

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



“EVALUACIÓN DE UNA POBLACIÓN DE MEDIOS HERMANOS DE MAÍZ RAZA CANGUIL (*Zea mays* L. var. everta) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, PROVINCIA DE IMBABURA”

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

AUTOR:

Robert Alexander Velásquez Puente

DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD

Ibarra, 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

Ibarra, 19 de octubre del 2023

Dr. C Marcelo Cevallos V., PhD.
DECANO FICAYA

Ab. Vladimir Basantes
SECRETARIO JURÍDICO

Para los fines consiguientes, el tribunal tutor quienes firman a continuación, **CERTIFICAMOS** haber recibido de manera digital el Trabajo de Titulación: **"EVALUACIÓN DE UNA POBLACIÓN DE MEDIOS HERMANOS DE MAÍZ RAZA CANGUIL (*Zea mays* L. var. everta) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, PROVINCIA DE IMBABURA"** de autoría del señor ROBERT ALEXANDER VELASQUEZ PUENTE, estudiante de la Carrera de AGROPECUARIA

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD
DIRECTORA TRABAJO-TITULACIÓN

.....

Ing. María José Romero, M. Sc
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

.....

Lic. Ima Sánchez, M. Sc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

.....

Misión Institucional:

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ibarra, 19 octubre del 2023

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE UNA POBLACIÓN DE MEDIOS HERMANOS DE MAÍZ RAZA CANGUIL (*Zea mays* L. var. everta) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, PROVINCIA DE IMBABURA", de autoría del señor ROBERT ALEXANDER VELASQUEZ PUENTE, estudiante de la Carrera de AGROPECUARIA, el tribunal tutor CERTIFICAMOS que el autor ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Ing. Doris Salomé Chalantpuente Flores, PhD
DIRECTORA TRABAJO TITULACIÓN

.....

Ing. María José Romero, M. Sc
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

.....

Lic. Ima Sánchez, M. Sc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

.....

Misión Institucional:
Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE UNA POBLACIÓN DE MEDIOS HERMANOS DE MAÍZ
RAZA CANGUIL (*Zea mays* L. var. everta) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA
PRADERA, PROVINCIA DE IMBABURA”**

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

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD

DIRECTORA

FIRMA

Ing. María José Romero, M.Sc

MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA

Lic. Ima Sánchez, M.Sc.

MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

I. 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:	1750624171		
APELLIDOS Y NOMBRES:	VELASQUEZ PUENTE ROBERT ALEXANDER		
DIRECCIÓN:	TENA 9-34 Y TUCÁN		
EMAIL:	ravelasquezp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062602711	TELÉFONO MÓVIL:	0989323902

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de una población de medios hermanos de maíz raza canguil (<i>Zea mays</i> L. var. everta) en la granja Experimental La Pradera, provincia de Imbabura
AUTOR (ES):	Robert Alexander Velásquez Puente
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	19/10/2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /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 desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que 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 19 días del mes de octubre de 2023

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: *Robert Velázquez*

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Robert Alexander Velásquez Puente, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 19 días del mes de octubre de 2023.


Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.
DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 19 días del mes de octubre del 2023

Robert Alexander Velásquez Puente: "Evaluación de una población de medios hermanos de maíz raza canguil (*Zea mays* L. var. everta) en la "Granja experimental la Pradera" provincia de Imbabura". Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 13 días del mes de octubre del 2023.

DIRECTOR (A): Doris Salomé Chalampunte Flores PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar una población de medios hermanos de maíz raza canguil (*Zea mays* L. var. everta) en la "Granja Experimental La Pradera" provincia de Imbabura. Entre los objetivos específicos se encuentran: Caracterizar el comportamiento agronómico de una población de medios hermanos de maíz raza canguil bajo las condiciones de 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 procesos de mejora genética.

.....


Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Directora de Trabajo de Grado

.....


Robert Alexander Velásquez Puente

Autor

AGRADECIMIENTO

Quisiera empezar agradeciendo a Dios, por darme la salud y vida para cumplir con un objetivo tan importante que es el de terminar mi carrera profesional como ingeniero agropecuario. Ha sido de gran ayuda y apoyo incondicional, me llevó por un buen camino y jamás me abandonó en este proceso académico, a él le debo mi buen estado emocional y espiritual.

A mis padres, por haberme educado e inculcado con buenos valores, estos me ayudaron a jamás rendirme y seguir siempre con la vista en mi sueño como profesional. Gracias por siempre estar pendientes y brindarme el apoyo necesario para seguir adelante.

A mi directora de tesis, Ing. Doris Salomé Chalampunte PhD, quien fue mi guía y apoyo para la elaboración y redacción de este proyecto de investigación, juntamente con mis asesoras, Ing. María José Romero M.Sc, Lic. Ima Sánchez M.Sc e Ing. Julia Prado PhD, a ellas gracias por la paciencia y tiempo entregado hacia mi persona.

A mis tíos, Ing. Susana Velásquez y Fabián Melo, por ser como mis segundos padres y brindarme los consejos necesarios para cada día seguir adelante, luchando por ese sueño que parecía difícil, eternamente agradecido con mi familia en general porque de ellos aprendí a seguir por el buen camino.

A mi hermano, que es mi compañero incondicional, siempre me acompañó y brindó apoyo emocional. Muchas gracias por siempre estar a mi lado.

Un agradecimiento muy especial a mi novia, la Srta. Diana Pavón, por la paciencia, tiempo, apoyo y amor que me brindó durante todo el transcurso de mi vida universitaria, ella fue un pilar fundamental en el proceso y culminación de este proyecto.

Al Ing. José Luis Zambrano PhD, director de Investigación de INIAP y a los técnicos del Programa de Maíz INIAP, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto, además de aportar con su amplio conocimiento y apoyo durante la fase de campo y proyecto escrito.

A la Universidad Técnica del Norte, la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, especialmente a mi carrera Ingeniería Agropecuaria, sus autoridades, personal docente, administrativo y trabajadores, quienes, durante mi estancia, aportaron conocimientos y enseñanzas, tanto para la vida profesional como para lo personal.

Por último, a mis amigos, Byron P., Francisco S., Roberto F., Alexis F., Alcívar C., quienes me acompañaron en todo el proceso de mi formación como profesional, me brindaron apoyo y consejos necesarios para culminar mis estudios.

Robert Alexander Velásquez Puente

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PROBLEMA	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Generalidades del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	6
2.1.1 Descripción taxonómica y botánica del maíz	6
2.1.2 Proceso de polinización en el maíz	7
2.1.3 Forma de reproducción en el maíz	8
2.1.4 Razas de maíz a nivel mundial y nacional	9
2.2 Descripción del maíz raza canguil	9
2.2.1 Clima	10
2.2.2 Suelos	10
2.2.3 Siembra	10
2.2.4 Riego	10
2.2.5 Fertilización	11
2.2.6 Cosecha	11
2.3 Métodos de selección	11
2.3.1 Selección masal	11
2.3.2 Selección de familias de medios hermanos	12
2.3.3 Selección mazorca por surco	13

2.4 Marco legal.....	14
CAPÍTULO III	15
MARCO METODOLÓGICO	15
3.1 Caracterización del área de estudio	15
3.2 Materiales	16
3.2.1 Material genético	16
3.3 Métodos	16
3.3.1 Factor en estudio.....	16
3.3.2 Diseño experimental.....	17
3.3.4 Análisis estadístico	18
3.4 Variables evaluadas	18
3.4.1 Datos a evaluar en la etapa de floración	18
3.6 Manejo específico del experimento.....	26
CAPÍTULO IV	32
4.1 Variabilidad morfológica de datos cuantitativos	32
4.2 Días a la floración femenina.....	33
4.3 Altura de la planta (m).....	33
4.4 Altura de la última mazorca.....	34
4.5 Acame de raíz	34
4.6 Acame de tallo	35
4.7 Número de mazorcas por planta	35
4.8 Peso de la mazorca (g).....	35
4.9 Longitud de la mazorca (cm).....	36
4.10 Diámetro de la mazorca (cm)	36
4.11 Número de hileras por mazorca.....	37
4.12 Color de la mazorca.....	37
4.13 Peso de 100 granos (g)	38
4.14 Longitud del grano (cm).....	39
4.15 Ancho del grano (cm).....	39
4.16 Grosor del grano (cm).....	39
4.17 Porcentaje de reventado.....	40
4.18 Análisis de componentes principales (ACP)	40
4.19 Análisis de conglomerados en una población de medios hermanos de canguil rojo	42

a) Grupo I:	42
b) Grupo II:	42
c) Grupo III:	43
4.20 Análisis del valor discriminante para los caracteres cuantitativos	43
CAPÍTULO V	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1 Conclusiones	46
5.2 Recomendaciones	46
Referencias	48
ANEXOS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Espiga de la planta de maíz (inflorescencia masculina)	7
Figura 2 Fruto de la planta de maíz	7
Figura 3 Polinización y granos adheridos al estilo y tubo polínico.....	8
Figura 4 Variedades vigentes de maíz en el Ecuador.....	9
Figura 5 Esquema general de la selección de medios hermanos.....	12
Figura 6 Mapa de ubicación de la Granja Experimental "La Pradera"	15
Figura 7 Diseño experimental implementado en campo	17
Figura 8 Unidad experimental identificando la parcela neta.....	18
Figura 9 Registro de datos de los días de la flor femenina.....	19
Figura 10 Registro de la altura de la planta (m)	19
Figura 11 Registro de la última mazorca (m).....	21
Figura 12 Registro de porcentaje de acame de raíz.....	21
Figura 13 Registro de porcentaje de plantas con acame de tallo.....	22
Figura 14 Conteo de número de mazorcas por planta.....	22
Figura 15 Toma de datos del peso de 5 mazorcas.....	23
Figura 16 Evaluación de la longitud de la mazorca con la ayuda del calibrador (cm).....	22
Figura 17 Evaluación del diámetro de la mazorca con la ayuda del calibrador (cm)	23
Figura 18 Conteo del número de hileras en la mazorca	23
Figura 19 Mazorcas de varios colores tomadas de una misma accesión.....	24
Figura 20 Registro del peso de 100 granos con ayuda de una balanza (g).....	25
Figura 21 Registro de la medida del grosor del grano con calibrador (cm).....	26
Figura 22 Registro del porcentaje de reventado	25
Figura 23 Labores de preparación del terreno.....	26
Figura 24 Semillas de maíz ubicadas en campo según el número de familia	26
Figura 25 Delimitación del terreno.....	27
Figura 26 Diseño de parcelas en el espacio designado de la Granja La Pradera.....	27
Figura 27 Riego de la parcela.....	30
Figura 28 Labores culturales realizados en el cultivo.....	30
Figura 29 Aplicación de insecticidas para control fitosanitarios.....	31
Figura 30 Cosecha con ayuda de estudiantes y personal INIAP.....	32
Figura 11 Secado y almacenamiento de las 136 familias en estudio.....	32
Figura 22 Colores de las mazorcas del cultivo de maíz tipo canguil rojo (Familias 1-68)..	38
Figura 33 Colores de las mazorcas del cultivo de maíz raza canguil rojo (Familias 69-136)	39
Figura 34 Dendograma obtenido por análisis de conglomerados para las 11 variables en las 136 familias de maíz tipo canguil rojo	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características geográficas del área de estudio	15
Tabla 2	Materiales utilizados en la investigación.....	16
Tabla 3	Detalle de la unidad experimental	18
Tabla 4	Fertilización utilizada en la investigación	28
Tabla 5	Herbicidas e insecticidas utilizados en el cultivo	30
Tabla 6	Variabilidad morfológica de datos cuantitativos	32
Tabla 7	Valores y porcentaje de la variación de cada como.....	41
Tabla 8	Valores de tres componentes principales para las 11 variables de 136 familias ...	41
Tabla 9	Valores promedios para caracteres cuantitativos de maíz raza canguil.....	43
Tabla 10	Características promisorias de las familias del grupo 1	44
Tabla 11	Características promisorias de las familias del grupo 2	44
Tabla 12	Características promisorias de las familias del grupo 3	45

EVALUACIÓN DE UNA POBLACIÓN DE MEDIOS HERMANOS DE MAÍZ RAZA CANGUIL (*Zea mays* L. var. *everta*) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA PROVINCIA DE IMBABURA

Autores: Velásquez Puentes Robert Alexander, Doris Salomé Chalampunte Flores, Ima Sumac Sánchez de Cespedes, María José Romero

Universidad Técnica del Norte

Correo: ravelasquezp@utn.edu.ec

Año: 2023

RESUMEN

El maíz es un cultivo de suma importancia en el Ecuador debido al significativo rol que cumple en cuanto a seguridad alimentaria de la población. A nivel de la zona andina del Ecuador, las razas de maíz tipo canguil, chaucho y clavito han sido reducido considerablemente en los últimos años. En varios países de América Latina, la erosión genética se percibe como gran amenaza para la conservación y explotación de la riqueza genética de variedades locales de maíz. La presente investigación, es parte de un proceso de fitomejoramiento que se ha desarrollado desde el año 2020, siendo este el segundo ciclo de selección de familias de medios hermanos, para lo cual, se realizó una evaluación agronómica de 136 familias de canguil rojo bajo las condiciones de Chaltura; se evaluó 15 variables de las cuales el porcentaje de reventado fue de interés para la selección de materiales promisorios para los siguientes ciclos de. Los resultados permitieron identificar que los días a floración oscilan los 85 días, presentan tamaño de la mazorca que va de 9 a 11 cm aproximadamente, mientras que el porcentaje de reventado presentó un rango entre 60 y 80%, sin embargo, son pocas las familias que pueden ser consideradas como promisorias, siendo así un total de 19 familias, no obstante, al ser los primeros ciclos de selección, es necesario continuar con procesos de mejora con un grupo mayor de muestras a evaluar.

Palabras clave: maíz palomero, mejoramiento genético, diversidad genética, caracterización, material promisorio

EVALUATION OF A POPULATION OF HALF SIBLINGS OF CANGUIL BREED CORN (*Zea mays* L. var. *everta*) IN THE LA PRADERA EXPERIMENTAL FARM PROVINCE OF IMBABURA

Authors: Velásquez Puente Robert Alexander, Chalampunte Flores Doris Salomé,
Sánchez de Cespedes Ima Sumac, Romero María José

Universidad Técnica del Norte

Email: ravelasquezp@utn.edu.ec

Year: 2023

ABSTRACT

Maize is an extremely important crop in Ecuador due to the significant role it plays in terms of food security for the population. In the Andean zone of Ecuador, the canguil, chaucho and clavito corn breeds have been considerably reduced in recent years. In several Latin American countries, genetic erosion is perceived as a major threat to the conservation and exploitation of the genetic wealth of local maize varieties. The present research, is part of a breeding process that has been developed since 2020, being this the second cycle of selection of half-sib families, for which, an agronomic evaluation of 136 families of red canguil under Chaltura conditions was carried out; 15 variables were evaluated of which the percentage of popping was of interest for the selection of promising materials for the following cycles of. The results allowed to identify that the days to flowering oscillate between 85 days, the size of the cob ranges from 9 to 11 cm approximately, while the percentage of popping presented a range between 60 and 80%, however, there are few families that can be considered as promising, being a total of 19 families, nevertheless, being the first cycles of selection, it is necessary to continue with improvement processes with a larger group of samples to be evaluated.

Keywords: popcorn corn, genetic improvement, genetic diversity, characterization, promising material

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea anual, originaria de México, introducida en Europa durante el siglo XVI. Actualmente es el cereal de mayor producción en el mundo, por encima del trigo y el arroz (Pliego, 2020). La alimentación es el principal uso que se le da al maíz tipo canguil, siendo uno de los tipos con mayor aceptación y difusión en todo el mundo, su versatilidad en la cocina lo hace ingrediente esencial en platillos de todo tipo (Álvarez, 2006). El maíz es uno de los cultivos básicos más importantes y extendidos en todo el mundo, constituye una de las fuentes principales de alimento de millones de personas, sobre todo en América y Asia, en donde se ha llegado a observar que sustituye al trigo; además se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron por todo el mundo (Sánchez, 2014).

