



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**CARACTERIZACIÓN DE RAZAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PROCEDENTES DEL
BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI,
PROVINCIA DE IMBABURA**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

Ingeniera Agropecuaria

AUTORA:

TAMIA NADIN MORALES CONTERÓN

DIRECTORA:

ING. DORIS SALOME CHALAMPUENTE FLORES, MSC.

IBARRA, 2021



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, 12 de octubre del 2021

Dr. Bolívar Batallas, PhD.
DECANO FICAYA

Ab. Clever Torres T. Mgs.
SECRETARIO JURÍDICO

Para los fines consiguientes, el tribunal tutor quienes firman a continuación, **CERTIFICAMOS** haber recibido de manera digital el Trabajo de Titulación: **“Caracterización de razas de maíz (*Zea mays* L.) procedentes del banco de germoplasma del INIAP, en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura”** de autoría de la señorita: **Tamia Nadin Morales Conteron**, estudiante de la Carrera de la carrera de Ingeniería Agropecuaria

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, MSc.
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

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

Lic. Ima Sumac Sánchez, MSc.
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
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004516728		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tamia Nadin Morales Conteron		
DIRECCIÓN:	Otavalo		
EMAIL:	tnmoralesc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	946-157	TELÉFONO MÓVIL:	0993226531

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“CARACTERIZACIÓN DE RAZAS DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) PROCEDENTES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA”
AUTOR:	Tamia Nadin Morales Conteron
FECHA:	12 de octubre del 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, MSc.

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 12 días del mes de octubre del 2021

EL AUTOR



.....

Tamia Nadin Morales Conteron

C.I.: 1004516728

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 12 días del mes de octubre del 2021

Nombres y Apellidos: Tamia Nadin Morales Conteron / “CARACTERIZACIÓN DE RAZAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PROCEDENTES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA”.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 11 días del mes de octubre del 2021. 105 páginas.

DIRECTOR:

El objetivo principal de la presente investigación fue: Caracterizar razas de maíz (*Zea mays* L.) procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP, en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

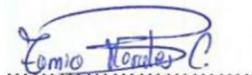
Entre los objetivos específicos se encuentran:

1. Evaluar doce razas de maíz a través del uso de descriptores morfológicos y agronómicos en el cantón Cotacachi.
2. Identificar razas promisorias a través de variables agronómicas para su reintroducción a nivel de chacras.
3. Analizar bajo parámetros eco geográficos sitios donde se concentra la variabilidad de maíz de la zona Norte del Ecuador.



Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, MSc.

Directora de Trabajo de Grado



Tamia Nadin Morales Conteron

Autor

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios por la sabiduría y las bendiciones que me ha dado durante todo el transcurso de mis estudios, a mis padres por los consejos y por todo el esfuerzo que han realizado para que pueda cumplir con uno de mis sueños.

A mi directora Ing. Doris Chalampunte, por su paciencia y su profesionalismo para guiarme durante el desarrollo de mi proyecto en conjunto con la colaboración del PhD César Tapia por parte del INIAP – DENAREF. A mis asesoras Ing. María José Romero y Lic. Ima Sánchez; que además de enseñarme la parte académica, incentivaron en mí, la superación constante. A la UNORCAC por permitirnos usar el jardín etnobotánico y al Ing. Hugo Carrera por gestionar el lugar donde se realizó la investigación.

Finalmente, este trabajo de titulación ha sido elaborado en el marco del proyecto del Fondo de Distribución de Beneficios " PR-268-Ecuador " que ha sido financiado por el Tratado Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Las opiniones expresadas en este documento son las del autor y no reflejan necesariamente las opiniones o políticas de la FAO.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Problema	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. General	5
1.4.2. Específicos	5
1.5. Hipótesis	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Generalidades del cultivo de maíz	6
2.2 Clasificación taxonómica del maíz	6
2.3 Descripción botánica.....	7
2.3.1 Raíz.....	7
2.3.2 Tallo	7
2.3.3 Hojas.....	7
2.3.4 Inflorescencia	7
2.3.5 Grano	8
2.3.6 Mazorca.....	8
2.4 Polinización y reproducción del maíz.....	8
2.5 Proceso de polinización	9
2.6 Prácticas y técnicas para el manejo de las semillas de maíz	9
2.6.1 Selección de semillas	9
2.6.2 Conservación de semillas	10
2.7 Diversidad genética del maíz	10
2.8 Características climáticas, edáficas y nutricionales del maíz en la zona andina del Ecuador	
11	

2.8.1	Clima	11
2.8.2	Suelos	11
2.8.3	Periodo del cultivo	11
2.8.4	Riego	11
2.8.5	Requerimientos nutricionales	11
2.8.6	Cosecha y pos cosecha	12
2.8.7	Plagas	12
2.8.8	Enfermedades	12
2.9	Caracterización Eco-geográfica	13
2.9.1	Programa Capfitogen vr. 2.0	13
2.9.2	Herramientas Capfitogen vr. 2.0	14
2.10	Marco legal	14
CAPITULO III.....		16
MARCO METODOLÓGICO.....		16
3.1	Caracterización del área de estudio.....	16
3.2	Materiales, equipos, insumos y herramientas	17
3.2.1	Materiales	17
3.2.2	Equipo de campo y oficina.....	17
3.2.3	Insumos	17
3.2.4	Herramientas	17
3.3	Métodos.....	17
3.3.1	Factores en estudio de la caracterización morfo agronómica	17
3.3.2	Diseño experimental.....	18
3.3.3	Características del experimento	18
3.3.4	Análisis estadístico.....	19
3.4	Variables morfo agronómicas empleadas en la fase de caracterización	20
3.4.1	Días a la germinación.....	20
3.4.2	Porcentaje de germinación	20
3.4.3	Datos en la etapa reproductiva del maíz.....	20

3.4.4	Datos de la mazorca después de la cosecha	25
3.4.5	Datos del grano después del trillado	30
3.5	Manejo del experimento, fase de caracterización	32
3.5.1	Adquisición de semillas de maíz	32
3.5.2	Preparación del terreno.....	33
3.5.3	Manejo de la polinización en cada unidad experimental	35
3.5.4	Cosecha	37
3.5.5	Post cosecha y almacenamiento	38
3.6	FASE 2. Caracterización eco geográfica	38
3.6.1	Área de estudio.....	38
3.6.2	Caracterización eco geográfica	38
CAPÍTULO IV.....		41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		41
Fase 1: Caracterización morfo agronómica		41
4.1	Variabilidad morfológica de datos cuantitativos	41
4.1.1	Características cuantitativas en estado vegetativo	41
4.1.2	Características cuantitativas de la etapa reproductiva.....	42
4.1.3	Características cuantitativas a la cosecha.....	45
4.2	Variabilidad morfológica de datos cualitativos	50
4.2.1	Características cualitativas de la fase vegetativa.....	50
4.2.2	Características cualitativas de la mazorca	51
4.3	Análisis de conglomerados	58
4.4	Análisis de caracteres cuantitativos discriminantes entre grupos	60
4.4.1	Caracteres cualitativos discriminantes para grupos conformados.....	61
4.5	Identificación de morfotipos según grupos conformados.....	66
4.6	Identificación de materiales promisorios	69
4.7	Fase 2. Caracterización eco geográfica del maíz para la zona norte del país	71
4.7.1	Mapa ELC de maíz en la zona norte del país.....	71
4.8	Variabilidad de datos geofísicos para el cultivo de maíz.....	73

4.8.1	Elevación.....	73
4.8.2	Pendiente.....	74
4.9	Variabilidad de datos bioclimáticos para el cultivo de maíz	74
4.9.1	Precipitación.....	74
4.9.2	Temperatura	75
4.10	Variabilidad de datos edáficos para el cultivo de maíz.....	76
4.10.1	Textura del suelo	76
4.10.2	Contenido de materia orgánica.....	77
4.10.3	pH del suelo.....	77
4.10.4	Profundidad del suelo.....	78
4.11	Análisis de conglomerados para datos ecogeográficos en el cultivo de maíz	78
CAPÍTULO V.....		84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		84
5.1	Conclusiones	84
5.2	Recomendaciones	84
REFERENCIAS.....		86
ANEXOS		100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Datos pasaporte de accesiones de maíz procedentes de Cotacachi y conservadas en el Banco de Germoplasma del INIAP</i>	18
Tabla 2 <i>Datos y medidas del área de estudio</i>	19
Tabla 3 <i>VARIABLES ECO GEOGRÁFICAS COMPILADAS COMO CAPAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</i>	39
Tabla 4 <i>Evaluación del descriptor días a la emergencia y porcentaje de emergencia</i>	42
Tabla 5 <i>Evaluación del descriptor días a la floración masculina y floración femenina</i>	43
Tabla 6 <i>Evaluación del descriptor altura de la planta, diámetro del tallo y distancia de entre nudos</i>	44
Tabla 7 <i>Evaluación del descriptor largo y ancho de la hoja</i>	45
Tabla 8 <i>Evaluación del descriptor número de granos por hilera</i>	46
Tabla 9 <i>Evaluación del descriptor longitud de la mazorca</i>	46
Tabla 10 <i>Evaluación del descriptor número de hileras de mazorca</i>	47
Tabla 11 <i>Evaluación del descriptor diámetro de la mazorca</i>	47
Tabla 12 <i>Evaluación del descriptor diámetro del raquis</i>	48
Tabla 13 <i>Evaluación del descriptor dimensiones del grano</i>	49
Tabla 14 <i>Evaluación del descriptor peso de 100 semillas</i>	49
Tabla 15 <i>Evaluación del descriptor rendimiento por metro cuadrado</i>	50
Tabla 16 <i>Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo evaluadas en 12 razas de maíz</i>	50
Tabla 17 <i>Frecuencia absoluta y relativa para la característica disposición de hileras del grano en 12 razas de maíz</i>	51
Tabla 18 <i>Frecuencia absoluta y relativa para la característica color del raquis en 12 razas de maíz</i>	52
Tabla 19 <i>Frecuencia absoluta y relativa para la característica forma de la mazorca en 12 razas de maíz</i>	53
Tabla 20 <i>Frecuencia absoluta y relativa para la característica daños de la mazorca en 12 razas de maíz</i>	55
Tabla 21 <i>Frecuencia absoluta y relativa para la característica forma de la superficie del grano en 12 razas de maíz</i>	56
Tabla 22 <i>Frecuencia absoluta y relativa para la característica tipo de grano en 12 razas de maíz</i>	57
Tabla 23 <i>Frecuencia absoluta y relativa para las características color de grano en 12 razas de maíz</i>	58
Tabla 24 <i>Distribución de las muestras por grupo, según el análisis de conglomerados jerárquico</i>	60
Tabla 25 <i>Valores promedio para caracteres cuantitativos de los tres grupos de maíz</i>	61
Tabla 26 <i>Descriptores morfológicos utilizados para la estimación del valor discriminante en caracteres cualitativos de 12 razas de maíz</i>	62

Tabla 27 <i>Morfotipos del grupo 1, conformados en base a las características cualitativas evaluadas en la caracterización agromorfológica de 12 razas de maíz</i>	67
Tabla 28 <i>Morfotipos del grupo 2, conformados en base a las características cualitativas evaluadas en la caracterización agromorfológica de 12 razas de maíz</i>	68
Tabla 29 <i>Morfotipos del grupo 3, conformados en base a las características cualitativas evaluadas en la caracterización agromorfológica de 12 razas de maíz</i>	69
Tabla 30 <i>Materiales promisorios identificados</i>	70
Tabla 31 <i>Variabilidad de datos geofísicos para el cultivo de maíz</i>	74
Tabla 32 <i>Características de pendiente identificado en la colección de maíz de la zona norte del país</i>	74
Tabla 33 <i>Características de precipitación identificada en la colección de maíz de la zona norte del país</i>	75
Tabla 34 <i>Características de temperatura identificada en la colección de maíz de la zona norte del país</i>	76
Tabla 35 <i>Características de textura de suelo identificado en la colección de maíz de la zona norte del país</i>	77
Tabla 36 <i>Contenido de materia orgánica identificado en la colección de maíz de la zona norte del país</i>	77
Tabla 37 <i>Rangos de pH identificado en la colección de maíz de la zona norte del país</i>	78
Tabla 38 <i>Características de profundidad de suelo identificado en la colección de maíz de la zona norte del país</i>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del grano de maíz	8
Figura 2 Mapa de ubicación del área de estudio destinada para el cultivo de maíz	16
Figura 3 Germinación del maíz.....	20
Figura 4 Emisión del polen	21
Figura 5 Emisión de estigmas	21
Figura 6 Altura de la planta.....	22
Figura 7 Distancia entre nudos.....	22
Figura 8 Tipo de espiga.....	23
Figura 9 Tabla de colores	24
Figura 10 Largo de la hoja	24
Figura 11 Ancho de la hoja.....	25
Figura 12 Granos por hilera.....	25
Figura 13 Hileras de la mazorca	26
Figura 14 Diámetro de la mazorca	26
Figura 15 Diámetro del raquis.....	27
Figura 16 Longitud de la mazorca	27
Figura 17 Disposición de hilera de grano	27
Figura 18 Color del raquis.....	28
Figura 19 Formas de la mazorca	28
Figura 20 Daños de la mazorca	29
Figura 21 Largo del grano	30
Figura 22 Grosor del grano	30
Figura 23 Ancho del grano	31
Figura 24 Forma de la superficie del grano	31
Figura 25 Color del grano	32
Figura 26 Doce razas de maíz proporcionadas por el Banco Nacional de Germoplasma del INIAP	32
Figura 27 Preparación del área de siembra	33
Figura 28 Fertilización del suelo	33
Figura 29 Siembra de las 12 razas de maíz	34
Figura 30 Raleo de plantas de maíz.....	34
Figura 31 Proceso de polinización manual	36
Figura 32 Polinización manual.....	37
Figura 33 Cosecha del maíz.....	37
Figura 34 Post cosecha de mazorcas de maíz.....	38
Figura 35 Flujograma de proceso general de Capfitogen.....	40
Figura 36 Color del tallo.....	51
Figura 37 Disposición regular de hileras del grano.....	52
Figura 38 Color del raquis.....	53

Figura 39 <i>Forma cónica cilíndrica de la mazorca</i>	54
Figura 40 <i>Ausencia de daños de la mazorca</i>	55
Figura 41 <i>Forma dentada de la superficie del grano</i>	56
Figura 42 <i>Tipo de grano harinoso</i>	57
Figura 43 <i>Color naranja del grano</i>	58
Figura 44 <i>Dendrograma obtenido por análisis de conglomerados para las variables cuantitativas y cualitativas en 12 materiales de maíz</i>	59
Figura 45 <i>Color de tallo presente en accesiones de maíz</i>	62
Figura 46 <i>Color del raquis presente en grupo de accesiones</i>	63
Figura 47 <i>Forma de la mazorca presentes en grupos de accesiones de maíz</i>	64
Figura 48 <i>Forma de la superficie del grano presente en grupos de accesiones de la colección de maíz</i>	64
Figura 49 <i>Características del tipo de grano presente en grupo de accesiones de maíz</i>	65
Figura 50 <i>Color del grano presentes en grupos de accesiones de maíz</i>	65
Figura 51 <i>Porcentaje de daños en la mazorca identificado en grupo de accesiones de maíz</i>	66
Figura 52 <i>Frecuencias de categorías eco geográficas basado en datos bioclimáticos, edáficos y geofísicos</i>	71
Figura 53 <i>Distribución de las categorías eco geográficas del cultivo de maíz en la zona norte del Ecuador</i>	73
Figura 54 <i>Dendrograma obtenido por análisis de conglomerados para las variables cuantitativas y cualitativas en 632 materiales de maíz (Zea mays L.) con distancias genéticas de Gower, según datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos</i>	79
Figura 55 <i>Dendrograma del Grupo 1, para las variables cuantitativas y cualitativas en 632 materiales de maíz (Zea mays L.) con distancias genéticas de Gower, según datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos</i>	80
Figura 56 <i>Dendrograma del Grupo 2, para las variables cuantitativas y cualitativas en 632 materiales de maíz (Zea mays L.) con distancias genéticas de Gower, según datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos</i>	81
Figura 57 <i>Dendrograma del Grupo 3, para las variables cuantitativas y cualitativas en 632 materiales de maíz (Zea mays L.) con distancias genéticas de Gower, según datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos</i>	82

“CARACTERIZACIÓN DE RAZAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PROCEDENTES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA”

Autor: Tamia Morales; Doris Chalampunte; María José Romero; Ima Sánchez

Universidad Técnica del Norte

Correo: tnmoralesc@utn.edu.ec

RESUMEN

En el Ecuador se reconocen 29 razas de maíz, 16 de las cuales están presentes en la sierra ecuatoriana, resaltando la amplia diversidad genética de este cultivo; las que representan la base genética para la sustentabilidad de la seguridad y soberanía alimentaria de la población. A través de esta investigación se evaluaron 12 razas de maíz (*Zea mays* L.) procedentes de la colección nacional de germoplasma del INIAP, con la finalidad de rescatar la agro biodiversidad de variedades nativas que se pierden dentro del cantón; los materiales fueron ubicados en el sector de Turuco-Cotacachi. Se evaluaron 15 caracteres cuantitativos y 7 cualitativos. Los resultados permitieron determinar mediante un proceso de caracterización morfológica, materiales promisorios de maíz procedentes de la localidad, para lo cual se tomó en cuenta caracteres cuantitativos tales como: días a la floración masculina y floración femenina, altura de la planta, número de granos por hilera, longitud y diámetro de la mazorca, número de hileras por mazorca, largo, grosor y ancho del grano, peso de 100 semillas, los tres materiales promisorios en base al rendimiento corresponden a las razas de maíz Mishca, Huandango y Blanco blandito, estos, presentaron rendimientos favorables los cuales se consideran como una alternativa productiva para el agricultor, permitiendo además conservar la diversidad de semillas. A su vez, por medio del mapa ELC se identificaron 15 categorías y la distribución de estas, en donde se refleja que la categoría 6 se distribuye en la provincia del Carchi Imbabura y Pichincha.

Palabras clave: Conservación ex situ, agro biodiversidad, seguridad alimentaria, caracterización morfológica, materiales promisorios.

“BREEDS CHARACTERIZATION OF CORN (*Zea mays* L.) FROM THE GERMOPLASM BANK OF INIAP, IN CANTON COTACACHI, PROVINCE OF IMBABURA”

Author: Tamia Morales; Doris Chalampunte; María José Romero; Ima Sánchez

Email: tnmoralesc@utn.edu.ec

ABSTRACT

In Ecuador, 29 breeds of corn are recognized, 16 of them can be found in the Ecuadorian highlands, it shows the wide genetic diversity of this crop. It represents the genetic basis for the sustainability of the population's food security and sovereignty. Through this research, 12 races of corn (*Zea mays* L.) from the national germplasm bank of INIAP, were evaluated with the purpose of rescuing the agrobiodiversity of native varieties that are lost within the study area. The materials were located in Turuco-Cotacachi sector. For the purpose 15 quantitative and 7 qualitative characters were evaluated. The results allowed to determine, through a morphological characterization process, promising corn materials from the locality, for which quantitative characters such as the following were considered: days to male flowering, days to female flowering, plant height, number of kernels per row, cob length, number of rows per cob, cob diameter, kernel length, kernel thickness, kernel width, 100-seed weight. The three promising materials based on yield were Mishca, Huandango and Blanco Blandito corn breeds, which showed favorable yields and are considered a productive alternative for the farmer, also allowing the conservation of seed diversity. In turn, the ELC map identified 15 categories and their distribution, showing that category 6 is distributed in the provinces of Carchi, Imbabura and Pichincha.

