazorcas de cada unidad experimental (CIMMYT, 2017). A través de la fórmula establecida por el programa de maíz (INIAP) el rendimiento de cada unidad experimental se proyectó a $t\ ha^{-1}$.

Formula:

$$\text{Rendimiento (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{PC * FD * MS * 1000}{86 * AP}$$

PC: Peso de campo

FD: Factor de desgrane

MS: Materia seca

86: Porcentaje de materia seca (constante)

AP: Área de la parcela neta

Fuente: Programa de maíz cálculo de rendimiento de maíz (Yáñez, 2014)

3.3.5.14 Porcentaje de reventado

Para esta variable, se contabilizaron 100 granos de maíz cosechado, mismos que fueron procesados en una olla canguilera. El tiempo de exposición al equipo será de 3 minutos ya que según The Royal Society Interface (2015) el 96 % de los granos revientan en este tiempo a

una temperatura de 180° C (Interface, 2015). Finalmente, se contabilizó los granos que reventaron y se lo llevó a valor porcentual (Figura 15).

Figura 15

Porcentaje de reventado de la familia 78 del bloque 1



3.3.5.15 Incidencia de plagas y enfermedades

Se realizó un monitoreo semanal de plagas y enfermedades, se tomaron plantas al azar de cada unidad experimental.

3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.4.1 Obtención de la semilla

El germoplasma de maíz raza canguil se obtuvo de las cosechas del ciclo 2021-2022. Los mismos que se realizaron en la Granja Experimental “La Pradera” en el periodo

3.4.2 Preparación del terreno

La preparación de terreno se realizó de manera mecánica utilizando el arado, rastra y surcada, para poder eliminar restos de cultivos anteriormente sembrados, se realizó esta actividad para que el suelo quede suelto y sin terrones para siembra.

3.4.3 Delimitación del terreno

El espacio donde se estableció el cultivo es La Granja Experimental “La Pradera”. Para realizar esta actividad se utilizó los siguientes materiales cinta métrica, estacas y piola para la delimitación del terreno.

3.4.4 Diseño de la parcela

El diseño de la parcela se realizó en dos bloques de siembra: en el primero se realizarán 176 surcos que corresponden a surcos de plantas masculinas y surcos de plantas femeninas, cada dos surcos se colocará la hilera de surcos machos, este diseño estuvo compuesto por una mezcla de semillas de toda la población, En el segundo bloque, se realizó igualmente 176 surcos entre surcos masculinos y femeninos. Cabe destacar que los surcos que se evaluó en la investigación son los surcos femeninos, cada bloque consta de 117 surcos femeninos.

3.4.5 Siembra

Para realizar la siembra se depositó 1 semillas por punto con una distancia de 0,25 m entre planta y surcos con una distancia de 0,80 cm (Figura 16).

Figura 16

Siembra de la investigación tesis canguil rojo



3.4.6 Fertilización

La fertilización que se realizó en el suelo fue de acuerdo a los requerimientos que tiene el cultivo de maíz (N: 94 kg/ha, P₂O₅ =40 kg/ha, K₂O= 20 kg/ha y S=25kg/ha). Para este ensayo se utilizó fertilizantes minerales como: 18-46-00, Urea y Sulpomag y fertilizantes naturales como el biol que ayuda a fortalecer las plantas para que tengan un buen desarrollo y resistencia a las plagas y enfermedades.

3.4.7 Riego

El riego se lo realizó por aspersión durante las primeras etapas fenológicas, luego se realizó el riego por gravedad hasta que culmine la etapa reproductiva de las plantas. La cantidad de agua que se proporcionó al cultivo será el necesario para su buen desarrollo, el riego se lo realizó cada quince días excepto en los meses que llovió (Figura 17).

Figura 17

Riego por aspersión primera etapa fenológica del cultivo



3.4.8 Labores culturales

En labores culturales se realizó el deshierbe y el aporque de los surcos con el uso de azadón, esto con el objetivo de evitar la competencia del cultivo de maíz con arvenses. Otra de las actividades que se realizó es el raleo de las plantas, para esto, se eliminó las plantas con tallos más delgados o plantas atípicas para evitar la contaminación genética (Figura 18).

Figura 18

Labores culturales limpieza y aporque al cultivo de canguil rojo



3.4.9 Controles fitosanitario

En control fitosanitario del cultivo se realizó el monitoreo correspondiente, tanto para plagas como para enfermedades que se presentan en el cultivo y según la severidad e incidencia de las mismas, se procedió aplicar un control químico, con el único fin de eliminar, detener o disminuir el daño de plagas y enfermedades en el cultivo (Tabla 3)

Tabla 3

Control fitosanitario realizado en el cultivo de maíz raza canguil

Ingrediente activo	Dosis	Plaga, enfermedad o maleza	Época de aplicación
Atrazina	100g de atrazina en una bomba de 20 litros	Arvenses de hoja ancha y angosta	Preemergencia
Clorpirifos	25 cm ³ en una bomba de 20 litros	Gusano cogollero	25-35 dds
Dimetoato	25 cm ³ en una bomba de 20 litros	Gusano de la mazorca	70 dds

3.4.10 Cosecha

Cuando el cultivo se encuentre en la etapa de madurez fisiológica una semana antes de la cosecha se dobló los tallos de maíz para ayudar que la mazorca se seque y protegerlas de enfermedades y del daño de plagas. Para colocar las mazorcas cosechas utilizamos fundas de costal o saquillo (Figura 19).

Figura 19

Cosecha de la investigación tesis canguil rojo



3.4.11 Desgrane

Luego de cosechar las mazorcas en los surcos pertenecientes a cada familia fueron desgranados y secados nuevamente al sol hasta que tengan un porcentaje de humedad de 14 %- 15%. Este material fue guardado en fundas, cada una con su respectiva etiqueta.

3.4.12 Selección de las mejores familias

Para seleccionar las mejores familias de manera general, se eligió el 20 % superior, tanto por su buen comportamiento agronómico (rendimiento) y sobre todo por su capacidad de reventado. Esta selección se lo hizo basado en los datos tomados del experimento que se realizó en campo (Objetivo 1) y del reventado (Objetivo)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se evaluaron 117 familias de maíz raza canguil rojo (*Zea mays* L. var. Everta), en donde se realizó la evaluación de 18 variables cuantitativas. Los resultados de esta evaluación se describen a continuación:

4.1 Variabilidad morfológica y agronómica de la población de maíz raza canguil a través de la selección de medios hermanos

Los resultados obtenidos en la investigación nos muestran que los descriptores cuantitativos presentaron valores mínimos de CV entre 3.82 % (que pertenece a la variable días a la floración femenina) y valores máximos de 35 % (que corresponde a la variable porcentaje de mazorcas rojas). Según Patel et al. (2001), menciona que los ensayos agrícolas para mostrar la presencia de variabilidad, el coeficiente de variación (CV) debe estar en rangos entre 6-8%. Por esta razón, las variables de la presente investigación que se encuentran dentro del rango son: Altura total de la planta con un CV de 6.51 % y la longitud del grano con un CV de 6.59% (Tabla 4).

Tabla 4
Variabilidad morfológica de datos cuantitativos encontrados en las 117 familias de maíz raza canguil rojo

Variables	n	Media	D.E.	CV	Min	Max
Días a la floración femenina	117	87.68	3.35	3.82	84.0	95.0
Altura total de la planta (m)	117	2.60	0.17	6.51	2.07	3.04
Altura de la inserción de la primera mazorca (m)	117	1.10	0.16	14.71	0.71	1.52
Número de mazorcas por planta	117	2.80	0.51	18.21	1.60	4.00
Largo de la mazorca (cm)	117	12.31	1.38	11.23	8.10	15.4
Diámetro de la mazorca (cm)	117	3.65	0.35	9.61	2.68	6.04
Número de hileras por mazorca	117	14.48	1.28	8.84	11.4	17.6
Largo del grano (cm)	117	1.06	0.07	6.59	0.89	1.23
Ancho del grano (cm)	117	0.49	0.05	10.69	0.39	0.63
Grosor del grano (cm)	117	0.37	0.03	8.92	0.27	0.45
Porcentaje de reventado (100s)	117	67.55	11.66	17.27	40.0	90.5
Porcentaje de mazorcas rojas (%)	117	75.07	12.70	35	33.3	100
Rendimiento del grano (t ha ⁻¹)	117	4.82	1.14	23.75	2.33	8.47

A continuación, se describen los resultados por variable obtenidos en el análisis poblacional.

4.2 Días a la floración femenina

La variable “días a la floración femenina” se registró cuando más del 50 % de las plantas presentaron sus estigmas. Al realizar el análisis estadístico, se encontró que las flores femeninas empezaron a presentarse desde el día 84 hasta el día 95 después de la siembra, con una media poblacional de 87.68 días (Tabla 4). Las familias que fueron más precoces al presentar la floración femenina a los 84 días fueron un total de 30. Por otra parte, las familias más tardías en presentar floración femenina fueron 2.

En investigaciones anteriores sobre el cultivo de maíz raza canguil rojo realizadas por Lima (2021), los estigmas aparecieron a partir de los 80 hasta los 94 días después de la siembra, mientras que en el estudio realizado por Velásquez (2022), los estigmas se mostraron a partir del día 85 hasta los 102 días después de la siembra. Los valores encontrados en la presente investigación están dentro del rango óptimo.

De acuerdo con Guamán (2020), los días óptimos de floración femenina son de 95 días después de la siembra. Esta variable de gran interés agronómico, ya que los tiempos de floración influyen en los tiempos de cosecha del cultivo.

4.3 Altura total de la planta (m)

La variable “altura total de la planta” se tomó en la etapa fenológica maduración, aproximadamente a los 150 días después de la siembra. En el análisis estadístico, se observó que algunas plantas que alcanzaron una altura de 3.04 m de alto y plantas más pequeñas con 2.07 m de altura, y una media poblacional de 2.60 m (Tabla 4). Una de las familias en estudio presentó una altura superior a las demás, con 3.04 m, mientras que 12 familias presentaron plantas más pequeñas, con alturas inferiores a 2.4m.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los que se presentaron en investigaciones anteriores realizadas por Lima (2021), que obtuvo plantas con alturas de 2.9 m y 3.07 m, y Velásquez (2022), el cual presentó plantas con alturas mínimas 2.26 m y máximas de 3.15 m con medias de 2.68 m.

En algunos casos, la altura de la planta no es considerada al momento de realizar mejoras genéticas en cultivo de maíz. Vásquez (2016) menciona que el exceso de altura de la planta no es muy aceptable para muchos fitomejoradores, ya que una planta que alcanza alturas muy altas puede ser muy susceptible a presentar acame del tallo o raíz. Pineda (2020) señala que plantas con alturas promedio entre 2 y 2.40 m presentan más tolerancia al acame, mientras que las que tienen alturas mayores a 2.5 m son más propensas a ser dobladas por lluvias o fuertes vientos, lo que resulta en pérdidas en la producción para los agricultores.

4.4 Altura de la inserción a la primera mazorca

La altura de la inserción a la primera mazorca se midió en cada una de las cinco plantas evaluadas por unidad experimental, desde la superficie del suelo hasta el nudo de la primera mazorca. En el análisis estadístico, se obtuvo una media poblacional de altura de 1.10 m, con plantas que presentaron alturas máximas de 1.52 m y alturas mínimas de 0.71 m (Tabla 4). Se encontraron 6 las familias con altura menor a 0.80 m, mientras que 14 familias presentaron alturas mayores a 1.30 m.

Según Guamán (2020), a medida que aumenta el tamaño de la planta, incrementa el número de hojas y, por ende, la altura de la inserción de la mazorca será más alta, lo que resulta en una mayor biomasa en el cultivo de maíz, pero menor rendimiento en cuanto al grano. Como nos menciona Carrasco (2009), la posición de la mazorca influye en el rendimiento del grano: mientras más abajo aparezca la mazorca, mayor será la calidad y rendimiento del cultivo.

4.5 Número de mazorcas por planta

En la variable “número de mazorcas por planta”, se seleccionaron al azar cinco plantas por unidad experimental y se contabilizó el número de mazorcas que tenía cada una de ellas. En los análisis estadísticos, se observaron mínimos de 1.60 y máximos de 4 mazorcas por planta, con una media poblacional de 2.80 mazorcas por planta. Se identificaron 6 familias con promedios menores a 2 mazorcas por planta, mientras que 12 familias presentaron promedios de más de 3.60 mazorcas por planta.

En la presente investigación, existieron plantas que pueden dar hasta más de 4 mazorcas, Según Duvick (2005), esto se debe a que las plantas tengan genotipos que optimicen al cien por ciento en producción y rendimiento en cuanto a las mazorcas y haya existido una

interacción con el manejo del cultivo. Pineda (2020) menciona que el número de mazorcas por planta no influye en el rendimiento del cultivo, ya que podrían ser mazorcas de menor tamaño en cuanto a longitud y diámetro, logrando así obtener menor peso en grano.