El maíz es un cultivo de suma importancia en el Ecuador debido al significativo rol que cumple en seguridad alimentaria de la población (Acosta, 2009). Se han reconocido 29 razas de maíz, de las cuales 17 pertenecen a la Sierra ecuatoriana, se reconocen tres grandes zonas de producción de maíz en la serranía ecuatoriana y representa una extensa producción (Asturias, 2004). Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2022), en el Ecuador existe una superficie sembrada de 373 mil hectáreas de maíz duro seco, con una producción de 1 700 000 toneladas métricas y, por otro lado, 42 mil hectáreas sembradas y 39 000 toneladas métricas de producción en cuanto a maíz suave seco.

En 2021, el Ecuador importó un valor de 49.4 millones de dólares en maíz correspondiente a alrededor de 224 toneladas, convirtiéndose en el importador número 74 en el mundo. En el mismo año, este fue el producto número 90 más importado en Ecuador. Esto debido al déficit de producción que tiene el país con respecto a este alimento (Observatorio de Complejidad Económica [OEC], 2021).

Respecto al consumo por raza de maíz, en las provincias del norte del país, Carchi, Imbabura y Pichincha, se consumen variedades de tipo amarillo harinoso: Chaucho, Huandango, Mishca y Chillos. En la parte central, en las provincias de Chimborazo y principalmente Bolívar, se consumen variedades de grano blanco harinoso: Blanco Blandito y Cuzco Ecuatoriano. En el sur las provincias de Cañar y Azuay consumen maíces de tipo Zhima (Blanco amorochado) (Yáñez et al., 2013).

En un estudio realizado por Tapia (2015) sobre la identificación de áreas prioritarias para la conservación de razas de maíces en la región Sierra del Ecuador, se comprobó que en los últimos 60 años no se ha perdido ninguna. Sin embargo, el canguil, chaucho y clavito han dejado de cultivarse en algunas provincias, conduciendo de forma paulatina a un proceso de erosión genética. Por su parte, Valverde (2015) caracterizó maíces en la provincia de Azuay e identificó 14 razas, sin embargo, en dicha colecta no se registró la de canguil, a pesar de que esta provincia representa el 48% del total de la diversidad nacional de maíz.

En el Ecuador solían ser comunes los canguiles de color amarillo, blanco y rojo, pudiendo aparecer amarillo-pálidos y rosados por cruce entre los anteriores. El grano podía ir desde casi completamente redondo, hasta muy puntiagudo; esta diversidad fue desplazada por variedades comerciales color amarillo, que presentan la ventaja de tener un reventado más uniforme (Carrera, 2020). Los canguiles nativos siempre dejan un porcentaje de granos sin reventar, endurecidos, en el fondo de la olla, pero tienen por otro lado ventajas importantes: una mayor diversidad genética, adaptaciones a condiciones locales, un sabor más completo, y una mayor resistencia a condiciones adversas, plagas y enfermedades. Las variedades nativas están actualmente en riesgo de desaparecer (Cantero, 2010).

La preferencia de los agricultores por los híbridos sobre las variedades locales es debido a razas de maíz de mayores rendimientos o resistencia a enfermedades. Factores de mercado, que cuentan con uniformidad de calidad o propiedades de procesamiento. Política, a través de subsidios para híbridos acoplados con extensión agrícola. Sistemas de semillas comerciales que favorecen la provisión de pocas variedades mejoradas en grandes cantidades, mientras que el intercambio de semillas de variedades locales se basa en relaciones entre agricultores, amigos, familias, comunidades y mercados (Guzzon et al., 2021).

Por otro lado, el método de selección de medios hermanos, es un método de selección recurrente intrapoblacional, donde dicha información estriba en que se utiliza más de un ambiente para evaluar las familias de medios hermanos. Esto permite estimar la interacción genotipo-ambiente, combinando los resultados a través de ambientes para determinar las mejores familias para recombinar (Egidio, 1981). Este es un método que ha demostrado ser efectivo en la selección de individuos genéticamente superiores, comprende una combinación de prueba de progenies de medios hermanos y selección masal (Pandey y Gardner, 1992).

En consecuencia, el método de selección de medios hermanos, considera el desarrollo de un bloque de recombinación, para lo cual, de cada mazorca se obtiene un tratamiento hembra que será polinizado por una mezcla proveniente de todas las mazorcas. El polinizante constituido por igual número de granos de cada familia se denomina compuesto balanceado de machos. El propósito de estos cruzamientos es evitar la autofecundación del material y lograr una combinación completa de los genes favorables, además, proporcionar el material básico para el próximo ciclo de mejoramiento (Paratori, 2008).

En Orizaba y Durango (México) se realizó un estudio acerca del comportamiento agronómico de las familias de medios hermanos (FMH) en maíz. Se indica que dicha población, a través de la selección y recombinación de individuos superiores, ha permitido acumular genes favorables de adaptabilidad a condiciones de temporal deficientes. Se detectaron FMH que superaron a los testigos tanto en precocidad como en rendimiento (Rodríguez, 2017).

El mejoramiento poblacional del maíz es fundamental y conduce al desarrollo de variedades cada vez mejores (Blessing, 2009). Las mejoras hechas en las poblaciones de maíz a través

de diversos esquemas interpoblaciones e intrapoblaciones se pueden explotar al derivar nuevas familias (mazorcas) superiores (Aguirre, 1983).

La investigación desarrollada en torno a canguil en la zona norte del Ecuador empieza con la investigación realizada por Castañeda (2020), quien realizó una caracterización morfológica y agronómica de 55 materiales de canguil colectados en Otavalo y Cotacachi; en esta tesis se logró identificar cuatro grupos y 17 morfotipos en función a 31 descriptores, los cuales permitieron descubrir la diversidad de canguil que existe en la zona de Imbabura, pese a que este se encuentra en proceso de erosión genética. Se encontró que el grupo dos y tres presentaron granos de colores más claros con un porcentaje de más de 70% de reventado.

Posterior a ello, se realizó una primera selección de materiales con el método de medios hermanos donde la evaluación correspondiente a 35 accesiones se tomó en cuenta cinco (M33, M36, M45, M19 y M2) que presentaron granos con características visuales de coloración rojo y tipo canguil, con un promedio del 50 % de reventado. El material colectado se colocó en campo y se dejó que cumpla su ciclo con polinización abierta. De la cosecha de este germoplasma se seleccionaron 136 familias para la nueva etapa de cultivo donde fueron evaluadas a través del proceso de selección de medios hermanos.

1.2 PROBLEMA

El canguil ecuatoriano puede presentar varios colores: amarillo, blanco, rojo o morado con mazorcas cortas, delgadas y cilíndricas, con granos puntiagudos, puntas pequeñas y delgadas, con hojas angostas en la base y con espigas densamente espigadas (Timothy et al., 1963). Estos maíces tipo reventón conocidos como canguiles son los más primitivos que actualmente están en peligro de desaparecer en el Ecuador (Valverde, 2015).

Para Olivera (2011) los factores relacionados con la acción antrópica como son: reemplazo de variedades tradicionales por variedades mejoradas, cambios en el uso de suelo, tala de bosques, cambio de hábitos alimenticios, integración de mercados, migración y los factores negativos del cambio climático, han influenciado en este proceso de erosión y sobre la conservación de muchas variedades nativas de maíz.

En las últimas décadas se ha presentado una mayor incidencia de erosión genética como es el caso de los maíces criollos, estas pérdidas se deben al incremento de cultivos con variedades comerciales de mayor rendimiento. La introducción de modelos de producción de agricultura moderna, expansión de la frontera agrícola y la modificación de estos sistemas, son factores que han deteriorado la obtención local de alimentos y la soberanía alimentaria (Silva, 2014).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2012) la razón principal de la baja producción, es el alto costo de inversión que surge en el proceso productivo, donde no se logra obtener ganancias, debido a que el costo de una libra de maíz de canguil nativo llega a un valor de USD 1.50 con un porcentaje bajo de reventado y en el mercado ecuatoriano existe la variedad de canguil llamada maicena, que proviene de Canadá y de Estados Unidos, que es un grano que revienta mejor y tiene un costo de USD 0.50 la libra, por lo que es preferido en el país. Por ende, se dice que la presencia de maíz tipo canguil en

el Ecuador es cada vez más esporádica a nivel de chacras de agricultores, lo que está ocasionando un fuerte proceso de erosión genética.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La conservación y mejoramiento de las poblaciones de plantas surgió a partir de la necesidad de preservar el germoplasma regional y paralelamente mejorarlo como una forma más adecuada para obtener nuevas variedades capaces de superar las características de las existentes y aglutinarse en una sola generación, siendo esta una de las herramientas más eficientes en la agricultura (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1996).

Para los investigadores, el canguil es un tipo de maíz primordial ya que se derivan de los procesos de adaptación a distintos escenarios agroclimáticos a lo largo de los tiempos (Culqui, 2015). Para ampliar el conocimiento sobre la diversidad y las características que poseen las especies vegetales y poder aprovechar la diversidad existente del germoplasma es necesario promover investigaciones encaminadas a la caracterización morfológica, agronómica y genética (Franco e Hidalgo, 2003).

Así, con el proceso de selección de individuos o familias se busca que las especies demuestren características requeridas en donde, con la mezcla de aquellas semillas, se logre obtener una nueva población adecuada a nuestras necesidades. Por lo tanto, el proceso de selección de familia de medios hermanos, busca que en cada ciclo de selección se obtengan estimados de varianza genética aditiva y de la heredabilidad de los caracteres (Chávez, 1995).

Por otro lado, en el ámbito de salud según Fontenot (2012), el canguil contiene un 4% de agua por lo que tienen mayor concentración de polifenoles (300 mg) que las frutas y verduras, los cuales aportan antioxidantes que permiten reducir el colesterol, regula la propagación de las células cancerígenas y puede prevenir enfermedades cardiovasculares.

En investigaciones previas realizadas en la Universidad Técnica del Norte se basaron en la caracterización agro-morfológica de maíz, raza canguil de diferentes tonalidades de color, la cual servirá como principal fuente de mejoramiento para la actual investigación a realizarse con las diferentes colecciones de canguil de coloración roja, tomando en cuenta el mejor rendimiento de las diferentes colecciones, su respectivo porcentaje de reventado y que puede diferenciarse del canguil importado y conseguir certificación de origen (Castañeda, 2020).

Esta investigación ayudó al proyecto que conlleva la Universidad Técnica del Norte, respecto al Fortalecimiento de las comunidades Indígenas de Cotacachi – Ecuador en la conservación y uso de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA), como mecanismo para la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de estos recursos, en conjunto con el Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, con la finalidad de buscar las mejores familias de una población de maíz, raza canguil rojo, todas ellas provenientes de la provincia de Imbabura.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar una población de medios hermanos de maíz raza canguil (*Zea mays* L. var. everta) en la Granja Experimental La Pradera provincia de Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el comportamiento agronómico del segundo ciclo de evaluación de una población de medios hermanos de maíz raza canguil bajo las condiciones de 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 procesos de mejora genética.

1.5 Hipótesis

Ho. – Las familias de maíz raza canguil (*Zea mays* L. var. everta), no difieren en su comportamiento agronómico ni en el reventado del grano.

Ha.- Las familias de maíz raza canguil (*Zea mays* L. var. everta), difieren en su comportamiento agronómico y en el reventado del grano.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

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

El maíz es uno de los principales cereales consumidos a nivel mundial, originario de América del Sur dado que sus aborígenes aprovechaban el valor alimenticio del grano como una característica vital para la vida humana. Actualmente este producto es una degeneración del original debido a su imposibilidad natural de reproducirse a no ser, gracias a la intervención del hombre (Jugenheimer, 1981). Esto se debe principalmente por la cubierta que no permite que los granos se dispersen, de tal modo que su sobrevivencia depende del factor humano (Rodríguez, 2015).

En el Ecuador el maíz es considerado uno de los cultivos más importantes. Su producción es destinada al consumo humano, elaboración de alimentos y balanceados para los animales. En el año 2017, la producción y rendimiento del cultivo obtuvo un 19% de la superficie nacional agrícola, el número de hectáreas corresponde a 66 289 ha, alcanzando una cifra de 444 623 ha (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2017).

2.1.1 Descripción taxonómica y botánica del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es un tipo de gramínea que se consume desde hace muchos años, pertenece al Reino: Vegetal; División: Magnoliophyta; Clase: Liliopsida; Subclase: Commelinidae; Orden: Poales; Familia: Graminaceae; Género: *Zea*; Especie: *Zea mays* L. y, presenta las siguientes características (Jugenheimer, 1988):

a) Raíz

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Consejo Nacional de Ciencia y tecnología [CONACYT], 2019).

b) Tallo

Presenta un tallo semileñoso, puede alcanzar una altura de dos a seis metros formado por la estructura meristemo apical, perfilo, hojas, nudos y entrenudos (Sánchez, 2014).

c) Hojas

Las hojas son alternas, sésiles y envainadoras, de forma lanceolada, ancha y áspera en los bordes, vainas pubescentes, lígula corta; llegan hasta un metro de longitud y su número es variable entre variedades, pero constante en cada variedad (Basantes, 2004).

d) Flores

La planta de maíz tiene dos inflorescencias, la primera inflorescencia es la flor femenina donde se forma la mazorca con la formación del grano y está cubierta totalmente por hojas, la flor masculina (Figura 1) es la segunda inflorescencia que se encuentra en la parte superior del tallo tiene forma de panoja con una espiga principal a través del cual surgen

ramificaciones laterales donde se localizan las flores masculinas y son productoras de polen (Paliwal, 2001).

Figura 4

Espiga de la planta de maíz (inflorescencia masculina)



e) Fruto

El fruto es una cariósida donde al ser fecundado el óvulo es cubierta por la semilla que se combinan juntamente para formar la pared del fruto (Figura 2) que consta de tres partes: pared, embrión diploide, endospermo triploide que es la parte más externa del endospermo y está en contacto con la pared del fruto (aleurona), en esta espiga cilíndrica que es fecundada tiende a llamarse mazorca porque está formada por granos en hileras, raquis, pedúnculo y la cubierta (Paliwal y Laffite, 2001).

Figura 5

Fruto de la planta de maíz (mazorca)



Fuente: Radamés (2006)

2.1.2 Proceso de polinización en el maíz

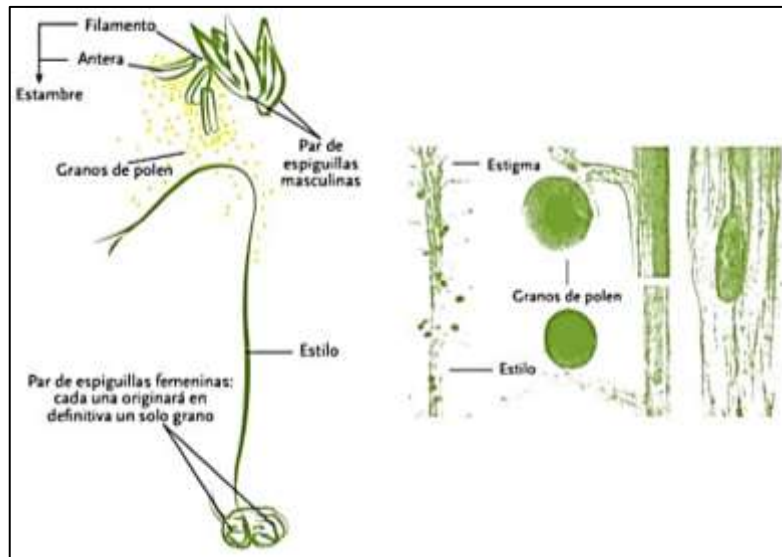
La polinización ocurre cuando la flor masculina o panoja transporta polen hacia los estilos de la espiga o flor femenina. Estos son receptados en toda su longitud ya que son húmedos

y pegajosos lo que permite la adherencia y germinación del grano de polen. Acto seguido son atrapados por los estilos que pueden colonizar varios de ellos (Urbina, 2015).

Cuando el polen ha caído sobre el estigma, se produce el proceso de fertilización, pero solo el primero que llega a germinar penetra al interior a través de su tubo polínico y este se alarga hasta alcanzar al óvulo y lograr fecundarlo para producir un grano de maíz (Figura 3). Esto sucede con todos los óvulos de la mazorca, llenándola de nuevos individuos en condiciones idóneas. Es importante señalar que aproximadamente el 95% de los óvulos de una mazorca sufren polinización cruzada y solo el 5% es autopolinizadas. En un proceso artificial de polinización, interviene la mano del hombre sobre todo para mejoramiento genético (Santoyo, 2004).