Keywords: Conservation, diversity, food security, morphological characterization, promising materials.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El maíz (*Zea mays* L.) es originario de una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América (Acosta, 2009). No existen versiones que mencionen cuando empezó a domesticarse esta gramínea, pero los indígenas mexicanos indican que esta planta representa, para ellos alrededor de diez mil años de cultura (Mayorga, 2016). A nivel mundial, la producción de este cultivo ha alcanzado un record de 1134 millones de toneladas, ya que ha aumentado la superficie y ha existido rendimientos altos en los principales países productores (EEUU 37% y China 21% de la totalidad mundial) (García, 2019), además se produce en todos los continentes, siendo 113 los países que lo cultivan (Agriculturers, 2017).

Paliwal et al. (2001) mencionan que las principales regiones de producción de maíz en las zonas tropicales se caracterizan como ambientes de tierras bajas, de media altitud y de tierras altas. Cruz (2013) señala que el cultivo requiere una temperatura entre 24.4°C a 35.6°C, con una media de 32°C como temperatura ideal para lograr una buena producción.

En el Ecuador existen dos tipos de maíz, duro y suave, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2003), el maíz duro-seco se proporciona principalmente para uso industrial, es por esta razón la expansión tanto en superficie cultivada como en rendimiento, además, tiene una amplia demanda por parte de la agroindustria, destinada principalmente a la producción avícola y de alimentos balanceados. Por otro lado, Bravo (2005) menciona que el maíz suave es usado para el consumo alimenticio familiar.

El Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2019) a través del sistema Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), menciona que, en Ecuador, el maíz es el cultivo más importante en superficie ya que esta constituye la base de la alimentación, además hace mención el área de producción, ya que se sembraron alrededor de 250 000 hectáreas y existen cerca de 60 000 maiceros en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas y Loja, además del total de la producción de maíz duro cerca del 75% adquiere la industria nacional para la elaboración de alimento balanceado que luego se transforma en proteína animal, principalmente aves y cerdos.

Galarza (1981) menciona que el maíz se distribuye entre los 1800 y 2800 m s.n.m, se puede encontrar una amplia variabilidad genética en formas, colores, tamaños y textura de grano que junto a su capacidad de adaptación a los diferentes ambientes, ha determinado la existencia de algunas variedades nativas que son apreciadas por el agricultor para así poder reproducir sus semillas con características de grano grande, harinoso, color amarillo o blanco, con un sabor ligeramente dulce cuando aún es tierno y con pericarpio delgado.

Mantener la diversidad existente dentro del país es de gran importancia no solo para la seguridad alimentaria, sino también como fuente de genes para la tolerancia a factores abióticos ya que las variedades mejoradas podrían tener un punto de resistencia a procesos de cambios climáticos que se han presentado a lo largo del tiempo (Tapia, 2015).

Timothy et al. (1963) reconocen 29 razas de maíz en Ecuador, 16 de las cuales están presentes en la sierra ecuatoriana lo que ha permitido que el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) genere algunas variedades de maíces mejorados como el Chaucho mejorado, Mishca mejorado, Blanco blandito mejorado, Guagal mejorado, Zhima mejorado, entre otros (Yáñez et al., 2013); esta diversidad de maíz que hay en Ecuador tiene relación con la historia y la geografía del país, ya que algunas de estas han sido introducidas del norte y del sur al Ecuador causando cruzamientos entre sí, además, el aislamiento geográfico ha permitido el desarrollo de nuevas formas en las tierras altas del centro de Ecuador (Timothy et al., 1963).

Desde el punto de vista de seguridad alimentaria, es evidente que el maíz es un cultivo de gran importancia económica y nutricional, además es imprescindible para las futuras generaciones por lo que se fortalece la agricultura y la seguridad alimentaria (FAO, 2011). Bogado (2017) menciona que las semillas nativas son producto del trabajo de generaciones de comunidades agrícolas que las han adecuado a sus ambientes, sistemas de producción y necesidades locales, las cuales son propias de las comunidades rurales campesinas e indígenas es por esto que los agricultores han venido practicando el rescate de las semillas nativas el cual da una alternativa en el marco del logro de una Soberanía Alimentaria, ya que de esta manera, se evita depender de empresas transnacionales, y las personas productoras son libres de alguna manera, de contar con el rubro que deseen.

Según Perales y Aguirre (2008) la mayoría de los estudios, se han enfocado en la identificación de las razas de maíz en base en características de la mazorca y al análisis de las recolectas resguardadas (accesiones) en los bancos de germoplasma nacionales, así como estudios de tipo etnográfico.

Parra-Quijano et al. (2015) al hablar de caracterización eco-geográfica se refieren al análisis de la información ambiental del lugar donde se desarrolla una población vegetal, el cual está relacionada con el proceso de adaptación al entorno por lo que Tapia et al. (2013) usaron datos pasaporte de 1186 accesiones de la colección nacional de Ecuador donde observaron características ambientales de los sitios donde se producen este tipo de cultivos potencialmente adaptados a las condiciones de estrés abióticos presentes en el país. La ayuda de los sistemas de información geográfica (SIG) ofrecen oportunidades para llevar a cabo el análisis espacial de los patrones de diversidad, mediante el empleo de: variables eco-geográfica es así que determinan la presencia de una especie, caracteres morfológicos y estudios de caracterización molecular (Naranjo, 2017).

La presente investigación forma parte de uno de los componentes al proyecto: “Fortalecimiento de las comunidades indígenas de Cotacachi- Ecuador en la conservación y el uso de RFAA como mecanismo para la distribución justa y equitativa de los beneficios”, proyecto que se trabajó en

conjunto entre la Universidad Técnica del Norte, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi.

1.2. Problema

Según Pinto y Abad (2017) el maíz forma parte de la cultura ecuatoriana, pero a lo largo del tiempo se ha ido perdiendo de la memoria colectiva de la población, esto se dio a causa de la migración interna y externa, y a otros factores que han debilitado las tradiciones, ha perdido su valor cultural original.

Según Naranjo (2017) la pérdida de diversidad de distintos cultivos es reconocida como una amenaza grave a la sostenibilidad agrícola, por la disminución de variedades autóctonas cultivadas por agricultores. La pérdida de diversidad se debe a que la mayor parte de los agricultores cultivan sólo una variedad, lo cual hace que exista una pérdida de diversidad de variedades en una escala de gravedad (FAO, 2016). Según Ramirez y Williams (2003) en el Ecuador el maíz se considera como un elemento ceremonial, un producto de mayor importancia en la culinaria Andina donde es considerado un grano sagrado.

En Perú el maíz nativo ha sido objeto de poca atención dentro del ámbito científico, por lo que solo el 50% de toda la diversidad de plantas pertenecen a variedades nativas, mientras que el resto son introducidas, como por ejemplo el maíz Pardo, Arizona, Alemán, entre otras (Medina et al. 2018). En el Ecuador, hoy en día varios agricultores han optado por realizar monocultivos, esto hace que exista erosión genética de las razas de maíz y pérdida de agro biodiversidad (García et al., 2011).

Otro problema que presenta el cultivo de maíz es la mezcla entre distintas razas ya que el maíz es una planta alógama por lo que el polen se distribuye de una flor diferente de la que tiene el óvulo para fecundar, estos se desplazan a través del viento, insectos o por el mismo agricultor hacia los estigmas de cualquier planta haciendo que exista una fuerte mezcla con distintas variedades que se encuentran en la zona, provocando pérdidas de las características de la propia raza (Red Andaluza de semillas, 2012).

En el cantón Cotacachi existe diversidad de maíz, se han encontrado 12 razas de las 26 que existen a lo largo de los Andes ecuatorianos, las variedades encontradas se han visto deterioradas en características propias de la raza por distintos factores por lo que se pretende refrescar el germoplasma con la finalidad de disponer de materiales con características propias de zona (Tapia et al., 2017).

Además, el maíz tiene problemas de almacenamiento durante periodos relativamente largos, ya que estos tienden a perder sus características como la viabilidad y longevidad de las semillas ya que varía entre especies y cultivares de la misma especie (Caicheo, 2008). Los periodos de almacenamiento bajo condiciones de 75 y 85% de humedad relativa y 25°C de temperatura, hace que exista mayor deterioro de la calidad fisiológica de la semilla (Blandón, 2004).

Existe germoplasma de maíz que ha sido conservado por largos periodos de tiempo en el Banco Nacional de Germoplasma, sin embargo, es un material que no ha sido evaluado lo que implica no conocer las características morfológicas y el comportamiento agronómico, en este sentido, se reconoce que los maíces solos, son menos resistentes a los contratiempos (Nuez et al., 2019).

Los nuevos desafíos que enfrenta la agricultura en nuestro país en los siguientes años, es una cuestión de interés para poder ir mejorando diferentes razas y en especial la variabilidad ecogeográfica ya que se ha presenciado la mala gestión de los suelos agrícolas (erosión, compactación, salinización, el empobrecimiento de nutrientes, la disminución de suministros de agua) el cual ha causando bajos rendimientos de maíz (Tapia et al., 2013).

1.3. Justificación

Para los pueblos indígenas de la serranía ecuatoriana, el maíz representa cultura e identidad, ya que este cultivo es usado como un elemento ceremonial; en el mes de marzo se celebran las fiestas del Pawcar Waray, el cual hace homenaje a la cosecha del choclo o maíz tierno y en el mes de junio se realizan las fiestas del Inti Raymi el cual representa la cosecha del maíz maduro (Williams, 2003). Sin embargo, es necesario identificar el nivel de variación de poblaciones de maíces nativos en las diferentes regiones, dada la complejidad como resultado de un proceso de selección dirigida por los agricultores para satisfacer sus necesidades de consumo (Flores et al., 2015).

Rocandio et al. (2014) mencionan que varios investigadores han señalado a las variables morfológicas como una herramienta útil para la clasificación racial en maíz por lo que es necesario conocer de manera detallada la variación existente dentro de las razas, lo que implica valorar la diversidad de poblaciones consideradas como variantes de una raza, con el propósito de diseñar el aprovechamiento de algunas formas dentro de la diversidad genética regional de la especie.

Las accesiones usadas en esta investigación corresponde a colectas efectuadas hace 30 años por el departamento de recursos fitogenéticos del INIAP para lo cual la intención a más de caracterizar, es multiplicar el germoplasma de tal forma que se pueda identificar características promisorias de las razas evaluadas para posteriormente reintroducir a las mismas comunidades.

A lo largo del tiempo se han perdido variedades nativas en el cantón Cotacachi ya que varios agricultores realizan cultivos asociados a distancias muy pequeñas entre propietarios y se mezclan las semillas, por lo que se pretende realizar una polinización manual con el fin de mantener la genética de cada una de las razas a cultivar (Bonilla y León, 2018). La polinización manual o artificial es un método utilizado para la regeneración y multiplicación de accesiones de germoplasma, con el fin de mantener gametos de la misma especie y así conseguir variedades deseadas por los agricultores del cantón; se puede realizar cruces en cadena cuando se va a regenerar un número considerable de accesiones (Tenecota, 2013).

Según Tapia et al. (2018) al hablar sobre la variación de maíz en nuestro país, se ha visto el caso de identificar zonas donde se cultivan distintas razas existentes, a través de una información sobre la distribución geográfica de este cultivo con criterios geofísicos, climáticos y edáficos; se han realizado propuestas para determinar las zonas óptimas para la conservación de la biodiversidad,

donde se prioriza el alto nivel de diversidad genética, la importancia cultural, usos, gustos, preferencias especializadas para los alimentos, entre otros.

La caracterización de maíz es una alternativa para la generación de información relacionados con la morfología, fenología y adaptación (Maigua, 2014), además así se podrán identificar materiales promisorios en base a criterios relacionados con calidad y tolerancia a plagas y enfermedades. Por otra parte, al realizar una caracterización eco geográfica del maíz se pretende integrar la información entre lo geográfico, genotipo y fenotipo de las razas existentes, utilizando mapas que marquen los puntos de recolección y los sitios donde se desarrollan las razas de maíz, de esta manera poder establecer escenarios favorables para su conservación y desarrollo (Borja, 2017).

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Caracterizar razas de maíz (*Zea mays* L.) procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP, en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

1.4.2. Específicos

- Evaluar doce razas de maíz a través del uso de descriptores morfológicos y agronómicos en el cantón Cotacachi.
- Identificar razas promisorias a través de variables agronómicas para su reintroducción a nivel de chacras.
- Analizar bajo parámetros eco geográficos sitios donde se concentra la variabilidad de maíz de la zona Norte del Ecuador.

1.5. Hipótesis

La caracterización morfológica de razas de maíz permite realizar una selección de razas promisorias que se puedan adaptar a escenarios de similar condición edafoclimático.

- **Ho:** La caracterización morfo agronómica y eco-geográfica, no permite identificar razas promisorias y aquellos sitios donde se concentra la variabilidad de maíz en la zona norte del Ecuador.
- **Ha:** La caracterización morfo agronómica y eco-geográfica, permite identificar razas promisorias y aquellos sitios donde se concentra la variabilidad de maíz en la zona norte del Ecuador.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados se distribuyeron hacia otros sitios de América; surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México (Acosta, 2009). El maíz pertenece a la familia de las gramíneas, tribu Maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea* (Deras, 2013).

En la Sierra del Ecuador el cultivo de maíz es uno de los más importantes cereales debido a la gran superficie sembrada y al papel que cumple en la seguridad y soberanía alimentaria, al ser un componente básico de la dieta de la población (Peñaherrera, 2011). En cuanto a producción el INEC, a través del sistema ESPAC, señala que para maíz duro se tuvo 7.2 toneladas por hectárea a nivel nacional, mientras que para maíz suave reporta una producción de 1.5 toneladas por hectárea (Ministerio de Agricultura y Gnadería [MAG], 2019).

Yáñez et al. (2013) mencionan que la distribución de algunos de los tipos de maíces más cultivados en las provincias de la sierra del Ecuador se debe a los gustos y costumbres de los agricultores; en la sierra norte (Carchi, Imbabura, Pichincha) se consume maíces de tipo amarillo harinoso, en la parte central (Tungurahua, Chimborazo y especialmente Bolívar) se cultivan los maíces Blanco-harinosos y en la sierra sur (Cañar y Azuay) el maíz denominado “Zhima” (Blanco amorochado).

El maíz como cultivo es un sistema dinámico y continuo (Eyhérbide, 2012). Su polinización es libre y hay movimiento o flujo de semilla por los agricultores año con año al mantener, intercambiar y experimentar con semilla propia o de otros vecinos de la misma localidad dificulta la distinción de unidades discretas para clasificar su diversidad. Se puede encontrar una amplia variabilidad genética en formas y tipos de razas de maíz (Camarena et al., 2014). La raza comprende la variación de maíz, para organizar el material en las colecciones de bancos de germoplasma y para su uso en el mejoramiento (McClintock et al., 1981), así como para describir la diversidad a nivel de paisaje, cada raza puede comprender numerosas variantes diferenciadas en formas de mazorca, color y textura de grano, adaptaciones y diversidad genética (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2020).

2.2 Clasificación taxonómica del maíz

Según Sánchez (2014) la clasificación taxonómica se muestra de la siguiente manera:

- Reino: Plantae

- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae Barnhart
- Género: *Zea*
- Especie: *Z. mays* L.

2.3 Descripción botánica

2.3.1 Raíz

Está compuesto por una raíz primaria, que tiene origen en la radícula y muy corta duración luego de la germinación para posteriormente configurar un sistema de raíces adventicias que brota a nivel de la corona del tallo, este se entrelaza fuertemente por debajo de la superficie terrestre, la raíz puede alcanzar hasta 1.80 m de profundidad (FAO, 2004).

2.3.2 Tallo

Según Ortas (2008) el tallo tiene aspecto de caña, con los entrenudos rellenos de una médula esponjosa, es un tallo erecto el cual se convierte en el eje central del sostén de la planta donde se adhieren las hojas en posición alterna y es de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura; el maíz tiene escasa capacidad de ahijamiento, de hecho, la aparición de algún hijo es un efecto no deseado que perjudica la capacidad productiva.

Potencialmente un tallo puede desarrollar 10 o más yemas florales que pueden originar 10 o más mazorcas; entre una, dos o tres yemas llegan a formar grano de maíz por el fenómeno conocido como “dominancia apical” que inhibe el desarrollo de las yemas inferiores (Ayala y Oñate, 2007).

2.3.3 Hojas

Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño estos se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (Guacho, 2014). La hoja consta de tres partes: la vaina, el limbo y la lígula; la vaina envuelve al entrenudo y cubre a la yema floral; la lámina o limbo es de tamaño variable en largo y ancho, con una nervadura central bien definida, el haz o parte superior con pequeñas vellosidades, el envés o parte inferior lisa sin vellosidades; y la lígula o lengüeta en la base de la hoja, parte pergaminosa; también en la base está la aurícula que envuelve al entrenudo; la aurícula y la lígula protegen al entrenudo y drenan el agua que al llover se desliza sobre el limbo y la nervadura central (Ayala y Oñate, 2007).

2.3.4 Inflorescencia

Presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta; la inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen (Delgado, 2011). Las

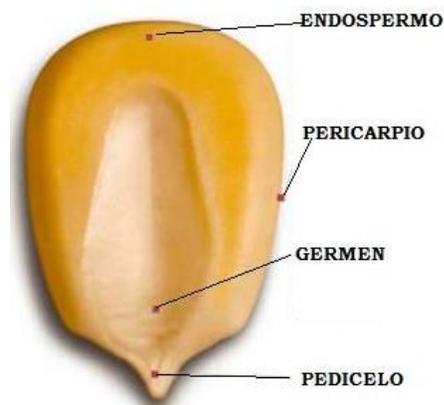
flores femeninas, que se encuentran en la axila de algunas hojas, están formando una inflorescencia en espiga rodeada por largas brácteas que la cubren por completo (FAO, 2004). Por lo tanto, cada espiguilla, en caso de fecundación dará un grano; en el extremo de la mazorca se desarrollan unos estilos largos llamados sedas en los cuales cae el polen y se desarrolla el tubo polínico (Ayala y Oñate, 2007).

2.3.5 Grano

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene un embrión que está formado por la radícula y la plúmula (Figura 1); las semillas están contenidas dentro de un fruto denominado cariósipide, la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que está situada por sobre la testa de la semilla, a la vez está formada internamente por el endospermo y el embrión constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula o hojas embrionarias, el coleóptilo y el escutelo o cotiledón (Portilla, 2018).