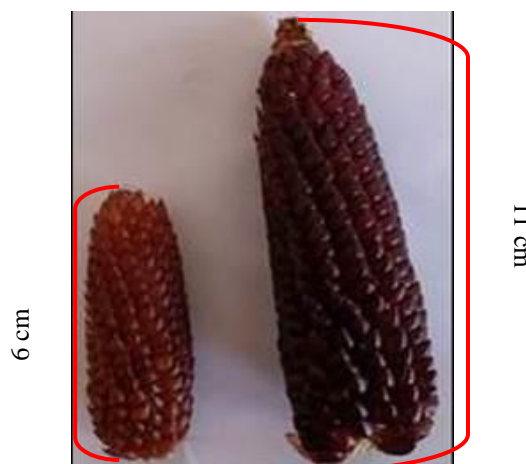
4.6 Largo de la mazorca

La variable “largo de la mazorca” se evaluó de cada unidad experimental, tomando 5 mazorcas al azar y midiendo con la ayuda de un calibrador de rey. Los resultados obtenidos en los análisis estadísticos nos muestran que la media poblacional es de 12.32 cm y que existen mazorcas con promedios de largos mínimos de 8.10 cm y máximos de 15.42 cm (Tabla 4). Se identificaron 72 familias con mazorcas que tenían promedios de largo mayores a 12 cm, lo que podría indicar un óptimo rendimiento del grano en la investigación (Figura 20). En investigaciones anteriores realizadas por Lima (2021) y Velásquez (2022), se obtuvo mazorcas con largos promedios de 13 cm y 12.49 cm, respectivamente, llegando a ser similares a las que se obtuvo en la presente investigación.

Aguilar (2019) señala que el largo de las mazorcas varía según la especie estudiada. Él evaluó el largo de la mazorca de una variedad raza canguil y obtuvo un valor promedio de 15.12 cm esto se puede deber a la semilla utilizada y las condiciones climáticas que presenta el lugar de estudio que se implementó la investigación. Por otro lado, Ayala (2007) indica que el largo de la mazorca es un atributo de baja heredabilidad que fácilmente podría ser afectado por las condiciones ambientales y ser un componente correlativo con el rendimiento, por lo que entradas más rendidoras proceden de mazorcas de mayor longitud.

Figura 20

Largo de mazorcas maíz raza canguil (longitud menor y mayor)

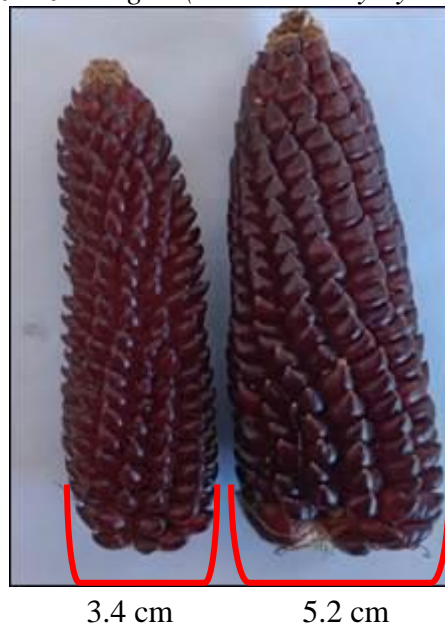


4.7 Diámetro de la mazorca

En los análisis estadísticos realizados a la variable “diámetro de la mazorca” se obtuvieron resultados con mínimos de 2.68 cm y máximos de 6.04 cm, con 16 familias que presentaron diámetros mayores a 4 cm. Sánchez et al. (2011) menciona que el diámetro de la mazorca está relacionado con la longitud, y esto se debe a factores fitogenéticos, así como a condiciones ambientales y al manejo agronómico que se le dé al cultivo (Figura 21).

Figura 21

Diámetro de la mazorca maíz raza canguil (diámetro mayor y menor)



4.8 Número de hileras por mazorca

En la variable “número de hileras por mazorcas” se obtuvo una media de 14.48 hileras por mazorca, identificándose un promedio mínimo por familia de 11.40 hileras y un máximo de 17.60. Se encontraron 36 las familias que presentan más de 14 hileras por mazorca.

El número de hileras por mazorca está relacionado directamente con el diámetro de la mazorca. A mayor medida del diámetro de la mazorca, existe mayor número de hileras en la misma, como lo confirma Lima (2021) en su investigación, donde se presenta mazorcas con 14 hileras y diámetros mayores, a diferencia de las mazorcas que presentan 11 hileras por mazorca, las cuales tienen diámetros más pequeños.

Según Vásquez et al. (2016), la diferencia en el número de hileras por mazorca puede ser por patrones genéticos y a respuestas fisiológicas contrarias o a una combinación genética fisiológica.

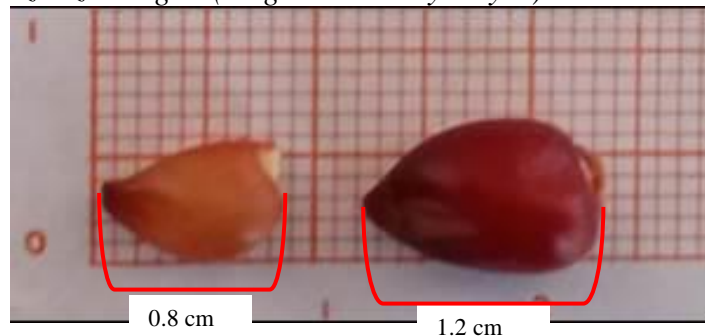
4.9 Largo del grano (cm)

La variable “largo del grano” se obtuvo tomando 15 granos al azar por familia y se procedió a medir con la ayuda del calibre pie de rey. De acuerdo con los resultados del análisis estadístico se obtuvo una media poblacional de 1.06 cm de largo, llegando a observar que existen familias con promedios de largo mínimos de 0.89 cm y máximas de 1.23 cm (Tabla 4). Se observó que, de las 117 familias en estudio, 87 presentan promedios de largo mayores a 1 cm (Figura 22).

En investigaciones realizadas anteriormente por Castañeda (2020), se observaron medidas similares a las de la presente investigación, con largos mínimos de 0.91 cm y máximos de 1.26 cm. Caso contrario sucede con la investigación realizada por Lima (2021), en la cual se observaron granos con largos mínimos de 1.12 cm y máximos de 1.40 cm, mucho más grandes que las anteriores investigaciones descritas

Figura 22

Largo del grano maíz raza canguil (longitud menor y mayor)



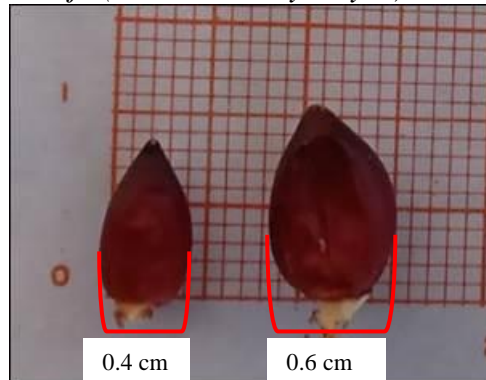
4.10 Ancho del grano (cm)

Los análisis estadísticos de la variable ancho del grano presentan una media poblacional de 0.49 cm, con medidas promedio por familia con mínimas 0.39 cm y máximas de 0.63 cm. A diferencia de las obtenidas en la investigación realizada por Lima (2021), que obtuvo medidas mínimas de 0.62 cm y máximas de 0.84 cm, estos valores superan a las presentadas en el presente ensayo (Figura 23).

Por otro lado, cabe mencionar que Márquez (2011) mencionan que el tamaño del grano es hereditario y se ve influenciado por factores ambientales. Además, Pardey et al., (2016) consideran que las variables asociadas al grano marcan la variabilidad morfológica en materiales de maíz, recalcando que es el órgano que se comercializa o utiliza para la alimentación y procesos agroindustriales.

Figura 23

Ancho del grano maíz canguil rojo (ancho menor y mayor)



4.11 Grosor del grano (cm)

El grosor del grano presento una media poblacional de 0.37 cm y valores mínimos de 0.27 cm y máximos de 0.45 cm (Tabla 4). A diferencia de los obtenidos en la investigación realizada por Velásquez (2022), que presentó valores mínimos de 0.40 cm y máximos de 0.60 cm, superando en tamaño a los obtenidos en la presente investigación. En el caso de Castañeda (2020), la medida del grosor del grano fue de 0.3 cm como mínimo y 0.33 cm como máximo, siendo valores más similares a los de la presente investigación.

Según Yépez (2016), el tamaño del grano depende de la variedad y las condiciones ambientales donde se establezca el cultivo, ya que, en estudios realizados en el Cusco en algunas razas de maíz como Paraguay, Amarillo, Morocho, Morado Culli, entre otras, se observó granos con grosor de 0.50 cm hasta granos con valores de 0.88 cm de grosor.

4.12 Porcentaje de reventado (100s)

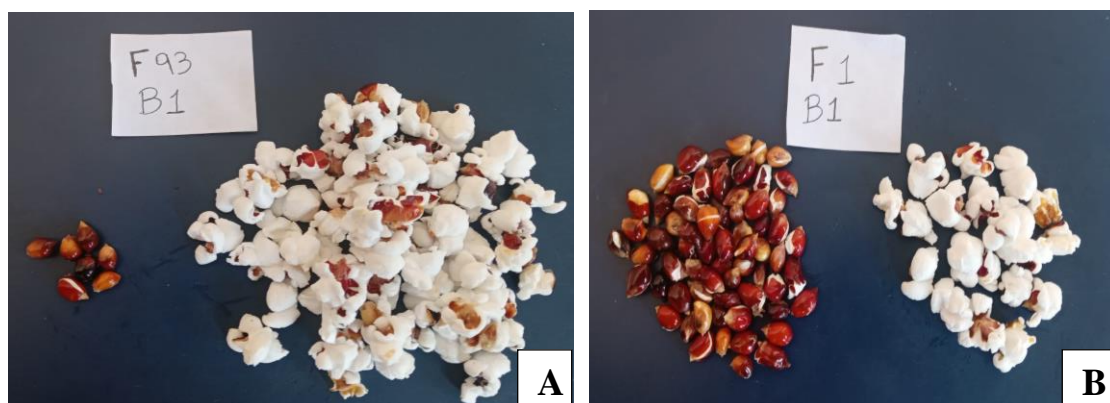
En los análisis estadísticos de la variable “porcentaje de reventado” se logra obtener mínimos de 40 % y máximos de 90.50 % de reventado por familia evaluada. De las 117 familias evaluadas en la investigación, se observan que 86 familias poseen un porcentaje de reventado

mayor a 60 %. Estas familias podrían ser utilizadas como material promisorio para futuras investigaciones en cultivo de maíz raza canguil rojo (Figura 24).

En los resultados de la investigación realizada por Velásquez (2022), se logra observar que obtuvo 18 familias que obtuvieron porcentajes de reventado mayores a 60%, con mínimos de 10 % y máximos 98 % de reventado del grano. De igual manera, Lima (2021) demostró que en estudios realizados obtuvo porcentajes de reventado con un mínimo de 12.67 % (accesión M24) y máximos de 66% (accesión M41), siendo valores menores a los obtenidos en la investigación realizada por Castañeda (2020), que alcanzó porcentajes de reventados entre el 70% y 80%. Según Santacruz (2018), el porcentaje de reventado depende mucho de la humedad del grano y del tiempo en el que se expone la semilla al fuego.

En la ciudad de México, se realizó estudios de reventado al maíz palomero de genotipo comercial, donde se obtuvo un porcentaje de reventado del 60%. Se asegura que la capacidad de reventado del maíz está condicionado a varios factores, como tamaño, volumen y humedad del grano, así como la cantidad de daño del pericarpio. Además, son importantes los parámetros que influyen el sabor, la textura, el color y la forma, para obtener canguil de buena calidad. Se menciona que entre mayor volumen tenga el grano, proporcionará mejor textura una vez reventado (Santacruz, 2018).

Figura 24
Porcentaje de reventado



Nota: familia 93 porcentaje de reventado de 93% (A); familia 1 porcentaje de reventado de 48 % (B)

4.13 Rendimiento del grano t ha⁻¹

En los análisis estadísticos de la variable “rendimiento del grano”, se observa que existieron familias con rendimientos mínimos de 2.33 t ha⁻¹ y máximos de 8.47 t ha⁻¹. Un total de 13 familias que presentaron un rendimiento mayor a 6 t ha⁻¹. En la investigación realizada por Lima (2021), se obtuvieron rendimientos mínimos de 2.35 t ha⁻¹ correspondiente a la accesión M25, mientras que la accesión que obtuvo el mayor rendimiento fue M7 con un valor de 5.17 t ha⁻¹.

Andrade et al. (1996), citado por Farinango (2015), menciona que el rendimiento del maíz está determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie. Igualmente, Farinango (2015) sugiere que el rendimiento del cultivo es atribuido principalmente a la densidad de siembra. En el estudio, se sembró en distancias de siembra de 1 x 1 m. donde se obtuvo 30000 plantas a diferencias de otro ensayo donde se sembró a una distancia de siembra de 0.25 x 0.80 m obteniéndose 40000 plantas para este ensayo.