Figura 6

Polinización y granos adheridos al estilo y tubo polínico



Fuente: Urbina (2015).

2.1.3 Forma de reproducción en el maíz

Las plantas de maíz son alógamas, es decir, que tienen una reproducción sexual respectivamente, la panoja y la mazorca son las estructuras reproductoras masculinas y femeninas. La diseminación del polen comienza generalmente dos días antes de la aparición de los primeros estigmas y continúa por cinco u ocho días más, llegando a la diseminación máxima durante el tercer día. Los granos de polen se producen en las anteras, cuando estas se abren los granos de polen se diseminan entre las primeras horas de la mañana y el mediodía, el polen es ligero y muchas veces el viento lo transporta a través de distancias considerables. Sin embargo, la mayor parte de él se queda depositado en distancias que oscilan entre los 8 y 20 metros y son viables sólo de 18 a 24 horas (Delgado, 2016).

2.1.4 Razas de maíz a nivel mundial y nacional

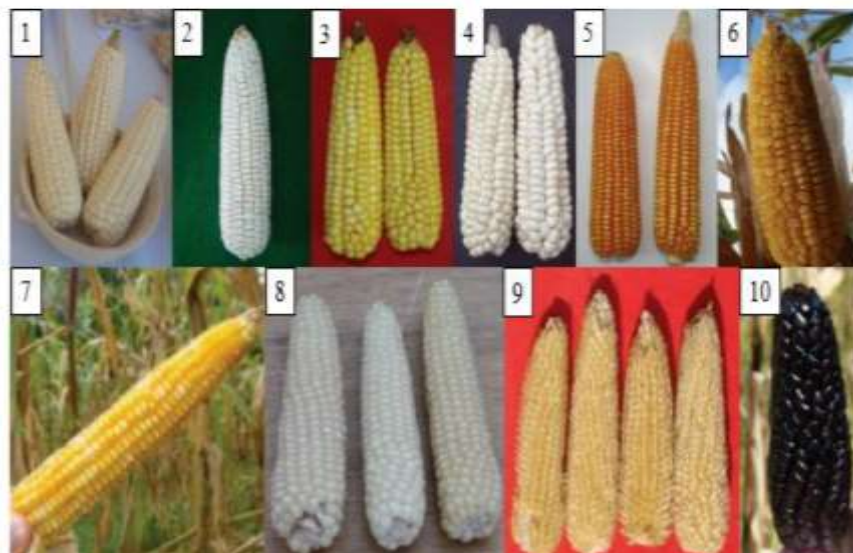
Con el cultivo de maíz se crearon diferentes sistemas de producción con el fin de que la especie fuera adaptada a diferentes pisos ecológicos, debido a su capacidad de adaptación y productividad. El maíz se ha extendido en todo el mundo llegando a ser la tercera cosecha de mayor importancia. Los principales productores son Estados Unidos, la República Popular China y Brasil (Asturias, 2004).

Según (Acosta, 2009) a nivel mundial se han obtenido más de 3003 razas y miles de variedades adaptadas a los más diversos ambientes ecológicos y a la preferencia de sus cultivadores. Desde la descendencia lineal se conocen seis razas: el Palomero, Toluqueño (raza reventona), Pira (maíces duros), Complejo Chapalote Nal-Tel, Cofite Morocho (maíces de ocho hileras), Chulpi (maíces dulces), Kculli (coloración de aleuronas y pericarpio).

A nivel nacional se reconocen 29 razas de maíz (Figura 4) que han sido introducidas desde la conquista de los incas (Valverde, 2015). Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 1981) en la sierra ecuatoriana se puede encontrar una amplia variabilidad genética en color, tamaño y textura del grano. Estas variedades se adaptan a diferentes ambientes, determinando así la existencia de algunas variedades criollas que son apreciadas por el agricultor debido a las características que tienen como un grano grande, harinoso, de color amarillo o blanco, de sabor ligeramente dulce y con pericarpio delgado.

Figura 7

Variedades vigentes de maíz en el Ecuador.



Nota: (1) Blanco harinoso, (2) Misqui sara, (3) Chaucho, (4) Zhima, (5) Almendra, (6) Chulpi, (7) Tusilla, (8) Morocho, (9) Canguil, (10) Racimo de uva

Fuente: Yáñez et al. (2013)

2.2 Descripción del maíz raza canguil

Entre las variedades criollas de maíz se encuentra el canguil, conocido internacionalmente como el reventón, y sus derivados. Los especímenes típicos se encuentran a 2260 m s.n.m.,

se puede apreciar variedades de color amarillo, blanco, rojo o morado. Presenta mazorcas cortas, delgadas y cilíndricas. Además, granos puntiagudos, puntas pequeñas y delgadas, con hojas angostas en la base y con presencia de aurículas, espigas densamente agrupadas (Timothy et al., 1963).

La mejor manera de describir una planta de maíz tipo canguil es comparando con una de tipo dentada. Estas son cortas, miden 1.5 m, tallos esbeltos, hojas largas y angostas. En comparación con el maíz amarillo la panoja es más grande y produce mucho más polen, su tallo es más pequeño, delgado y menos resistente. Las raíces adventicias no son muy pronunciadas, la hoja es más estrecha con una orientación más vertical (Ziegler y Hallauer, 2001).

El rendimiento en grano del maíz reventón es en peso, aunque no en número de granos. Este tipo de maíz no es un cultivo comercial común en los trópicos y se siembra en pequeña escala. En varios países de los trópicos los granos de maíces duros son usados como reventones o son tostados en arena caliente y consumidos como bocadillos (Paliwal y Laffite, 2001).

A continuación, se detallan las características abióticas para el desarrollo del maíz en condiciones de la Sierra ecuatoriana:

2.2.1 Clima

Para las diferentes etapas fenológicas del maíz se recomienda una temperatura de 15 a 20°C, para la germinación de semillas, 25 a 30° C, con alta incidencia de luz solar, para su crecimiento y para la fructificación una temperatura de 20 a 32° C (Oñate, 2016).

2.2.2 Suelos

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo, prefiriendo los suelos con pH entre 6 a 7. Para el crecimiento radicular se requiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir anegamiento que puede provocar la podredumbre radicular (Larrea, 2013).

2.2.3 Siembra

Se recomienda realizar la siembra cuando la temperatura del suelo alcance los 12° C. Se siembra a una profundidad de 5 cm. Se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación entre líneas es de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm (Contreras, 2010).

2.2.4 Riego

El maíz es un cultivo que puede tener estrés de sequía en cualquier momento de su ciclo vegetativo y más cuando raramente es cultivado bajo riego. La cantidad consumida por la planta durante su ciclo está alrededor de 600 mm. Si llega a tener dos días de estrés hídrico en la fase de floración puede disminuir el rendimiento en más de un 50% (Vargas, 2012).

El maíz es un cultivo exigente en agua, cuando está bien irrigado transpira cerca de 350 g de agua por cada gramo de materia seca producida sobre la tierra. En el campo existen pérdidas

adicionales por evaporación del suelo y solo una fracción de materia seca que se ha producido puede formar el grano, lo que significa que un cultivo con buena disponibilidad de agua. Usa alrededor de 800 a 1000 gramos de agua por cada grano producido. Los riegos se realizan por gravedad y las necesidades hídricas varían a lo largo del periodo fenológico (Laffite, 2001).

2.2.5 Fertilización

Es recomendable hacer un análisis de suelo, se puede recomendar 120-100-80 kg/ha más 20 kg de Mg/ha; el N y K debe fraccionarse: 40 % siembra y 60 % a los 30-40 días (Basantes, 2015). Para la fertilización química se debe aplicar 40-40-40, al momento de la siembra, a los cuarenta días después de la siembra se recomienda una segunda aplicación de sulfato de amonio. El fertilizante se deposita en el fondo del surco a una profundidad de quince centímetros para evitar que la semilla se quemé (Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2008).

Los abonos orgánicos pueden ser combinados con fertilizantes inorgánicos (N, P, K) lo cual constituye una alternativa de manejo. Con esto se logrará un mayor incremento del rendimiento también aumentará en el suelo el contenido de materia orgánica, P, Ca, Mg y K (Arrieche y Ruíz, 2014).

2.2.6 Cosecha

La cosecha de maíz se realiza cuando las hojas de las plantas se amarillan y secan completamente el contenido de humedad. El grano debe estar bajo el 14.5%, esto es cuando haya alcanzado su madurez fisiológica. En el ápice del grano aparece una capa negra, al no ser funcional esta capa de células interrumpe la conexión entre el grano y la corona y no podrá llegar más materia seca al grano obteniendo un 30- 35% de humedad, que irá disminuyendo según la temperatura ambiental del lugar (Paliwal y Laffite, 2001).

La cosecha mecanizada se realiza con un 28% de humedad, no siendo recomendable que descienda a menos del 15%. Arriba o abajo de estos límites los granos se aplastan, se parten o se pulverizan. En general, las formas más comunes son la cosecha manual, semi mecanizada y mecanizada (Vitery, 2011).

2.3 Métodos de selección

Cruz (1981) menciona que la selección recurrente se define como la selección sistemática de los individuos deseables de una población, seguida por una recombinación para formar una nueva población. Las distinciones entre los métodos de selección recurren principalmente a diferencias de la unidad de selección, la unidad de recombinación y el control parental. También dice que la efectividad de la selección recurrente depende de la variabilidad genética, de las frecuencias génicas de la población original y de la heredabilidad de las características bajo selección.

2.3.1 Selección masal

Gómez et al. (1998) señalan que el mejoramiento del maíz en la actualidad está enfocado a la obtención de híbridos de alta capacidad de rendimiento. Es deseable, por lo tanto,

determinar el valor productivo de estos a las condiciones ecológicas donde se evalúan, y determinar si algunos de los caracteres agronómicos medidos están asociados al rendimiento. Con base en los resultados del coeficiente de correlación se puede emplear aquellos caracteres que pueden, ser útiles como índices de selección, para obtener híbridos de maíz altamente productivos, en el futuro (Blasutti, 2004).

La selección masal está considerada en la actualidad como el único método de mejoramiento tan viejo como la agricultura. Se cree que las variedades de maíz que llegaron hasta nosotros se lograron gracias a este tipo de selección, que empleaba el hombre precolombino. En este aspecto Allard (1967) indicó que se originó indudablemente al comenzar la domesticación del maíz y, consiste en la selección de mazorcas individuales con base a sus propias características y las de la planta que las produce y cuya semilla se mezcla para la siembra de la siguiente cosecha y así sucesivamente. Las características como se practicó originalmente son:

- No hay control de polinización
- Selección fenotípica de plantas individuales que presentaban las características más sobresalientes.
- La selección estaba basada en el fenotipo materno.

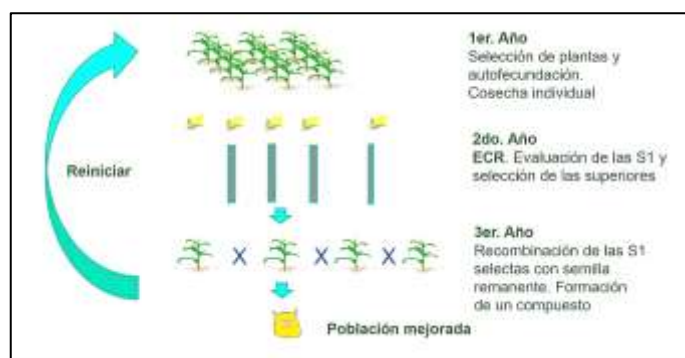
Por las condiciones básicas de la selección masal, forma de polinización, Lonnquist y Gardner (1960) definieron como un procedimiento de selección recurrente; de un grupo de individuos se escogen los más sobresalientes. Estos se cruzan entre sí libremente y de su descendencia se escogen otros individuos con características fenotípicas deseables. Se forman otra población y así sucesivamente el progreso continuo por tiempo indefinido.

2.3.2 Selección de familias de medios hermanos

En cuanto a la selección de medios hermanos se lleva a cabo en su fase intrafamiliar en el lote del campo experimental, en donde se plantea no hacer el lote de desespigamiento en la etapa de selección intra sublote. Por el contrario, sembrar a las familias como tales; es decir, sembrar a las familias en un lote de polinización libre. Con esto se realizará un ajuste de la endogamia por las mayores frecuencias de polinización entre plantas vecinas de cada familia, y entre plantas vecinas de familias contigua (Márquez, 2011) (Figura 5).

Figura 8

Esquema general del método de selección de medios hermanos



Fuente: Biasutti (2020)

Los métodos de selección de la mazorca es un método de selección recurrente intrapoblacional. Dicha modificación estriba en que se utiliza más de un ambiente para evaluar las familias de medios hermanos. Esto permite estimar la interacción genotipo ambiente, combinando los resultados a través de ambientes para determinar las mejores familias para recombinar. Weibel y Lonquist (1967), indican que es un procedimiento que ha demostrado ser efectivo en la selección de individuos genotípicamente superiores, el método es esencialmente una combinación de prueba de progenies de medios hermanos y selección masal.

Aguirre (1983), señala que la selección recurrente comprende la obtención de los individuos deseables de una población, para posteriormente recombinarlos y formar una nueva población. El mismo autor confirma que este proceso puede continuar mientras el carácter por el cual se está realizando el mejoramiento manifieste ganancias, esta se ha utilizado para mejorar diferentes caracteres de las plantas, tales como resistencia a plagas y enfermedades, rendimiento, altura, precocidad, contenido de proteínas y aceite, etc., los métodos de selección recurrente se llevan a cabo entre poblaciones (inter poblacional) y dentro de una población (intra poblacional).

Una revisión de una encuesta hecha por Pandey y Gardner (1992) sobre los métodos de selección recurrente usados en el mejoramiento del maíz tropical mostró que la mayoría de los mejoradores usaban el sistema de selección de familias de medios hermanos y modificaron el sistema mazorca-por-surco sugerido por Lonquist y Garden (1960) y CYMMYT (1974). Para aclarar mejor estos conceptos Chávez (1995) utiliza un ejemplo práctico; y manifiesta que la semilla proveniente de una mazorca de polinización libre al sembrarla en forma individual (mazorca por surco). Las plantas que se desarrollan en el surco es una familia de medios hermanos, debido a que las plantas del surco tienen el progenitor femenino común y diferentes padres, porque los estigmas se polinizaron con granos de polen de diferentes plantas macho.

2.3.3 Selección mazorca por surco

El interés de la simple selección mazorca por surco disminuye sustancialmente a causa de la limitada respuesta a la selección por razones similares a aquellas mencionadas en el caso de la simple selección masal (Blasutti, 2004). Lonquist (1960) sugirió un esquema mazorca por surco modificado para obtener mayor discriminación de las diferencias genéticas entre familias de medios hermanos y un mayor control de los parentales durante el cruzamiento. Estas modificaciones mejoraron considerablemente la respuesta a la selección.

Lonquist (1960) y Weibel y Lonquist (1967) mencionados por Jugenheimer (1981), evaluaron la selección mazorca por surco modificada en una población de maíz para rendimiento de grano, el método comprende la selección entre y dentro de familias de medios hermanos, proporcionando rendimientos promedios que llegaron a un incremento de 9.44 por ciento. Una comparación con datos publicados anteriormente usando la selección masal en la misma variedad indica que el procedimiento mazorca-por-surco modificado es más efectivo que la selección masal sola para mejorar el rendimiento, concluyendo que la selección mazorca-por-surco ha sido efectiva en la modificación de la composición química

y de la altura de la mazorca y útil para mejorar el rendimiento de variedades inadaptadas (Egidio, 1981).

En el esquema de Compton y Comstock (1976) se muestra que las familias de medios hermanos, aquellas seleccionadas son usadas para sembrar las parcelas aisladas para las recombinaciones. La principal ventaja de este esquema es que los surcos polinizadores y los gametos masculinos provienen de familias de medios hermanos. Estas son evaluadas en una estación y solamente la semilla sobrante de seleccionadas; de este modo las ganancias pueden ser mayores.