Figura 1

Estructura del grano de maíz.



Fuente: Martínez y Jiménez (2013).

2.3.6 Mazorca

Es la infrutescencia o espiga cilíndrica formada por el grano, el raquis, el pedúnculo y la cubierta; en la mazorca hay amplia variación en forma, tamaño y número de hileras, la magnitud de la mazorca y su número son de mayor importancia por ser componentes correlativos con el rendimiento del grano, tales componentes son: longitud, número de hileras, peso del grano y número de mazorcas por planta (Reyes, 1985).

2.4 Polinización y reproducción del maíz

Esta planta es alógama, anemófila; la polinización cruzada es entre 95 y 100%; el polen es viable dentro de las primeras 24 horas además se dispersa en un área de 100 metros a la redonda y puede llegar hasta 200 metros dependiendo de la intensidad y dirección del viento; los estigmas se mantienen receptivos por una semana o más (Holle y Sevilla, 2004). La planta es protoandra por

lo que los estigmas emergen generalmente 4 a 10 días después de la antesis, en este periodo, la temperatura, humedad y fertilización juegan un papel muy importante en la sincronización de producción de polen y la salida de los estigmas y su dehiscencia del polen precede varios días a la receptividad de los estigmas (Yépez, 2011).

La reproducción del maíz es sexual, ya que tiene espiga o inflorescencia masculina y mazorca o inflorescencia femenina; la polinización de las plantas se realiza con ayuda del viento, que transporta el polen de una planta a otra el cual lleva el nombre de polinización cruzada (Ospina, 2015). El polen de la panícula masculina, arrastrado por el viento se llama polinización anemófila, el cual cae sobre estos estilos, donde germina y avanza hasta llegar al ovario; cada ovario fecundado crece hasta transformarse en un grano de maíz (Vásquez, 2014).

2.5 Proceso de polinización

La etapa de floración en el maíz, que involucra la diseminación del polen y la aparición de los estigmas, es el período más crítico en el desarrollo de este cultivo, sobre todo desde el punto de vista de la determinación del rendimiento final, una vez desarrollados estos se produce el fenómeno de la polinización, la que puede ser natural o artificial si es que interviene la mano del hombre (Delgado, 2016).

El proceso de polinización natural consta de la diseminación del polen el cual comienza generalmente dos o tres 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; la espiga debe estar totalmente emergida y debe también haber alcanzado su tamaño final antes de que cualquier grano de polen haya sido diseminado (Santoyo, 2004).

La polinización artificial es más usada para la regeneración y multiplicación de accesiones de germoplasma; mediante este proceso se pueden realizar cruzamientos de planta a planta o cruzamiento en cadena, la cruza en cadena es recomendable cuando se va a regenerar un cierto número considerable de accesiones (Tenecota, 2013).

2.6 Prácticas y técnicas para el manejo de las semillas de maíz

Según Berjak y Pammenter (2004) hay que tener en cuenta que el maíz es una semilla ortodoxa por lo que adquieren tolerancia a la deshidratación durante su desarrollo y pueden almacenarse en estado seco, por períodos predecibles y bajo condiciones específicas; a no ser que estén debilitadas por hongos con tolerancia cero en almacenamiento, las semillas ortodoxas deben mantener un alto vigor y viabilidad, por lo menos desde la cosecha hasta la siguiente temporada de cultivo o por varias décadas a una temperatura de -18°C .

2.6.1 Selección de semillas

Se debe dejar secar bien la semilla en la planta, no se recomienda secar al sol ya que estos pierden color al tener contacto con el sol; un indicador del punto óptimo de secado es cuando la mazorca cuelga hacia abajo (descuelga) en la planta o que han agobiado; durante la cosecha hay que tener consideraciones para escoger las mazorcas por lo que si la planta tiene 2-3 mazorcas se escoge la

más (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [SINAGAP], 2016).

2.6.2 Conservación de semillas

Se puede emplear ceniza (espolvoreada) o aceite vegetal con el fin de evitar el ataque del gorgojo (*Sitophilus zeamais*) (Portillo, 2015), esta plaga ocasiona mayores daños al grano en la etapa de larvas y adultos. Los adultos perforan el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman surcos en el endospermo al alimentarse (García et al., 2007). Giraldo y Pabón (2005) mencionan que para conservar las semillas en la mazorca los campesinos han empleado diferentes técnicas, tales como:

- Las semillas (mazorcas) se colocan en un parapeto, colgadas encima del fogón, donde puedan recibir el humo que les ayuda a protegerse de la plaga (gorgojo). En este caso se cuelga la mazorca, que aún conserva el capacho, amarrada de la punta con una hoja de éste mismo, buscando que quede bien ajustada. Bajo estas condiciones la semilla puede durar de 2 a 3 años.
- Otra técnica que se emplea es, colocar las mazorcas sin descapachar en forma de columna con las puntas hacia adentro. Al tener la primera hilera (en redondo) se le echa ceniza caliente, luego se coloca otra nueva hilera y se agrega ceniza, así se continúa sucesivamente hasta formar una columna o pilastra.
- La conservación ex situ es una técnica de refrescamiento el cual se usa para proporcionar resistencia al maíz contra los cambios climáticos; se reconoce que los maíces sin refrescar son menos resistentes a los contratiempos. El objetivo del refrescamiento es buscar una variedad más resistente a plagas, enfermedades, invierno, sequías y de mejor rendimiento tanto en el cultivo como en la cocina (Erminsu, 2005).

2.7 Diversidad genética del maíz

El cultivo de maíz se encuentra distribuido en todo el país; en la Sierra se reconocen tres grandes zonas, de acuerdo con los tipos de grano que se cultivan en cada una de ellas; estas zonas son: Norte, que comprende las áreas maiceras de Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, donde predomina el cultivo de maíces amarillos harinosos: Chaucho, Huandango, Mishca y Chillos; Central, conformada por las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, donde se cultivan variedades de grano blanco harinoso dentado pertenecientes a las razas Blanco Blandito y Cuzco ecuatoriano, principalmente; y la Zona Sur que integra las provincias de Azuay, Cañar y Loja, cultivándose la variedad Zhima (Yáñez et al., 2013). Es importante señalar que estos materiales sembrados a lo largo de la Sierra ecuatoriana pertenecen a una gran diversidad genética nativa de maíz (diecisiete razas de maíz criollas) (Chaqui, 2013).

2.8 Características climáticas, edáficas y nutricionales del maíz en la zona andina del Ecuador

2.8.1 Clima

Para las diferentes etapas fenológicas que presenta el cultivo de maíz se recomiendan temperaturas 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, temperaturas de 20 a 32°C (Eyhérabide, 2012).

2.8.2 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 (CropCheck, 2011).

2.8.3 Periodo del cultivo

Está en relación a las condiciones climáticas de la zona, pero en general se hace entre septiembre hasta diciembre (Basantes, 2015). Se siembra a una profundidad de 5cm, la separación entre líneas es de 0.8 a 1m y la separación entre los golpes de 20 a 25cm (Gordon, 2012).

2.8.4 Riego

Para obtener las máximas ventajas del riego es necesario mantener en todo momento el cultivo de maíz sin síntomas de marchitamiento ya que con esto se logra el mantenimiento de la zona radicular con un contenido adecuado de agua durante el ciclo del cultivo. Si se quiere tener rendimientos máximos es necesario mantener el agua del suelo en contenidos mayores del 50% del agua disponible en todo momento (Hofstadter et al., 1975).

El maíz es una planta con necesidades hídricas importantes durante todo su periodo vegetativo, unos 250 litros por cada kg de materia seca producida, pero hay determinados momentos en los que la falta de humedad condiciona enormemente la producción; en la fase de crecimiento vegetativo sus necesidades hídricas son mayores hasta 10 a 15 días antes de la floración (Zari, 2014). Durante la fase de floración, es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permitan una eficaz polinización y cuajado (Yáñez et al., 2013). Finalmente, durante el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (Alonso, 2010).

2.8.5 Requerimientos nutricionales

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales, las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso, posterior a realizar un análisis de suelo hay que suplementar los nutrientes con una fórmula 40-40-40 (235 kg de triple 17); a los cuarenta días después de la siembra se recomienda dar una segunda aplicación

de fertilizante, de preferencia con sulfato de amonio (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2008).

2.8.6 Cosecha y pos cosecha

Según Ospina (2015) las labores de cosecha y pos cosecha se deben hacer en una forma oportuna y adecuada para evitar dañar la calidad del grano, puede ser cosechado con humedades entre 20 y 25% y menor requerimiento de áreas cubiertas para almacenamiento del producto, se puede clasificar antes del desgrane por lo que se aumenta la calidad del producto a vender, además, las actividades de post cosecha están dirigidas a conservar la calidad.

2.8.7 Plagas

- Gusano de alambre (*Agriotes obscurus* L.). Son coleópteros que viven en el suelo aparecen en suelos arenosos y ricos en materia orgánica. Las hembras realizan puestas de 100 a 250 huevos de color blanquecino y forma esférica. Las larvas de los gusanos de alambre son de color dorado y los daños que realizan son al alimentarse de todas las partes vegetales y subterráneas de las plantas jóvenes. Ocasionan grave deterioro en la planta e incluso la muerte (Ospina, 2015).
- Gusanos cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith). Es una especie de lepidóptero muy conocido en el ámbito agrícola, el cual ataca al cultivo en estado de larva, son de color pardo grisáceo; se alimentan de hojas tiernas y el follaje del cogollo, es una de las principales plagas en el cultivo de maíz, el daño puede causar una disminución en la producción, la cual puede llegar desde un 20% hasta la pérdida total del cultivo, si la plaga ataca en periodos cercanos a la etapa de la floración (Del Rincon-Castro et al., 2006).
- Gusano de tierra (*Spodoptera littoralis*). su hábitat se da en suelos arenosos y ricos en materia orgánica. Las larvas al momento de alimentarse realizan perforaciones a las plantas jóvenes, en el caso de los lepidópteros comen a nivel del cuello, ocasionando deterioro o hasta la muerte de la plántula (Vega, 2011).
- Pulgones (*Rhopalosiphum padi*). Se alimenta de la savia provocando una disminución del rendimiento final del cultivo y el pulgón verde del maíz (*Rhopalosiphum maidis*), es transmisor del virus de enanismo amarillo de la cebada, al extraer la savia de las plantas atacando principalmente al maíz dulce, esta última especie tampoco ocasiona graves daños debido al rápido crecimiento del maíz (Stella y Fassio, 1995).
- Gusano de la mazorca (*Helicoverpa zea* (Boddie)). Perteneciente al orden de los lepidópteros, es una plaga que provoca varios daños y pérdidas económicas en el cultivo de maíz. Estos gusanos en estado larvario se alimentan de los estigmas de la mazorca y los granos de maíz en estado lechoso provocando daños en la mazorca desde la punta hasta la base de la misma (Intagri, 2017).

2.8.8 Enfermedades

- Bacteriosis (*Xanthomonas stewartii*). Ataca al maíz dulce. Los síntomas se

manifiestan en las hojas que van desde el verde claro al amarillo pálido. En tallos de plantas jóvenes aparece un aspecto de mancha que ocasiona gran deformación en su centro y decoloración. Si la enfermedad se intensifica se puede llegar a producir un bajo crecimiento de la planta (Vega, 2011).

- Pseudomona (*Pseudomonas alboprecipitans*). Se manifiesta como manchas en las hojas de color blanco con tonos rojizos originando la podredumbre del tallo (Vega, 2011).
- Tizón (*Helminthosporium turcicum*). Afecta a las hojas inferiores del maíz. Las manchas son grandes de 3 a 15cm y la hoja va tornándose de verde a parda. Sus ataques son más intensos en temperaturas de 18 a 25°C. Las hojas caen si el ataque es muy marcado (Yáñez et al., 2013).
- Antracnosis (*Colletotrichum graminocolum*). Son manchas color marrón-rojizo y se localizan en las hojas, producen arrugamiento del limbo y destrucción de la hoja. Como método de lucha está el empleo de la técnica de rotación de cultivos y la siembra de variedades resistentes (CropCheck, 2011).
- Roya común (*Puccinia sorghi* Schw). Son pústulas de color marrón que aparecen en el envés y haz de las hojas, llegan a romper la epidermis y contienen unos órganos fructíferos llamados teleosporas (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], 2004).
- Carbón del maíz (*Ustilago maydis*). Son agallas en las hojas del maíz, mazorcas y tallos. Esta enfermedad se desarrolla a una temperatura de 25 a 33°C y su control se realiza basándose en tratamientos específicos con funguicidas (Vega, 2011).

2.9 Caracterización Eco-geográfica

Consiste en el estudio del escenario adaptativo de un individuo, población o especie mediante el análisis de factores bióticos y abióticos que condicionan su supervivencia (FAO, 2006). En esta información mediante los mapas de caracterización eco-geográfica del terreno o ELC (Ecogeographical Land Characterization), se visualizan los diferentes escenarios adaptativos de una especie vegetal a lo largo de un determinado territorio (Meza, 2014).

Aporta sólidos criterios metodológicos e instrumentos conceptuales que permiten abordar de forma integrada la dinámica de procesos morfoestructurales, morfobioclimáticos y morfoantrópicos (relaciones ecodinámicas localizadas) concretados en la superficie de contacto terrestre, dándole un nivel cualitativamente superior al tratamiento de lo geomorfológico en la compleja trama del soporte natural y, más aún, del espacio geográfico concebido en términos de totalidad (Carmona, 2014).

2.9.1 Programa Capfitogen vr. 2.0

Es un software enfocado en el desarrollo de tecnologías apropiadas para países con abundante agro biodiversidad y limitados recursos económicos, que comprende el uso de componentes

bioclimáticos (precipitación, temperatura), componentes edáficos (tipo de suelo, pH, % de carbón orgánico, profundidad efectiva, pendiente), la información obtenida se depura con la ayuda del SIG (Sistema de información geográfica) (FAO, 2015).

2.9.2 Herramientas Capfitogen vr. 2.0

La caracterización ecogeográfica trata de evaluar las características de los sitios de colecta, identificar rangos climáticos y ecosistemas favorables o marginales para los cultivos en estudio utilizando las herramientas Capfitogen (Parra-Quijano et al., 2015); algunas de estas herramientas son:

- **TEST TABLE:** Es una herramienta que detecta celdas en blanco, celdas fantasmas, entre otras; al analizar el documento la herramienta genera un documento que analiza en cinco apartados los posibles errores para posteriormente corregir.
- **GEOQUAL:** Los datos de referenciación obtenidas en campo deben estar en coordenadas sexagesimal, posterior a esto, se realiza una evaluación de calidad de la georreferenciación de los datos pasaporte mediante cuatro parámetros que son: COORQUAL (Provincia 0-20), SITQUAL Cantón (0-20), LOCALQUAL Parroquia (0-20) y TOTALQUAL100 (0-100) que transforma en rangos la sumatoria de los tres primeros parámetros.
- **SELECVAR:** contiene 105 variables eco geográficas entre bioclimáticas (temperatura, precipitación, entre otras), edáficas (pH del suelo, salinidad, profundidad, sodicidad, entre otras.) y geofísicas (elevación, pendiente, esticidad y demás) disponibles.
- **ELC mapas:** Mediante esta herramienta se obtiene una nueva opción de mapas de caracterización eco geográfica del terreno a través de las variables bioclimáticas, geofísicas y edáficas; el resultado de este análisis es la obtención de mapas temáticos y categorías en donde se encuentran desarrollándose los materiales en estudio.
- **ECOGEO:** El usuario dispone hasta 103 variables eco geográficas disponibles (bioclimáticas, edáficas y geofísicas), de las cuales facilita la obtención de componentes principales, dendrogramas que arroja información sobre los sitios de recolección.

2.10 Marco legal

La presente investigación está inmersa en las leyes y artículos que rigen al Estado Ecuatoriano, según la Constitución Política (2008) en el Art. 71 se establece los derechos de la naturaleza donde se estableció el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida, dentro de los cuales se encuentra el objetivo 3 “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones” que tiene como finalidad establecer prácticas responsables con el medio ambiente que reduzcan el impacto ambiental provocado por las labores agrícolas y pecuarias, de tal manera que cree un manejo responsable del patrimonio natural y de los recursos naturales no renovables.

La Asamblea Nacional promulgó la Ley Orgánica de Agro biodiversidad, semillas y fomento de agricultura (LOASFAS, 2017), es así que, mediante el manejo tradicional de cultivos, en este caso *Zea mays* L., se puede conservar, mantener y recuperar variedades de maíz para así posteriormente garantizar una alimentación sana para las futuras generaciones, además, contribuye a la

conservación de la agro biodiversidad, bienes colectivos como las semillas, la preservación de saberes ancestrales y la inclusión participativa de los sectores de la producción agrícola de la zona norte del país para alcanzar y cumplir con la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA, 2010).

CAPITULO III.

MARCO METODOLÓGICO

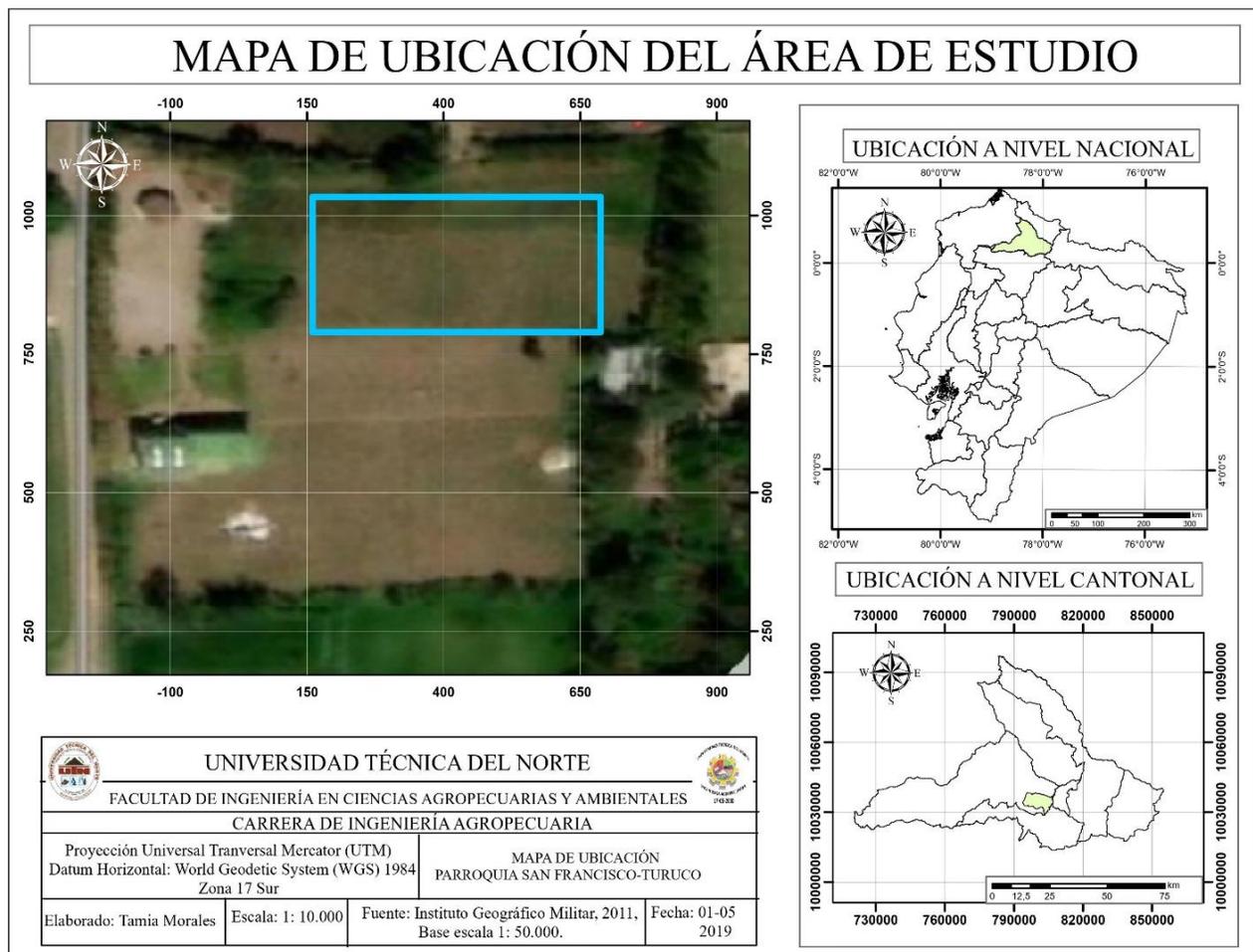
La presente investigación consta con dos fases, la primera fase descriptiva que corresponde a la caracterización morfo agronómica el cual se la efectuó a nivel de campo en la localidad de Cotacachi y la segunda fase corresponde a la caracterización eco-geográfica a través del uso del Capfitogen 2.0 (Parra-Quijano et al., 2015).