4.14 Porcentaje de mazorcas rojas

La variable “porcentaje de mazorcas rojas” presentan mínimos de 33.33% y máximos de 100 % de mazorcas rojas en las familias en estudio. Un total de 5 familias las que presentan porcentajes menores al 50% de mazorcas de color rojo, mientras que 97 familias presentaron porcentajes mayores al 60% de mazorcas de color rojo. De las 117 familias, 97 pueden ser consideradas para futuras investigaciones de canguil rojo.

Al realizar una comparación con investigaciones realizadas por Lima (2021), se observa que el color que más predominó en sus estudios fue el rojo. De manera similar, en estudios realizados por Velásquez (2022), se indica que, de las 132 familias evaluadas, 38 presentaron un porcentaje de mazorcas rojas del 80%. Con esto podemos concluir que la mejora genética de maíz que se ha venido realizando cumple con la característica deseada que es el color rojo en la semilla.

Por otro lado, Flores et al. (2015) afirma que existe una variación de colores entre los diferentes tipos de maíz, la cual han sido creadas por los agricultores a lo largo de los años, creando así patrones varietales que responde a las condiciones ambientales en las cuales los cultivos están presentes.

4.15 Incidencia de plagas y enfermedades en la población de maíz raza canguil

Al realizar la prueba de LS de Fisher al 5% se determinó la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz raza canguil, la misma que se detalla a continuación:

4.15.1 Incidencia de plagas

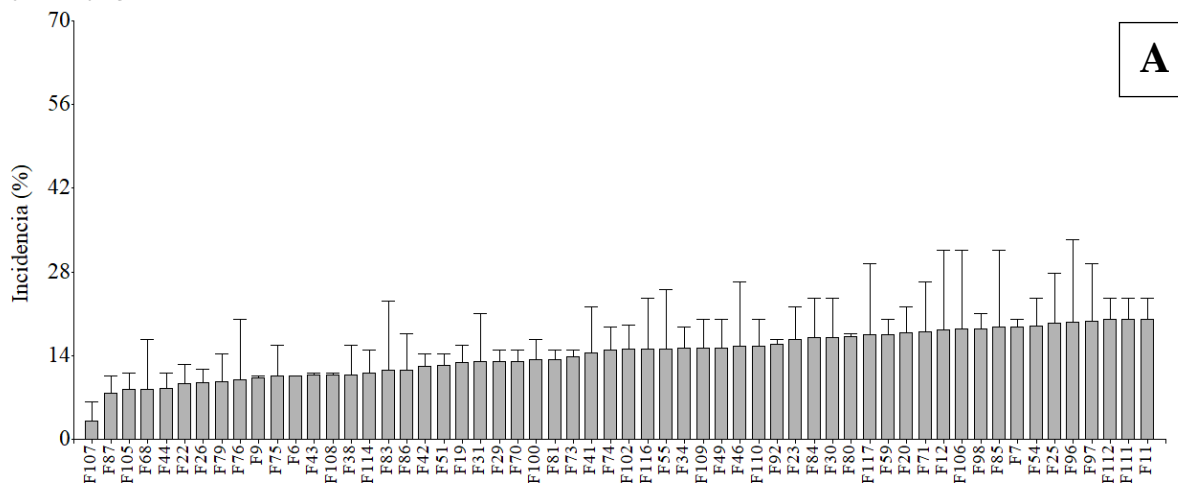
a) Daños causados por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith)

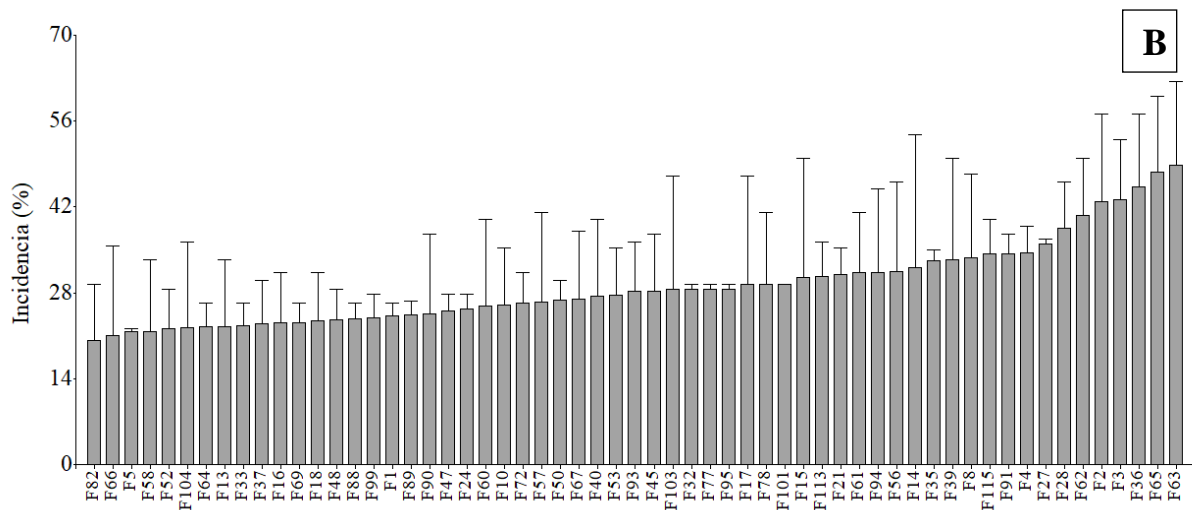
Al realizar los análisis estadísticos de las 117 familias en estudios, se observó que existen diferencias significativas ($p= 0.0471$). En la figura 25, se puede observar que existe un mínimo de incidencia del 3.12 % y máximo de 48.75%, siendo las familias 62, 2, 3, 36, 65 y 63 las que presentaron mayor incidencia de gusano cogollero en el cultivo de maíz raza canguil (Figura 26).

Corroborando con la investigación realizada por Castañeda (2020), que evaluó la incidencia de gusano cogollero en cultivo de maíz raza canguil, donde se halló que la etapa V10 presenta porcentajes de incidencia de 4.73 y 5.52. Igualmente, en estudios realizados por Romero (2018), menciona que el nivel de daño en las primeras semanas del cultivo no presenta ningún ataque de (*S. frugiperda* Smith), mientras que en las etapas V12 y V14 de evaluación se registró el mayor porcentaje de incidencia.

Figura 25

Incidencia de gusano cogollero en familias de maíz raza canguil, campaña agrícola 2022-2023





Nota: grupo de familias con menor incidencia de gusano cogollero (A); grupo de familias con mayor incidencia de gusano cogollero (B)

Figura 26
Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith)

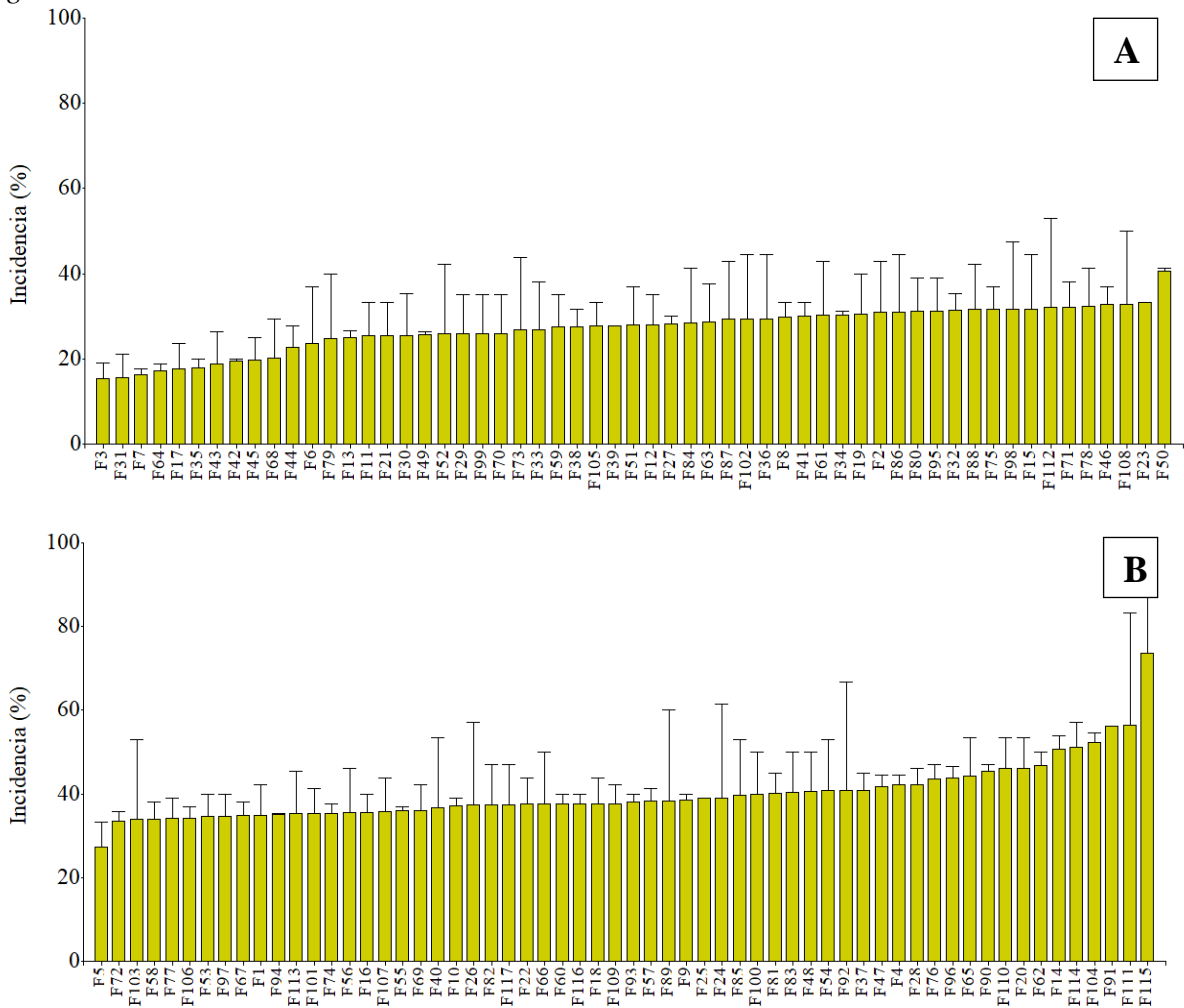


b) Daños causados por gusano de la mazorca (*Helicoverpa zea*)

Al realizar el análisis estadístico de la incidencia de gusano de la mazorca en las 117 familias de cultivo de maíz raza canguil rojo podemos observar que existen diferencias significativas ($p= 0.0496$). Los porcentajes de incidencia varían entre un mínimo de 15.41 % y un máximo de 73.57% (Figura 27). Las familias 68, 45, 42, 43, 35, 17, 64, 7, 31 y 3 presentaron una incidencia de gusano cogollero menor al 20 %, a diferencia de las familias 14, 114, 104, 91, 111 y 115 que presentaron una incidencia mayor al 50 %, sabiendo que esta plaga puede llegar a ser una de las causantes del bajo rendimiento del cultivo.

Figura 27

Incidencia de gusano de la mazorca en familias de maíz raza canguil, campaña agrícola 2022-2023



Nota: grupo de familias con menor incidencia de gusano de la mazorca (A); grupo de familias con mayor incidencia de gusano de la mazorca (B)

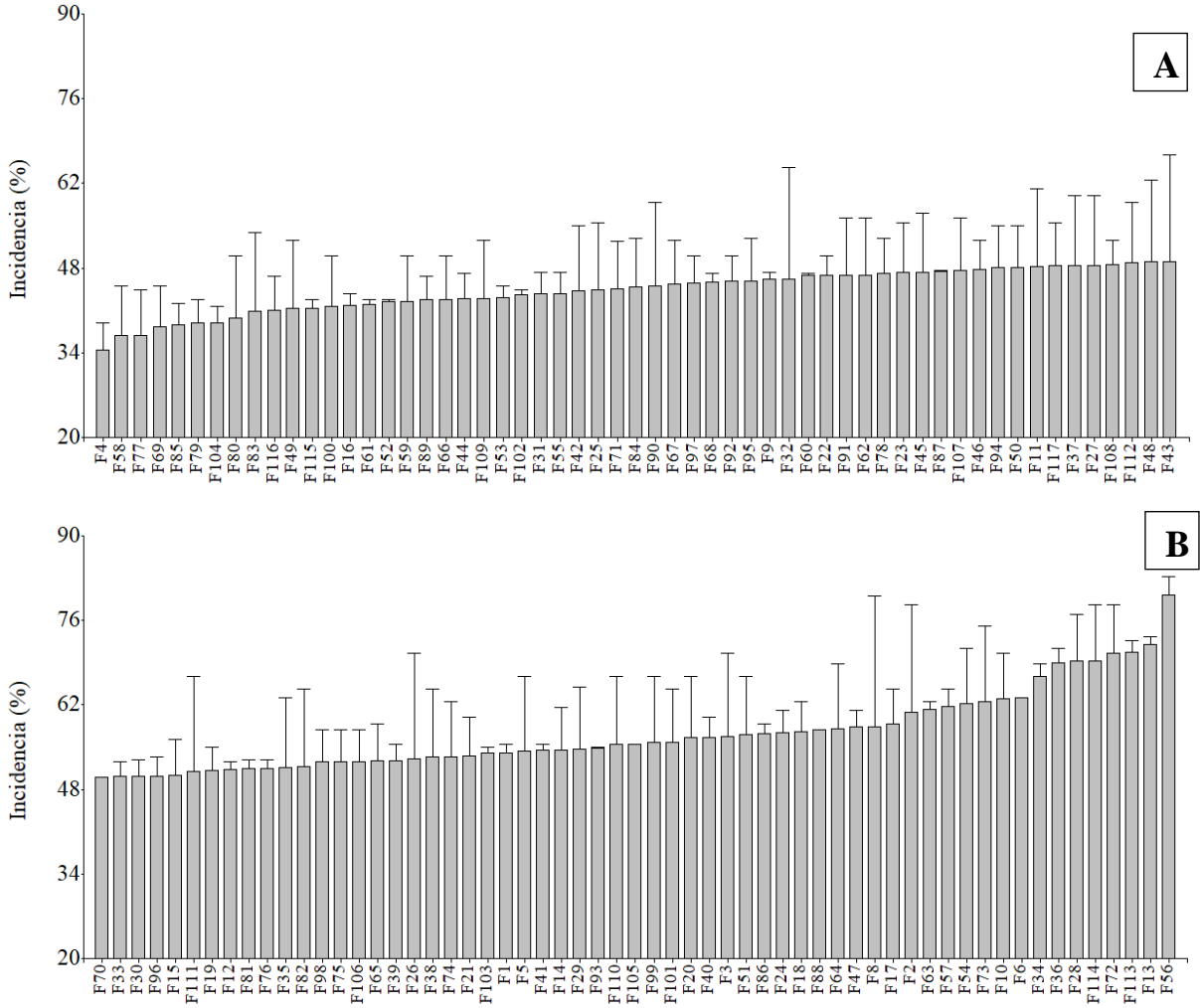
4.15.2 Incidencia de enfermedades

a) Daños por Mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl)