2.4 Marco legal

La presente investigación se encuentra dentro de lo establecido por las leyes y artículos que rigen al Estado Ecuatoriano; en la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, semilla y fomento de la agricultura, las semillas nativas son considerados patrimonio del Estado y parte de los recursos filogenéticos para la alimentación y la agricultura (Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, semilla y fomento de la agricultura [LOASFAS], 2017) y dentro de la Constitución Política del Ecuador establecido en el 2008 en el Capítulo segundo, Derechos de buen vivir, en los Art.13 mencionan que las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente productos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

Además, en los Objetivos del Desarrollo Sostenible, se indica que se debe asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

De la misma manera explica que se debe mantener la diversidad genética de las semillas, las plantas cultivadas y los animales de granja y domesticados y sus especies silvestres conexas, entre otras cosas mediante una buena gestión y diversificación de los bancos de semillas y plantas a nivel nacional, regional e internacional, y promover el acceso a los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales y su distribución justa y equitativa, como se ha convenido internacionalmente (ONU, 2015).

Debido a lo anterior mencionado cabe recalcar que el sector maicero del Ecuador cuenta con oportunidades de desarrollo debido a la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura, en la cual se respalda en varios artículos como el Art. 281, numeral 6 de la Constitución Ecuatoriana en el cual textualmente se menciona que se establece la responsabilidad estatal de 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 (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental La Pradera, ubicada en la parroquia de Chaltura (Figura 6). Se consideró este lugar como sitio de estudio ya que tiene una altitud de 2350 m s.n.m. y el maíz raza canguil se cultiva a partir de 2 260 m s.n.m. que son condiciones apropiadas para la misma, tanto sus características geográficas (Tabla 1).

Tabla 1

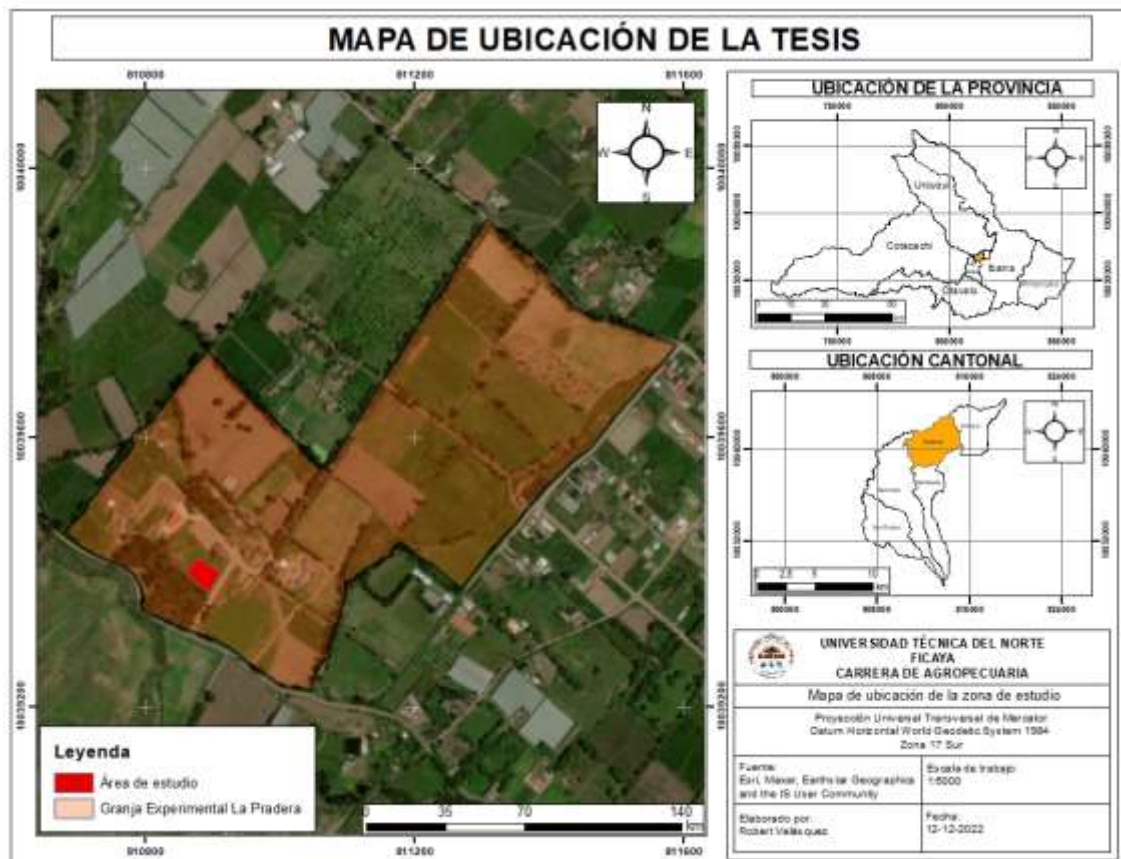
Características geográficas del área de estudio

Provincia	Cantón	Parroquia	Altitud	Latitud	Longitud
Imbabura	Antonio Ante	Chaltura	2243 m s.n.m.	0° 21' 19" N	78° 11' 32" O

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante (2017)

Figura 9

Mapa de ubicación de la Granja Experimental "La Pradera"



3.2 Materiales

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

3.2.1 Material genético

Se utilizó semillas de maíz raza canguil de color rojo, provenientes de la campaña de selección masal realizada durante el ciclo 2020-2021 en la Granja Experimental La Pradera (UTN) y en la Sección Oriental de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. La semilla fue seleccionada por el Programa de Maíz en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. La población estaba compuesta por 136 familias (o mazorcas) de canguil rojo seleccionadas.

Los materiales utilizados en la investigación se detallan en la tabla 2.

Tabla 2

Materiales utilizados en la investigación

Materiales	Maquinaria	Insumos	Herramientas	Equipos
Estacas	Rastra	Fertilizantes	Azadón	Medidor de humedad
Cinta métrica	Tractor	Insecticidas	Rastrillo	Balanza
Azadón	Arado	Herbicidas	Aspersores	Canguilera
Rastrillo		Semilla	Bomba de mochila	Computadora
Libro de campo				Base de datos
Mangueras				
Letreros informativos				
Calibrador				

3.3 Métodos

La presente investigación es de tipo experimental en donde, a través del método de selección de medios hermanos, que, en breve, es aquella que consiste en llevar a cabo su fase intrafamiliar en el lote del campo experimental, con una polinización libre. Se busca una mejora genética promisorio del maíz (*Zea mays* L. var. everta) raza canguil rojo en la provincia de Imbabura.

3.3.1 Factor en estudio

En la presente investigación, el factor de estudio está representado por 136 familias de maíz raza canguil rojo, provenientes de investigaciones previas.

3.3.2 Diseño experimental

En la investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con dos repeticiones, en donde cada familia se sembró en surcos de 3 m separados a 0.80 m y una distancia de 0.50 m entre planta y planta como se muestra en la figura 7.

Figura 10

Diseño experimental implementado en campo



Nota: F: Familia; A: Segunda ubicación

3.3.2.1 Características del experimento

- Factor en estudio/familias: 136
- Número de unidades experimentales: 272
- Área total del ensayo: 1500 m²

3.3.2.2 Características de la unidad experimental

En un principio fueron 272 unidades experimentales, pero con el tiempo se perdió una, ya que esta no fue sembrada. Por lo tanto, se estudiaron 271 unidades experimentales con las características descritas en la Tabla 3.

La parcela neta y unidad experimental se detallan de mejor manera en la Figura 8.

Tabla 3

Detalle de la unidad experimental

Datos	Medidas
Área de la unidad experimental	2.4 m ²
Distancia entre surco	0.8 m
Distancia entre punto de siembra	0.5 m
N° de puntos de siembra	7
N° de semillas por punto	2
N° de plantas por unidad experimental	14

Figura 11

Unidad experimental identificando la parcela neta



Nota: la parcela neta se detalla en el recuadro interno

3.3.4 Análisis estadístico

Los trabajos de selección de especies se describen morfológicamente usando el programa InfoStat versión 2020, en donde se procedió a realizar las siguientes pruebas: estadística descriptiva, análisis de varianza con la prueba de LSD Fisher, análisis de conglomerados y Kruscall Wallis.

3.4 Variables evaluadas

Las variables se detallan de acuerdo con su desarrollo vegetativo de la planta, en la mazorca después de la cosecha y grano después de la trilla.

3.4.1 Datos a evaluar en la etapa de floración

3.4.1.1 Días a la floración femenina

Llegando el cultivo a los 80 días después de la siembra, se realizó el conteo de las familias que presentaban floración femenina (llamadas “señoritas” en la planta de maíz) (Figura 9). Este monitoreo se realizó cada 3 días hasta que todas las familias culminaron con esta etapa.

Figura 12

Registro de número de días a la floración femenina



3.4.1.2 Altura de la planta (m)

Esta variable se midió en 5 plantas de cada subparcela, fueron seleccionadas al azar previamente y se midió en centímetros usando una cinta métrica y una regla de madera. Se realizó la medición sobre el eje principal donde están insertadas las hojas y los complejos axilares, desde el punto de inserción de la raíz hasta la base de la espiga (Figura 10).

Figura 13

Registro de la altura de la planta (m)

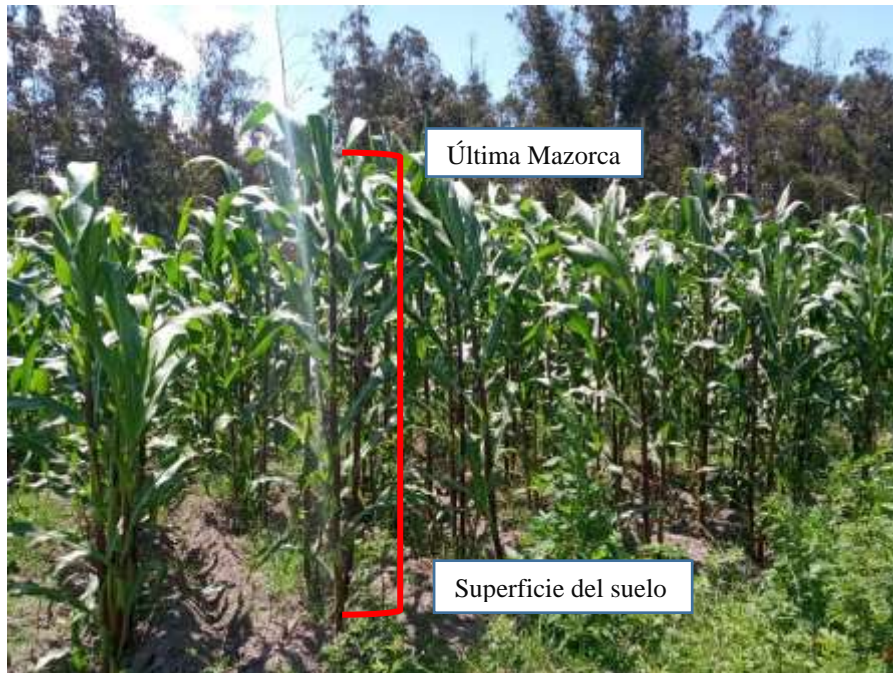


3.4.1.3 Altura de la última mazorca (m)

Para la altura a la última mazorca se midió la longitud comprendida entre el punto de inserción de las raíces hasta el nudo de inserción de la última mazorca de la planta, los datos se registraron después de la floración (Figura 11)

Figura 11

Registro de la última mazorca (m)



3.4.1.4 Acame de raíz

En cada familia se contabilizó el número de plantas que presentaba acame de raíz y se calculó el dato en porcentaje. 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. La variable se tomó dos semanas antes de la cosecha (Figura 12).

Figura 12

Registro de porcentaje de acame de raíz



3.4.1.5 Acame de tallo

En cada familia se contabilizó el número de plantas que presentaba acame de tallo y se calculó en porcentaje. Esto se realizó tomando en cuenta las plantas que se encontraban dobladas y formaban un ángulo de 45° o más desde la parte media del tallo. La variable se tomó dos semanas antes de la cosecha (Figura 13).

Figura 13

Registro de porcentaje de plantas con acame de tallo



3.4.1.6 Número de mazorcas por planta

Se realizó el conteo de mazorcas de cada una de las cinco plantas seleccionadas en las subparcelas específicas, para esto no se tomó en cuenta el efecto borde. Esta variable se midió una sola vez al final de la etapa de fructificación (Figura 14).

Figura 14

Conteo de número de mazorcas por planta



3.4.1.7 Peso de la mazorca (g)

Para registrar los datos se tomó en cuenta cinco mazorcas de cada familia y posteriormente se colocó en una balanza gramera, para luego registrar los datos en una libreta de campo. Cabe mencionar que no se tomó en cuenta el color de las mazorcas (Figura 15).

Figura 15

Registro del peso de 5 mazorcas



3.4.1.8 Longitud de la mazorca (cm)

Con ayuda de un calibrador, se realizó la medición en centímetros desde la base de inserción en el pedúnculo hasta el ápice de la mazorca de las cinco mazorcas previamente seleccionadas (Figura 16).

Figura 146

Evaluación de la longitud de la mazorca con la ayuda del calibrador (cm)



3.4.1.9 Diámetro de la mazorca (cm)

A las mismas cinco mazorcas previamente seleccionadas, se les realizó la evaluación del diámetro de la mazorca, tomando como referencia la parte media de la mazorca (Figura 17).

Figura 157

Evaluación del diámetro de la mazorca con la ayuda del calibrador (cm)

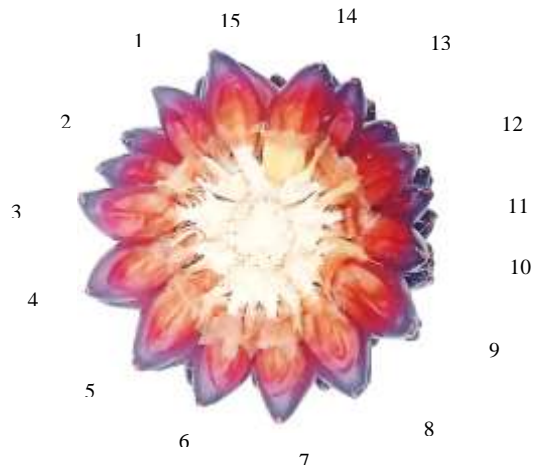


3.4.1.10 Número de hileras por mazorca

Se realizó el conteo del número de hileras que contienen cada una de las cinco mazorcas previamente seleccionadas por cada familia (Figura 18).

Figura 168

Conteo del número de hileras en la mazorca



3.4.1.11 Color de mazorca

Se cosecharon todas las mazorcas de cada unidad experimental y se separaron por colores como rojas, blancas, amarillas, rosadas, moradas, negras y anaranjadas, se contó el número de mazorcas por cada familia de medios hermanos (Figura 19).

Figura 179

Mazorcas de varios colores tomadas de una misma familia



3.4.1.12 Peso del grano (g)

Se separaron 100 granos de maíz de cada accesión, los cuales fueron llevados a un recipiente y pesados en una balanza (Figura 20).

Figura 20

Registro del peso de 100 granos con ayuda de una balanza (g)



3.4.1.13 Apariencia física del grano

a) Longitud del grano (cm)

Se apartó aleatoriamente 10 granos de cada accesión y con ayuda de un calibrador se tomó la medida de la longitud del grano de las 136 familias en estudio (Figura 21A).

b) Ancho del grano (cm)

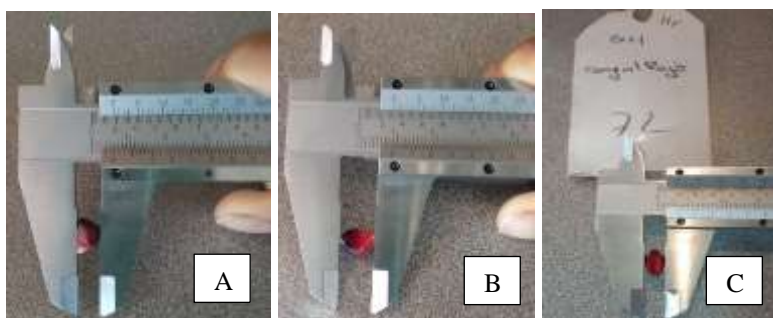
De la misma manera, se apartó aleatoriamente 10 granos de cada familia y con ayuda de un calibrador se tomó la medida del ancho del grano de las 136 familias en estudio (Figura 21B).

c) Grosor del grano (cm)

Por otro lado, se apartó aleatoriamente 10 granos de cada accesión y con ayuda de un calibrador se tomó la medida del grosor del grano de las 136 familias en estudio (Figura 21C).