3.1 Caracterización del área de estudio

La investigación se realizó en la provincia Imbabura, cantón Cotacachi, parroquia San Francisco, comunidad Turuco en el jardín etnobotánico perteneciente a la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNORCAC) el cual se encuentra a una latitud de $0^{\circ} 17'57.7''$ N, Longitud de $78^{\circ} 16'34.7''$ W y una altitud de 2435 m s.n.m. (Figura 2).

Figura 2

Mapa de ubicación del área de estudio destinada para el cultivo de maíz.



3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Los materiales que se usarán en esta investigación son los siguientes:

3.2.1 Materiales

Para proceder a delimitar el lugar donde se realizó la fase de campo se usó estacas, piolas, cinta métrica, rótulos; para realizar la polinización manual se usó glasines, bolsas de papel, grapas, clips; para realizar la caracterización morfológica se usó un flexómetro, calibrador, descriptores morfológicos y agronómicos, tabla de colores (Royal Horticultural Society), descriptores eco-geográficos y una libreta de campo.

3.2.2 Equipo de campo y oficina

Para realizar las labores culturales en campo se usó una bomba de riego, mangueras, bombas de fumigar, termómetro y para realizar análisis estadísticos se procedió a usar una computadora, impresora, cámara fotográfica, lápiz y un borrador.

3.2.3 Insumos

Dentro del campo se usó las doce razas de semillas de maíz y para prevenir la presencia de plagas o enfermedades se usó algunos fungicidas, insecticidas, herbicidas, fertilizantes sólidos, fertilizantes foliares, abonos con el fin de obtener una buena producción de maíz.

3.2.4 Herramientas

Las herramientas utilizadas para la limpieza del cultivo fueron palas, azadón y rastrillo con el fin de mantener limpio y presentable el lugar de investigación.

3.3 Métodos

FASE 1. Caracterización morfo agronómica

3.3.1 Factores en estudio de la caracterización morfo agronómica

Dentro de esta investigación se estudiaron 12 accesiones de maíz (Tabla 1), estas semillas fueron proporcionadas por el Banco Nacional de Germoplasma del INIAP, las cuales fueron colectadas en nueve localidades del cantón Cotacachi hace aproximadamente 25 años.

Las semillas proceden de diferentes localidades del cantón Cotacachi como son: San Antonio del Punge, Itaqui, Topo Grande, San Nicolás, Cuicocha, Cumbas, El Cercado y San Francisco.

Tabla 1

Datos pasaporte de accesiones de maíz procedentes de Cotacachi y conservadas en el Banco de Germoplasma del INIAP

Accesión	Nom. Común	Parroquia	Localidad	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud
ECU-7304	Huandango	San Francisco	San Francisco	2500	00°18'N	78°16'W
ECU-15398	Chulpi amarillo	Quiroga	San Antonio del Punge	2710	00°16'115"N	78°18'578"W
ECU-15441	Morocho	Cotacachi	Itaqui	2710	00°18'118"N	78°18'194"W
ECU-15451	Maíz rojo	Sagrario	Topo Grande	2600	00°18'407"N	78°17'237"W
ECU-15462	Maíz blanco	Quiroga	San José de Punje	2690	00°16'107"N	78°18'420"W
ECU-15580	Canguil blanco	Quiroga	San Nicolás	2930	00°16'192"N	78°19'722"W
ECU-15582	Maíz mishca	Quiroga	Cuicocha	2740	00°16'707"N	78°19'218"W
ECU-17265	Tzapak sara	Quiroga	Cumbas	2700	00°15'847"N	78°18'999"W
ECU-17268	Yana sara	Quiroga	Cumbas	2700	00°15'847"N	78°18'999"W
ECU-17271	Blanco	Quiroga	Cumbas	2700	00°15'847"N	78°18'999"W
ECU-17281	Maicena	Quiroga	San Antonio del Punge	2250	00°16'349"N	78°19'557"W
ECU-17285	Killu chaucha	Sagrario	El Cercado	2500	00°20'089"N	78°17'023"W

3.3.2 *Diseño experimental*

Para la presente investigación se implementó un diseño por bloques. La parcela neta tiene un área total de 863 m², cada unidad experimental contó con un área de 86 m², en el que se realizó diez surcos con una separación de 1 m entre sí. Para la siembra se realizó a una distancia de 0.50 m de separación entre planta y se colocaron tres semillas por punto de siembra. Para la caracterización morfológica se tomaron 15 plantas completamente al azar.

3.3.3 *Características del experimento*

A continuación, se puede observar el número de razas y las repeticiones de la investigación, así como el área total del ensayo.

Razas:	12
Bloques:	3
Número de unidades experimentales:	36
Área total del ensayo:	863 m ²

3.3.3.1 Características de la unidad experimental.

La unidad experimental constó de las siguientes medidas del área de estudio como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Datos y medidas del área de estudio

Datos	Medidas
Área de la unidad experimental	23.97 m ²
Área de la parcela neta	13.51 m ²
Largo de la parcela	5.8 m
Ancho de la parcela	2.33 m
Largo del surco	3.33 m
Distancia entre surcos	0.70 m
Distancia entre unidad experimental	0.50 m
Distancias entre planta	0.50 m
Número de surcos/ unidad experimental	10
Número de semillas por golpe	2
Número de golpes por surco	12
Número de plantas por surco	24
Número de plantas por parcela neta	160
Número de plantas por unidad experimental	240

3.3.4 Análisis estadístico

Fase 1. Caracterización morfo agronómicas

Se usó el programa InfoStat versión 2018, para realizar los análisis correspondientes de esta investigación. Para los caracteres cuantitativos se realizó un análisis de medias de resumen, el que incluye datos sobre la media, coeficiente de variación y valores máximos y mínimos. Para datos cualitativos se realizó un análisis de tablas de frecuencia.

Se realizó un análisis de conglomerados para lo cual los datos cualitativos fueron transformados a una matriz binaria (0-1) a través del uso de la transformación variables Dummy; a través del método de agrupamiento de Ward (1963) y la distancia de Gower (1967) se generó el dendrograma que permitió visualizar el agrupamiento de las muestras que poseen características morfológicas similares.

Para identificar variables cuantitativas significativas, se realizó el análisis de varianza a nivel de grupos y a través del estadístico de Fisher al 5% se determinó la contribución de cada variable a la determinación de la variabilidad. Para identificar variables cualitativas significativas, se trabajó con Tablas de Contingencia, donde se emplearon los estadísticos de coeficiente de correlación de Pearson (P), Pseudo F, valor-P y Chi cuadrado (X²).

3.4 Variables morfo agronómicas empleadas en la fase de caracterización

Para registrar los datos correspondientes se tomaron 15 plantas completamente al azar de cada unidad experimental, los materiales seleccionados fueron los más vigorosos y sanos. De la misma manera para determinar el color se utilizó la tabla de colores Royal Horticultural Society (RHS) para tejidos vegetales. Las variables evaluadas se tomaron de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo.

3.4.1 Días a la germinación

Esta variable se tomó a partir del día que se realizó la siembra en suelo húmedo, hasta el día que el 50% de las plántulas de cada accesión germinaran (Figura 3).

Figura 3

Germinación del maíz.



3.4.2 Porcentaje de germinación

Del total de semillas sembradas, se procedió a registrar las semillas emergidas por lo que se obtuvo resultados en porcentajes, los datos se tomaron entre los 10 y 15 días después de la siembra.

3.4.3 Datos en la etapa reproductiva del maíz

3.4.3.1 Días hasta la antesis (floración masculina).

La antesis es el periodo de floración de las plantas donde la flor masculina se expande hasta que esté completamente desarrollada y en estado funcional, durante el cual sucede el proceso de polinización. Se contó el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta el momento de inicio de la emisión del polen en el 50% de las plantas (Figura 4).

Figura 4

Emisión del polen.



3.4.3.2 Días hasta la emisión de estigmas (floración femenina).

Los primeros estigmas en emerger corresponden a la mitad basal de la inflorescencia, las flores fecundadas cesan de inmediato el crecimiento de sus estigmas, mientras que las no fecundadas continúan elongándolos por varios días después de su aparición, los estigmas pierden su receptividad a partir de la semana de su aparición, siendo nula luego de 14 días. Se tomó en cuenta el número de días desde la siembra hasta que emergieron los estigmas en un 50% de las plantas (Figura 5).

Figura 5

Emisión de estigmas.



3.4.3.3 Altura de la planta.

Se tomaron 15 plantas al azar por cada raza y se midió desde el punto de inserción de las raíces (corona) hasta la hoja bandera con una regla de madera pegada una cinta métrica, esta variable se

midió en centímetros, para evaluar esta variable se lo realizo en la etapa reproductiva del cultivo (Figura 6).

Figura 6

Altura de la planta.



3.4.3.4 Color del tallo.

El color de la hoja se registró al final de la floración. Se realizó la toma de datos conjuntamente con la tabla de colores (Royal Horticultural Society) para determinar el color del tejido vegetal. Esta variable se evaluó en la etapa reproductiva del cultivo.

3.4.3.5 Distancia entre nudos.

Se tomó el entrenudo del centro de la planta (Figura 7) y se midió en centímetros, esta variable se evaluó de 15 plantas al azar por cada raza.

Figura 7

Distancia entre nudos.



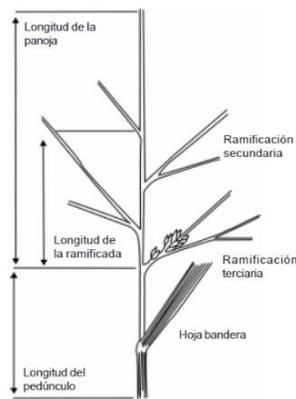
3.4.3.6 Tipo de espiga.

Se consideró el número de ramificaciones en la espiga de la planta ya que son importantes porque influyen en la producción del polen y por consiguiente en el llenado de la mazorca. Se observó el tipo de espiga (Figura 8) de 15 plantas al azar por cada raza al momento de la floración y se nominó de la siguiente manera:

- Primaria
- Primaria-secundaria
- Primaria-secundaria-terciaria

Figura 8

Tipo de espiga.



Fuente: CIMMYT (1991).

3.4.3.7 Color de la flor macho.

Se observó el color de la espiga con la tabla de colores (Royal Horticultural Society), la toma de esta variable se lo realizó antes de que las espigas comenzaran a producir polen.

3.4.3.8 Color de la flor hembra.

Al igual que el color de la espiga, se observó el color con la tabla de colores (Royal Horticultural Society), después de realizar la polinización ya que esta flor cambia de color frecuentemente.

3.4.3.9 Color de la hoja.

De igual manera se usó una tabla de colores (Royal Horticultural Society), esta variable se lo tomó durante la etapa reproductiva del cultivo, donde se tomó una gama de colores verdes, además, se tomó una hoja del centro de la planta (Figura 9).

Figura 9

Tabla de colores.



Fuente: Bert y Satorre (2019).

3.4.3.10 Largo de la hoja.

Se tomó una hoja del centro de la planta y se evaluó en centímetros con la ayuda de una cinta métrica (Figura 10), se midió desde la lígula hasta el ápice de la hoja de donde sobresale la mazorca, esta variable se evaluó en la etapa reproductiva del cultivo.

Figura 10

Largo de la hoja.



3.4.3.11 Ancho de la hoja.

Se tomó 15 plantas al azar por cada raza y se procedió a doblar la hoja tomando el ápice de la hoja hacia la lígula, se tomó la medida del ancho de la hoja con la ayuda de una cinta métrica y se midió en centímetros. Esta variable se evaluó en la etapa reproductiva del cultivo (Figura 11).

Figura 11

Ancho de la hoja.



3.4.4 Datos de la mazorca después de la cosecha

Para evaluar y tomar datos cuantitativos, se tomó 15 plantas al azar por cada raza y para tomar los datos cualitativos se tomó 5 plantas al azar por cada raza.

3.4.4.1 Número de granos por hilera.

Se contabilizó grano por grano para saber el número de semilla que tenía una hilera, esta variable se tomó de las mazorcas provenientes de las 15 plantas seleccionadas anteriormente (Figura 12).

Figura 12

Granos por hilera.



3.4.4.2 Número de hileras de mazorca.

Se contó el número de hileras de las mazorcas cosechadas de las 15 plantas seleccionadas (Figura 13).

Figura 13

Hileras de la mazorca.



3.4.4.3 Diámetro de la mazorca.

Se tomó este dato en centímetros con un calibrador (Figura 14) y se midió la parte central de la mazorca de las 15 plantas seleccionadas anteriormente y se realizó después de la cosecha.

Figura 14

Diámetro de la mazorca.



3.4.4.4 Diámetro del raquis.

Se desgranó el grano y después se midió con un calibrador el diámetro del raquis de las 15 mazorcas ya cosechadas (Figura 15).

Figura 15

Diámetro del raquis.



3.4.4.5 Longitud de la mazorca.

Para medir esta variable se cosecharon las 15 mazorcas, se midió en centímetros y se tomó en cuenta las mazorcas de las 15 plantas seleccionadas después de que la mazorca haya llegado a su punto de madurez (mazorca seca) (figura 16).

Figura 16

Longitud de la mazorca.



3.4.4.6 Disposición de hilera de grano.

Cuando las mazorcas se secaron totalmente se procedió a tomar características como: regular, irregular, recta, en espiral de las 15 mazorcas (Figura 17).

Figura 17

Disposición de hilera de grano.



1 Regular 2 Irregular 3 Recta 4 En espiral

3.4.4.7 Color del raquis.

Después de desgranar el maíz se determinó el color de cada raquis mediante el uso de la tabla de colores (Royal Horticultural Society) (Figura 18).

Figura 18

Color del raquis.

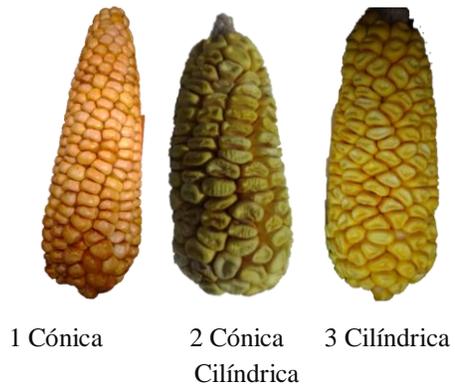


3.4.4.8 Forma de la mazorca.

Se determinó la forma de acuerdo a las características: cilíndricas, cilíndrica-cónica, cónicas, esféricas (Figura 19).

Figura 19

Formas de la mazorca.



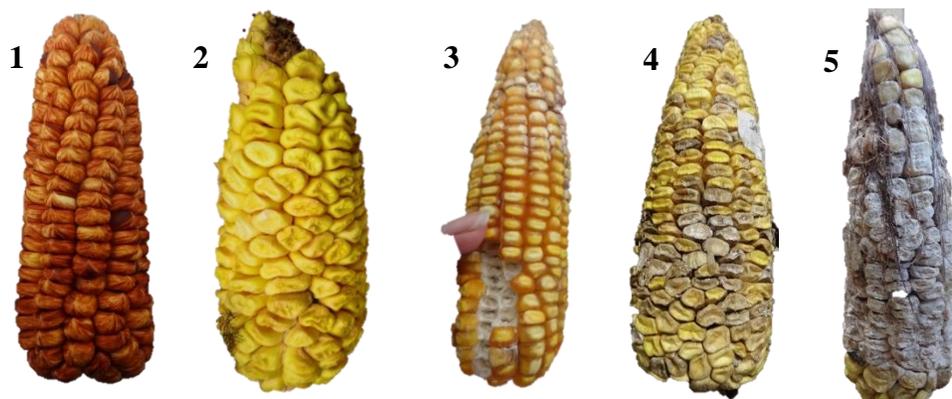
3.4.4.9 Daño de la mazorca.

Se evaluó el total de las mazorcas por unidad experimental el daño por pudrición de mazorca (Figura 20), utilizando una escala de severidad de seis clases; donde:

- 0= sana
- 1= 1-10%
- 2= 11-25%
- 3= 26-50%
- 4= 51-75%
- 5= 76- 100% de pudrición.

Figura 20

Daños de la mazorca.



3.4.5 Datos del grano después del trillado

3.4.5.1 Largo del grano [mm].

Se evaluó con un calibrador, un promedio de 10 granos consecutivos de una hilera, el grano se midió desde su ápice, extremidad que se inserta con la mazorca hasta la corona del mismo (Figura 21). Se tomó 15 mazorcas por raza.

Figura 21

Largo del grano.



3.4.5.2 Grosor del grano [mm].

Se tomó la medida con un calibrador la parte más ancha de los costados del grano. Se escogió un promedio de 10 granos consecutivos de una hilera en el punto medio de 15 mazorcas por raza (Figura 22).

Figura 22

Grosor del grano.



3.4.5.3 Ancho del grano [mm].

Se midió un promedio de 10 granos de una hilera en el punto medio de la mazorca con un calibrador (Figura 23). Se tomó 15 mazorcas por raza.

Figura 23

Ancho del grano.



3.4.5.4 Forma de la superficie del grano.

Se realizó por medio de las ilustraciones de formas de granos que se encuentra en el descriptor de maíz realizado por CIMMYT, estas formas pueden ser: contraído, dentado, plano, redondo, puntiagudo, muy puntiagudo (Figura 24).