La incidencia de la mancha de asfalto en el estudio realizado de las 117 familias de cultivo de maíz raza canguil nos muestra que existe diferencias significativas la cual muestra un valor de $p= 0.0493$, presentando mínimos y máximos de incidencia de 34.44% y 80.13% respectivamente (Figura 28). Sesenta familias presentaron un porcentaje de incidencia mayor al 50% en las plantas, siendo la familia 56 la que presentó el mayor porcentaje de daños con 80.13%.

Según estudios realizados por Castañeda (2020), la etapa donde se presenta mayor incidencia y daños por la mancha de asfalto es en la etapa madurez fisiológica. En la investigación realizada en el año 2020 se evaluó la incidencia de mancha de asfalto en el cultivo de maíz, obteniendo resultados de porcentajes de incidencia de 22%, 30%, 48%, 58% y 67%, siendo estos porcentajes similares a los obtenidos en el presente estudio.

Figura 28
Incidencia de mancha de asfalto en familias de maíz raza canguil, campaña agrícola 2022-2023



Nota: grupo de familias con menor incidencia de mancha de asfalto (A); grupo de familias con mayor incidencia de mancha de asfalto (B)

Figura 29

Mancha de asfalto (Phyllachora maydis Maubl)



4.16 Análisis de componentes principales (ACP)

En la presente investigación, los resultados de los componentes principales son interpretados tomando como base sus valores y vectores propios, además de la varianza total explicada por cada uno de los componentes. Los resultados en el ACP muestran que el 39 % de la variabilidad acumulada es expresada en dos componentes: el primero representa el 22 % y el segundo el 17% de la variación total (Tabla 5).

Tabla 5

Valores y porcentajes de la variación de cada componente principal de la matriz de las 117 familias de maíz raza canguil rojo con 11 variables

Componentes	Valor propio	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	2.42	22	22
2	1.87	17	39
3	1.41	13	52

Los dos primeros componentes representan el 39% de la variación fenotípica observada en los datos de las familias en estudio, permitiendo observar la distribución de las variables de mayor peso en los 2 ejes de los componentes principales. En la tabla 6 se presentan los valores de los componentes principales para caracteres morfológicos. De acuerdo con los vectores propios, en el primer componente las variables originales con mayor peso fueron: rendimiento del grano (0.47), longitud de la mazorca (0.39), diámetro de la mazorca (0.34) y altura de la planta (0.32). En el segundo componente estuvo fuertemente influido por las variables: Grosor del grano (0.56), ancho del grano (0.53) y Porcentaje de reventado (0.30).

En el estudio realizado sobre la caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Ángeles, entre otros (Ángeles, et al., 2010), mencionan que los análisis de

componentes principales (ACP) realizados a 19 variables dio como resultado, que 12 de las variables cualitativas fueron las más representativas mostrando una variación fenotípica entre los cuatro primeros componentes en 57.8%. En contraste, en la presente investigación, la variación fenotípica en los dos primeros componentes fue de 39%.

Tabla 6

Valores de dos componentes principales para las 11 variables de 117 familias de maíz raza canguil

Variable	Componente	
	1	2
Altura total de la planta (m)	0.32	-0.08
Altura de la inserción a la primera mazorca (m)	0.28	-0.15
Largo de la mazorca (cm)	0.39	-0.14
Diámetro de la mazorca (cm)	0.34	-0.13
Largo del grano (cm)	0.28	0.28
Ancho del grano (cm)	0.31	0.53
Grosor del grano (cm)	0.26	0.56
Porcentaje de reventado (100s)	-0.12	0.30
Porcentaje mazorcas rojas	-0.25	0.10
Rendimiento t ha ⁻¹	0.47	-0.26
Número de hileras por mazorca	0.12	-0.30

En la figura 30 se logra observar 3 agrupaciones de variables que están relacionadas entre sí, una de las agrupaciones tiene relación con el grano: grosor del grano (G_GR), ancho del grano (A_GR) y largo del grano (L_GR), la siguiente agrupación tiene relación con la planta: altura total de la planta (AL_TPL), altura de la inserción a la primera mazorca (AL_1MZ), número de hileras por mazorca (N_HLMZ), diámetro de la mazorca (DM_MZ), largo de la mazorca (L_MZ) y rendimiento del grano (R_ t ha⁻¹) y finalmente la última agrupación que se relaciona con las variables porcentaje de reventado (%_RV) y porcentaje de mazorcas rojas (%_MZ RJ).

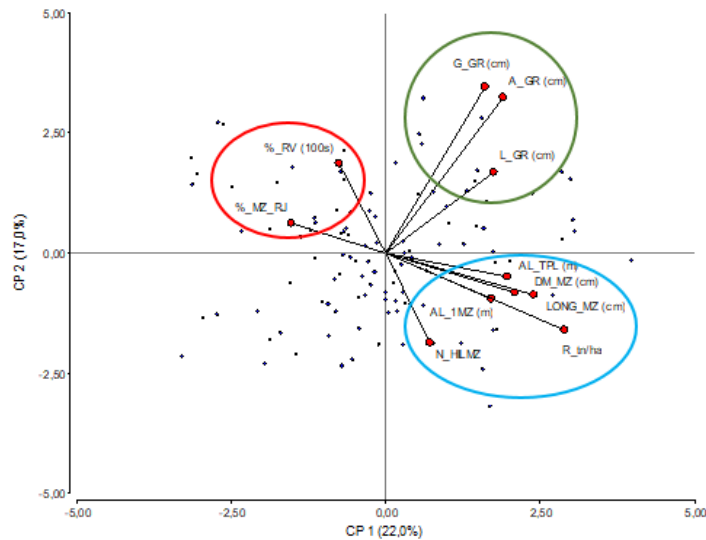
4.17 Análisis de conglomerados en una población de medios hermanos en cultivo de maíz canguil rojo

Basado en el análisis de conglomerado utilizando la distancia de Euclídea y el método de agrupamiento de Ward, se ha identificado la conformación de tres grupos con las 117 familias en estudios, con una correlación cofenética de 0.389, valor considerado bajo para estudios de

agrupamiento. Cada uno de los tres grupos identificados está conformado: grupo 1: 43 familias, grupo 2: 34 familias y grupo 3: 40 familias (Figura 31).

Figura 30

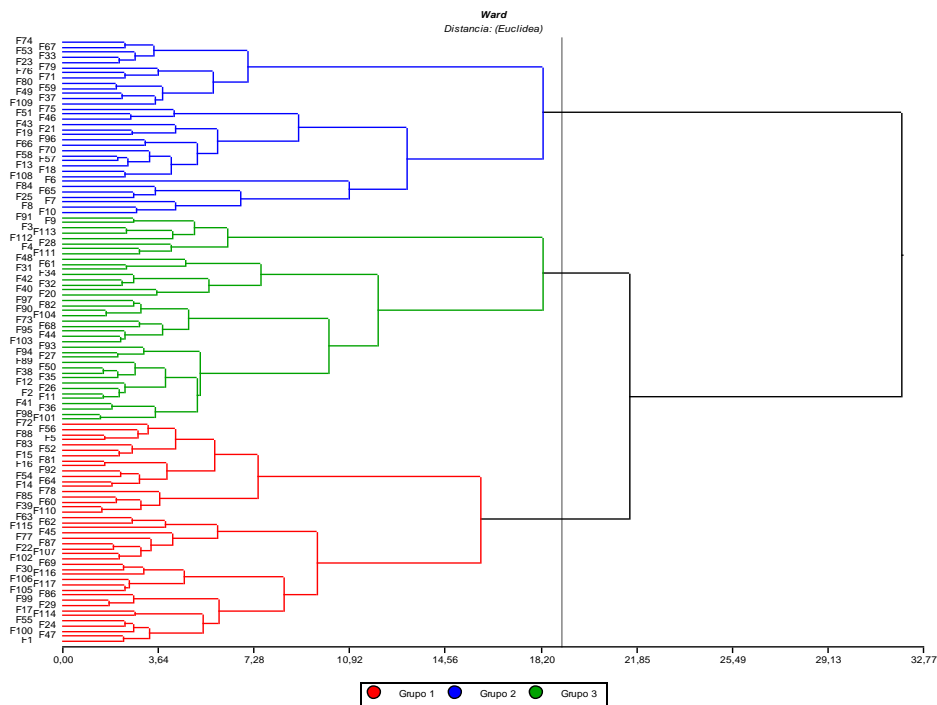
Análisis componentes principales de variables cuantitativas evaluadas en maíz raza canguil rojo



Nota: G_GR= Grosor del grano; A_GR= Ancho del grano; L_GR= Largo del grano; AL_TPL=Altura total de la planta; DM_MZ=Diámetro de la mazorca; LG_MZ= Largo de la mazorca; AL_1MZ= Altura de la inserción a la primera mazorca; N_HLMZ= Número de hileras por mazorca; R_G(t ha⁻¹)= Rendimiento del grano (t ha⁻¹); %_RV= Porcentaje de reventado (%); %_MZ_RJ= Porcentaje de mazorcas rojas (%)

Figura 31

Dendograma obtenido por el análisis de conglomerados para las 11 variables en las 117 familias de maíz raza canguil rojo



4.18 Análisis del valor discriminante en grupos encontrados en la población de maíz raza canguil

Al realizar el análisis de la prueba LS de Fisher al 5% se determinó que, de las 11 variables cuantitativas evaluadas en la presente investigación, nueve son estadísticamente significativas para la diferenciación de poblaciones evaluadas. Las variables que no presentan diferencias significativas ($P > 0.05$) fueron: porcentaje de mazorcas rojas con valores superiores al 60%, largo de la mazorca con aproximadamente 12 cm y porcentaje de reventado con porcentajes de alrededor del 60% (Tabla 7).