Figura 21

Registro de la medida del grosor del grano con calibrador (cm)



3.4.1.14 Porcentaje de reventado

Después de la cosecha, se realizó la trilla de las mazorcas y posterior a eso se llevó a cabo la evaluación correspondiente al reventado del grano, tomando en cuenta que existió una humedad entre 14 y 15% en la muestra de 50 granos de canguil y con ayuda de una máquina canguilera se procedió a reventar el grano, dejando actuar por un tiempo de 1 minuto. Se contabilizaron los granos que reventaron en su totalidad y aparte los que no reventaron (Figura 22).

Figura 182

Registro del porcentaje de reventado



Nota: (A)Conteo de 50 granos para posteriormente realizar el reventado, (B) Máquina canguilera.

3.6 Manejo específico del experimento

a) Preparación del terreno

Se realizó de manera mecánica utilizando el tractor con acoples de arado y rastra para eliminar restos del cultivo anterior y lograr que el suelo quede suelto y sin terrones para la siembra. De la misma manera se realizaron surcos con una distancia de 0.80 m y finalmente se realizó un riego pre-siembra para permitir que la semilla tenga una mejor germinación (Figura 23). Todo este proceso tuvo lugar 7 días antes de la siembra.

Figura 193

Labores de preparación del terreno



b) Semillas utilizadas

Las muestras de maíz fueron colectadas en investigaciones previas que se realizaron en la Granja Experimental La Pradera, y la Sección Oriental de la Estación Santa Catalina del INIAP, correspondientes a la Campaña 2020-2021. Las semillas llegaron en paquetes de papel. Cada bolsa de papel contenía alrededor de 21 semillas de canguil (Figura 24).

Figura 204

Semillas de maíz ubicadas en campo según el número de familia



c) Delimitación del terreno

El área donde se estableció el cultivo fue en La Granja Experimental La Pradera. Las medidas del lugar se detallan en la tabla 2. Se utilizó una cinta métrica, piola y estacas para la delimitación de las parcelas. Este proceso se realizó el mismo día de la siembra con ayuda del personal encargado del INIAP y estudiantes de la carrera (Figura 25).

Figura 215

Delimitación del terreno para la siembra de maíz tipo canguil rojo



Nota: Delimitación del terreno (A); Siembra (B)

d) Diseño de parcelas

Se realizaron dos tipos de ubicaciones de siembra: en la primera se realizaron 136 parcelas que correspondían a cada familia de medios hermanos, los mismos que estuvieron conformados por un surco. Cada dos surcos se colocó una hilera de surcos machos, compuestos por una mezcla balanceada de semillas de toda la población. En la segunda ubicación se colocaron las 136 parcelas seguidas, sin necesidad de saltarse un surco (Figura 26).

Figura 226

Diseño de parcelas en el espacio designado de la Granja La Pradera



e) Siembra

Para la siembra se depositaron tres semillas por punto de siembra con una distancia de 0.50 m entre planta y 0.80 m entre surco. La medida entre cada punto de siembra se realizó con una herramienta en donde la distancia estaba marcada para facilitar el trabajo del operario. Se realizó todo este proceso con ayuda de estudiantes de la carrera de Agropecuaria y encargados del INIAP.

f) Fertilización

Se realizó la fertilización acorde a las recomendaciones brindadas por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas del INIAP, Estación Santa Catalina (Tabla 4), basadas en el respectivo análisis de suelo y los requerimientos que tiene el cultivo en sus diferentes etapas fenológicas (Yáñez et al., 2013) (Anexo 1 y 2).

Tabla 4

Fertilización utilizada en la investigación

Resultados del análisis de suelo (ppm)	Fertilizante utilizado	Cantidad recomendada (kg/ha)	Cantidad para la investigación (kg/ área experimental)	Etapas del cultivo
N= 53 B P= 25 B	Abono completo (10-30-10)	150	22.5	Siembra
K= 0.11 B	Sulpomag (K=22; S=13)	50	7.5	
S= 6 B	Urea (N=46)	200	30	3 a 4 hojas (45 días dds)

Nota: B= Bajo

g) Riego

Se realizó el primer riego dos días antes de la siembra a través de riego por gravedad. En el día de la siembra se aplicó riego por aspersión ubicando los aspersores en tres diferentes lugares para alcanzar a cubrir con totalidad el terreno. Durante las primeras etapas vegetativas (primeros 60 días), no se aplicó ningún tipo de riego gracias a que las lluvias ayudaron al cultivo a desarrollarse de la mejor manera. Transcurridos 120 días se realizó el último riego que fue a gravedad, esto para ayudar a la etapa de fructificación en donde el cultivo necesita una cantidad considerable de agua (Figura 27).

Figura 27

Riego de la parcela



h) Labores culturales

La labor de deshierbe se realizó juntamente con el rascadillo a los 35 dds, para esto se utilizó un azadón como herramienta. Dos días después se realizaron las labores de raleo, el cual consistió en arrancar una planta de cada punto de siembra, dejando así un total de dos, esto tratando de eliminar las plantas con tallos más delgados o plantas atípicas. En cuanto al aporque tuvo lugar con la aplicación de fertilizante a los 55 dds, aprovechando el uso de maquinaria de tipo animal que fue el caballo con un acople y un operario (Figura 28).

Figura 28

Labores culturales realizados en el cultivo



Nota: Rascadillo y deshierbe(A); Raleo (B); Aporque y aplicación de fertilizante (C)

i) Controles fitosanitarios

Con los monitoreos correspondientes realizados a los 52 dds se logró identificar que podía existir un ataque de Gusano cogollero (*Helicoverpa armigera*) hacia el cultivo, para lo cual se realizó una sola aplicación de un insecticida a base de Clorpirifos como método preventivo. Posterior a esto, a los 108 dds se realizó otro monitoreo y se encontró un ataque de la plaga Mosca del choclo (*Euxesta stigmatias*). Para su control se realizó una sola aplicación de un insecticida a base de Spinosad (Figura 29). Todas las aplicaciones realizadas, estaban contempladas en la Guía del Cultivo de Maíz (2021) del INIAP (Tabla 5).

Tabla 5

Herbicidas e insecticidas utilizados en el cultivo

Herbicida/Insecticida		Dosis		Época de aplicación	Tipo de maleza/Insecto
Ingrediente activo	Por hectárea	Por bomba de 20 litros			
Atrazina	2 kg	100 g		Preemergencia	De hoja ancha y angosta
Clorpirifos		20 cm ³		25 – 30 dds	Gusano Cogollero
Spinosad		20 cm ³		60 dds	Mosca de choclo

Figura 29

Aplicación de insecticidas para control fitosanitarios



j) Cosecha

Antes de realizar la cosecha se doblaron los tallos de maíz para ayudar a secar las mazorcas y proteger de las enfermedades y el daño de plagas, esta actividad se realizó una semana antes de la cosecha, cuando las mazorcas se encontraban en la etapa de madurez fisiológica. Para esta práctica se contó con la ayuda de personal del INIAP, estudiantes y docentes de la carrera Agropecuaria. El material recolectado se fue guardando, de acuerdo con cada familia, en pequeños sacos de plástico para facilitar su transporte hacia el lugar de almacenamiento. (Figura 30).

Figura 30

Cosecha con ayuda de estudiantes y personal INIAP



Nota: Explicación de la cosecha por parte del tesista hacia los estudiantes (A); Explicación del manejo post-cosecha por parte del personal del INIAP (B)

k) Desgrane y almacenamiento

Seguido de la cosecha las mazorcas de cada accesión fueron secadas durante 15 días hasta que tuvieron un porcentaje de humedad entre un 14- 15%. Este material se guardó en fundas de plástico, cada una con su respectiva etiqueta (Figura 31)

Figura 231

Secado y almacenamiento de las 136 familias en estudio.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se utilizaron 136 familias de maíz raza canguil rojo (*Zea mays* L. var. everta), a las cuales se les evaluaron 16 variables cuantitativas y cualitativas. Los resultados de esta evaluación se describen a continuación:

4.1 Variabilidad morfológica de datos cuantitativos

En este estudio se observó que los descriptores cuantitativos presentaron valores de coeficiente de variación por encima del 10%. Franco e Hidalgo (2003) lo consideran como el límite mínimo para la expresión de variabilidad.

Patel et al. (2001), mencionan que en los ensayos agrícolas para mostrar la presencia de variabilidad el coeficiente de variación (CV) debe estar en rangos entre un 6-8%, por esta razón, en la investigación los datos obtenidos producto de la evaluación agronómica presentaron valores por encima de 10 %.

En el caso de las variables de acame de tallo y raíz presentaron el valor más alto de CV con valores de 145.93% y 152.67% (mínimos y máximos de 0-5.5% y 0-3%) respectivamente, que influyen en la variabilidad del maíz tipo canguil, mientras que la variable de días a la floración femenina presentó el CV de 3.54% (mínimo y máximo de 85 – 102.5) convirtiéndose en la característica con menor variabilidad (Tabla 6).

Tabla 6

Variabilidad morfológica de datos cuantitativos encontrados en 136 familias de maíz raza canguil

Variable	n	Media	D.E.	C.V. (%)	mín.	máx.
Días a la floración femenina	136	94.90	3.36	3.54	85	102.50
Altura de la planta (m)	136	2.68	0.19	7.20	2.26	3.15
Altura de la última mazorca (m)	136	2.18	0.19	8.84	1.76	2.65
Acame de tallo (%)	136	0.47	0.69	145.93	0.00	5.50
Acame de raíz (%)	136	0.47	0.71	152.67	0.00	3.00
Número de mazorcas por planta	136	1.51	0.26	17.42	0.80	2.40
Peso de la mazorca (g)	136	55.07	8.37	15.21	31.20	74.90
Longitud de la mazorca (cm)	136	10.18	0.86	8.47	7.85	12.49

Diámetro de la mazorca (cm)	136	3.18	0.19	6.10	2.73	3.65
Número de hileras por mazorca	136	14.08	1.01	7.16	11.40	16.80
Peso de 100 granos (g)	136	18.28	2.48	13.56	13	26
Longitud del grano (cm)	136	0.62	0.04	6.88	0.55	0.75
Ancho del grano (cm)	136	1.03	0.06	5.93	0.89	1.21
Grosor del grano (cm)	136	0.48	0.03	7.11	0.40	0.60
Porcentaje de reventado (%)	136	43.66	14.07	32.22	10	81

A continuación, se presenta los resultados por variable encontrado del análisis poblacional:

4.2 Días a la floración femenina

La variable días a la floración femenina fue registrada cuando el 50% de las plantas de cada familia presentaron sus estigmas. Al realizar el análisis estadístico se encontró que las flores se empezaron a presentar desde los 85 hasta los 102.5 días después de la siembra con una media de 94.9 días (Tabla 6). Es así que el 6.6% de la población (nueve familias) presentaron días a la floración entre 85 y 88 días, estas familias fueron: 10, 50, 79, 84, 88, 89, 90, 91 y 128. Por su parte, 5.8% de las familias evaluadas (ocho) resultaron ser las más tardías con más de 100 días a la floración, estas familias fueron: 21, 71, 76, 100, 106, 119, 132 y 136.

En la investigación realizada por Lima (2021) los estigmas se presentaron a partir de los 80 hasta los 94 días después de la siembra, valores que se encuentran dentro de los rangos encontrados en este estudio, pues de ese ensayo se obtuvo el material para la presente.

De acuerdo con el rango de días expuesto en la investigación se le puede considerar como una floración precoz, esto debido a que, en las razas de maíz la floración se da en un período de 95 días (Caviedes, 2003), siendo una característica de interés agronómico, ya que los tiempos de floración influyen en los tiempos de cosecha.

4.3 Altura de la planta (m)

Esta variable se tomó 15 días antes de la cosecha de la mazorca, en el análisis estadístico se obtuvo una media de 2.68 m, se pudo encontrar alturas mínimas de 2.26 m y máximas de 3.15 m (Tabla 6). Es así que el 20.5% de la población (28 familias) resultaron ser las plantas más pequeñas de hasta 2.5 m, estas familias fueron: 8, 10, 23, 25, 28, 30, 33, 35, 48, 52, 80, 81, 97, 102, 107, 108, 115, 117, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 133, 134, 135 y 136.

Marín (2008) evaluó variedades comerciales de maíz en relación a su ciclo de maduración y una de las variables evaluadas fue altura de planta, todas sus variedades dieron un valor de 0.45 m al obtener estos resultados menciona que las plantas con una altura de menor tamaño

no son ideales para la obtención de nuevas variedades para grano ya que no presentan diferencias para ese carácter.

Los resultados de la presente investigación muestran diferencias con los obtenidos por Castañeda (2020) donde las muestras evaluadas presentaron alturas entre 0.8 m y 2.11 m. Por otro lado, Lima (2021) obtuvo plantas con alturas que van desde los 2.9 m y 3.07 m. Ambos autores evaluaron germoplasma de canguil, lo que significa que en el presente estudio el cultivo presenta plantas con mayor altura.

Este comportamiento no es apreciado al momento de realizar una mejora genética. Como menciona el autor Vásquez (2016), donde indica que un exceso de altura de planta no es muy aceptable para muchos agricultores y fitomejoradores, debido a que la plantación es muy susceptible al acame. Lo que concuerda con los datos que presentaron las familias con mayor porcentaje de acame, las cuales fueron las plantas más altas del cultivo.

Vega (1972) señala que en el proceso de selección las plantas con altura superior a 2.5 m son más propensas a ser dobladas ya sea por el viento o lluvias fuertes, esto da como resultado pérdidas en los predios, por otro lado, al ser plantas con menor altura, se encargarán de distribuir los nutrientes a los frutos y ayudarán en términos de rendimiento lo que se busca en procesos de selección.

4.4 Altura de la última mazorca

La altura de la última mazorca fue medida en la etapa final de fructificación del cultivo. Cabe mencionar que la altura a la última mazorca se tomó desde la superficie del suelo, hasta la inserción de la mazorca más alta con el tallo. En el análisis estadístico se obtuvo como resultado una media de 2.18 m por lo cual se encontró plantas con alturas de 1.76 m como mínimo y 2.65 m como máximo (Tabla 6).

En un estudio realizado por Acosta (2013) observó que alturas de la mazorca superior tenían valores de 1.29 m como mínimo y 1.4 como máximo, Según Tercero (2004) deduce que la inserción de la mazorca es directamente proporcional a la altura del tallo, menciona que las mejores mazorcas se encuentran en la altura media de la planta. Lo que concuerda con Carrasco y Pineda (2009) que señalan además que la inclusión de mazorca determina el aumento de rendimiento en el grano mientras más abajo aparezca la mazorca, mejor será el rendimiento.

4.5 Acame de raíz

En términos generales, no hubo presencia de acame de raíz en las familias de canguil evaluadas, sin embargo, solo el 3% de la población presentó esta característica (Tabla 6). García (2003) indica que el acame de raíces en maíz dulce (*Zea mays* L.) es una de las principales causas de pérdidas de rendimiento debido a las dificultades que ocasionan la caída de las plantas al momento de realizar la cosecha mecánica.

Según Morales (2021) y Blessing (2009) la distancia entre nudos es un factor para el acame, mientras más largos más susceptibles, en el presente estudio no se evaluó el largo de entrenudos, sin embargo, al ser plantas mayores a 2.5 m son propensas a sufrir este daño.

4.6 Acame de tallo

En términos generales, no hubo presencia de acame de tallo en las familias de canguil evaluadas, sin embargo, solo el 5.5% de la población presentó esta característica (Tabla 6). Analizando la variable de altura de la planta, Chassaingne (2015) en su estudio, indica que la variedad DANAC-5023 de maíz, es de porte bajo y obtuvo menores porcentajes de acame de tallo y de raíz. Llegó a presentar 4%, asemejándose a lo encontrado en la presente investigación, que se obtuvieron porcentajes de acame en valores alrededor de los 5% hasta 10%, esto debido a su altura de la planta muy alta.

Estos valores corresponden con los encontrados por Nardini (2009) en cuanto a que los cultivares de maíz con menor altura de planta, muestran menor porcentaje de acame. Las nuevas variedades son de porte bajo y por consiguiente mostraron bajo porcentaje de acame tanto de raíz como de tallo.