Figura 24

Forma de la superficie del grano.



3.4.5.5 Tipo de grano.

Se observó las características de los granos de acuerdo a los siguientes tipos:

1. Harinoso
2. Semiharinoso (morocho), con una capa externa de endospermo duro
3. Dentado
4. Semidentado; entre dentado y cristalino, pero más parecido al dentado
5. Semicristalino; cristalino de capa suave
6. Reventador

3.4.5.6 Color del grano.

Se observó como máximo tres colores en orden de frecuencia: blanco, amarillo, morado, jaspeado, café, anaranjado, moteado, capa blanca, rojo, negro (Figura 25).

Figura 25

Color del grano.



3.4.5.7 Peso de 100 semillas.

Cuando la humedad de las semillas alcanzó el 13%, se procedió a determinar el peso de 100 semillas escogidas al azar por cada raza.

3.5 Manejo del experimento, fase de caracterización

3.5.1 Adquisición de semillas de maíz

La semilla de las 12 razas de maíz fue proporcionada por el Banco Nacional de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (Figura 26).

Figura 26

Doce razas de maíz proporcionadas por el Banco Nacional de Germoplasma del INIAP.



3.5.2 Preparación del terreno

Se realizó la remoción del suelo con maquinaria agrícola, se eliminó las malezas y restos del anterior cultivo. Se realizó un riego previo a la siembra.

3.5.2.1 Delimitación de parcelas.

Se procedió a delimitar los bloques y cada unidad experimental usando estacas, cinta métrica, y piola. Cada unidad experimental estaba conformada por diez hileras de 10 m de largo por 7.2 m de ancho, la distancia entre surcos fue de 0.70 m y la distancia de siembra entre plantas fue de 0.50 m (Figura 27).

Figura 27

Preparación del área de siembra.



3.5.2.2 Fertilización de suelo.

Se procedió a fertilizar el suelo (Figura 28) de acuerdo a los requerimientos del cultivo y los resultados del análisis del suelo proporcionado por el laboratorio de suelos del INIAP. Se aplicó a fuentes de muriato de potasio, Sulpomag, Urea y 11-52-0.

Figura 28

Fertilización del suelo.



3.5.2.3 Siembra.

Se realizó de forma manual, la distancia entre surcos fue de 0.70 m y entre plantas 0.50 m. Se colocaron tres semillas por golpe (Figura 29).

Las doce razas de maíz fueron sembradas el mismo día. Cada bloque fue dividido en cuatro parcelas, cada parcela contenía 10 hileras y cada hilera tenía 38 plantas.

Figura 29

Siembra de las 12 razas de maíz.



3.5.2.4 Raleo.

Se realizó el raleo de forma manual a los 45 días después de la siembra, dejando dos plantas por sitio, se dejaron las plantas más fuertes y vigorosas (Figura 30).

Figura 30

Raleo de plantas de maíz.



3.5.2.5 Aporque.

Se realizó un aporque manual a los 45 días después de la siembra, utilizando un azadón.

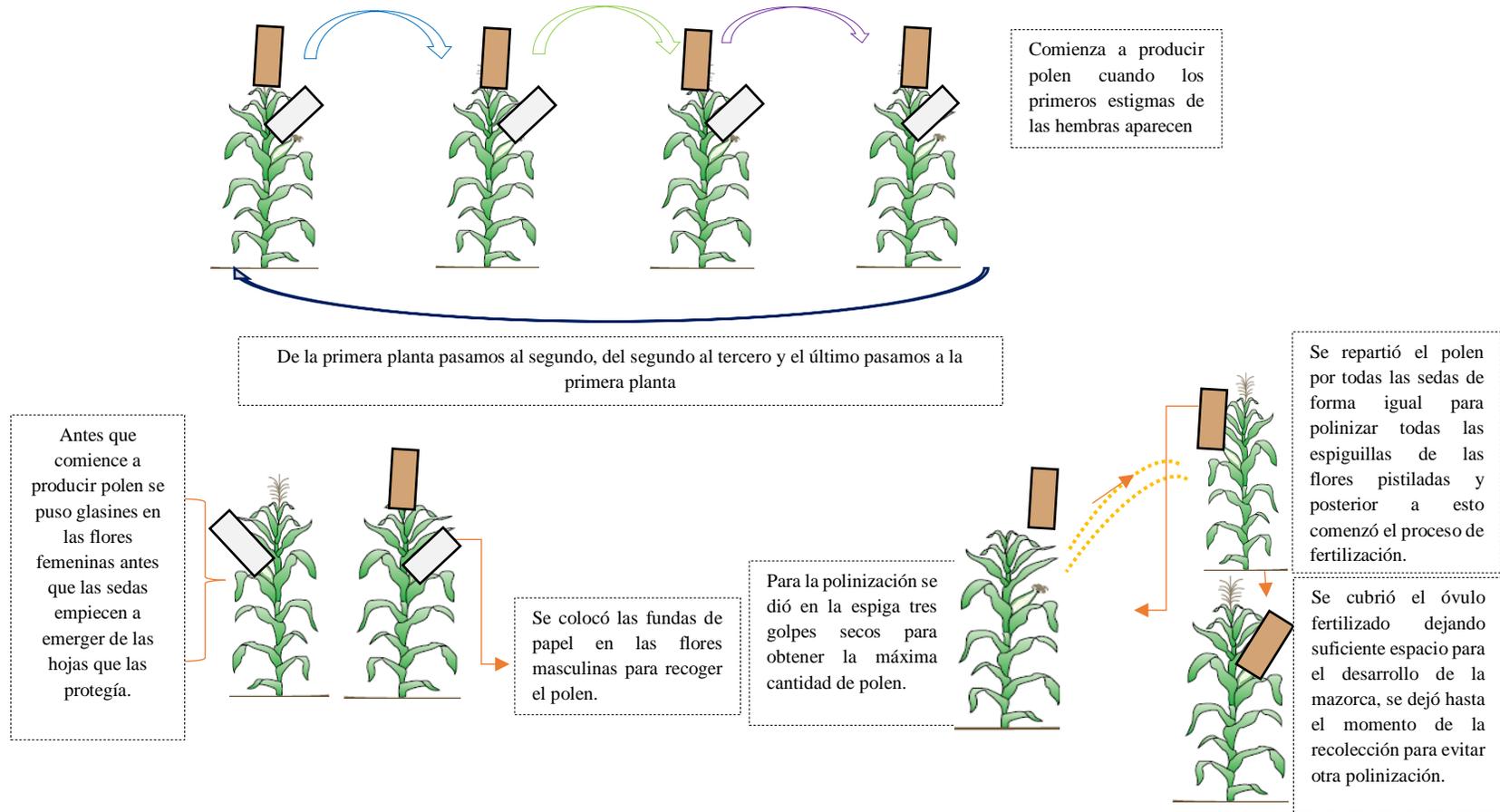
3.5.3 *Manejo de la polinización en cada unidad experimental*

Se sembró doce razas de maíz, al inicio de la floración se procedió a usar fundas de papel resistentes a las lluvias y el sol. Las fundas de papel evitaron el cruce de polinización entre los diferentes morfo tipos de todas las accesiones sembradas.

A fin de evitar el cruce de polinización, se realizó la polinización de forma manual (polinización artificial). Se procedió a realizar una polinización en cadena el cual consistió en tomar el polen de la primera planta para luego pasarle a la flor femenina de la segunda planta y así sucesivamente hasta llegar a la última planta, del cual se sacó el polen y se pasó a la primera planta de la misma hilera. Por cada raza se tomaron 80 plantas buenas y vigorosas, de las cuales se polinizaron una mazorca por planta. El manejo y proceso realizado de polinización se encuentra en el siguiente diagrama (Figura 31):

Figura 31

Proceso de polinización manual.



Modificado de (Castañeda,2017).

Se utilizó fundas (glasines) para cubrir la flor hembra polinizada y proteger de cualquier otro agente de polinización como el viento, insectos o el mismo agricultor; además, se usó fundas de papeles especiales, resistentes a factores climáticos. Las fundas fueron etiquetadas con el código de la accesión, el tipo de polinización que se realizó y la fecha en la que se polinizaron (Figura 32).

Figura 32

Polinización manual.



3.5.4 Cosecha

Se realizó en forma manual (Figura 33), se identificó primero si el grano llegó al grado de madurez fisiológica deseado. Este estado se alcanza cuando los granos logran su máxima acumulación de materia seca, con un promedio de humedad en los granos de 37%, asegurándose con ello la obtención del máximo rendimiento; además, la capa de almidón duro ha avanzado hasta la zona de unión del grano con la del raquis lo que determina la desaparición de la línea de leche y el término del crecimiento de los granos (Endicott et al., 2015). La cosecha se realizó en cada unidad experimental, utilizando fundas plásticas previamente identificadas para su normal transporte. Además, se clasificó las mazorcas polinizadas manualmente de las que no fueron polinizadas para posteriormente distribuir a los campesinos pertenecientes a la UNORCAC y también aportar al Banco de Germoplasma y así multiplicar cada una de las accesiones.

Figura 33

Cosecha del maíz.



3.5.5 *Post cosecha y almacenamiento*

Se cosechó las mazorcas con las hojas (Figura 34) ya que de esta manera se podía colgar en un lugar seco (vigas) para su secamiento y almacenamiento, después de desgranar las mazorcas se almacenaron las semillas en fundas de papel previamente identificadas y se procedió a entregar las semillas polinizadas al banco de germoplasma del INIAP y también fueron distribuido a productores pertenecientes a la UNORCAC.

Figura 34

Post cosecha de mazorcas de maíz.



3.6 FASE 2. Caracterización eco geográfica

3.6.1 *Área de estudio*

El estudio comprende tres provincias de la zona Norte del Ecuador: Carchi, Imbabura y Pichincha. Se utilizó datos pasaporte de las colectas realizadas por INIAP; en los lugares mencionados se realizó la recolección de razas de maíz y cuya base de datos fue utilizada para su posterior descripción de resultados en este estudio. Para identificar las zonas de conservación de razas de maíz, se realizó la definición y recopilación de criterios climáticos, geofísicos y edáficos.

3.6.2 *Caracterización eco geográfica*

Para realizar la caracterización eco geográfica del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) se utilizó la base de datos ECUCOL correctamente depuradas, las cuales fueron recolectadas en la zona norte del país, por el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP, donde se tuvo 621 accesiones. Esto bajo el formato compatible con la herramienta Capfitogen, siguiendo así con la elección de variables con la ayuda de las herramientas que nos brinda dicho programa (Parra-Quijano et al., 2015).

El programa Capfitogen contiene varias herramientas (Figura 35). La primera herramienta en aplicarse fue TESTABLE, misma que permitió ver los posibles errores que se presentaron en la base de datos en Excel como son: celdas en blanco, filas fantasmas, dimensiones, al analizar el documento la herramienta verifica posibles errores los cuales se pueden corregir en el mismo documento (Parra-Quijano et al., 2015).

La segunda herramienta que se utilizó fue GEOQUAL en el que se observó la validación de la calidad de las coordenadas geo referenciadas de los datos pasaporte, además, se evaluó la calidad de los datos en cada sitio de recolección, asignando un valor a cada punto según la exactitud de sus coordenadas, de manera que, cuanto más alto sea su valor, mayor será su grado de certeza (Borja, 2017).

Se utilizó la herramienta SelecVar, la cual consiste en la aplicación de métodos estadísticos para extraer información geográfica de variables predictores de la distribución de especies vegetales que pueden tener efecto significativo en los resultados. Para ello se estableció una matriz de datos con 621 accesiones de la zona norte del país por 105 variables que dispone Capfitogen vr. 2.0. Se seleccionaron 54 variables eco geográficas (2 geofísicas, 4 edáficas y 49 bioclimáticas) (Tabla 3).

Tabla 3

Variables eco geográficas compiladas como capas del sistema de información geográfica

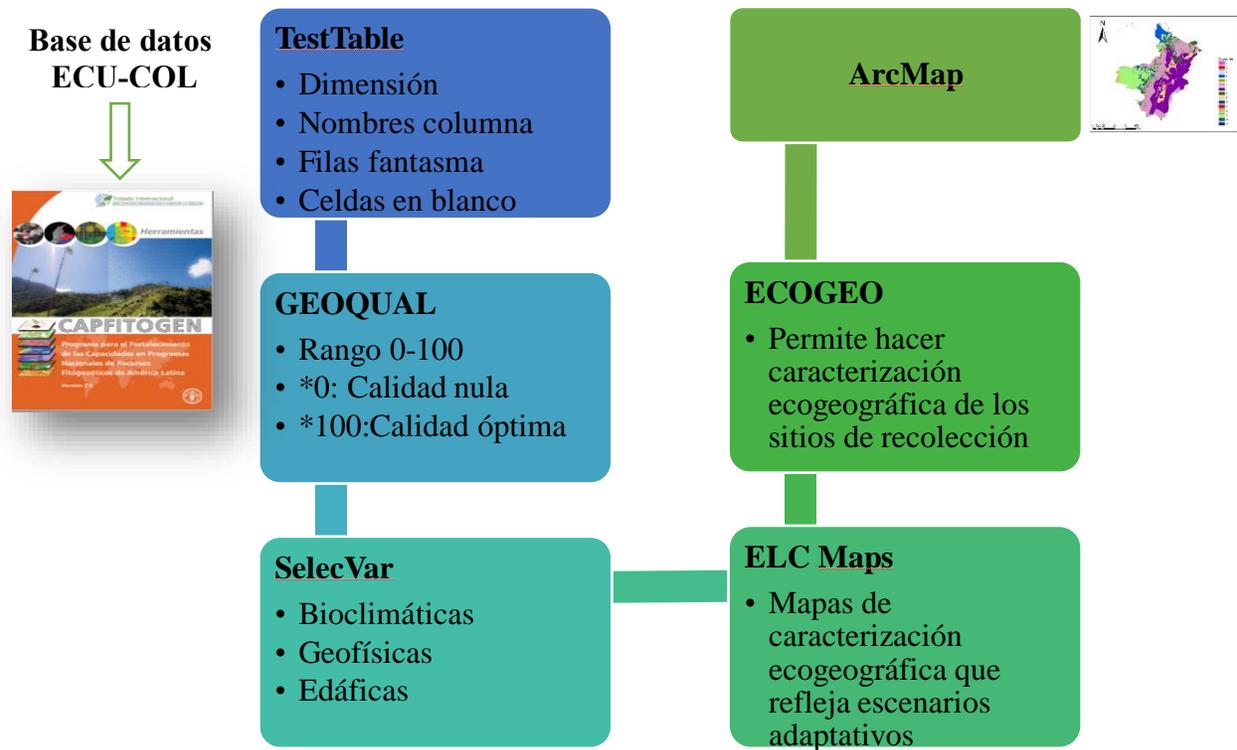
Grupo	Nº de variables	Descripción de variables	Fuente	UM
Bioclimáticos	12	Temperatura media de los 12 meses	Worldclim	°C
	12	Temperatura mínima de los 12 meses	Worldclim	°C
	12	Temperatura máxima de los 12 meses	Worldclim	°C
	1	Precipitación estacional anual	Worldclim	mm
	12	Precipitación promedio de los 12 meses	Worldclim	mm
Geofísicas	1	Elevación	Worldclim	m
	1	Pendiente	SRTM MDE	°
	1	Profundidad	HWS Data base	m
Edáficas	1	Textura	HWS Data base	% Vol.
	1	Materia orgánica en el suelo	HWS Data base	% peso e
	1	pH del suelo	HWS Data base	-log (H+)

Nota: Los datos Biofísicos se obtuvieron de sitios web Worldclim (<http://www.worldclim.org>, acceso julio, 2020) (30 arc-sec-onds resolution), los datos Geofísicos Shuttle Radar Topography Mission (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) mientras que los datos Edáficos se obtuvieron del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería (<http://www.Geoportalign.gob.ec/portal/>)).

Se empleó la herramienta ELC mapas (Ecogeographical Land Characterization por sus siglas en inglés). Esta nos reflejó diferentes escenarios adaptativos que ocurren para una especie o grupo de especies en un territorio dado. Además, se empleó la herramienta ECOGEO, con el fin de realizar caracterizaciones eco geográficas de los sitios de recolección del germoplasma, extrayendo para cada una de las variables (bioclimáticas, geofísicas y edáficas) componentes principales, dendrograma, que permitió visualizar el agrupamiento de las muestras que poseen características morfológicas similares. Finalmente, se utilizó la herramienta ARCMAP (ARCGIS), la cual permitió reflejar los sitios de distribución del cultivo en la región andina del Ecuador.

Figura 35

Flujograma de proceso general de Capfitogen.



CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase 1: Caracterización morfo agronómica

Para iniciar con el proceso de caracterización morfo agronómica se usaron 12 accesiones de maíz procedentes del Banco Nacional de Germoplasma del INIAP, en el que se evaluaron variables cuantitativas y cualitativas del cultivo, además, se realizó una polinización manual de 15 plantas al azar y se analizaron las plantas polinizadas de las cuales se presentan los resultados a continuación.

4.1 Variabilidad morfológica de datos cuantitativos

Para iniciar con el proceso de determinar la variabilidad de los datos de las razas de maíz, se emplearon parámetros estadísticos como la media aritmética y el coeficiente de variación (CV) para los 20 caracteres cuantitativos.

En lo referente al coeficiente de variación, se encontraron valores entre 4.55 y 26.67%; presentando los mayores valores el descriptor rendimiento, seguida del peso de 100 semillas (22.65%), número de granos por hileras (21.26%), distancia entre nudos (20.04%), las cuales influyen en la variabilidad de la especie, mientras que, el descriptor porcentaje de emergencia presentó el mínimo valor (4.09%), siendo la característica con menor variabilidad.

Al respecto, el maíz se caracteriza por presentar altos CV cuando se evalúan caracteres morfológicos especialmente en razas criollas según Hortelano et al. (2012) ya que los genotipos criollos poseen comportamiento agronómico adaptado al ambiente a causa de la variación intrapoblacional, genes que se pueden aprovechar con fines de mejoramiento genético para áreas de su mismo origen (Pardey, 2016). A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada variable evaluada.

4.1.1 Características cuantitativas en estado vegetativo

4.1.1.1 Días a la emergencia.

El valor mínimo obtenido es de seis días que corresponde a la accesión ECU-15580 (Canguil) y un valor máximo de 10 días para la muestra ECU-15582 (Mishca) (Tabla 4), el valor medio fue de 7.80 días, esta variable está relacionado posiblemente a la existencia de una buena longitud de mesocótilo, lo que contribuyó a la emergencia del maíz, cuyo principio fisiológico, de acuerdo con Pérez et al. (2007), se basa en que la semilla emplea las sustancias de reserva para la elongación de sus estructuras y facilitar su emergencia.