Tabla 7

Valores promedios para caracteres cuantitativos de maíz raza canguil rojo

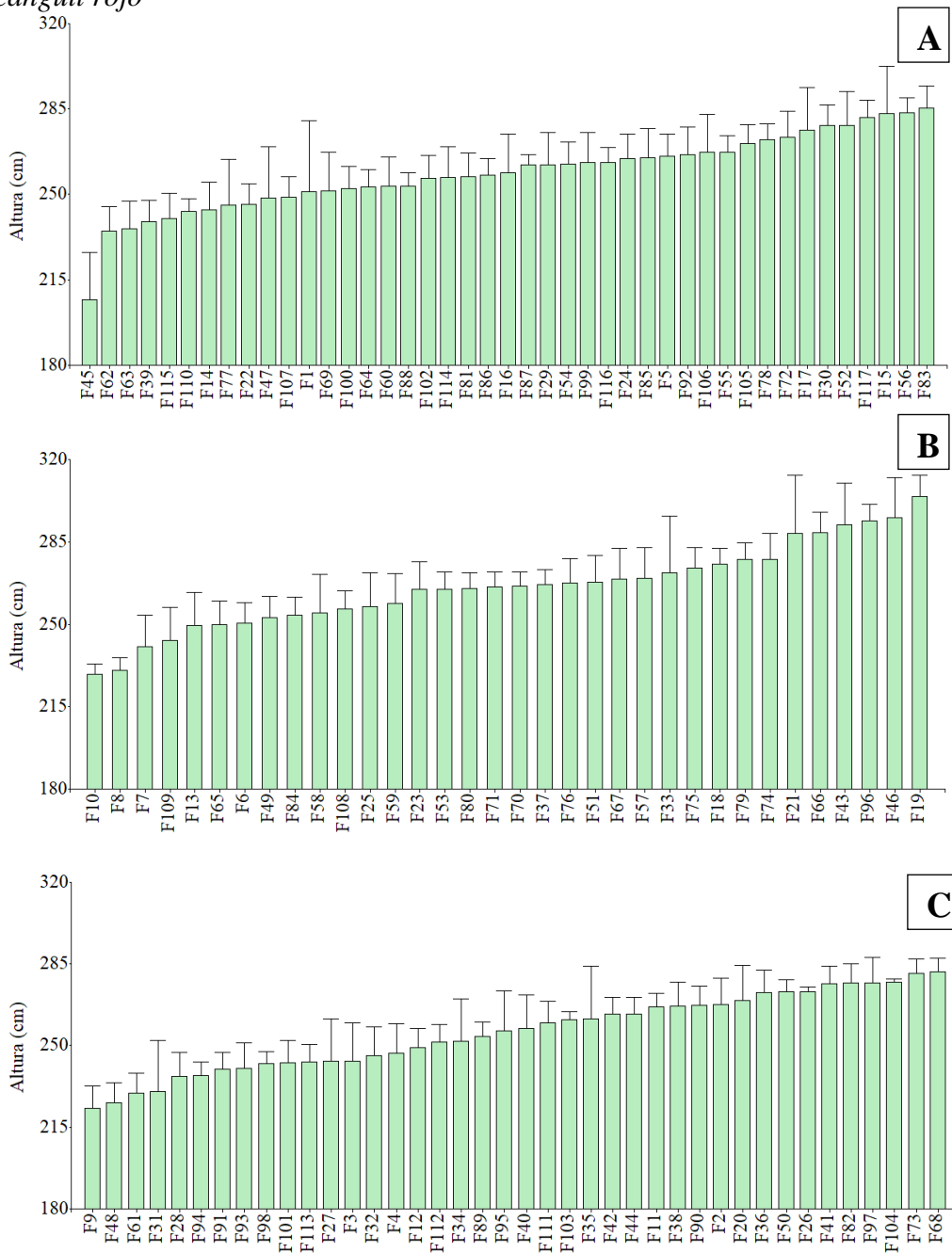
Variable	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	P valor
Altura de la planta (m)	2.59 ± 0.03 A	2.66 ± 0.03 AB	2.56 ± 0.03 B	0.0336
Altura inserción primera mazorca	1.05 ± 0.02 A	1.13 ± 0.03 B	1.13 ± 0.02 B	0.0271
Diámetro de la mazorca (cm)	3.61 ± 0.05 A	3.80 ± 0.06 B	3.57 ± 0.05 A	0.0121
Número de hileras por mazorca	15.03 ± 0.18 B	14.67 ± 0.20 B	13.73 ± 0.18 A	<0.0001
Largo del grano (cm)	1.01 ± 0.01 A	1.11 ± 0.01 C	1.06 ± 0.01 B	<0.0001
Ancho del grano (cm)	0.46 ± 0.01 A	0.54 ± 0.01 C	0.49 ± 0.01 B	<0.0001
Grosor del grano (cm)	0.35 ± 4.2E-03 A	0.39 ± 4.7E-03 C	0.36 ± 4.3E-03 B	<0.0001
Rendimiento del grano (t ha ⁻¹)	4.72 ± 0.16 A	5.53 ± 0.18 B	4.32 ± 0.17 A	<0.0001
Porcentaje mazorcas rojas	71.41 ± 2.28 A	77.09 ± 2.56 A	77.29 ± 2.36 A	<0.1346
Largo de la mazorca (cm)	12.25 ± 0.21 A	12.58 ± 0.24 A	12.14 ± 0.22 A	0.3704
Porcentaje de reventado (100s)	66.71 ± 1.79 A	68.25 ± 2.01 A	67.86 ± 1.86 A	0.8316

4.18.1 Análisis de variables de interés agronómico evaluadas en tres grupos morfológicos identificadas en 117 familias de maíz tipo canguil rojo que se encuentran dentro del objetivo 1

- a) **Altura de la planta:** A través del análisis de conglomerados la variable “altura total de la planta” se divide en tres grupos: en el Grupo 2 (Figura 32B) se agruparon las plantas más grandes de la población con una media de grupo de 2.66 m, una altura mínima de 2.29 y una máxima de 3.04 m. Por otro lado, el Grupo 1 (Figura 32A) se logra apreciar plantas con alturas mínimas de 2.07 y máximas de 2.85 con una media poblacional entre grupo de 2.59 m. siendo plantas de tamaño intermedio. Finalmente, el Grupo 3 (Figura 32C) está conformado por las plantas más pequeñas de la población, con alturas mínimas de 2.23 m y máximas de 2.82 m con una media poblacional de grupo de 2.56 m

Figura 32

Altura de la planta según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo



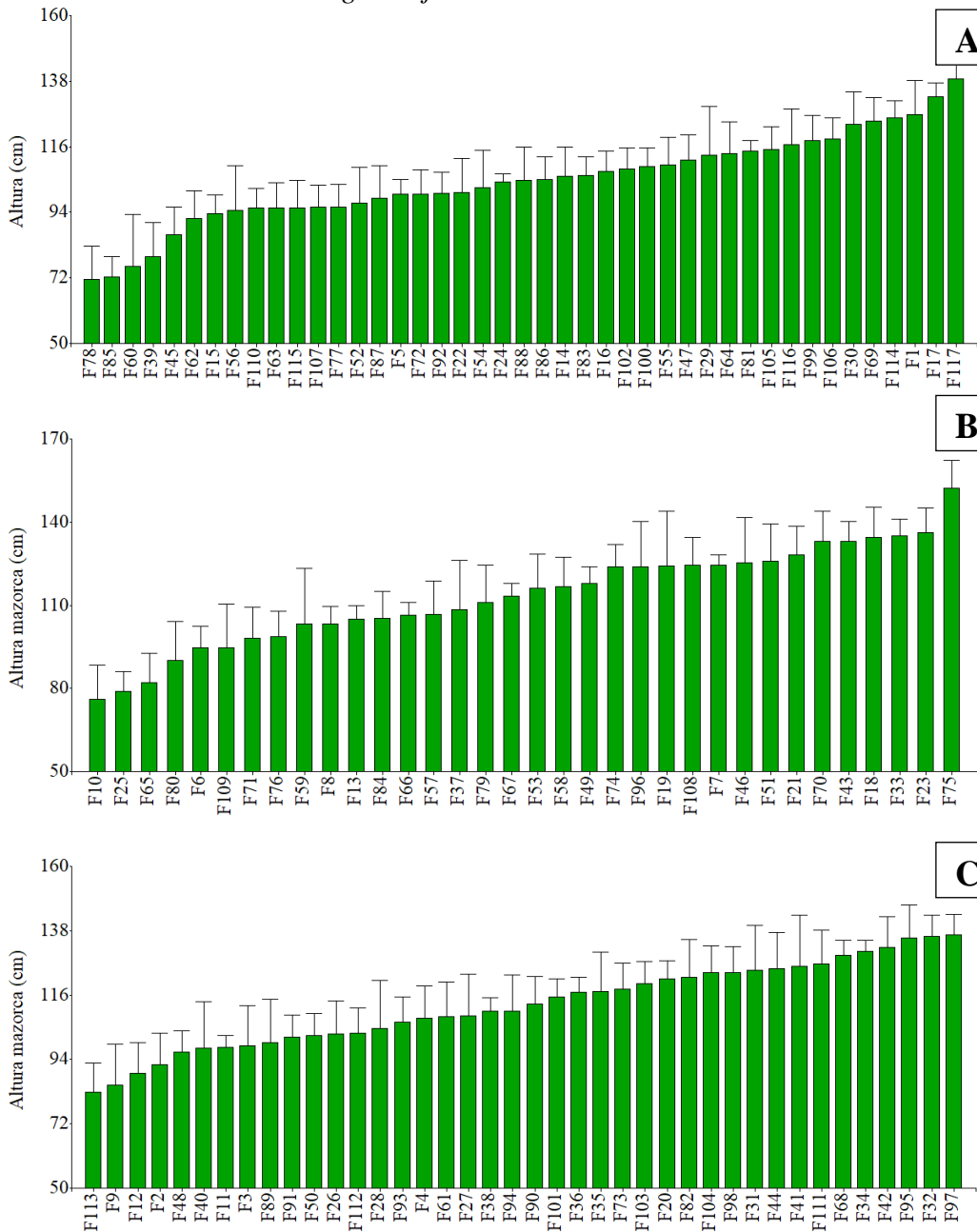
Nota: altura total de la planta que pertenecen al grupo 1 (A); altura total de la planta grupo 2 (B); altura total de la planta grupo 3 (C)

b) Altura de la inserción de la primera mazorca: el grupo 1 (Figura 33A) está conformado por las plantas con menor altura de la inserción a la primera mazorca con alturas mínimas de 0.71 m y máximos de 1.39 m y una media poblacional del grupo de 1.05 m de altura. El grupo 2 y 3 presentan medias poblacionales de grupos iguales de

1.13 m de altura, donde el grupo 2 (Figura 33B) presenta plantas con alturas mínimas de 0.76 m y alturas máximas de 1.52 m, el grupo 3 (Figura 33C) presenta plantas con alturas mínimas de 0.83 m y máximas de 1.37 m.

Figura 33

Altura de la inserción a la primera mazorca según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo

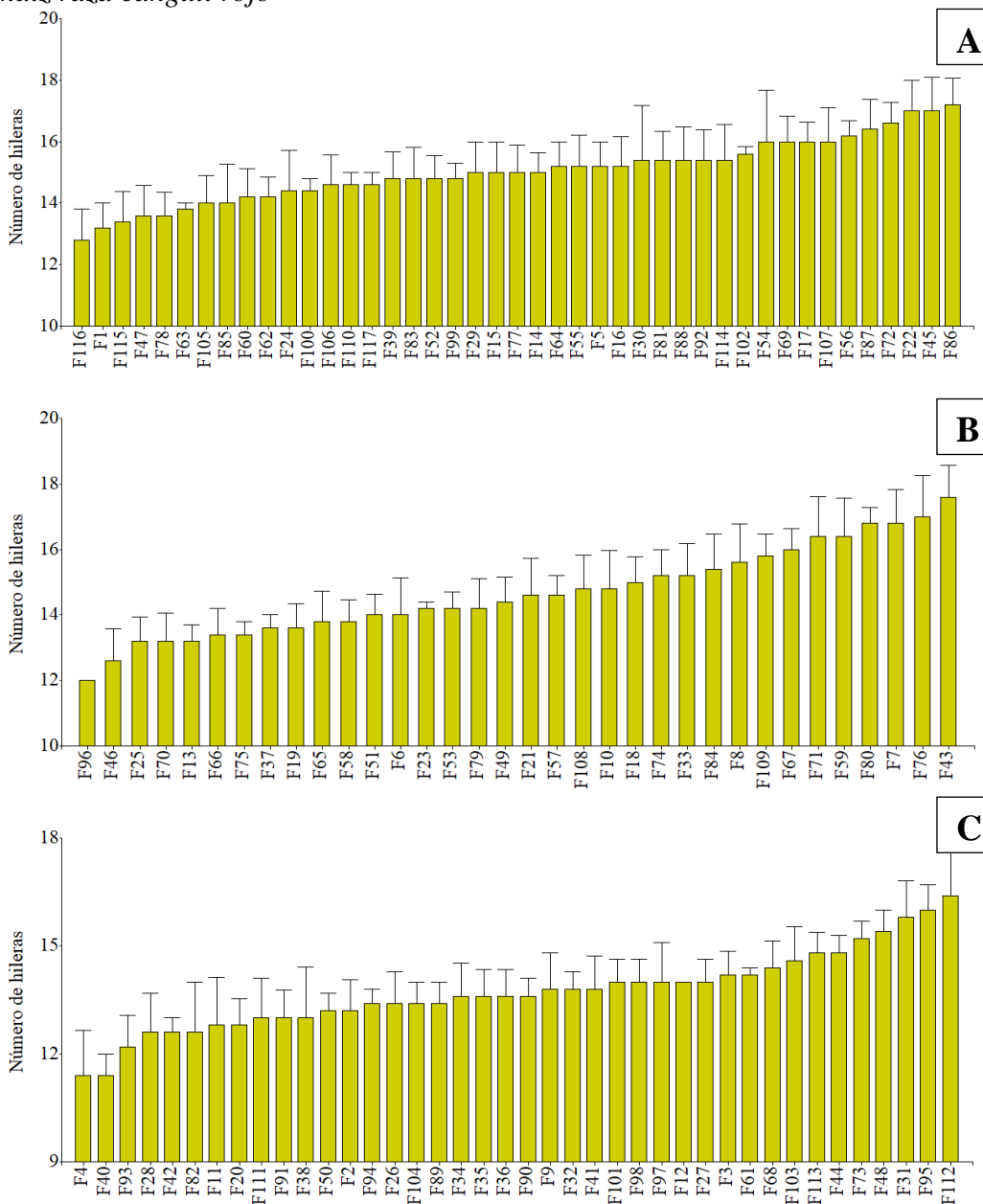


Nota: altura de la inserción a la primera mazorca grupo 1 (A); altura de la inserción a la primera mazorca grupo 2 (B); altura de la inserción a la primera mazorca grupo 3 (C)

c) **Número de hileras por mazorca:** el grupo 1 (Figura 34A) es el que presenta mayor número de hileras por mazorca con una media de grupo 15.03 hileras por mazorca con mínimos de 12.8 y máximos de 17.2 hileras por mazorca, seguido del grupo 2 (Figura 34B) que presenta medias de grupo de 14.67 hileras, con mínimos de 12 y máximos de 17.6 hileras, finalmente el grupo 3 (Figura 34C) que está conformado por las mazorcas con menor número de hileras con mínimos de 11.4 y máximos de 16.4 hileras por mazorca, con una media poblacional de grupo de 13.73 hileras.