4.7 Número de mazorcas por planta

Los datos estadísticos indicaron que existe una media de 1.5, valores mínimos de 1 (60 familias) y máximos de 2 (76 familias) mazorcas por planta (Tabla 6). En la presente investigación se observó que el 44% del total de las familias presentan al menos una mazorca por planta y, por otro lado, el 56% muestran al menos dos mazorcas por cada planta.

Lima (2021) encontró accesiones que presentaron dos mazorcas como valor máximo y una mazorca como valor mínimo. Por otro lado, Castañeda (2020) indica que encontró plantas que presentaban hasta seis mazorcas, al igual que Paliwal (2001) en maíz tipo morocho, sin embargo, la presencia de mayor número de mazorcas incide en el tamaño de la misma, siendo más pequeñas y/o delgadas, pero con mayor número de granos.

Por otro lado, Peña (2011) menciona que las variedades locales tradicionales, pueden tener genotipos muy buenos que pueden dar ganancias en número de mazorcas por planta, aumentando el rendimiento por hectárea, lo que no se observó en la investigación en cuanto a cantidad de mazorcas.

4.8 Peso de la mazorca (g)

Al realizar el análisis estadístico se obtuvo una media de 55.07 con sus valores mínimos de 31.2 g y máximos de 74.9 g (Tabla 6). Es así que el 12.5% de la población evaluada (diecisiete) resultaron ser las de mayor peso, presentando un valor de más de 65.1 g, estas familias fueron: 2, 21, 22, 29, 39, 54, 62, 64, 65, 68, 70, 75, 89, 91, 104, 109 y 111. En la investigación previa realizada por Castañeda (2020) se encontró pesos de mazorcas de 19 g como valor mínimo y 136 g como máximo, estos valores difieren con la presente investigación, en cuanto a valores mínimos muestran una diferencia del 37% aproximadamente y en valores máximos una discrepancia del 45%.

Estos valores cambian ya que existe una mezcla racial, en donde, la variabilidad en los diferentes caracteres que presentan los cultivos puede modificarse, por su forma de reproducción, manejo agronómico o porque son características propias del material colectado (Cárcamo, 2001).

4.9 Longitud de la mazorca (cm)

En el caso de la variable de la longitud de la mazorca el análisis de varianza indicó que existe una media de 10.18 cm, con valores mínimos de 7.85 cm y máximos de 12.49 cm (Tabla 6). Es así que el 13.2% de las poblaciones evaluadas (dieciocho) resultaron ser las más largas, con medidas superiores a 11.08 g. Estas fueron las familias: 1, 21, 24, 28, 47, 49, 56, 64, 68, 73, 94, 101, 106, 109, 112, 114, 123 y 126. Según Castañeda (2020) en su investigación obtuvo como valor máximo 17.34 cm que resultan ser 4.34 cm más grandes que la presente investigación, de igual manera en cuanto a mazorcas de menor longitud hubo una diferencia de un aproximado 6 cm siendo las mazorcas más pequeñas las del presente ensayo. En la investigación de Lima (2021) mostró mazorcas con una longitud de 10.82 cm hasta 13 cm, en cuanto a mínimos valores solo presenta una diferencia de 3 cm aproximadamente y en mazorcas grandes concuerdan con la presente investigación.

Por otro lado, Aguilar (2019) que evaluó la longitud de mazorcas de raza canguil reporta un valor promedio de 15.21 cm esto puede ser por el tipo de semilla utilizada y las condiciones climáticas presentadas en el lugar de estudio. Además, Ayala (2007) menciona que la longitud de mazorca es un atributo de baja heredabilidad que se encuentra en un rango de 10% hasta-30%, es decir, altamente afectado por el medio ambiente y ser un componente correlativo con el rendimiento por lo que entradas más rendidoras proceden de mazorcas de mayor longitud.

4.10 Diámetro de la mazorca (cm)

El resultado del análisis de varianza en cuanto a la variable de diámetro de la mazorca mostró una media de 3.18 cm, con valores mínimos de 2.73 cm (Familias 135, 97 y 39) y máximos de 3.65 cm (Familia 63) (Tabla 6). En la presente investigación se pudo observar que la familia 34 presentó el mínimo peso de mazorca de 31.2 g, una longitud de 10.51 cm, un diámetro de 3.01 cm y un peso de semilla de 18 g, mientras que la familia 62 presentó el mayor peso de la mazorca de 74.9 g, longitud de 10.9 cm y diámetro de 3.28 y un peso de 20 g en cuanto a semilla. Estos resultados coinciden con las observaciones de Guacho (2014) en cuanto a la relación de tamaño y peso de la mazorca.

En la investigación realizada por Lima (2021) indica que obtuvo valores de 4.17 cm como máximo y 3.28 cm como mínimo, en comparación con esta investigación, estos valores resultaron ser superiores, obteniendo una diferencia del 18% aproximadamente en cuanto a mínimos y una discrepancia del 11% en cuanto a valores máximos. Por otro lado, Castañeda (2020) encontró valores mucho más altos, llegando a obtener mazorcas de 9.60 cm de diámetro superando en 6 cm aproximadamente.

Estas diferencias suceden por la cantidad de razas que se manejaron en esta investigación y, en consecuencia, de acuerdo con Yépez (2011) que menciona que los maíces de las zonas altas compensan la pérdida de longitud por la característica del diámetro de la mazorca, lo cual permite obtener un mayor número de granos a pesar de presentar un menor tamaño.

De la misma manera, Blessing y Hernández (2009) mencionan que el diámetro de mazorca se relaciona directamente con la longitud de esta, determinado por factores genéticos e

influenciados por factores edáficos, nutricionales y ambientales, además es una variable importante para poder medir el rendimiento.

4.11 Número de hileras por mazorca

Para la variable de número de hileras por mazorca los resultados del análisis estadístico indicaron una media de 14, valores mínimos de 11 y máximos de 17 (Tabla 6). Es así que el 8.8% de las poblaciones evaluadas (doce), presentaron el mayor número de hileras, este valor fue superior a 16, estas familias fueron: 36, 53, 55, 58, 61, 63, 67, 89, 91, 108, 111 y 123.

El número de hileras de la mazorca está relacionado directamente con el diámetro de la mazorca, por ende, las familias con diámetro de valor alto cuentan con más hileras, así lo corrobora Lima (2021) en donde en su investigación encontró 11 hileras en las mazorcas de menor diámetro y mazorcas de 14 hileras en las de mayor diámetro. Comparando con esta investigación, el número de hileras es similar a las del autor citado. Lo que no sucede con la investigación de Castañeda (2020) en donde obtuvo mazorcas con un mínimo de 5 hileras y un máximo de 21 hileras por mazorca, presentando una diferencia del 55% y del 19% respectivamente.

Por otro lado, Vásquez, et al., (2016) dan a conocer que el contraste entre números de hileras de mazorca puede ser por esquemas genéticos y a refutaciones fisiológicas inversas o a una combinación genética fisiológica. Además, Farinango (2015) menciona que, a mayor diámetro de mazorca mayor número de hileras, es decir son variables directamente proporcionales.

4.12 Color de la mazorca

A través del análisis de Kruskal Wallis, se identificó que existe diferencias significativas entre las familias evaluadas ($p\text{-valor} \leq 0.0459$). Las familias que presentaron segregación de color rojo al 100% fueron: 7, 25, 48 y 110. Por otro lado, existe alrededor de 38 familias que presentaron mazorcas cosechadas con presencia de cerca del 80% de color rojo (Figura 32 y 33).

Figura 242

Colores de las mazorcas del cultivo de maíz raza canguil rojo (Familias 1-68)

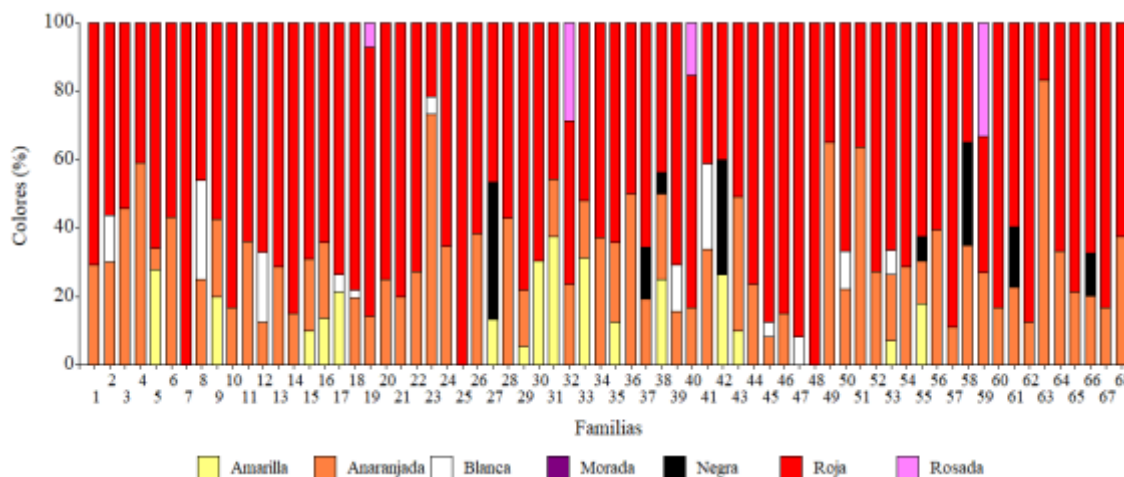
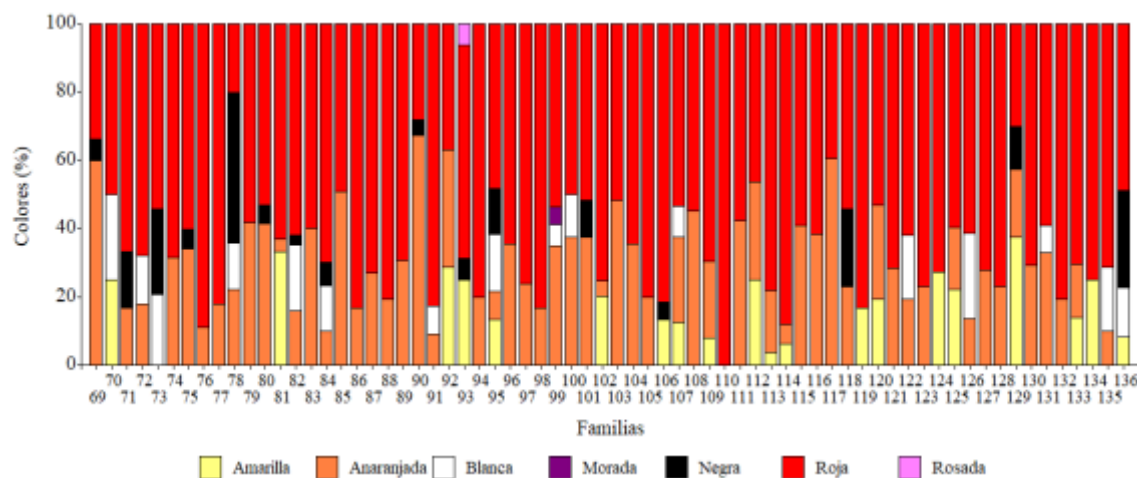


Figura 253

Colores de las mazorcas del cultivo de maíz raza canguil rojo (Familias 69-136)



Realizando una comparación con la investigación previa de Castañeda (2020) indica que el color que predominó en su estudio fue el rojo. De la misma manera Lima (2021) asegura que la mayor cantidad de granos y mazorcas colectadas presentaron coloraciones rojas. Esto coincide con la presente investigación en donde el color rojo es el predominante en todas las diferentes familias de canguil. Con esto se puede concluir que la mejora genética del maíz se está realizando y el material recolectado cumple con las características requeridas en cuanto a color.

Por otro lado, Contreras-Molina et al. (2016) afirman que existe una variación de colores entre los maíces, la cual han sido generada por los agricultores, creando patrones varietales, que responde a las condiciones ambientales en las cuales los cultivos están presentes (Flores et al., 2015). Corroborando con el trabajo realizado por Castañeda (2020) en donde realizó la colecta de diferentes razas de maíz en la provincia de Imbabura los cuales son los utilizados en esta investigación.

4.13 Peso de 100 granos (g)

Realizado los análisis estadísticos de la variable de peso de 100 granos, los resultados indican que existe una media de 18.28 g, valores mínimos de 13 g y máximos de 26 g (Tabla 6). Es así que el 14% de las familias evaluadas (diecinueve) obtuvieron los valores más altos con respecto al peso de semilla, estas fueron: 8, 13, 19, 20, 21, 24, 27, 35, 44, 45, 51, 74, 75, 79, 89, 96, 110, 122 y 135.

Lima (2021) indicó que sus rangos de peso se encontraban entre 38 g como máximo valor y 19 g como mínimo, valores que no coinciden con esta investigación. Desde el punto de vista de Pérez (2006), el peso de semillas es una variable importante para poder clasificar el tamaño de esta, ya que las semillas de mayor tamaño tienen un embrión de mayor volumen y más sustancias de reservas.

En el caso de la investigación de Castañeda (2020) en el cual mostró pesos desde 11 g hasta 41 g, presenta una leve similitud en cuanto a mínimos valores de tan solo 2 g de diferencia, lo que no sucede con el máximo valor que supera a esta investigación en un 36% aproximadamente.

La variación en el peso de la semilla que presenta este ensayo según menciona Vásquez (2016) está relacionada con el manejo agronómico del cultivo y las condiciones climáticas de la zona o diferencia genética incluso en la misma variedad. Por otro parte, Martínez (2011) relaciona esta variación de peso con la condición alógama que presentan las combinaciones de razas, y que produce este comportamiento de diversidad.

4.14 Longitud del grano (cm)

Para la longitud del grano, se realizaron los análisis estadísticos y se interpretó que existía valores mínimos de 0.55 cm (Familias 30, 67, 42, 37 y 10) y máximos de 0.75 cm (Familia 63), con una media de 0.62 cm, presentado una diferencia entre el mayor y el menor del 26% aproximadamente (Tabla 6).

Lima (2021) concluyó que los granos alcanzaron una medida de longitud de 1.12 cm como mínimo valor y 1.40 cm como máximo, valores que sobrepasan a la investigación con una diferencia del 20% y del 14% respectivamente. Caso contrario sucede con la investigación de Castañeda (2020) el cual obtuvo longitudes mínimas de 0.91 cm y máximas de 1.26 cm, de los cuales se tiene similitud con el presente ensayo.

Márquez-Sánchez (2008) mencionan que el tamaño del grano es hereditario y se ve influenciado por factores ambientales, dichos factores Vásquez et al. (2016) lo denominan genética ambiental, es decir, que hay plantas con un tipo de herencias que van a funcionar mejor en un ambiente que en otro no.

4.15 Ancho del grano (cm)

Se realizaron los análisis para la variable de ancho de grano y se observó que existían valores mínimos de 0.89 cm (Familia 125) y máximos de 1.21 cm (Familia 35) (Tabla 6). En el estudio realizado por Castañeda (2020) indica que encontró granos con dimensiones de 0.52 cm hasta 0.93 cm con respecto al ancho del grano, los cuales resultaron ser 0.2 cm más grandes que los de la presente investigación, además de superar a la máxima medida con 0.17 cm,

Lima (2021) obtuvo medidas desde 0.62 cm hasta 0.84 cm, esto valores superan al presente ensayo, pero no es abismal la diferencia. Cabe mencionar que en ninguno de los tres ensayos expuestos la medida supera al 1 cm o es menor de 0.5 cm. Por otro lado, Acosta (2013), encontró en su estudio una media de 0.93 cm y en un 75% de los casos se presentaron granos de 1 cm de ancho.

4.16 Grosor del grano (cm)

Para la variable del grosor del grano los análisis estadísticos indicaron que existió valores mínimos de 0.4 cm (Familias 121 y 47) y máximos de 0.6 cm (Familia 52), además presenta una media de 0.48 cm. Con respecto al grosor del grano, Lima (2021) indicó que su

experimento mostró un valor de 0.5 cm como el más alto y 0.42 cm como el más bajo. En comparación con la presente investigación se puede notar que estos granos fueron 0.1 cm más gruesos.

En el caso de Castañeda (2020) la medida de grosor presentada fue de 0.31 cm como mínimos y 0.33 cm como máximos, existiendo un aumento de 0.1 cm y de 0.3 cm respectivamente. De acuerdo con las dos investigaciones anteriores se puede afirmar que el grosor del grano ha ido incrementando unas medidas muy mínimas. Por otro lado, Acosta (2013) indica que encontró un valor promedio de 0.43 cm y el 75% de los casos presentaban granos de 0.46 cm con respecto al grosor del grano.