Los factores involucrados en la emergencia de la semilla corresponden al origen genético de la planta o semilla y origen ambiental dadas por las condiciones ambientales presentes en el lote de producción (Martínez et al., 2010), así el cantón Cotacachi se caracteriza por presentar temperaturas de 11°C a 22°C (Weatherspark, 2020), los cuales son favorables para la emergencia

de las semillas de maíz. A más de las condiciones ambientales, la característica genética del tipo de raza de maíz está relacionada con el porcentaje de emergencia ya que existen materiales precoces como es la raza Canguil y la raza Chaucho.

Esta característica está estrechamente relacionada con el vigor y calidad de la semilla, influenciado por bajas temperatura y humedad del suelo, lo que trae consigo una emergencia no uniforme, y por ende repercute en el inicio de la floración y maduración, aprovechamiento del suelo, y en general, en el rendimiento del cultivo (Pérez et al., 2007).

4.1.1.2 Porcentaje de emergencia.

En cuanto al porcentaje de emergencia (Tabla 4) se determinó el valor mínimo de 82.63% para la muestra ECU-15451 (Patillo) y un valor máximo de 97.85% para la raza Kcello ecuatoriano (ECU-17281), el valor promedio fue de 90%, valores similares a los reportados por Pasquel (2016) quien obtuvo el 90.36% de germinación promedio en maíces criollos cultivados en Quito, Ecuador.

Estos resultados permiten determinar que este carácter fue aceptable para todas las accesiones, puesto que fue superior al 50%, valor que determina la adaptación de una especie en un lugar o zona específica (Ayala y Oñate, 2007). De igual manera, Aristizábal y Álvarez (2006) señalan que las semillas con valores superiores al 80%, se consideran con alta germinación, entre 60 y 80% como media y menores del 60% como baja, es así que el 100% de las razas evaluadas tendrían alta germinación. Al respecto, Rosental et al. (2014) mencionan que la germinación de la semilla se define como una serie de procesos metabólicos y morfo genéticos que convierten el embrión en una plántula capaz de llegar a la fase adulta.

Tabla 4

Evaluación del descriptor días a la emergencia y porcentaje de emergencia

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Días a la emergencia	7.80	1.19	15.29	6.00	10.00
Porcentaje de emergencia	90.00	4.09	4.55	82.63	97.85

4.1.2 Características cuantitativas de la etapa reproductiva

4.1.2.1 Días a la floración masculina y floración femenina.

En lo referente a los días a la floración masculina, se determinó como las más precoces las entradas ECU-17285 (Chaucho) y ECU-15441 (Morochón) con un valor mínimo de 70 días y como tardía la accesión ECU-15582 (Mischa) con un dato máximo de 120 días, cuyo valor medio fue de 88.91 días (Tabla 5). Esta variable se correlaciona con los días de emergencia ya que, al germinar las semillas en un corto tiempo, el tiempo de floración se acorta más y por ende se tiene las razas precoces; valores superiores al comparar los resultados obtenidos por Farinango (2015) quien reportó un valor medio de 68.5 días en poblaciones de maíces en Cotacachi y Saraguro donde son las principales zonas maiceras de Imbabura y Loja.

Con respecto a la floración femenina, esta característica presentó un valor mínimo de 82 días para las muestras ECU-17285 (Chaucho) y ECU-15441 (Morochón) y un valor máximo de 126 días para la accesión ECU-15582 (Mischa), el valor medio fue de 99.52 días (Tabla 5); estos valores son inferiores a los reportados por Chaqui (2013) quien registró 116.43 días en maíz amarillo suave raza “Mishca” procedentes de la colección de la Universidad Central del Ecuador (CMUCE) el cual se realizó en Tumbaco, Pichincha.

En poblaciones de maíces procedentes de Quito como es el Bola Sara y Sangre de Cristo se determinó un valor promedio de 127.5 días (Farinango, 2015), valores superiores a los obtenidos en la presente investigación; cabe recalcar que se evaluaron 12 razas de maíz de las cuales la raza Chaucho y la raza Canguil fueron las razas más precoces, mientras que las demás razas fueron materiales tardíos por lo que influyó mucho el número de días a la floración, además, se observó diferencias de días a la floración masculina y femenina entre razas debido al estrés hídrico al cual estaba sometido este cultivo durante la etapa de floración.

Tabla 5

Evaluación del descriptor días a la floración masculina y floración femenina

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Días a la floración masculina	88.91	13.93	15.67	70.00	120.00
Días a la floración femenina	99.52	11.38	11.43	82.00	126.00

En el caso del maíz, la floración femenina ocurre días después de presentarse la masculina, de acuerdo con su desarrollo fisiológico, las razas más precoces y tardías referente a la floración masculina también lo fueron para esta característica, además, es considerada importante en la selección de genotipos de mayor precocidad (Coral y Andrade, 2017).

La variación de días a la floración entre los materiales evaluados se explica, probablemente, por la heterogeneidad genética de las poblaciones, el cual ocurre por la selección masal y también por las condiciones ambientales, lo cual pudo afectar la sincronización de la floración, afectando al llenado de grano, y, por ende, la reducción en su rendimiento (Díaz, 2010). Dentro de esta investigación, se apreció la variación de floración por las condiciones ambientales ya que, entre los 90 y 110 días, donde eran importante el riego, se presencié un estado de estrés a causa de riegos constantes y posterior a eso se presentaban soles intensos.

4.1.2.2 Altura de la planta.

En la presente investigación la raza con menor altura corresponde a la accesión ECU-17285 (Chaucho) con un valor mínimo de 139 cm, mientras que la entrada con mayor altura de planta pertenece a la raza Chulpi (ECU-15398) con un valor máximo de 357 cm, y valor promedio de 251.74 cm (Tabla 6). Díaz (2010) registró rangos entre 129 y 254.78 cm, con una media de 197.10 cm en una población de medios hermanos de maíz Chulpi de la sierra ecuatoriana. De acuerdo con Ayala y Oñate (2007) la raza Chulpi presenta alturas de 2 m, es decir, es una característica propia

de cada raza. De igual forma, Somarriba (1998) menciona que la altura de la planta es un carácter fisiológico de gran importancia relacionado con el adecuado crecimiento y desarrollo de la misma, establecido por la elongación del tallo que acumula nutrientes durante la fotosíntesis, transferidos a la mazorca para el llenado de grano.

Tabla 6

Evaluación del descriptor altura de la planta, diámetro del tallo y distancia de entre nudos

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Altura de la planta (cm)	251.74	39.94	15.87	139.00	357.00
Diámetro del tallo (cm)	1.84	0.32	17.63	1.10	2.90
Distancia de entre nudos (cm)	22.92	4.59	20.04	13.00	42.00

4.1.2.3 Diámetro del tallo.

En lo referente a diámetro del tallo, en las razas evaluadas se determinó un valor mínimo de 1.10 cm para las accesiones ECU-17285 (Chaucho) y ECU-17281 (Kcello ecuatoriano); y un valor máximo de 2.90 cm para la variedad Chulpi (ECU-15398), con una media de 1.84 cm (Tabla 6); tallos más gruesos, atribuido posiblemente a la nutrición del suelo, ya que los tallos delgados son un símbolo de raquitismo por deficiencia nutricional vegetal (Blessing y Hernández, 2009). Esta variable es un parámetro de gran importancia en maíz, ya que constituye la arquitectura de la planta, al igual que, altura y ancho de la lámina foliar (Ligareto et al., 1998). Además, es utilizado para determinar la calidad de las raíces o la capacidad de resistencia al acame (García, 2001).

Al respecto, este carácter está influenciado por factores como: variedad, condiciones ambientales y nutricionales de la zona, labores de manejo como la fertilización; en especial la aplicación de nitrógeno que provoca un efecto positivo en el diámetro del tallo (Ángeles, 2010).

4.1.2.4 Distancia entre nudo.

La distancia entre nudos presentó un valor mínimo de 13 cm para las muestras ECU-17268 (Racimo de uva) y ECU-17271 (Blanco harinoso dentado) y un valor máximo de 42 cm para la accesión ECU-15582 (Mishca), con un valor promedio de 22.92 cm (Tabla 6). Este factor está influenciado directamente con el manejo agronómico y condiciones ambientales, ya que, a mayor distancia y competencia de luz, mayor elongación de los tallos, entrenudos largos y plantas altas, disminuyendo la capacidad de resistencia de acame en la planta, por ende, es importante implementar distancias de siembra apropiadas y eliminar malezas que provoquen déficit de luminosidad (Blessing y Hernández, 2009).

4.1.2.5 Largo y ancho de la hoja.

El largo de la hoja mostró un valor mínimo de 55 cm para la muestra ECU-15462 (Blanco blandito) y valor máximo de 124 cm para las razas Chulpi (ECU-15398) y Kcello ecuatoriano (ECU-17281),

con un valor promedio de 95.35. Respecto al ancho de hoja presentó un valor mínimo de 7 cm para la raza Chaucho (ECU-17285) y un valor máximo de 14 cm para la raza Kcello ecuatoriano (ECU-17281), con una media de 9.86 cm (Tabla 7).

Con respecto al largo de hoja, Paliwal et al. (2001) menciona que es afectado por las condiciones ambientales y capacidad del suelo para brindar los nutrientes necesarios a la planta. Además, el tamaño de la hoja contribuye a un aumento en el rendimiento de la planta de maíz, debido al incremento sobre los niveles de la fotosíntesis (Blessing y Hernández, 2009). El área foliar es una manifestación cuantitativa de las plantas ya que puede ser medida a través de parámetros como ancho de la hoja y largo de la hoja y contribuye a un aumento del rendimiento al incrementar los niveles de fotosíntesis (CIMMYT, 1985).

Tabla 7

Evaluación del descriptor largo y ancho de la hoja

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Largo de la hoja (cm)	95.35	12.21	12.81	55.00	124.00
Ancho de la hoja (cm)	9.86	1.07	10.89	7.00	14.00

4.1.3 Características cuantitativas a la cosecha

Las características en cuanto a la semilla se muestran a continuación:

4.1.3.1 Número de granos por hilera.

Esta característica presentó un valor mínimo de 10 granos por hilera para la muestra ECU-15451 (Patillo) y un valor máximo de 36 granos para la accesión ECU-15398 (Chulpi), con una media de 21.24 granos (Tabla 8), estos valores son inferiores a los registrados por Obando (2019) quien reporta el máximo número de 20 granos por hilera, con un mínimo de 13 granos por hilera y un promedio de 18.35 granos por hilera en la provincia de Chimborazo. Por otro lado, Castañeda (2020) menciona que al realizar la caracterización de maíz variedad Canguil, encuentra resultados de un CV de 18.37% con una media de 23.15, mínimo de 11 y máximo 36.

Este carácter está relacionado con el número de óvulo por hileras, así como, la densidad y profundidad de las raíces (Blandón y Smith, 2001). Reyes (1985) menciona que los componentes del rendimiento son la magnitud de la mazorca, número de hileras y el peso del grano.

La cantidad menor de granos que se genera en una hilera de la mazorca es debido a que no existe una uniformidad con la aparición del polen y la receptividad de los estigmas, además el rendimiento del grano en una hilera depende de diferentes factores ambientales que se presentan (Vásquez et al., 2016).

Tabla 8*Evaluación del descriptor número de granos por hilera*

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Número de granos por hilera	21.24	4.52	21.26	10.00	36.00

4.1.3.2 Longitud de la mazorca.

Esta variable presentó un valor mínimo de 8.80 cm para la accesión ECU-17268 (Racimo de uva) y un valor máximo de 20.40 cm para la raza Chulpi (ECU-15398), con una media de 13.07 cm (Tabla 9); estos resultados son superiores a lo establecido por Ayala y Oñate (2007) al caracterizar 117 líneas de maíz negro provenientes del CIMMYT, reportando un promedio general de 10.95 cm de longitud. Para la raza Chulpi, Llumiquinga (2020) encontró resultados de longitud de 21.5 cm en un estudio fenológico de línea promisorio de maíz chulpi en la provincia de Cotopaxi.

Este carácter es considerado de baja heredabilidad (10-30%), es decir, se ve influenciado en gran proporción por el factor ambiente, que junto con las condiciones climáticas y la fertilidad del suelo determinan la longitud de la mazorca y el llenado de grano (Puetate, 2015).

Esta variable está relacionada con el rendimiento, por lo que entradas más rendidoras proceden de mazorcas de mayor longitud, sin embargo, las variedades altoandinas han disminuido esta característica debido a procesos de adaptación y el corto ciclo vegetativo (De la Cruz et al., 2009; Díaz, 2010; Yépez, 2011).

Tabla 9*Evaluación del descriptor longitud de la mazorca*

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Longitud de la mazorca (cm)	13.07	2.10	16.06	8.80	20.40

4.1.3.3 Número de hileras de mazorca.

Esta característica presentó un valor mínimo de 8 hileras de mazorca para las razas Chillo (ECU-17265), Blanco blandito (ECU-15462), Racimo de uva (ECU-17268), Kcello ecuatoriano (ECU-17281), Patillo (ECU-15451), Huandango (ECU-7304) y Blanco harinoso dentado (ECU-17271); y un valor máximo de 17 hileras que corresponde a la accesión ECU-15580 (Canguil), con una media de 11.42 hileras (Tabla 10), estos valores son superiores a los reportados por Castañeda (2020) quien obtuvo resultados de 5 hasta 21 hileras por mazorca con una media de 12.52 hileras al realizar un estudio de variabilidad morfológica de maíz raza Canguil en la granja experimental La Pradera-Antonio Ante, mientras que Ayala y Oñate (2007), para la raza Racimo de uva obtuvo un coeficiente de variación de 11.9% con un promedio general de 12.65 hileras y para la raza Chaucho Ayala y Oñate (2007) encontró valores de 12 a 16 hileras de grano amarillo en una mazorca.

Los resultados presentes para las zaras anteriormente descritas muestran un incremento en el número de hileras y, por ende, aumenta el diámetro de la misma; parámetros que influyen en el rendimiento total del cultivo. Al igual que la característica longitud de la mazorca, este carácter constituye un componente que se relaciona con el rendimiento, y está altamente influenciado por el medio ambiente (Puetate, 2015).

La diferencia entre números de hilera de la mazorca puede deberse a los patrones genéticos y a diferentes respuestas fisiológicas contrarias o a una combinación genético fisiológico (Vásquez et al., 2016).

Tabla 10

Evaluación del descriptor número de hileras de mazorca

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Número de hileras de mazorca	11.42	1.94	16.99	8.00	17.00

4.1.3.4 Diámetro de la mazorca.

El diámetro de la mazorca presentó un valor mínimo de 3.40 cm para la accesión ECU-15580 (Canguil) y un valor máximo de 5.90 cm para la muestra ECU-15582 (Mishca), con una media de 4.60 cm (Tabla 11); comparando los resultados obtenidos por Coral y Andrade (2017) quien reporta valores similares de 4.77 y 4.05 cm para dos genotipos de maíz “Mishca” procedentes de la zona media de Pichincha, Ecuador.

De acuerdo con Yépez (2011) 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. Sánchez et al. (2011) considera que el diámetro está íntimamente relacionado a la longitud de la mazorca, establecidos por factores tanto genéticos como ambientales, y el manejo agronómico que se brinde al cultivo.

Tabla 11

Evaluación del descriptor diámetro de la mazorca

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Diámetro de la mazorca (cm)	4.60	0.54	11.64	3.40	5.90

4.1.3.5 Diámetro del raquis.

Esta variable mostró un valor mínimo de 1.20 cm para la raza Racimo de uva (ECU-17268) y un valor máximo de 3 cm correspondiente a las variedades Blanco blandito (ECU-15462) y Blanco harinoso dentado (ECU-17271), con un valor medio de 2.31 cm (Tabla 12). Por su parte, Valverde (2015) reportó diámetros entre 1.0 y 4.2 cm, con un promedio de 2.2 cm en razas como Blanco

blandito, Blanco harinoso dentado, Morochón, Cuzco ecuatoriano y diferentes mezclas de raza procedentes de la provincia de Azuay.

Gaspar et al. (2010) al caracterizar poblaciones de maíz nativas encontró plantas de ciclo largo, vigorosas, con mazorca larga y el raquis grueso determinó un diámetro de raquis de 2.4 cm; en programas de selección de materiales de mayor valor es un resultado importante en cuestiones de rendimientos, pues se espera incrementar el porcentaje de grano y disminuir el del raquis, siendo una mejor opción para el agricultor (Munguía et al., 2015).

Tabla 12

Evaluación del descriptor diámetro del raquis

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Diámetro del raquis (cm)	2.31	0.33	14.24	1.20	3.00

4.1.3.6 Dimensiones del grano: largo, ancho y grosor del grano.

Para el descriptor largo de grano se mostró un valor mínimo de 0.73 cm para la accesión ECU-15580 (Canguil) y un valor máximo de 1.75 cm para la muestra ECU-15582 (Mishca), con un valor promedio de 1.35 cm (Tabla 13), valores dentro del rango establecido por Valverde (2015) quien reportó razas de maíz de la zona de Azuay con granos entre 0.81 y 1.7 cm, el largo del grano tuvo una media de 1.23 cm. Castañeda (2020) obtuvo un valor superior con una media de 1.09 cm, con un mínimo de 0.91 cm y un máximo de 1.26 cm al caracterizar Canguil en la granja la Pradera, Imbabura.

El grosor del grano presentó un valor mínimo de 0.41 cm para la raza Chillo (ECU-17265) y un valor máximo de 1.31 cm para la accesión ECU-15462 (Blanco blandito), con un valor medio de 0.56 cm (Tabla 13). Tobar (2006) menciona valores superiores de 1.4 cm. Al realizar una caracterización agro-morfológica de maíz Guacho (2014) encontró un valor superior de 0.61 cm de grosor. La variedad Chillo es el maíz más grueso del Ecuador ya que este es un grano grande, plano, amarillo y harinoso, además estos materiales se identificaron como buenos materiales genéticos (INIAP, 1983).

Para el carácter ancho del grano la accesión ECU-15462 (Blanco blandito) presentó un valor mínimo de 0.51 cm y el valor máximo de 1.41 cm, con un valor medio de 1 cm (Tabla 13). Obando (2019) al realizar la caracterización de maíz Blanco harinoso dentado, material nativo “Chazo” encontró valores 1.08 cm por lo que hace referencia a la importancia económica, ya que el mercado requiere de un buen producto para su consumo como también para su comercialización.

Al respecto, Tercero y Torrez (2004) reportan que el vigor y la pureza varietal al igual que la fertilidad del suelo contribuyen al incremento o disminución del tamaño de los granos. Por otro lado, Delgado (2016) menciona que, en muy raras ocasiones, la cantidad de polen determina la cantidad de granos producidos o rendimientos final. Además, Pardey-Rodríguez et al. (2016) consideran que las variables asociadas al grano marcan la variabilidad morfológica en materiales

de maíz, recalcando que es el órgano que se comercializa o utiliza para la alimentación y procesos agroindustriales, por lo que Cardona (2010) expresa que es una fuente importante de nuevos alelos para los fitomejoradores de maíz.