Figura 34

Número de hileras por mazorca según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo

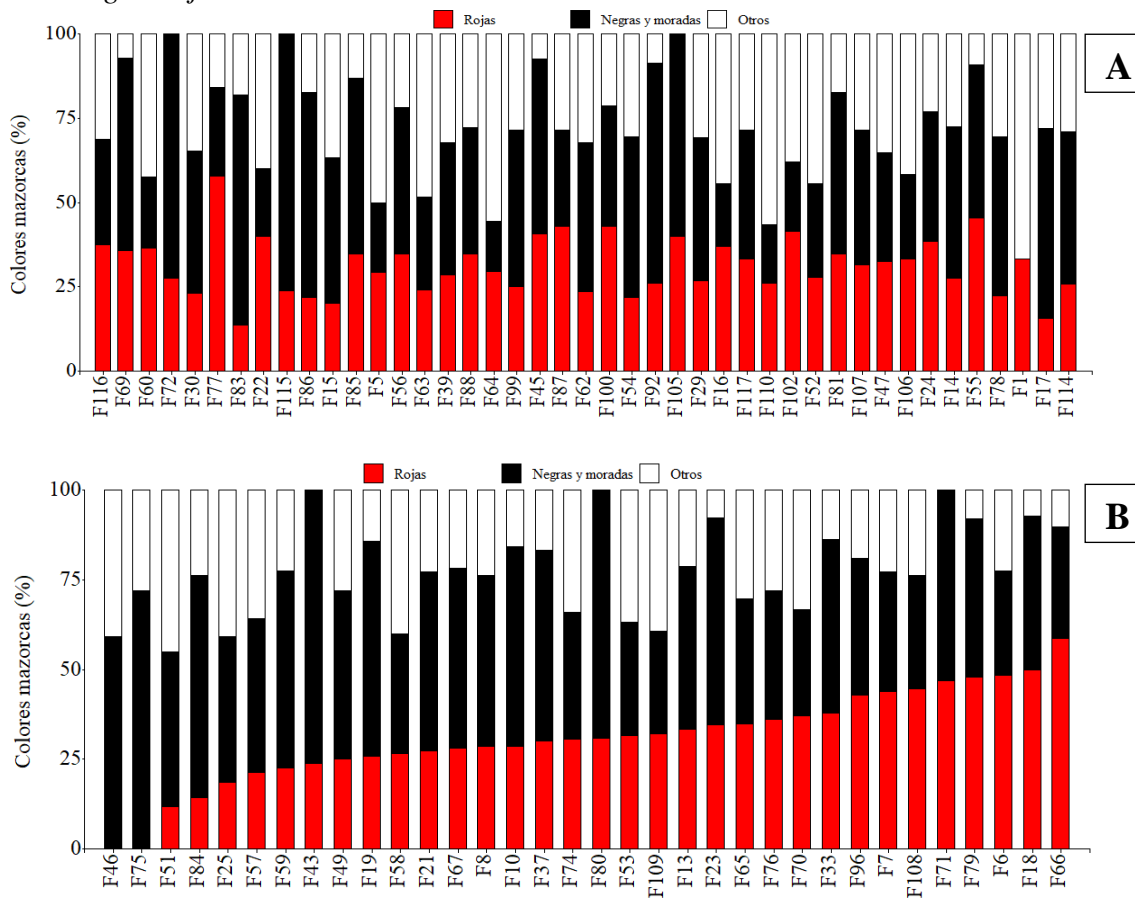


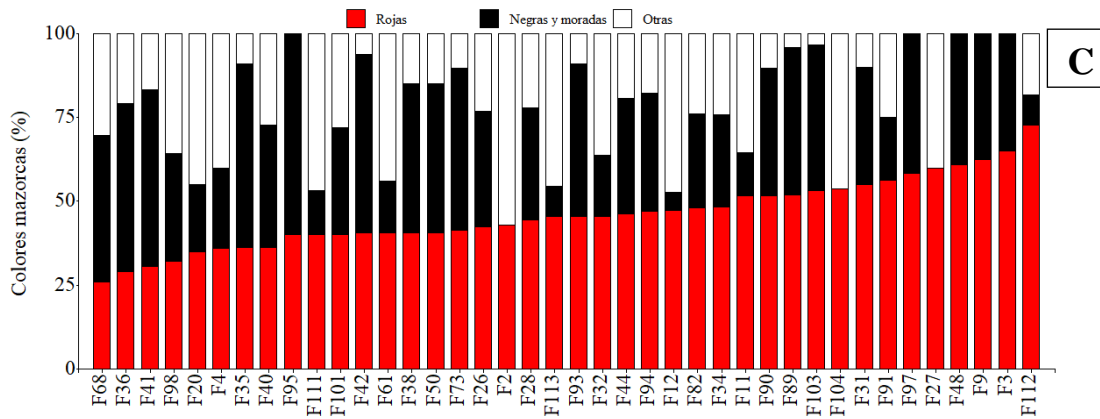
Nota: número de hileras por mazorca grupo 1 (A); número de hileras por mazorca grupo 2 (B); número de hileras por mazorca grupo 3 (C)

d) Porcentaje de color rojo en mazorcas de maíz tipo canguil: Una de las principales características para elegir el material promisorio para futuras investigaciones fue el porcentaje de mazorcas rojas. El grupo 1 que presenta 12 familias que poseen más del 80% de mazorcas rojas, de igual forma se puede observar que 4 familias presentan porcentajes menores al 50% y un total de 27 familias que poseen porcentajes de color rojo entre 52% y 78% (Figura 35A). El grupo 2 que posee 12 familias con porcentajes mayores al 80% de mazorcas rojas y un total de 22 familias con porcentajes entre 50% y 79% de mazorcas rojas (Figura 35B). Finalmente, el Grupo 3 (Figura 35C) se a observar que este grupo posee 19 familias con porcentajes mayores al 80%, de igual manera se puede apreciar que solo existe 1 familia con porcentajes de color rojo menor al 50% y un total de 20 familias presentan porcentajes de color rojo entre 52 % y 79%.

Figura 35

Porcentaje mazorcas rojas según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo



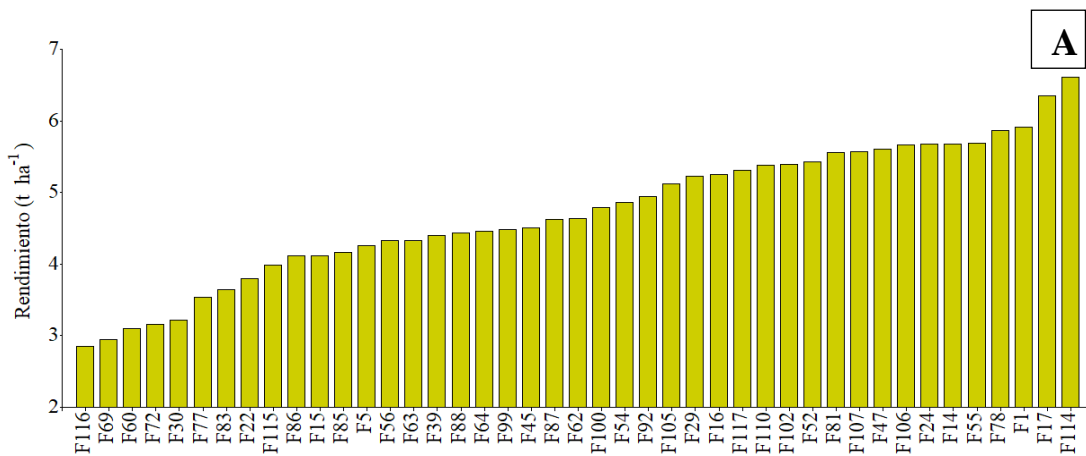


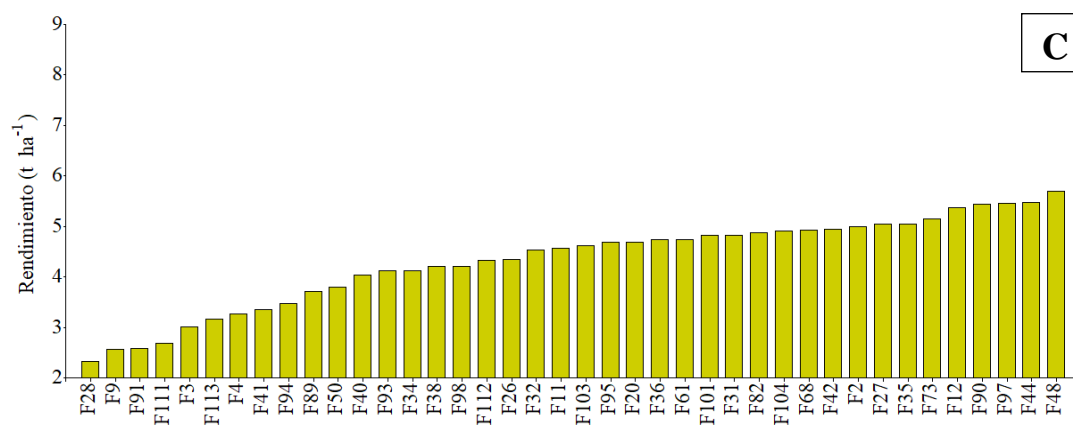
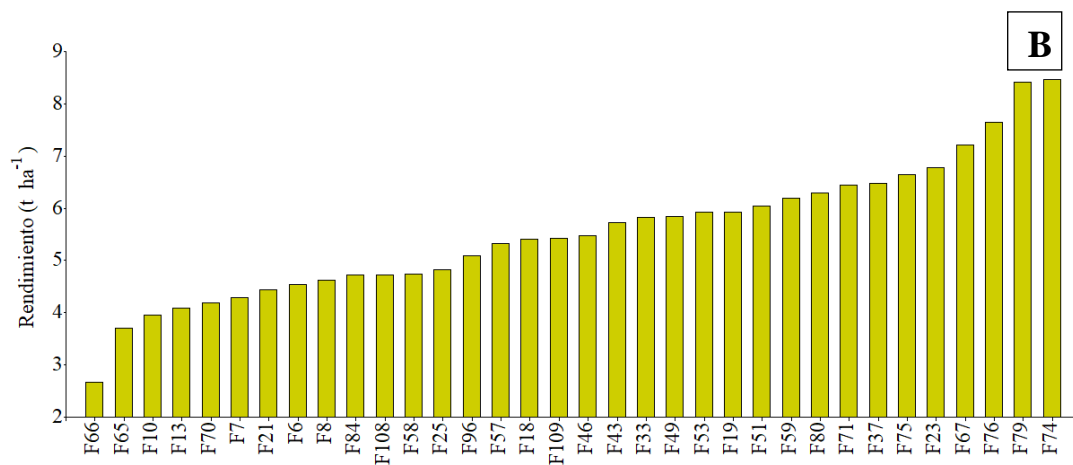
Nota: porcentaje mazorcas rojas grupo 1 (A); porcentaje mazorcas rojas grupo 2 (B); porcentaje mazorcas rojas grupo 3 (C)

- e) **Rendimiento del grano:** Por medio del análisis de conglomerados se logra identificar que el grupo 1 presenta un total de 18 familias con rendimiento mayores a 5 t ha⁻¹ y 2 familias con rendimientos menores a 3 t ha⁻¹ (Figura 36A). El grupo 2 es el que posee mayor rendimiento del grano, ya que llego a tener 21 familias con rendimientos mayores a 5 t ha⁻¹, de igual forma se observa que en este grupo una sola familia presenta rendimientos menores a 3 t ha⁻¹ (Figura 36B). Finalmente, el grupo 3 se observa que se agruparon un total de 9 familias que poseen rendimientos mayores a 5 t ha⁻¹, de igual manera 5 familias poseen rendimientos menores a 3 t ha⁻¹ (Figura 36C).