4.17 Porcentaje de reventado

Se tomó la variable de porcentaje de reventado y los análisis estadísticos indicaron que existía una media de 43.66%, valores máximos de 81% y mínimos de 10% (Tabla 6). Es así que el 13.2% de las familias evaluadas (dieciocho) obtuvieron los valores más altos de reventado, llegando a presentaron porcentajes superiores al 60%, estas familias fueron: 9, 18, 25, 53, 54, 64, 66, 88, 89, 91, 101, 104, 108, 112, 116, 123, 124 y 126.

Lima (2021) demostró en su estudio que obtuvo resultados de mayor porcentaje de reventado en la accesión M41 con un 66%, mientras que la accesión que mostró un bajo porcentaje fue la M24 con un 12.67% de reventado, estos valores fueron menores a lo que se obtuvo por Castañeda (2020) quien mostró porcentajes de reventado entre el 70% y 80%. En comparación con la presente investigación se obtuvo hasta el 98% de reventado, sin embargo, esto solo sucedió en 1 familia (104). Estas diferencias de porcentajes de reventado tienen mucho que ver con el porcentaje de humedad y el tiempo en las que fueron expuestos los granos.

O-Olán et al (2018) en la ciudad de México, al realizar el reventado del maíz palomero del genotipo comercial obtuvo un porcentaje del 60% de reventado; y aseguran que, esta variable se ve influenciada por el genotipo, tamaño de la muestra, tiempo de exposición y humedad del grano, pues para que exista un mayor volumen de expansión se debe presentar una humedad del 12% y un tiempo de exposición de 2 minutos 45 segundos en el microondas.

4.18 Análisis de componentes principales (ACP)

En este estudio, 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. El 57% de la variabilidad acumulada es expresada en tres componentes, el primer componente representa el 28%, el segundo 17% y el tercero 12% de variación total (Tabla 7).

Tabla 7

Valores y porcentaje de la variación de cada componente principal de la matriz de las 136 familias de tipo canguil con 11 variables

Componente	Valor propio	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	3.11	28	28
2	1.85	17	45
3	1.33	12	57

En la Tabla 8 se presentan los valores de los tres primeros componentes principales para caracteres morfológicos, de acuerdo a los vectores propios en el primer componente las variables originales con mayor aporte fueron: altura de la planta (0.46), altura de la última mazorca (0.46), peso de la mazorca (0.34), longitud de la mazorca (0.30). En el segundo componente, las variables originales de mayor importancia fueron: peso de 100 granos (0.44), longitud del grano (0.53), ancho del grano (0.36), grosor del grano (0.30). El tercer componente estuvo fuertemente influido por las variables: número de mazorcas por planta (-0.26), número de hileras por mazorca (0.64), diámetro de la mazorca (0.46)

En la caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Ángeles et al., (2010) realizaron los análisis de componentes principales de 19 variables y como resultado, 12 variables cuantitativas y cualitativas fueron las más representativas mostrando una variación fenotípica entre los cuatro primeros componentes un 57.8% mientras que en la presente investigación la variación fenotípica entre los tres componentes primeros fue de 57%.

Tabla 8

Valores de tres componentes principales para las 11 variables de 136 familias de maíz raza canguil

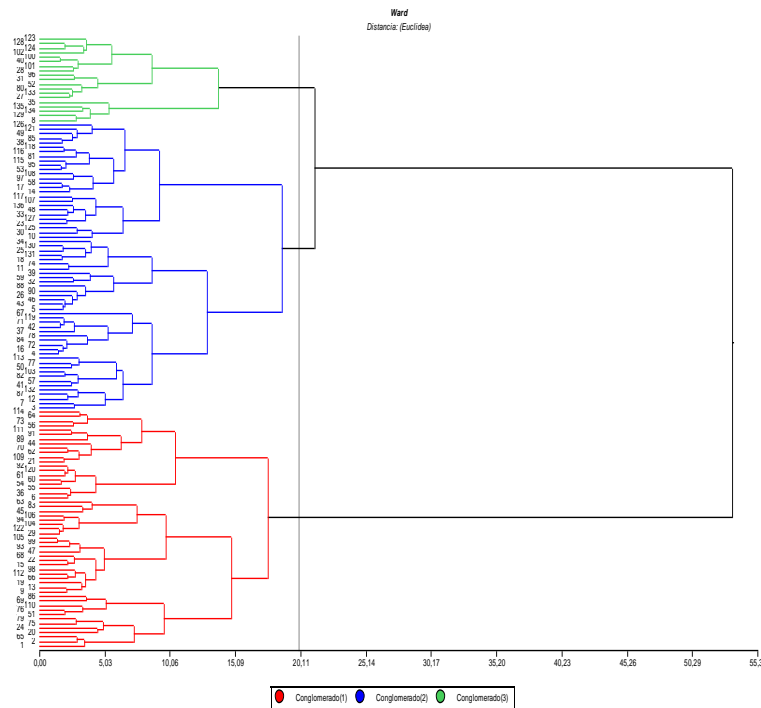
Variable	Componente		
	1	2	3
Altura de la planta	0.46	-0.17	-0.28
Altura de la última mazorca	0.46	-0.17	-0.28
Número de mazorcas por planta	0.17	-0.25	-0.26
Peso de la mazorca	0.34	-0.15	0.12
Longitud de la mazorca	0.30	-0.12	-0.04
Diámetro de la mazorca	0.39	-0.04	0.46
Número de hileras por mazorca	0.09	-0.38	0.64
Peso de 100 granos	0.31	0.44	-0.04
Longitud del grano	0.21	0.53	-0.03
Ancho del grano	0.15	0.36	0.13
Grosor del grano	0.11	0.30	0.33

4.19 Análisis de conglomerados en una población de medios hermanos de canguil rojo

El análisis de conglomerado fue realizado con la distancia de Euclídea y el método de agrupamiento de Ward. Los resultados permitieron identificar la conformación de 3 grupos con las 136 familias, con una correlación cofenética de 0.354, valor que es considerado bajo para estudios de agrupamiento. Se identificó tres grupos I, II y III que están integrados por 53, 64 y 19 familias respectivamente; los cuales se describen a continuación (Figura 34).

Figura 34

Dendograma obtenido por análisis de conglomerados para las 11 variables en las 136 familias de maíz tipo canguil rojo



a) Grupo I:

Está representado por 53 familias (114, 64, 73, 56, 111, 91, 89, 44, 70, 62, 109, 21, 92, 120, 61, 60, 54, 55, 36, 6, 63, 83, 45, 106, 94, 104, 122, 29, 105, 99, 93, 47, 68, 22, 15, 98, 112, 66, 19, 13, 9, 86, 69, 110, 76, 51, 79, 75, 24, 20, 65, 2, 1). Las variables más representativas fueron altura de la planta con 2.51 m hasta los 3.15 m; por tal motivo se pueden encontrar plantas con la mayor altura de la última mazorca, llegando a obtener alturas de 2.01 m hasta los 2.65 m. De la misma manera se hallaron mazorcas con el mayor peso, que van desde los 36.3 g hasta los 74.9 g, por tal motivo se encontraron mazorcas de mayor longitud que van desde los 9.34 cm hasta los 12.49 cm.

b) Grupo II:

Este grupo se encuentra representado por 64 familias (126, 121, 49, 85, 38, 118, 116, 81, 115, 95, 53, 108, 97, 58, 17, 14, 117, 107, 136, 48, 33, 127, 23, 125, 30, 10, 34, 130, 25, 131, 18, 74, 11, 39, 59, 32, 88, 90, 26, 46, 43, 5, 67, 119, 71, 42, 37, 78, 84, 72, 16, 5, 113, 77,

50, 103, 82, 57, 41, 132, 87, 12, 7, 3. En donde las variables más representativas fueron peso del grano, en las cuales se encontró pesos de 13 g hasta los 21.5 g. Así mismo se encontraron granos de mayor longitud, ancho y grosor, que van desde los 0.55 cm hasta los 0.7 cm (longitud); de 0.89 cm hasta los 1.13 cm (ancho); de 0.4 cm hasta los 0.55 cm (grosor).

c) Grupo III:

Está representado por 19 familias (123, 128, 124, 102, 100, 40, 101, 28, 96, 31, 52, 80, 133, 27, 35, 135, 134, 129, 8). En donde las variables de más influencia fueron número de mazorcas por planta, llegando a encontrar desde 0.8 hasta 1.8 mazorcas. Así mismo se encontraron diámetros de la mazorca que van desde los 2.73 cm hasta los 3.44 cm. Además, se encontraron familias con el mayor número de hileras por mazorca, que van desde las 12.11 hasta 16 hileras.

4.20 Análisis del valor discriminante para los caracteres cuantitativos

Al realizar la prueba de Fisher al 5% se determinó que de 15 variables cuantitativas empleadas en la presente investigación 10 resultaron ser significativas y por tal manera contribuyen a la diferenciación entre grupos (Tabla 9). Las variables que no aportaron a la diferenciación entre grupos fueron: días a la floración femenina, acame de tallo y raíz, número de hileras por mazorca, porcentaje de reventado.

Tabla 9

Valores promedios para caracteres cuantitativos de maíz raza canguil

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	P valor
Altura de la planta (m)	2.81 ± 0.02 C	2.64 ± 0.02 B	2.47 ± 0.04 A	<0.0001
Altura de la última mazorca (m)	2.31 ± 0.02 C	2.14 ± 0.02 B	1.97 ± 0.04 A	<0.0001
Número de mazorcas	1.59 ± 0.04 B	1.47 ± 0.03 A	1.4 ± 0.06 A	<0.0072
Peso de la mazorca (g)	60.78 ± 0.96 B	52.93 ± 0.88 A	49.39 ± 1.61 A	<0.0001
Longitud de la mazorca (cm)	10.71 ± 0.1 C	9.74 ± 0.09 A	10.13 ± 0.17 B	<0.0001
Diámetro de la mazorca (cm)	3.31 ± 0.02 C	3.07 ± 0.02 A	3.2 ± 0.04 B	<0.0001
Peso del grano (g)	19.58 ± 0.29 B	16.88 ± 0.26 A	19.34 ± 0.48 B	<0.0001
Longitud del grano (cm)	0.64 ± 0.01 B	0.6 ± 4.9 A	0.64 ± 0.01 B	<0.0001
Ancho del grano (cm)	1.06 ± 0.01 B	1.02 ± 0.01 A	1.03 ± 0.01 AB	<0.0001
Grosor del grano (cm)	0.48 ± 4.3 B	0.47 ± 3.9 A	0.51 ± 0.01 C	<0.0001

Es así que el Grupo 1 posee las plantas con mayor altura (3.15 m), por ende, posee alturas de las últimas mazorcas superiores a las de los otros grupos (2.65 m), también en este grupo se puede apreciar mazorcas de mayor peso (74.9 g) con longitudes de 12.49 cm, con presencia de 16 hileras de granos, llegando a presentar largo, ancho y grosor de 0.75, 1.20 y 0.54 cm respectivamente, con peso de 26 g en 100 semillas.

Si bien el porcentaje de reventado no aportó en la diferenciación de grupos, es una de las variables primordiales para realizar la selección de materiales promisorios (Objetivo 2). Es así que, el grupo 1 está conformado por 53 familias, de las cuales nueve de ellas presentaron características de alto porcentaje de reventado. Sin embargo, estas plantas son de gran tamaño, alcanzando medidas de hasta 2.84 m (Tabla 10).

Tabla 10*Características promisorias de las familias del grupo 1*

Familia	Días a la floración femenina	Altura planta (m)	Peso mazorca (g)	Longitud mazorca (cm)	Número hileras	Peso 100 granos	Porcentaje reventado (%)
9	91.00	2.69	54.70	10.25	14	19.00	63.00
55	90.00	2.76	59.80	9.61	16	16.00	60.00
54	99.00	2.77	65.50	10.78	16	17.50	64.00
64	98.00	2.95	69.80	11.79	14	16.50	62.00
66	94.00	2.84	62.20	10.21	14	20.50	70.00
89	89.50	2.67	69.90	10.54	16	21.50	64.00
91	88.50	2.68	70.70	10.56	16	18.50	63.00
104	95.50	2.69	66.20	10.75	14	19.00	66.00
112	97.50	2.83	62.55	11.45	14	18.50	63.00

El Grupo 2 se encuentra identificado por presentar plantas de hasta 2.97 m, altura de la última mazorca de 2.47 m, presentando 2 mazorcas por planta, con los valores más bajos en cuanto a peso de mazorca (31.2 g), así mismo, los valores más bajos en cuanto a longitud de la mazorca (7.85 cm), con un diámetro de máximo 3.54 cm. Se encontró también que en el largo, ancho y grosor de los granos se presentaron valores de hasta 0.7, 1.13 y 0.55 cm.

Por otro lado, el grupo 2 está conformado por 63 familias, de las cuales siete de ellas presentaron características de alto porcentaje de reventado. Además, estas plantas presentan tamaños de hasta 2.68 m, días a la floración de hasta 95. Sin embargo, presentó pesos de mazorca bajos de hasta 60 g (Tabla 11).

Tabla 11*Características promisorias de las familias del grupo 2*

Familia	Días a la floración femenina	Altura planta (m)	Peso mazorca (g)	Longitud mazorca (cm)	Número hileras	Peso 100 granos	Porcentaje reventado (%)
18	93.50	2.66	48.35	9.31	13	17.50	64.00
25	94.50	2.45	44.70	9.31	13	14.00	76.00
53	93.50	2.52	50.10	9.37	14	16.00	65.00
88	88.50	2.66	58.80	8.89	14	17.50	69.00
108	97.00	2.47	60.95	9.99	16	13.00	62.00
116	97.00	2.68	54.00	10.38	14	16.50	63.00
126	95.50	2.50	55.15	12.14	14	19.00	81.00

El Grupo 3 se caracteriza por presentar las plantas con las alturas más bajas (2.73 m como máximo), por tal motivo la inserción de la última mazorca es menor, a diferencia de los otros grupos (2.23 m), llegando a presentar de 0 hasta 1 mazorca por planta, pero con pesos de 39.45 y 62.1 g. En este grupo se encontraron las mazorcas con el menor diámetro (2.73 cm) pero de 12 a 16 hileras de granos, así también granos de 0.6, 0.93 y 0.46 como valores

mínimos en cuanto a largo, ancho y grosor, con un peso promedio de 19.34 g en cien semillas.

Por otro lado, el grupo 3 está conformado por 19 familias, de las cuales tres de ellas presentaron características de alto porcentaje de reventado. Sin embargo, estas plantas presentan tamaños de hasta 2.62 m, peso de la mazorca de hasta 55 g. No obstante, presenta longitud de mazorca de hasta 11 cm (Tabla 12).

Tabla 12

Características promisorias de las familias del grupo 3

Familia	Días a la floración femenina	Altura planta (m)	Peso mazorca (g)	Longitud mazorca (cm)	Número hileras	Peso 100 granos	Porcentaje reventado (%)
101	96.50	2.62	52.70	11.12	14	16.50	68.00
123	97.00	2.50	55.75	11.70	16	15.00	76.00
124	93.50	2.45	47.75	10.98	15	20.50	66.00

Para la selección de material promisorio, a más de considerar variables agronómicas, el porcentaje de reventado es la característica de mayor interés para el proceso de mejoramiento de canguil. Las accesiones que resultan ser promisorias, presentan porcentaje de reventado de grano arriba del 60%, siendo 19 familias (9, 18, 25, 53, 55, 54, 64, 66, 88, 89, 91, 101, 104, 108, 112, 116, 123, 124, 126) las que presentan características deseables (tablas 10, 11 y 12), sin embargo, se debería considerar características como altura de la planta, tamaño de mazorca, peso de semillas, entre otras de interés.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A nivel poblacional, las variables de interés agronómico para fines de mejoramiento genético, presentaron valores de coeficiente de variación menores al 20%, a excepción del porcentaje de reventado que presenta un valor sobre el 30%, esto está relacionado a que existen familias con porcentajes menores a 10% y aquellas con cerca del 81%, siendo una característica a seguir mejorando para obtener una variedad de interés comercial.