Tabla 13

Evaluación del descriptor dimensiones del grano

Descriptor	Medida	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Largo del grano (cm)	1.35	0.18	13.46	0.73	1.75
Grosor del grano (cm)	0.56	0.09	16.11	0.41	1.31
Ancho del grano (cm)	1.00	0.16	15.70	0.51	1.41

4.1.3.7 Peso de 100 semillas.

El peso de 100 semillas presentó un valor mínimo de 25 g para la accesión ECU-15580 (Canguil) este tipo de semilla es pequeño y por ende pesa menos que la raza ECU-15462 (Blanco blandito) el cual presenta un valor máximo de 66 g y un valor promedio de 47.50 g (Tabla 14). Castañeda (2020) al realizar una caracterización de Canguil evaluó pesos de 11g hasta 41g los cuales son valores superiores a la presente investigación. Desde el punto de vista de Pérez et al. (2006), el peso de semillas es una variable importante para poder clasificar el tamaño de la misma, ya que las semillas de mayor tamaño tienen un embrión de mayor volumen y más sustancias de reservas.

El peso de grano constituye un componente del rendimiento del cultivo de maíz, el cual se ve afectado por el ambiente, manejo agronómico y nutrientes (Puetate, 2015). Sin embargo, las semillas nativas se adaptan a diferentes entornos debido a la selección natural o acción antropogénica, las cuales representan a base de todo un sistema productivo (Bogado, 2017).

En términos de industria, Jiménez-Juárez et al. (2012) mencionan que el peso de las semillas es un indicador del tamaño y densidad del grano, carácter importante en la producción de harina; ya que los granos grandes contienen mayor proporción de endospermo en comparación a los de menor tamaño, lo cual se reduce a un mayor rendimiento de harina, en nuestro caso hablamos de la raza Blanco blandito el cual presenta una textura harinosa, por lo que sobresalen los materiales evaluados en la presente investigación.

Tabla 14

Evaluación del descriptor peso de 100 semillas

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Peso de 100 semillas (g)	47.50	10.76	22.65	25.00	66.00

4.1.3.8 Rendimiento por metro cuadrado.

En cuanto a la característica de rendimiento se determinó un valor mínimo de 1887 g para la accesión ECU-15398 (Chulpi) y un valor máximo de 5055 g para la muestra ECU-15582 (Mishca), con un valor medio de 3521.31 g (Tabla 15). Es esencial para el mantenimiento de la viabilidad y la diversidad genética de las plantas con flor, además de mejorar la calidad y cantidad de semillas y frutos, así como de las características de la descendencia (Chautá-Mellizo et al., 2013).

Para observar el rendimiento de las plantas se estima la longitud, diámetro y peso de la mazorca por lo que a medida que aumenta el tamaño de la planta, incrementa el número de hojas y por ende la altura de inserción de la mazorca será más alta; dando como resultado la producción de una mayor biomasa (Llumiyinga, 2020).

Boada y Espinosa (2016) mencionan que el maíz de polinización abierta producido en la Sierra de Ecuador se siembra en lotes pequeños de hasta una hectárea, además, la mayoría de estos lotes están ubicados en suelos marginales que incluyen áreas de ladera, no realizan prácticas de rotación con otros cultivos y los suelos están expuestos a la erosión; en varias zonas se siembran todavía variedades nativas no mejoradas por lo que todos estos factores hacen que el rendimiento de grano o choclo sea muy bajo.

Tabla 15

Evaluación del descriptor rendimiento por metro cuadrado

Descriptor	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Rendimiento (g)	3521.31	939.00	26.67	1887.00	5055.00

4.2 Variabilidad morfológica de datos cualitativos

La variabilidad morfológica de los materiales evaluados se presenta a continuación:

4.2.1 Características cualitativas de la fase vegetativa

4.2.1.1 Color del tallo.

En la presente investigación, la corteza del tallo presentó dos tonalidades, destaca el tono verde en un 91% y un 9% presentó color morado (Tabla 16).

Tabla 16

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo evaluadas en 12 razas de maíz

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Color del tallo (Figura 36)	1	Verde	157	91%
	4	Morado	15	9%

Según el estudio de Ayala y Oñate (2007) en la evaluación de líneas de maíz negro y maíz dulce provenientes del CIMMYT, observaron tallos de color verde y morado los cuales son característicos de la planta que contiene maíces del color de grano oscuro (en el caso de la raza Racimo de uva) por lo que el color del tallo está relacionado con el color de grano de la mazorca.

Figura 36

Color del tallo.



A: tallo morado



B: tallo verde

4.2.2 Características cualitativas de la mazorca

4.2.2.1 Disposición de hileras del grano.

Respecto a la disposición de hileras del grano se caracterizó por presentar únicamente la de tipo regular (100%) en todas las razas evaluados (Tabla 17). Sin embargo, Castañeda (2020) al caracterizar maíz raza Canguil reportó disposiciones de hileras irregulares (49%), regular (33%), esférica (17%) e hileras de forma recta (1%). Al igual que el estudio de Castañeda (2020), se manejó la polinización con la finalidad de que el germoplasma pueda expresar su característica genética y un mayor llenado de grano, posiblemente esto infirió en la disposición de hileras regulares.

Valverde (2015) encontró valores del 50.4% de hileras irregulares en las razas Mishca-Chillo, Blanco blandito, Racimo de uva, Montaña ecuatoriana, Zhima, Kcello ecuatoriano, Cuzco y Patillo ecuatoriano, 33.6% regular en la raza Montaña ecuatoriana y 15.9% en espiral se encontró en las razas Zhima, Kcello ecuatoriano, Cuzco y Racimo de uva.

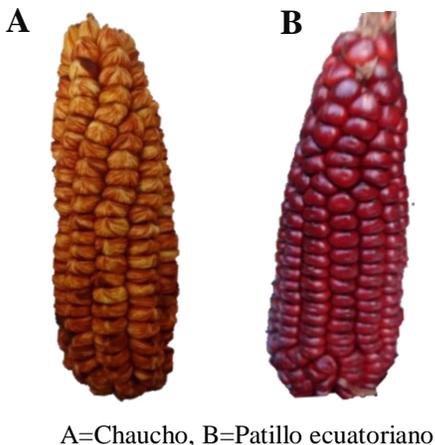
Tabla 17

Frecuencia absoluta y relativa para la característica disposición de hileras del grano en 12 razas de maíz

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Disposición de hileras del grano	1	Regular (Figura 37)	172	100%

Figura 37

Disposición regular de hileras del grano.



4.2.2.2 Color del raquis.

Las razas evaluadas presentaron cuatro tonalidades del raquis, predominando el color blanco (48%), seguido del naranja grisáceo (26%), amarillo (17%) y púrpura (9%) (Tabla 18). Los resultados obtenidos coinciden con la investigación realizada por Guacho (2014) quien identificó raquis de color blanco en un 91% y el 9% encontró raquis de color rojo y rosa en la variedad INIAP-102 al realizar una caracterización agro-morfológica del maíz en la provincia de Chimborazo.

Al respecto, Aguilar-Hernández et al. (2019) mencionan un incremento entre el 48 y 70% de antocianinas en el raquis a comparación de las antocianinas que contiene el grano de maíz los cuales presentaron la misma coloración morado, con la diferencia de que el raquis fue más oscuro e intenso, además, los mismos autores mencionan que es una variable de selección para determinar el contenido de antocianinas.

Esta característica se considera de gran interés, como fuente de pigmentos naturales para la sustitución de los colorantes artificiales usados en los alimentos, los cuales son perjudiciales para la salud humana (Alnorld et al., 2012); uno de los maíces que poseen estos pigmentos es la raza Racimo de Uva el cual es de color morado (Guillén, et al., 2014).

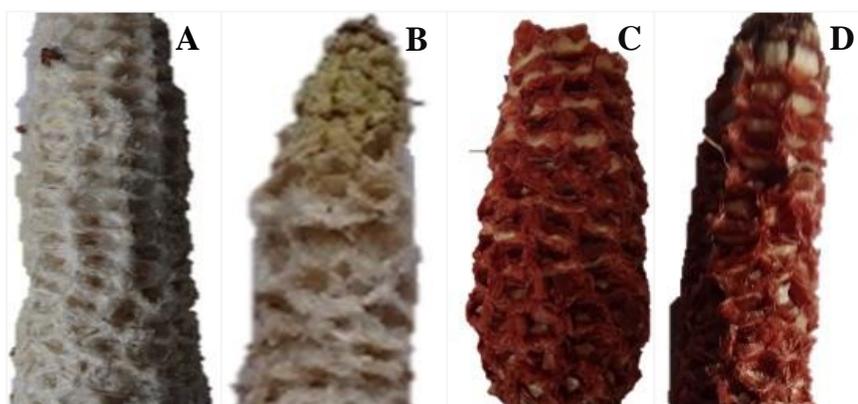
Tabla 18

Frecuencia absoluta y relativa para la característica color del raquis en 12 razas de maíz

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Color del raquis	1	Blanco (Figura 38)	83	48%
	2	Amarillo	29	17%
	3	Naranja grisáceo	45	26%
	4	Púrpura	15	9%

Figura 38

Color del raquis.



A= blanco, B= amarillo, C= naranja grisáceo, D= púrpura

4.2.2.3 Forma de la mazorca.

Las razas evaluadas presentaron tres formas de la mazorca, predominando la de tipo cónica cilíndrica (50%), seguida de la forma cónica (26%) y cilíndrica (24%) (Tabla 19), estos resultados coinciden con las observaciones de Coral y Andrade (2017) quien determinó la forma cilíndrica, cilíndrica-cónica y la cónica en genotipos de maíz en la zona de Malchinguí de la provincia de Pichincha. Por otra parte, Obando (2019) encontró tres diferentes formas de la mazorca, el 5% pertenece a la forma cilíndrica, el 35% a la forma cilíndrica-cónica y el 60% pertenece a la forma cónica, según estos datos tiene una gran diferencia en cuanto a la forma, posiblemente esto está relacionado con la característica de la variedad.

Pardey-Rodríguez et al. (2016) mencionan que la forma de la mazorca de tipo cónica a cilíndrica evita el ingreso de hongos e insectos al grano, característica presente en la investigación. Además, Puetate (2015) considera que la existencia de diferentes formas de mazorca se atribuye principalmente a factores ambientales y nutricionales existentes en la zona.

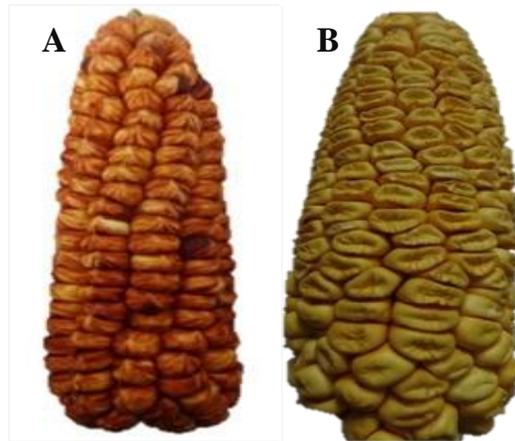
Tabla 19

Frecuencia absoluta y relativa para la característica forma de la mazorca en 12 razas de maíz

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Forma de la mazorca	1	Cónica	45	26%
	2	Cónica cilíndrica (Figura 39)	86	50%
	3	Cilíndrica	41	24%

Figura 39

Forma cónica cilíndrica de la mazorca.



A=Patillo Chaucho, B=Chillo

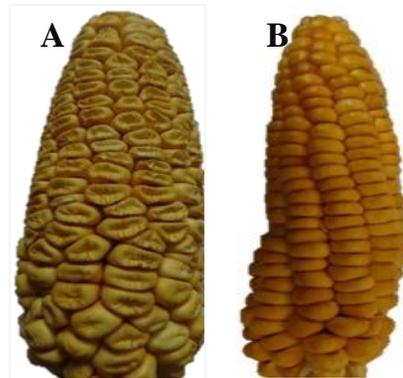
4.2.2.4 Daños de la mazorca.

Las razas evaluadas presentaron algunos daños, sin embargo, el mayor número de mazorcas corresponde a materiales sanos (49%), el 28% presentó daños ligeros, el 12% materiales moderadamente perjudicados, el 8% mostraron daños severos, y solamente el 1% con daños muy severos hasta extremos como es el caso de la raza Chillo (Tabla 20). Estos resultados indican que la mayor proporción de germoplasma evaluado presenta características de adaptación a las condiciones ambientales y tolerancia a los diferentes patógenos que se desarrollan en la zona, sin embargo, hay que recalcar que el monitoreo en campo y los controles preventivos permiten obtener buenos resultados productivos.

Los daños que se presentaron en los materiales evaluados estuvieron relacionados a la presencia de pudrición en la mazorca, debida probablemente a la incidencia de hongos (Rivas et al., 2011), *Fusarium verticillioides.*, (Chipantasi, 2004), el cual afecta la calidad del grano, que se ve reflejado en una disminución considerable del rendimiento. Además, de acuerdo con Reyes (1985) las condiciones ambientales inciden en la aparición de plagas y enfermedades en la mazorca de maíz, ocasionando las pudriciones en la misma.

Tabla 20*Frecuencia absoluta y relativa para la característica daños de la mazorca en 12 razas de maíz*

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Daños de la mazorca	0	Sana o ausencia (Figura 40)	85	49%
	1	Ligera (1-10%)	49	28%
	2	Moderada (11-25%)	21	12%
	3	Severa (26-50%)	14	8%
	4	Muy severa (51-75%)	2	1%
	5	Extrema (76- 100%)	1	1%

Figura 40*Ausencia de daños de la mazorca.*

A=Chillo, B=Tusilla

4.2.2.5 Forma de la superficie del grano.

Las razas evaluadas presentaron seis formas de la superficie del grano, predominando la de tipo dentado (43%), seguida de la forma puntiaguda (16%), contraído (15%) y el resto plano, redondo y muy puntiagudo (9%) (Tabla 21), registrando gran variabilidad para este descriptor. Por su parte, Valverde (2015) identificó razas de maíz procedentes de la zona de Azuay con prevalencia de grano redondo (68.1%) en razas como Blanco blandito, Zhima, Kcello ecuatoriano, Patillo, Morochon, Sabanero, Uchima y Mishca, seguido del puntiagudo (26.5%) en razas como Racimo de uva, Complejo Mishca-Chillo y Chillo y el resto dentado (4.4%) en razas como Blanco harinoso dentado, Cuzco y Complejo Mishca-Chillo.

De acuerdo con Pardey-Rodríguez et al. (2016) los granos que tienden a ser de tipo dentados presentan alto contenido de almidón y bajo de proteína relacionado a maíces blancos y amarillos, a diferencia de los granos redondos donde la composición de almidón es baja y la proteína alta con materiales de tono morado.

Además, el grosor y forma del pericarpio influyen en la fisiología de la semilla y en el establecimiento temprano del cultivo, debido a factores como el retraso de la inhibición por la interferencia física de la protusión de las estructuras tales como: radícula y coleóptilo (Pérez et al., 2007).

Tabla 21

Frecuencia absoluta y relativa para la característica forma de la superficie del grano en 12 razas de maíz

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Forma de la superficie del grano	1	Contraído	26	15%
	2	Dentado (Figura 41)	74	43%
	3	Plano	15	9%
	4	Redondo	15	9%
	5	Puntiagudo	27	16%
	6	Muy puntiagudo	15	9%

Figura 41

Forma dentada de la superficie del grano.



A=Racimo de uva, B=Mishca, C=Chillo.

4.2.2.6 Tipo de grano.

Las razas evaluadas presentaron tres tipos de granos, predominando el tipo harinoso (66%), seguida de semiharinoso (17%) y reventador (17%) (Tabla 22), estos resultados son diferentes a los que Valverde (2015) reportó, ya que encontró cuatro formas de grano: semiharinoso (69%), harinoso (25.7%), cristalino (3.5%) y semicristalino (1.8%) presentes las razas Montaña ecuatoriana, Zhima, Kcello ecuatoriano, Cuzco, Patillo ecuatoriano, Morochon, Chillo, Blanco blandito, Uchima y Racimo de uva, todas estas razas de maíz son procedentes de Azuay, lo que permite determinar las diversas características en cuanto a tipo de grano, cultivadas acorde a las necesidades y usos que les otorgan los agricultores.

Por otra parte, Pérez et al. (2017) mencionan que los factores genéticos son los que afectan este carácter, ya que interviene en la composición del endospermo de la semilla. Esta variable incide en el potencial de almacenamiento y características relacionadas al procesamiento, asimismo, indica la dureza del grano debido a la relación de las áreas harinosa “suave” y cristalina “dura” presentes en el endospermo del grano (González et al., 2014; Salinas, 2012).

Además, la dureza del grano está relacionada a la capacidad de absorción de agua, por lo que granos duros restringen la absorción del agua a diferencia de los de endospermo suave, lo que ocasiona que tengan mayor rendimiento de masa, considerando que las razas evaluadas mostraron granos grandes y harinosos, se proyectan con perspectivas de agro industrialización (Guaytán et al., 2013).

Tabla 22

Frecuencia absoluta y relativa para la característica tipo de grano en 12 razas de maíz

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Tipo de grano	1	Harinoso (Figura 42)	113	66%
	2	Semiharinoso	29	17%
	3	Reventador	30	17%

Figura 42

Tipo de grano harinoso.



4.2.2.7 Color del grano.

Las razas de maíz presentaron varios colores de grano, predominando el naranja (49%), amarillo (24%), y el resto en igual proporción con tonalidades como blanco, rojo y púrpura (9%) (Tabla 23). Guzmán, (2017) evaluó las etapas fenológicas de maíz variedad tusilla la cual menciona que esta variedad produce mazorcas medianas, flexibles, delgadas y cilíndricas, contienen granos redondos, tipo duro, color amarillo naranja. La variedad Blanco blandito se caracteriza por ser de textura suave, color de grano blanco, su buen rendimiento, porte bajo, resistencia al acame, tolerancia a pudrición de mazorca y buena calidad de grano (INIAP, 2000). Chaqui (2013) menciona que las áreas maiceras de la zona norte del país provienen de Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, donde predomina el cultivo de maíces amarillos harinosos como es la raza Chauncho, Huandango, Mishca y Chillos.

Contreras-Molina et al. (2016) cuyos resultados mencionados reafirman la existencia de variación 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).

Además, Muñoz (2005) menciona que la precocidad de una raza está relacionado a la coloración, es así que los maíces de grano blanco corresponden a germoplasmas tardíos, los maíces de grano amarillo a intermedios y azules a precoces; las razas evaluadas en esta investigación coinciden con

lo encontrado por Muñoz ya que las razas Chaucho y Chillo fueron las accesiones más precoces mientras que el Canguil y Blanco blandito fueron las razas más tardías.

Esta diversidad existente permite contar con material para el desarrollo de programas de mejoramiento genético de las poblaciones, asimismo, la variación encontrada facilita orientar de mejor manera la discriminación de poblaciones, que conformen una colección representativa de la variación de la raza orientada a su conservación (Flores et al., 2015).

Tabla 23

Frecuencia absoluta y relativa para las característica color de grano en 12 razas de maíz

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Color del grano	1	Blanco	15	9%
	2	Amarillo	42	24%
	3	Naranja (Figura 43)	85	49%
	4	Rojo	15	9%
	5	Púrpura	15	9%

Figura 43

Color naranja del grano.