Figura 36

Rendimiento del grano según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo





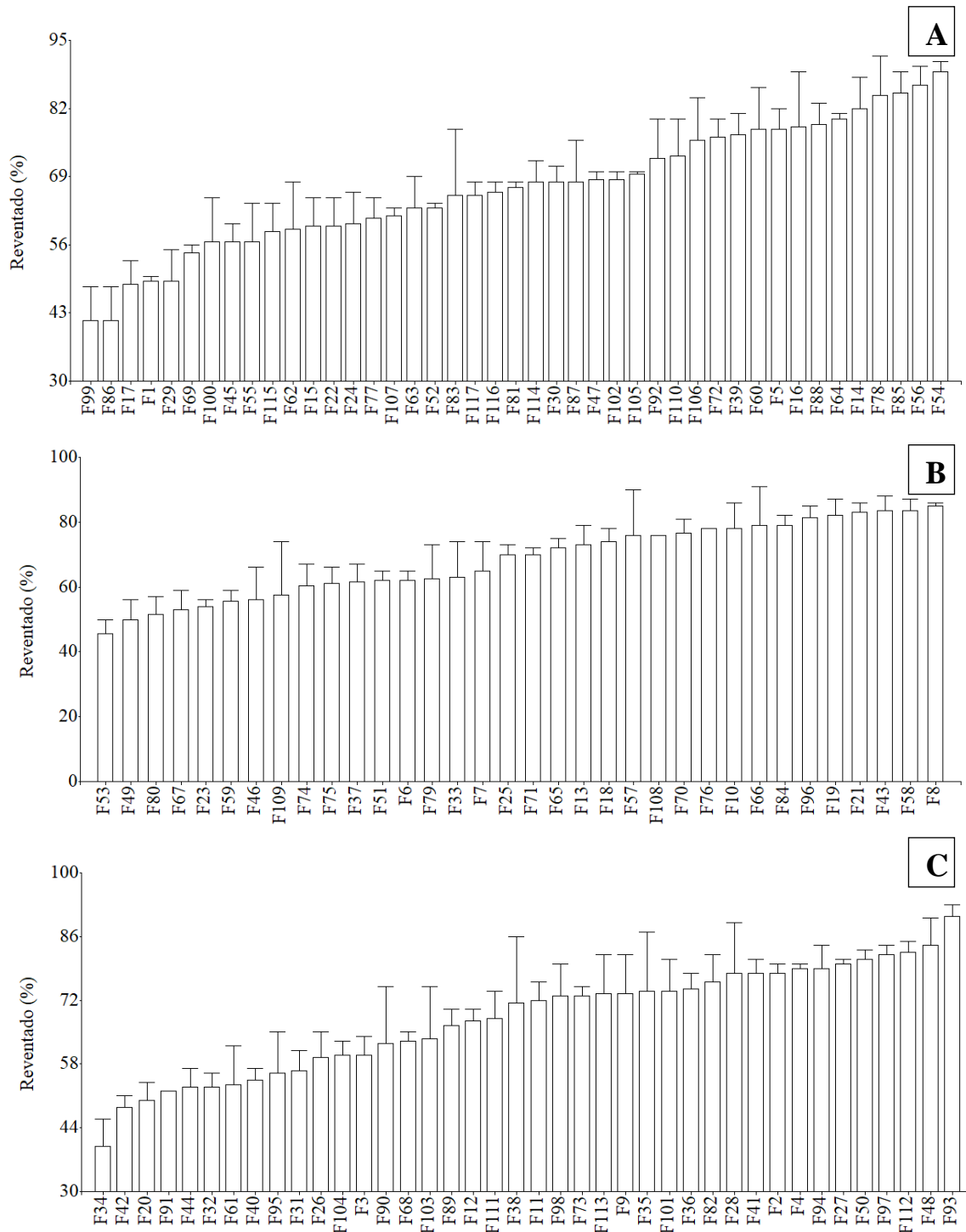
Nota: rendimiento del grano grupo 1 (A); rendimiento del grano grupo 2 (B); rendimiento del grano grupo 3 (C)

4.18.2 Análisis variable porcentaje de reventado en tres grupos morfológicos identificados en 117 familias de maíz tipo canguil rojo que se encuentra dentro del objetivo 2

- a) **Porcentaje de reventado:** Mediante el análisis de conglomerados se logra identificar que el grupo 1 presenta un total de 15 familias con porcentaje de reventado mayores al 70%, de igual manera se observa que 5 familias presentan porcentaje de reventado menor al 50 % y un total de 23 familias presentan porcentajes entre 50% y 69% (Figura 37A). El grupo 2 es el que presenta mayor porcentaje de reventado con un total de 18 familias que presentan porcentajes mayores al 70%, de igual forma presenta una familia con porcentajes menores al 50% y un total de 15 familias con porcentajes entre 50% y 65% (Figura 37B). Finalmente, el grupo 3 que posee 21 familias con porcentajes de reventado mayor al 70%, de igual manera presenta 3 familias con porcentajes de reventado menor al 50% (Figura 37C).

Figura 37

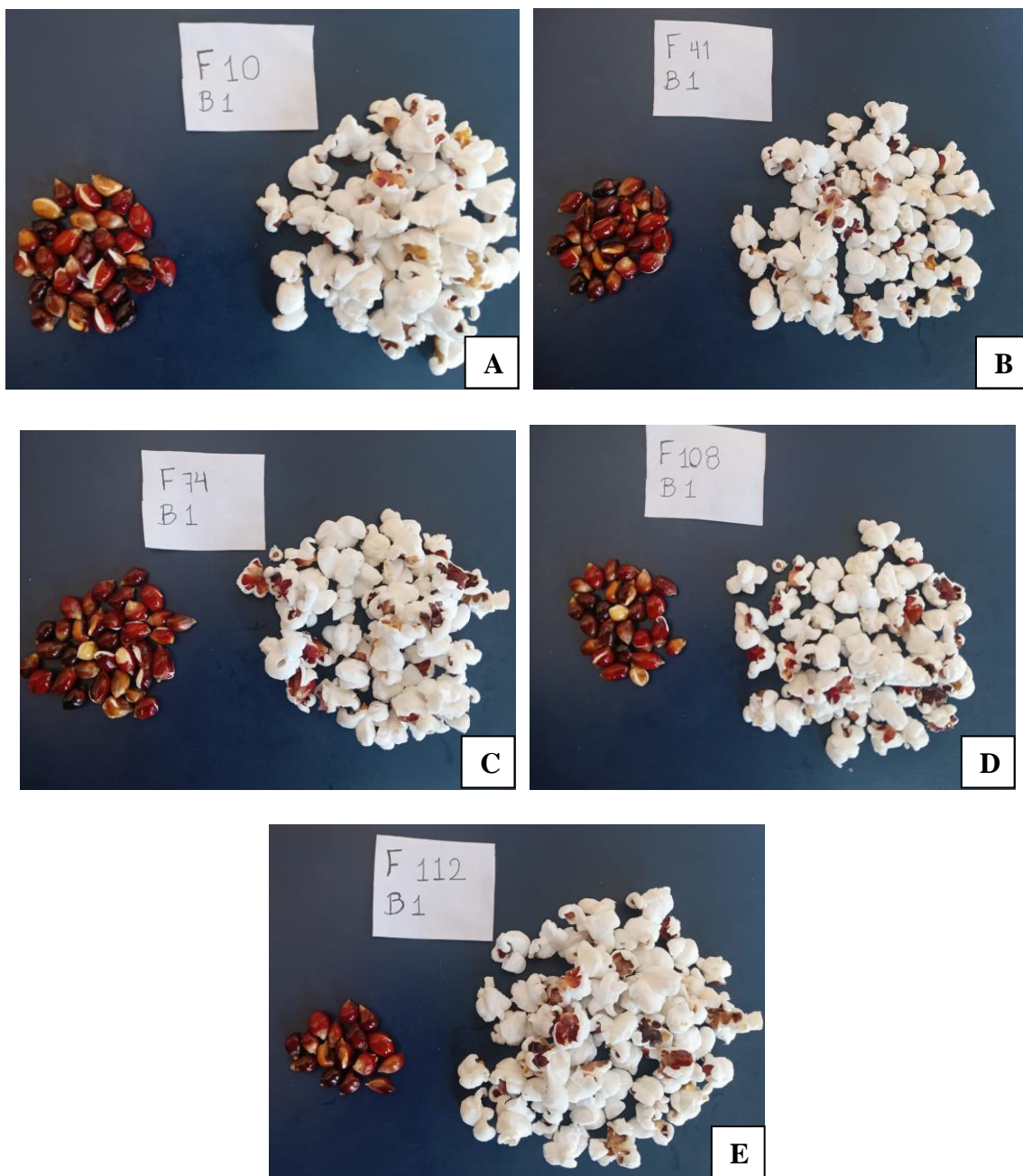
Porcentaje de reventado según conglomerados identificados en la evaluación de maíz raza canguil rojo



Nota: porcentaje reventado grupo 1 (A); porcentaje reventado grupo 2 (B); porcentaje reventado grupo 3 (C)

Figura 38

Familias consideradas material promisorio para futura investigaciones con mas del 60% de reventado.



Nota: familia 10 con 70% de reventado (A); familia 41 con 75% de reventado (B); familia 74 con 67% de reventado (C); familia 108 con 76% de reventado (D); familia 112 con 80% de reventado (E).

4.18.3 Selección de materiales promisorios de la población en estudio objetivo 3

Para realizar la selección de materiales promisorios para futuras investigaciones se consideró algunas variables agronómicas, el porcentaje de reventado y el porcentaje de color rojo de la mazorca que son las características de mayor interés para seguir con el proceso de mejoramiento genético en maíz canguil rojo. El grupo 1 que está conformado por 43 familias presenta 22 con porcentajes de reventado y mazorcas rojas mayores al 60%, el grupo 2 conformado por 34 familias, tiene un total de 23 que presenta porcentajes de reventado y mazorcas rojas mayores al 60%, y finalmente el grupo 3 conformado por 40 familias presenta 24 con porcentajes de reventado y mazorcas rojas mayores al 60%. De los 3 grupos evaluados, 69 resultan ser material promisorio para futuras investigaciones de maíz raza canguil rojo.

Tabla 8

Características para materiales promisorios del cultivo de maíz raza canguil rojo

Grupos	Familias	D_F_F	AL_TPL (m)	AL_1MZ (m)	N_HLMZ	%_MZ_RJ	R_G (t ha ⁻¹)	%_RV
1	14	86	2.44	1.06	15.0	72.40	5.68	82.0
1	24	86	2.65	1.04	14.4	76.92	5.68	60.0
1	30	90	2.78	1.24	15.4	65.37	3.22	68.0
1	39	88	2.39	0.79	14.8	67.85	4.40	77.0
1	47	86	2.49	1.11	13.6	64.86	5.61	68.5
1	54	86	2.62	1.02	16.0	69.55	4.86	89.0
1	56	88	2.83	0.95	16.2	78.25	4.32	86.5
1	72	84	2.74	1.00	16.6	99.99	3.16	76.5
1	77	84	2.46	0.96	15.0	84.20	3.54	61.0
1	78	84	2.73	0.71	13.6	69.44	5.86	84.5
1	81	84	2.57	1.15	15.4	82.60	5.56	67.0
1	83	88	2.85	1.06	14.8	81.81	3.64	65.5
1	85	86	2.65	0.72	14.0	86.95	4.16	85.0
1	87	90	2.62	0.99	16.4	71.42	4.62	68.0
1	88	86	2.53	1.05	15.4	72.28	4.44	79.0
1	92	86	2.66	1.00	15.4	91.29	4.94	72.5
1	102	84	2.57	1.09	15.6	62.05	5.39	68.5
1	105	84	2.71	1.15	12.8	100.0	5.12	69.5
1	107	86	2.49	0.96	14.6	71.42	5.57	61.5
1	114	90	2.57	1.26	15.4	70.96	6.61	68.0

1	116	89	2.63	1.17	12.8	68.75	2.85	66.0
1	117	93	2.81	1.39	14.6	71.42	5.31	65.5
2	6	84	2.51	0.95	14.0	77.41	4.54	62.0
2	7	94	2.41	1.25	16.8	77.08	4.29	65.0
2	8	90	2.30	1.03	15.6	76.18	4.63	85.0
2	10	84	2.29	0.76	14.8	84.12	3.95	78.0
2	13	88	2.49	1.05	13.2	78.78	4.08	73.0
2	18	94	2.76	1.34	15.0	92.85	5.41	74.0
2	19	90	3.04	1.24	13.6	85.71	5.93	82.0
2	21	84	2.89	1.28	14.6	77.27	4.44	83.0
2	33	86	2.72	1.35	15.2	86.20	5.83	63.0
2	37	86	2.67	1.08	13.8	83.33	6.47	61.5
2	43	86	2.92	1.33	17.6	99.99	5.73	83.5
2	57	88	2.69	1.07	14.6	64.27	5.32	76.0
2	65	86	2.50	0.82	13.8	69.56	3.70	72.0
2	66	86	2.89	1.06	13.4	89.65	2.67	79.0
2	70	86	2.66	1.33	13.2	66.65	4.19	76.5
2	71	86	2.66	0.98	16.4	99.99	6.44	70.0
2	74	93	2.77	1.24	15.2	65.84	8.47	60.5
2	75	84	2.74	1.52	13.4	71.87	6.65	61.0
2	76	84	2.68	0.99	17.0	72.00	7.65	78.0
2	79	88	2.77	1.11	14.2	92.00	8.42	62.5
2	84	84	2.54	1.05	15.4	76.18	4.73	79.0
2	96	93	2.94	1.24	12.0	80.94	5.09	81.5
2	108	84	2.56	1.25	14.8	76.30	4.73	76.0
3	3	84	2.43	0.99	14.2	100.0	3.01	60.0
3	4	84	2.47	1.08	11.4	60.00	3.27	79.0
3	9	84	2.23	0.85	13.8	100.0	2.56	73.5
3	11	90	2.67	0.98	12.8	64.51	4.56	72.0
3	27	93	2.43	1.09	14.0	60.00	5.04	80.0
3	28	93	2.37	1.05	12.6	77.77	2.33	78.0
3	35	93	2.61	1.17	13.6	90.90	5.05	74.0
3	36	93	2.73	1.17	13.6	79.16	4.74	74.5
3	38	86	2.67	1.10	13.0	85.18	4.20	71.5
3	41	86	2.77	1.26	13.8	83.32	3.35	78.0
3	48	84	2.25	0.96	15.4	99.99	5.70	84.0
3	50	86	2.73	1.02	13.2	85.18	3.79	81.0
3	68	84	2.82	1.30	14.4	69.55	4.92	63.0
3	73	86	2.81	1.18	15.2	89.64	5.15	73.0
3	82	84	2.77	1.22	12.6	76.00	4.88	76.0