De 15 variables cuantitativas y 1 cuantitativa, 10 resultaron ser significativas para la diferenciación de grupos morfológicos, siendo las variables relacionadas con altura de la planta, altura de la última mazorca, número de mazorcas por planta, peso de la mazorca, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso de 100 granos, longitud del grano, ancho del grano y grosor del grano, con lo cual se diferenció tres grupos morfológicos.

Los materiales que destacaron en el grupo 2 fueron dos familias (25 y 126) por presentar plantas con altura de aproximadamente a 2.5 m y porcentajes de reventado arriba de 70%; mientras que en el grupo 1 se encuentran dos familias (66, 104) que presentan porcentajes de reventado entre 66 y 70%, sin embargo, resultan ser las de mayor tamaño con promedio de altura superiores a 2.65 m. Por su parte, en el grupo 3 se identifica una familia (123) que presenta el mayor número de hileras por mazorca (16) con porcentaje de reventado cercanos al 81%, evidenciando que se debe seguir con los procesos de mejora genética ya que el porcentaje de reventado es la característica principal del maíz tipo canguil.

Respecto a la característica de grano de color rojo, solo 4 familias (7, 25, 48 y 110) presentaron el 100% de las mazorcas cosechadas con esta característica. Alrededor de 38 familias presentaron entre 80% y 90% de mazorcas con el color rojo, por lo que la población en evaluación aún mantiene características de segregación de colores.

Para la selección de las mejores familias, se tomó en cuenta sólo el porcentaje de reventado, esto por ser la característica primordial en maíz tipo palomero. Estos valores deben ser superiores al 60%, por tanto, existieron 19 familias que cumplieron con este requerimiento, las cuales fueron 9, 18, 25, 53, 54, 55, 64, 66, 88, 89, 91, 101, 104, 108, 112, 116, 123, 124 y 126 estas son las principales que deben ser tomadas en cuenta para la siembra del siguiente ciclo.

5.2 Recomendaciones

Realizar nuevos ensayos con el material promisorio recolectado, tomando en cuenta familias sobresalientes de los 3 grupos para continuar con el proceso de mejora genética, fomentando así la agricultura local en las chacras de los pequeños productores, con semilla nacional y de la misma manera evitar procesos de erosión genética sobre la diversidad local.

Además, se recomienda aumentar el rango de selección de las familias promisorias, tomando en cuenta características de interés agronómico de los diferentes grupos. Esto debido al ser

los primeros ciclos de selección es necesario tener una base genética amplia para continuar con los procesos de selección.

Fortalecer las acciones generadas por el Centro de Bioconocimiento La Pradera, para que continúe conservando la diversidad de la provincia, y la disponibilidad de semilla de material genético de canguil y de otras especies vegetales de interés para la alimentación y agricultura, además de generar acciones que permitan afrontar los procesos de cambio climático y certificar la seguridad y soberanía alimentaria.

Por otro lado, se debería promover el uso de canguiles locales para mantener la conservación *in situ* en chacras de los agricultores e integrar a los mismos a la conservación de recursos filogenéticos del país.

Referencias

- Acosta, R. (2009). *El cultivo del maíz, su origen y clasificación*. Antama.
- Acosta, R. (2013). *Evaluación morfoagronómica de una población de maíz (Zea mays, L.) en condiciones de polinización abierta*. Batabanó: La Habana.
- Aguilar, D. (2019). *Efecto de los macronutrientes principales, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz canguil (Zea mays L.), en la zona de Babahoyo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Babahoyo: UTB.
- Aguirre, B. (1983). *Evaluación de 140 familias de medios hermanos en girasol (Heliantus agnus L.) para diferentes características agronómicas*. México: Buena vista.
- Allard, R. (1967). *Principios de la mejora genética en las plantas*. España: Omega S Barcelona.
- Álvarez, A. (2006). *Informe sobre el uso y propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal*. Argentina: ILSI.
- Ángeles, G., Ortiz, E., López, P., y López, G. (2010). *Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla*. Puebla: AC.
- Arrieche, A., y Ruíz, M. (2014). *Efecto de la fertilización orgánica con NPK sobre la materia orgánica, y el rendimiento del maíz en suelos degradados*. Observador del conocimiento.
- Asamblea Nacional Constituyente 2007-2008. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: LEXIS.
- Asturias, M. (2004). *Maíz de alimento sagrado a negocio de hambre*. HIVOS.
- Ayala, D. (2007). *Evaluación y caracterización morfoagronómica de 117 líneas de maíz negro y 42 líneas de maíz dulce provenientes del CIMMYT (México)* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Ejército]. México: Repositorio ESPE.
- Basantes. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. Sangolqui: Ecuador.
- Biasutti, C. (2020). *Mejoramiento Genético Vegetal*. Chile: FCA.
- Blasutti, C. (2004). *Respuesta a la selección masal por prolificidad en maíz en diferentes ambientes*. México: AGRICIENTIA.
- Blessing, D. (2009). *Comportamiento de variables de crecimiento en maíz (Zea maíz L.) Var. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la finca El Plantel. 2007-2008* (Tesis de diplomado). Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2090>
- Blessing, D. (2009). *Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (Zea mays L.) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la finca el Plantel* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria].
- Cantero, P. (2010). *El libro del maíz. Ministerio de Cultura y Patrimonio*. Allpa.
- Cárcamo, M. (2011). *Biodiversidad, erosión y contaminación genética de maíz nativo en América*. México: Rallt.
- Cárcamo, M., García, M., Manzur, M., Montoro, Y., y Vélez, G. (2011). *Biodiversidad, erosión y contaminación genética del maíz nativo en America Latina*. Rallt.

- Carrasco, L. (2009). *Evaluación de ocho genotipos de maíz (Zea mays L.) de polinización libre y tres tipos de fertilización en El Castillito, Las Sabanas, Madriz*. Nicaragua: UNAFA.
- Carrera, J. (2020). *Los colores del maíz*. Allpa.
- Castañeda, L. (2020). *Estudio de la variabilidad morfológica de maíz (Zea mays) raza canguil en la Granja Experimental La Pradera* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10549>
- Caviedes, M. (2003). *Variación de maíz precoz*. Quito: Programa de Maíz.
- Chassaigne, A. (2015). *Comportamiento agronómico y fitopatológico de variedades de maíz (Zea mays L.) en los estados Yaracuy y Guárico, Venezuela*. Yaracuy: Scielo.
- Chávez, J. (1995). *Mejoramiento de plantas*. Cali: Panamericana.
- Compton, W., y Comstok, R. (1976). *More on modified ear-to-row selection in com*. Crop Sci.
- Consejo Nacional de Ciencia y tecnología [CONACYT]. (1 de enero de 2019). *Consensus Document on the Biology of Zea Mays subsp. Mays (Maize)*. Obtenido de <https://conacyt.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- Contreras, J. (2010). *Cultivo de maíz: labores culturales*. Obtenido de <http://jennywwwagroalimentoscultivados.blogspot.com/2010/05/labores-culturales.html>
- Culqui, D. (2015). *Estudio de la variabilidad patogénica de poblaciones de*. Quito: Ecuador. CYMMYT. (1974). *Worldwide Maize improv. In the 70s and the Role of CYMMY*. México: DF.
- Delgado, J. (2016). *Más sobre el proceso de polinización en el maíz*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/mas-sobre-el-proceso-de-polinizacion-en-el-maiz>
- Díaz, A. (2010). *Primer ciclo de selección de 162 familias de medios hermanos de maíz negro y 120 de maíz Chulpi (Zea mays L.) de la sierra ecuatoriana, en Tunshi, parroquia Lico, provincia de Chimborazo*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Chimborazo: ESPOCH.
- Egidio, G. (1981). *Selección recurrente para tolerancia a sequía en el compuesto de maíz calera-74*. UAAN.
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]. (2022). *Producción y superficie de maíz en Ecuador*. Quito: INEC.
- Eyhérbide, G. (2012). *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Buenos Aires: INTA.
- Fontenot, B. (2012). *The Atlantic, popcorn may actually be good for you (If you don't slather It in butter)*. New York: PAW.
- Franco, T., y Hidalgo, R. (2003). *Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos*. Instituto Internacional de Recursos fitogenéticos.
- García, M. (2003). *Herencia de la resistencia al acame de raíces en maíz dulce (Zea mays L.)*. Caripe: UDO.

- Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante . (12 de enero de 2017). *Chaltura*. Obtenido de <https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/index.php/canton/simbolos-del-canton/17-canton/98-chaltura>
- Gómez, A., Quiñónez, D., y Luna, R. (1998). *Caracteres agronómicos que determinen rendimiento y sus correlaciones en híbridos de maíz bajo temporal*. Acapulco : Gro. P.
- Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad de San José de Chazo* (Tesis de pregrado). Riobamba: ESPC.
- Guamán, R. (2020). *Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) utilizando cuatro híbridos*. Santo Domingo : SIEMBRA.
- Gutiérrez, G. (2007). Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con envejecimiento natural. 1-8.
- Guzzon, F., Zambrano, J., Arandía, L., Caviedes, G., Céspedes, P., Chávez, A., . . . Vásquez, G. (2021). *Conservation and Use of Latin American Maize Diversity: Pillar of Nutrition Security and Cultural Heritage of Humanity*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/1/172>
- INIAP. (1981). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/214/4/iniapscbd119.pdf>
- Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2008). *Informe nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación*. Cali: FAO.
- Jugenheimer, R. (1988). *Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción*. México.
- Jugenheimer, W. (1981). *Maíz variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas*. México: LIMUSA.
- Laffite, H. (2001). Fisiología del maíz tropical. En R. L. Paliwal. (Ed.),. En *El maíz en los trópicos* (págs. 29 - 36). Roma.
- Larrea, h. (2013). *Maíz reventón: Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/hlarrea/bid-maiz-reventonultivo>
- Lima, J. (2021). *Evaluación agronómica del cultivo de maíz (zea mays L.), de la raza canguil rojo en la granja experimental La Pradera, Chaltura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11726>
- Loaisiga, C. (1990). *Caracterización y evaluación treinta cultivares de maíz (Zea mays L.), Instituto Superior de Ciencias Agropecuaria (ISCA.)*, [Tesis de Ing. Agr.] Managua: CIRA.
- Lonnquist, J., y Garden, O. (1960). *El mejoramiento de las poblaciones de maíz*. Nicaragua: Managua.
- MAG. (2012). *Maíz canguil desaparece de los suelos del Ecuador*. Quito.
- Marín, L. F. (2008). *Evaluación agronómica de variedades comerciales de maíz (Zea mays, L.) en relación a sus ciclos de maduración* (Tesis de pregrado). Escuela Universitaria Politécnica La Almunia de Doña Godina, Zaragoza, España.

- Márquez, F. (2011). *Alternativas para la selección masal y selección combinada de familias de medios hermanos en maíz*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Morales, T. (2021). *Caracterización de razas de maíz procedentes del banco de germoplasma del INIAP, en el cantón Cotacachi*. Ibarra.
- Nardini, C. (2009). *Evaluación de doce cultivares comerciales de maíz amarillo (Zea mays L.) bajo dos espaciamentos a una misma densidad en las condiciones agroecológicas de El Playón estado Portuguesa*. Portuguesa: UCLA.
- Observatorio de Complejidad Económica [OEC]. (2021). *Maíz en el Ecuador*. Quito.
- Olán, M. (2018). *Estandarización del método de reventado para la evaluación experimental del maíz palomero*. México: RMCA.
- Olivera, J. (2011). *Análisis de los sistemas de producción: Subsistemas de cultivo*. [Tesis de Maestría de Agroecología y Ambiente]. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24716/1/tesis-058%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20453.pdf>
- Oñate, L. (2016). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos*. Ambato: Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas. (25 de septiembre de 2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (enero de 1 de 1996). *Conservación de la biodiversidad: Colecciones in situ y ex situ; el GCIAl*. Obtenido de <http://www.fao.org/focus/s/96/06/04-s.htm>
- Paliwal, R. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y reproducción*. Roma: FAO.
- Pandey, S., y Gardner, C. (1992). *Recurrents selection or population, variety, and irbid improvement in tropical maize*. ELSEVIER.
- Paratori, O. (2008). *Desarrollo de poblaciones mejoradas de maíz*. IIAG.
- Patel, J., Patel, N., y Shiyani, R. (2001). *Coefficiente de variación en los experimentos de campo y su criterio. Un estudio empírico*. México.
- Peña, J. (2011). *Evaluación de dos poblaciones sintéticas de maíz mediante técnicas agronómicas y moleculares (Tesis de doctorado)*. España.
- Pliego, E. (2020). *El maíz: su origen, historia y expansión*. Panorama Cultural.
- Pozo, H. (2017). *Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable*. Quito.
- Radamés, A. (2006). *Estructura del grano de maíz*. México: CDM.
- Roberts, L., Hernández, E., y Wellhausen. (2010). *Razas de maíz en México, su origen, características y distribución*. México: Rockefeller.
- Rodríguez, O. (2017). *Selección recurrente de familias de medios hermanos con pedigree en la población NEPOPREC (C6) de maíz (Zea mays L.), bajo condiciones de riego y temporal* [Tesis de pregrado]. Obtenido de http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/13/discover?filtertype_0=author&filtertype_1=type&filter_0=G%C3%A1ndara+Huitr%C3%B3n%2C+Ra

- %C3%BAI&filter_relational_operator_1=equals&filter_1=Tesis+de+licenciatura&filter_relational_operator_0=equal
- Sánchez, I. (2014). *Maíz*. Reduca.
- Sánchez, J. (2017). *Caracterización morfológica de poblaciones de maíz nativo (Zea mays L.) en Chiapas*. México.
- Santoyo, A. (2004). *Polinización de maíz*. Las Agujas: Mpio. de Zapopan, Jal.
- Saquimux, F. (2011). *Selección masal en el cultivo de maíz (Zea mays L.) para pequeños agricultores*. Guatemala: MAGA.
- Silva, C. (2014). *Caracterización molecular de las razas de canguil, tusilla y mezclas de maíz del banco del trabajo del programa maíz INIAP*. Obtenido de file:///C:/Users/Row-Pc/Downloads/dgarccos,+C1_Articulo_2.pdf
- Tercero, R. (2004). *Evaluación de siete genotipos de maíz (Zea mays L.) en época de primera y postrera en el año 2000 y 2003 en Chichigalpa, Chinandega* (Tesis de pregrado). Nicaragua.
- Timothy, D., Hatheway, W., y Grant, H. (1963). *Razes of maize in Ecuador*. Washington D.C.: National Academes Library.
- Urbina, R. (2015). *Control de calidad en la producción tradicional y no convencional de semillas de variedades de maíz*. Valle del cauca: CGIAR.
- Valle, R. (2017). *Efecto del osmoacondicionamiento sobre la germinación del maíz tipo palomero*. México: RMCA.
- Valverde, M. (2015). *Caracterización e identificación de razas de maíz en la provincia del Azuay* [Tesis Masterado]. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22897/1/Tesis.pdf>
- Vargas, J. (2012). *Fisiología de la planta de maíz*. Colombia: Fondo importado de cereales.
- Vásquez, M. (2016). *Caracterización agronómica básica de las principales variedades de maíz criollo que se cultiva en cinco municipios del Departamento de Cuscatlan* (tesis de pregrado). San Vicente.
- Vitery, C. (2011). *Propuesta de implementación de un manual dirigido a los agricultores del cantón Baba de la provincia de los Ríos acerca del cultivo de maíz amarillo con fines exportables* [Tesis pregrado]. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6270>
- Webel, O., y Lonquist, H. (1967). Evaluation of modified earth - to - row selection in a population of corn (*Zea mays*). Crop Sci.
- Wellhausen, E. (2010). *Razas de maíz en México, su origen, características y distribución*. México: Rockefeller.
- Yáñez, M., Morillo, K., Proaño, K., y Taípe, M. (2014). Caracterización molecular de la raza de canguil, tusilla y mezcla de maíz del banco de trabajo del programa de maíz INIAP. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*.
- Yépez, E. (2016). *Caracterización morfológica y evaluación fenológica de sesenta y cinco entradas de maíz (Zea mays L.) del banco de germoplasma del CICA K'AYRA-Cusco* (Tesis de pregrado). Kayra.
- Ziegler, K., y Hallauer, A. (2001). *Speciality corns. Segunda edición. Boca Ratón*. Londres: CRC Press.