3	89	86	2.54	1.00	13.4	96.00	3.71	66.5
3	90	90	2.67	1.13	13.6	89.65	5.44	62.5
3	93	86	2.40	1.07	12.2	90.90	4.12	90.5
3	94	84	2.37	1.10	13.4	82.34	3.47	79.0
3	97	93	2.77	1.37	14.0	99.99	5.46	82.0
3	98	86	2.42	1.24	14.0	64.28	4.21	73.0
3	101	90	2.43	1.15	14.0	72.00	4.82	74.0
3	103	90	2.61	1.20	14.6	96.66	4.62	63.5
3	112	84	2.52	1.03	16.4	81.81	4.33	82.5

Nota: D_F_F= Días a la floración femenina; AL_TPL (m)= Altura total de la planta (m); AL_IMZ (m)= Altura de la inserción a la primera mazorca (m); N_HLMZ= Número de hileras por mazorca; %_MZ_RJ= Porcentaje de mazorcas rojas (%); R_G (t ha⁻¹) = Rendimiento del grano (t ha⁻¹); %_RV= Porcentaje de reventado (%).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Una vez transcurrido el tercer ciclo de selección de medios hermanos MH en el mejoramiento genético, se identificó que las familias que integran el Grupo 2 posee las plantas con características de interés agronómico. Aunque son el grupo que presenta plantas con mayor altura, 3.04 m a nivel de mazorca, también presenta los mayores tamaños, encontrando mazorcas de tamaño de 15.42 cm de largo y diámetro 6.04 cm, características que inciden en el rendimiento, alcanzando en este grupo un valor promedio de 5.53 t ha⁻¹ a diferencia del grupo 1 y 3 que presentaron rendimientos 4.72 t ha⁻¹ y 4.32 t ha⁻¹ respectivamente, siendo esta característica deseable para la producción, sin embargo, al estar en procesos de selección, los materiales requieren de más ciclos de evaluación.

En cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz tipo canguil rojo, se observó que si existe diferencias estadísticas significativas, lo que implica que se debe realizar un manejo adecuado del cultivo y efectuar monitoreos constantes desde el inicio de la siembra hasta su cosecha.

A nivel poblacional, las 13 variables evaluadas presentaron valores de coeficiente de variación menores al 20%, a excepción del porcentaje de reventado que presento valores de 35%, esto está relacionado a que existen familias con porcentajes menores a 40% y familias que superan el 90% de reventado. Esta la característica a tomar en cuenta para la selección de mejores familias, y así continuar con el proceso de mejoramiento genético.

Las familias que destacaron y pueden ser consideradas como material promisorio para futuras investigaciones fueron las que presentaron porcentajes de reventado y porcentaje de color rojo mayor al 60%. El grupo 1 se presentaron 22 familias, en el grupo 2 se encuentran 23 familias y finalmente en el grupo 3 se logra identificar 24 familias, logrando obtener un total de 69 familias que podrían ser consideradas como material promisorio para futuras investigaciones. Esto demuestra que se debe seguir con el proceso de mejoramiento genético en cultivo de maíz raza canguil rojo, ya que el porcentaje de reventado y el color rojo de la mazorca son las características principales del maíz tipo canguil rojo.

5.2 RECOMENDACIONES

Continuar con el proceso de mejoramiento genético en el cultivo de maíz tipo canguil rojo permitirá aumentar paulatinamente las características deseadas de la semilla, tomando en cuenta a las 69 familias con porcentaje de reventado y número de mazorcas rojas mayor al 60 %. En esta investigación, las características más importantes evaluadas fueron el porcentaje de reventado y porcentaje de mazorcas rojas.

Realizar futuras investigaciones en mejoramiento genético de maíz tipo canguil rojo con polinización controlada para garantizar la pureza de la semilla y obtener las características favorables de los progenitores masculinos.

Aumentar el rango de selección de las familias promisorias, considerando que estamos en el tercer ciclo y para cumplir un proceso de fitomejoramiento en maíz se requiere un mínimo de siete ciclos a cumplir. Con esto, podremos tener mayor cantidad de germoplasma para continuar con el proceso de mejoramiento genético.

REFERENCIAS

- Aguilar, D. (2019). *Efectos de macronutrientes principales, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz canguil [Tesis Ingeniería, Universidad Técnica de Babahoyo]*. Babahoyo.
- Albán, M., Caviedes, G., & Zambrano, J. (2021). *Primer simposio Ecuatoriano del Maíz Ciencia, Tecnología e Innovación*. Quito: Creative Commons Atribución.
- Ángeles, E., Ortiz, E., López, P., & Lopéz, G. (2015). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac.
- Ayala, D. (2007). *Evaluación y caracterización morfoagronómica de 117 líneas de maíz negro y 42 líneas de maíz dulce provenientes del CIMMYT*. ESPE, México.
- Bernardi, L. (2010). Perfil de maíz pisingallo (*Zea mays* L. var. everta). *Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación*, 13.
- Blas, R. (2021). FERTILIZACIÓN GRANULADA Y LÍQUIDA. En R. Blas, *FERTILIZACIÓN GRANULADA Y LÍQUIDA* (pág. 6). Barranca : Tesis.
- Blasco, M. (1981). *Curso sobre manejo de la producción agraria en laderas*. Huaraz: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA.
- Callava, S. (2020). *Caracterización morfológica y selección de diferentes genotipos de maíz [Tesis Ingeniería, Universidad Nacional del Sur]*. Bahía Blanca.
- Carrasco, L. (2009). *Evaluación de ocho genotipos de maíz (Zea mays L.) de polinización libre y tres tipos de fertilización en El Castillo, Las Sabanas*. UNAFSA, Nicaragua.
- Carrera, J. (2017). *Los colores del maíz*. Layout: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Los%20Colores%20del%20Maiz.pdf
- Castañeda, L. (2020). *Estudio de la variabilidad morfológica del maíz [Tesis Ingeniería, Universidad Técnica del Norte]*. Repositorio UTN.
- Castañeda, L., Chalampunte, D., Prado, J., Sánchez, I., & Sánchez, F. (2021). Caracterización morfológica de maíz raza canguil procedente de la provincia de Imbabura. *Trabajo presentado en el Primer Simposio Ecuatoriano del maíz ciencia, tecnología e innovación en la Universidad San Francisco de Quito*. Quito.
- Chávez, J. (1995). *Mejoramiento de plantas*. Cali: Panamericana.
- CIMMYT. (2017). *Protocolos para mediciones de plantas en las plataformas de investigación*. DF.
- Deras, H. (2010). Guía técnica El cultivo del maíz. En H. Deras, *Guía técnica El cultivo del maíz* (pág. 42).

- Díaz, A. (2010). *Primer ciclo de selección de 162 familias de medios hermanos de maíz negro y 120 de maíz chulpi de la sierra Ecuatoriana [Título Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Riobamba.
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/665/1/13T0688%20.pdf>
- Duvick, D. (2005). The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). *Advances in Agronomy*, 86,83-145.
- Ecuador, C. d. (2008). *Constitución*. Asamblea.
- Eyhérbide, G. (2018). *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Flores, L., López, P., Muñoz, A., Santacruz, A., & Chávez, J. (2015). Variación intra-racial de maíces nativos del altiplano de Puebla. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 1-17.
- García, J. (2002). Selección masal visual estratificada y de familias de medios hermanos. *Fitotecnia Mexicana*, 7.
- Gear, J. (2016). *Maíz y Nutrición*. Argentina.
- Guamán, R. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Siembra*, 14.
- Interface, T. R. (2015). *Resuelven el misterio de por qué explotan las palomitas de maíz*. BBC Mundo:
https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/02/150212_palomitas_maiz_explasion_lp
- Lagos, K. (2020). Evaluación agronómica de familia de medios hermanos. *Actualidad & Divulgación Científica*, 10.
- Lema, S. (2017). *Tumarina y el maíz [Tesis de Licenciatura, Universidad San Francisco de Quito]*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6724/1/132326.pdf>
- LEY ORGANICA DE AGROBIODIVERSIDAD, S. Y. (2017). *LEY ORGANICA DE AGROBIODIVERSIDAD, SEMILLAS Y. LEXISFINDER*.
- Lima, J. (2021). *Evaluación agronómica del cultivo de maíz de la raza canguil rojo [Tesis Ingeniería, Universidad Técnica del Norte]*. Repositorio UTN.
- Márquez, F. (2011). *Alternativas para la selección masal y selección combinada de familias de medios hermanos en maíz*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Ortigoza, J. (2019). *Guía Técnica Cultivo de Maíz*. San Lorenzo: jica.
- Ortiz, E. (2010). Efecto de la dispersión de polen en la producción de semilla de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 10.

- Ortíz, M., Reza, M., & Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Biotecnia*, 7.
- Paliwal, R. (2001). *El maíz en los trópicos mejoramiento y producción*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Pardey, C., García, A., & Moreno, N. (2016). *Caracterización de maíz procedente del departamento de Magdalena*. Corpoica Tecnología Agropecuaria, Colombia.
- Patel, J., Patel, N., & Shiyani, R. (2001). *Coeficiente de variación en los experimentos de campo y su criterio*. México.
- Pazmiño, P. (2011). *Utilización de la cebada, grano y corontas de maíz negro en la elaboración de una bebida*. Sangolqui: Tesis.
- Peñaherrera, D. (2011). Manejo integrado del cultivo de maíz de altura. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP.
- Pineda, A. (2020). Comportamiento agronómico y fisiológico de maíces nativos del sureste de México. *Scielo*.
- Proaño, C. (2021). Memorias del I Simposio de Maíz. *I Simposio Ecuatoriano del Maíz* (pág. 55). Quito: Creative Commons.
- Rodríguez, J. (2017). *Selección recurrente de familia de medios hermanos con pedigree [Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]*. Repositorio UAAAN.
- Sánchez. (2012). El maíz para canguil desaparece de los suelos de Ecuador. *EL COMERCIO*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/maiz-canguil-desaparece-de-suelos.html>
- Sánchez, I. (2014). Maíz I. *Reduca*, 21.
- Santacruz, A. (2018). Estandarización del método de reventado para la evaluación experimental del maíz palomero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13.
- Santoyo, A. (2004). *Polinización del Maíz [Tesis de Ingeniería, Universidad de Guadalajara]*. http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1245/Santoyo_Vega_Aida_Betania.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Saquimux, F. (2011). *Selección masal en el cultivo de maíz para pequeños agricultores*. Quetzaltenango: Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas ICTA.
- SIPA. (2024). *Maíz reventón*. Sistema de Información Pública Agropecuaria.

- Sweley, J., Rose, D., & Jackson, D. (2014). Rasgos de calidad y consideraciones sobre el rendimiento de las palomitas de maíz. *Food reviews international*, 22.
- Taba, S. (2004). *Guías para la regeneración del germoplasma del maíz*. Mexico: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- Totis, L. (2016). *Manejo del Cultivo de Maíz*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Valverde, M. (2015). *Caracterización e identificación de razas de maíz en la provincia del Azuay*. Cuenca: Tesis.
- Vásquez, M. (2016). *Caracterización agronómica básica de las principales variedades de maíz criollo que se cultiva en cinco municipios del Departamento de Cuscatlan*. San Vicente.
- Velásquez, R. (2021). *Evaluación de una población de medios hermanos de maíz raza canguil [Tesis Ingeniería, Universidad Técnica del Norte]*.
- Yáñez, C. (2007). *Manual de producción de maíz para pequeños agricultores*. Ecuador: INIAP.
- Yépez, E. (2016). *Caracterización morfológica y evaluación fenológica de sesenta y cinco entradas de maíz (Zea mays L.) del banco de germoplasma de CICA KAYRA-Cusco*. KAYRA, Cusco.
- Zambrano, J., Velásquez, J., Peñeherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., & Villacrés, E. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. Manual No 122*. Quito, Ecuador.