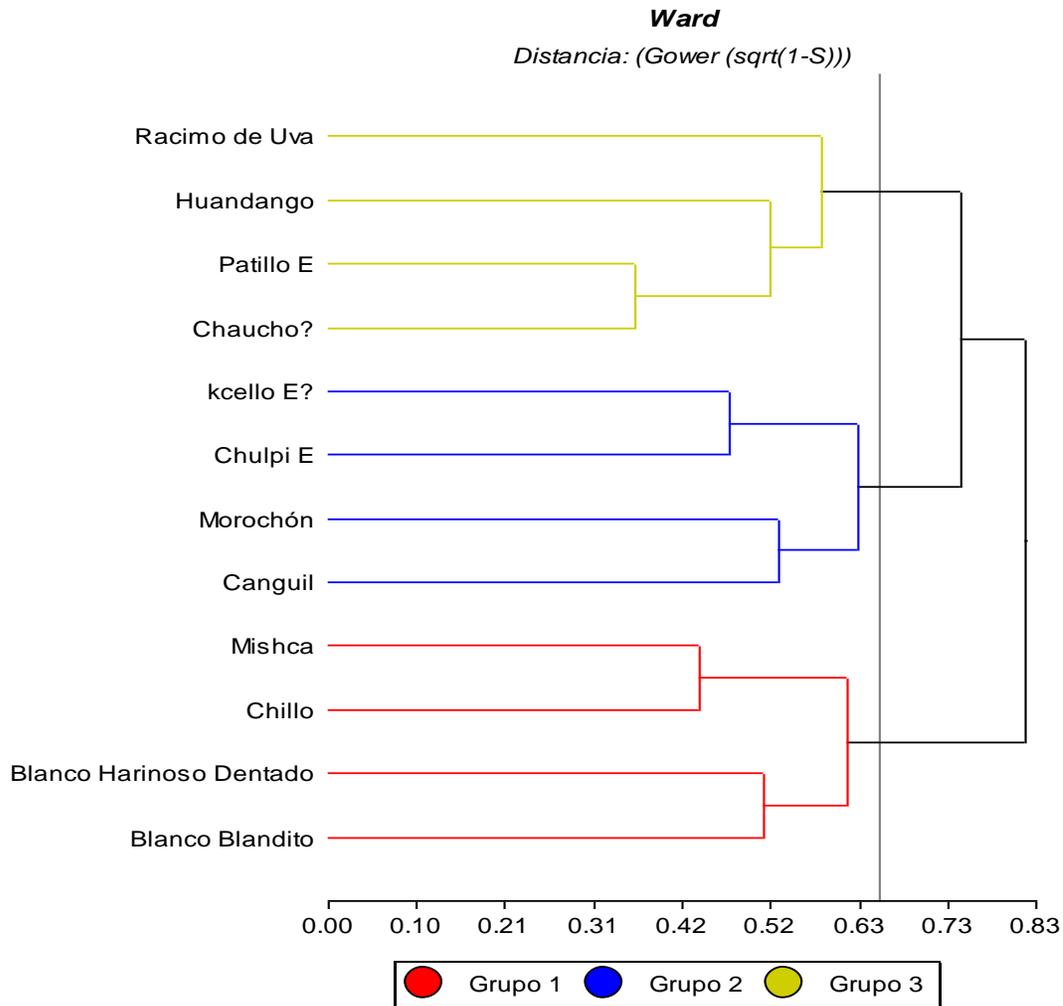


4.3 Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados determinó la conformación de tres grupos de accesiones que comparten características en común. (Figura 44). Se registró un coeficiente cofenético de 0.618 valor que sugiere una buena selección de caracteres en la evaluación de materiales de maíz, así lo menciona Sokal y Rohlf (1962) quienes mencionan que un rango de 0.6 y 0.95 el cual indica la mínima alteración en la estructura de los datos.

Figura 44

Dendrograma obtenido por análisis de conglomerados para las variables cuantitativas y cualitativas en 12 materiales de maíz.



En cuanto a las características de agrupación, el **Grupo 1** está conformado por 4 entradas procedentes de las localidades de San José de Punje (1), Cuicocha (1) y Cumbas (2), dentro de este grupo se encuentra las razas Mishca, Chillo, Blanco harinoso dentado y Blanco blandito, estas razas se agrupan por compartir características de tipo de grano ya que estos en general son harinosos y también tienen la misma forma de grano el cual es dentado; al **Grupo 2** lo integraron 4 materiales, las cuales son procedentes de San Nicolás (1), Itaque (1) y San Antonio del Punje (2), en este grupo se encuentra la raza Kcello ecuatoriano, Chulpi ecuatoriano, Morochón, Canguil, estas razas se agrupan por ser maíces duros y tardíos; por su parte el **Grupo 3** se caracterizó por abarcar 4 accesiones procedentes de El Cercado (1), Topo grande (1), San Francisco (1) y Cumbas (1), este grupo está conformado por razas Racimo de uva, Huandango, Patillo ecuatoriano y Cahucho, los cuales están dentro de este grupo por ser maíces suaves y tempranos (Tabla 24).

Tabla 24*Distribución de las muestras por grupo, según el análisis de conglomerados jerárquico*

Grupo 1 (4)	Grupo 2 (4)	Grupo 3 (4)
Blanco blandito	Canguil	Chauchó
ECU-15462	ECU-15580	ECU-17285
Blanco harinoso dentado	Morochón	Patillo ecuatoriano
ECU-17271	ECU-15441	ECU-15451
Chillo	Chulpi ecuatoriano	Huandango
ECU-17265	ECU-15398	ECU-7304
Mishca	Kcello ecuatoriano	Racimo de uva
ECU-15582	ECU-17281	ECU-17268

4.4 Análisis de caracteres cuantitativos discriminantes entre grupos

A través de la prueba de Fisher al 5% se determinó que, de 15 variables cuantitativas empleadas, 12 resultaron ser significativas, contribuyendo así a la diferenciación entre grupos (Tabla 25). Las variables que no aportan a dicha diferenciación corresponden a diámetro del tallo, ancho de la hoja y diámetro del raquis.

El Grupo 1 posee poblaciones tardías con mayor número de días a la floración masculina (100.45), plantas altas (269.14 cm), nudos largos (25.27 cm), sus mazorcas fueron las de mayor diámetro (4.92 cm), con granos largos (1.50 cm), gruesos (0.58 cm), y anchos (1.10 cm), un rasgo distintivo fue el mayor peso de las semillas (54.32 g). Por lo cual, se deduce que las accesiones que pertenecen a este grupo obtuvieron un mayor crecimiento, como resultado de su ciclo tardío (López et al., 2005).

El Grupo 2 se caracterizó por incluir poblaciones de ciclo intermedio con hojas largas (98.68 cm), mazorcas de mayor longitud (13.86 cm) y proporción de granos por hilera (22.90), en comparación los otros grupos. Por otra parte, en el Grupo 3 se concentró materiales de ciclo precoz con menor días a la floración masculina (80.53), plantas pequeñas (228.35 cm), nudos reducidos (20.82 cm), hojas cortas (90.97 cm), y también estuvo formado por granos gruesos (0.58 cm) de todos los grupos.

Tabla 25*Valores promedio para caracteres cuantitativos de los tres grupos de maíz.*

Descriptor	G1	G2	G3	CV	P-Valor
Días a floración masculina*	100.45 ± 1.50 C	86.07 ± 1.46 B	80.53 ± 1.49 A	12.62	<0.0001
Altura de la planta*	269.14 ±4.85 B	257.83 ± 4.72 B	228.35 ± 4.81 A	14.41	<0.0001
Distancia entre nudos*	25.27 ± 0.57 C	22.70 ± 0.55 B	20.82 ± 0.56 A	18.52	<0.0001
Largo de la hoja*	96.30 ± 1.58 B	98.68 ± 1.54 B	90.97 ± 1.57 A	12.42	0.0021
Número de granos por hilera*	21.04 ± 0.58 A	22.90 ± 0.57 A	19.74 ± 0.58 B	20.47	0.0006
Longitud de la mazorca*	12.34 ± 0.27 A	13.86 ± 0.26 B	12.97 ± 0.27 A	15.42	0.0004
Diámetro de la mazorca*	4.92 ± 0.06 C	4.35 ± 0.06 A	4.54 ± 0.06 B	10.50	<0.0001
Largo del grano*	1.50 ± 0.02 C	1.21 ± 0.02 A	1.35 ± 0.02 B	10.25	<0.0001
Grosor del grano*	0.58 ± 0.01 B	0.53 ± 0.01 A	0.58 ± 0.01 B	15.77	0.0107
Ancho del grano*	1.10 ± 0.02 C	0.90 ± 0.02 A	1.02 ± 0.02 B	13.40	<0.0001
Peso de 100 semillas*	54.32 ± 1.19 C	39.58 ± 1.16 A	49.00 ± 1.18 B	18.72	<0.0001
Peso de polinizados*	4299.11 ± 98.57 C	2878.51 ± 96.04 A	3422.53 ± 97.71 B	20.95	<0.0001
Ancho de la hoja ^{ns}	10.04 ± 0.14 A	9.90 ± 0.14 B	9.65 ± 0.14 A	10.83	0.1576
Diámetro del tallo ^{ns}	1.91 ± 0.04 A	1.80 ± 0.04 A	1.81 ± 0.04 A	17.50	0.1088
Diámetro del raquis ^{ns}	2.34 ± 0.04 A	2.30 ± 0.04 A	2.28 ± 0.04 A	14.28	0.6015

CV: Coeficiente de variación. *: Significativo al 5% de probabilidad, ns: No significativo

4.4.1 Caracteres cualitativos discriminantes para grupos conformados

A través del análisis de las tablas de contingencia se determinaron valores de Chi², Cramer, Coeficiente de Pearson y el P-valor (Tabla 26), identificando a través de este último que las siete variables evaluadas resultaron ser significativas y por ende son caracteres discriminantes que pueden usarse para diferenciar grupos. Al respecto, Franco e Hidalgo (2003) mencionan que los caracteres cualitativos presentan un comportamiento intrínseco relacionado a la estructura genética de la variedad lo cual implica la relación con la composición química y diferentes propiedades físicas de los granos.

Tabla 26

Descriptorios morfológicos utilizados para la estimación del valor discriminante en caracteres cualitativos de 12 razas de maíz

Variable	Chi ²	Gl	Valor Cramer	Coefficiente Pearson	P-Valor
Forma de la superficie del grano*	199.82	10	0.62	0.73	<0.0001
Color del grano*	177.24	8	0.59	0.71	<0.0001
Tipo de grano*	172.00	4	0.58	0.71	<0.0001
Color del raquis*	132.57	6	0.51	0.66	<0.0001
Forma de la mazorca*	126.47	4	0.50	0.65	<0.0001
Color del tallo*	33.15	2	0.31	0.40	<0.0001
Daños de la mazorca*	19.02	10	0.19	0.32	0.0400

Gl: Grados de libertad. *: Significativo al 5% de probabilidad. ns: No significativo

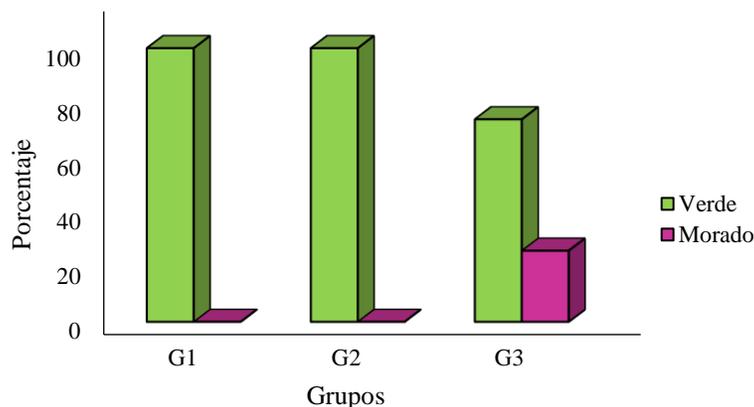
La relación existente entre los grupos formados con los descriptorios cualitativos de mayor valor discriminante se muestra a continuación:

4.4.1.1 Color del tallo.

Respecto al descriptor color del tallo, en los Grupos 1 y 2 el 100% de las entradas se caracterizaron por presentar tallo verde mientras que, el Grupo 3 abarcó entradas de color verde (74%) y morado (26%) (Figura 45).

Figura 45

Color de tallo presente en accesiones de maíz.



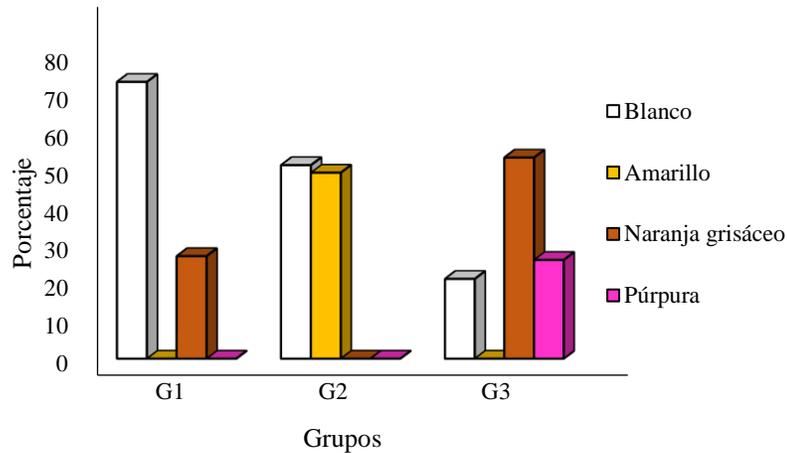
4.4.1.2 Color del raquis.

En cuanto a esta variable, en el Grupo 1 se identifican dos colores en raquis, en el cual predomina el color blanco (73%) raza como Blanco blandito (ECU-17271) seguido del color naranja grisáceo (27%) en razas como Blanco harinoso dentado (ECU-15462), Chillo (ECU-17265); a nivel del grupo 2 se identificaron razas de maíz con el raquis blanca (51%) en razas como Canguil (Ecu-15580), Chulpi ecuatoriano (ECU-15398) y Morochón (ECU-15441) y amarillo (49%) en razas

como Morochón (ECU-15441) y Kcello ecuatoriano (ECU-17281), mientras que, en el Grupo 3 predominó las accesiones de tono naranja grisáceo (53%) razas como Chaucho (Ecu-17285), Patillo ecuatoriano (ECU-15451) y Huandango (ECU-7304), blanco (21%) en razas como Huandango (ECU-7304) y fue el único grupo que presentó el color púrpura en la raza Racimo de uva (ECU-17268)(26%) (Figura 46).

Figura 46

Color del raquis presente en grupo de accesiones.

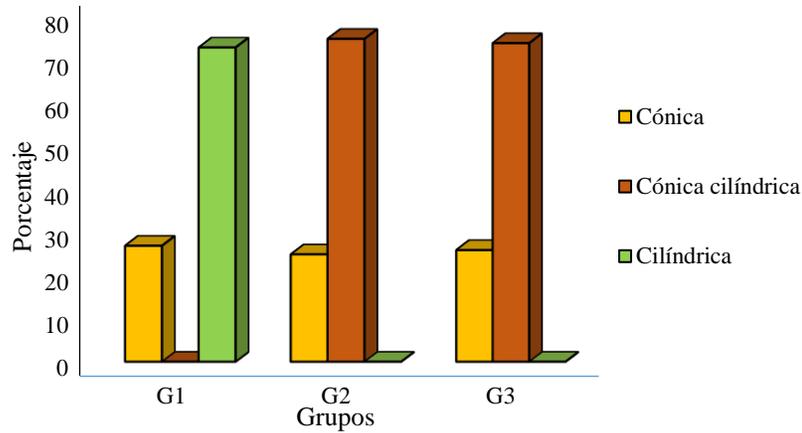


4.4.1.3 Forma de la mazorca.

En el Grupo 2 y 3 predominan materiales de forma cónica cilíndrica con el 75% y 74%, esto ocurre en las razas Racimo de uva (ECU-17268), Chaucho (ECU-17285), Morochón (ECU-15441), Tusilla (ECU-17281), Patillo ecuatoriano (ECU-15451), Huandango (ECU-7304), Blanco blandito (ECU-17271) y Chupli ecuatoriano (ECU-15398), respectivamente, y el 25% y 26% en cónico dentro del Grupo 2 y 3 respectivamente, por otra parte, el Grupo 1 presenta en mayor proporción materiales de tipo cilíndrico (27%) en razas Chillo (ECU-17265), Mishka (ECU-15582), Blanco harinoso dentado (ECU-15462), (ECU-15580), Tusilla (ECU-17281), Huandango (ECU-7304), Blanco blandito (ECU-17271) y Chupli ecuatoriano (ECU-15398) y el resto cónico (73%) (Figura 47).

Figura 47

Forma de la mazorca presentes en grupos de accesiones de maíz.

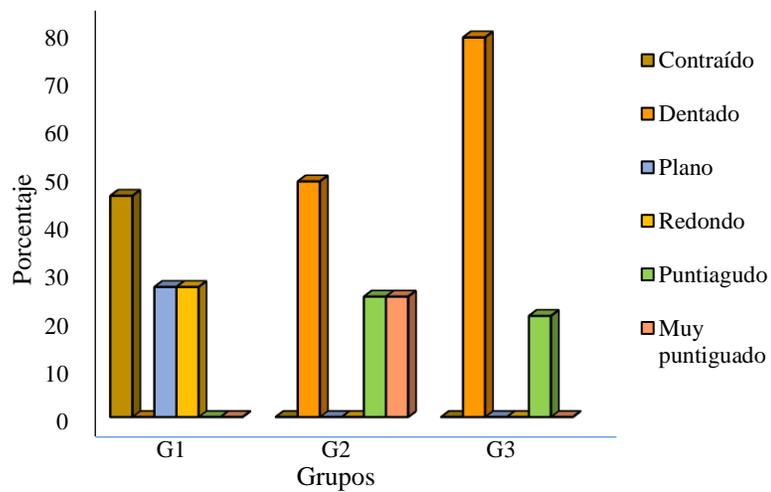


4.4.1.4 Forma de la superficie del grano.

Para este carácter, el Grupo 2 y 3 presentaron en mayor proporción la superficie del grano dentado con el 49% y 79% respectivamente, estos se encuentran en razas como Racimo de uva, Chulpi ecuatoriano, Chaucho y Patillo, seguido de la forma puntiagudo con el 25 y 21% en razas como Morochón, Huandango y Blanco blandito, mientras que el Grupo 1 predominó la forma contraída (46%) en las razas Chillo, Mishca y el resto de la forma de superficie del grano es de tipo plano y redondo (27%). Por otro lado, el Grupo 2 se caracterizó por ser el único en mostrar granos muy puntiagudos (25%) en la raza Canguil (Figura 48).

Figura 48

Forma de la superficie del grano presente en grupos de accesiones de la colección de maíz.

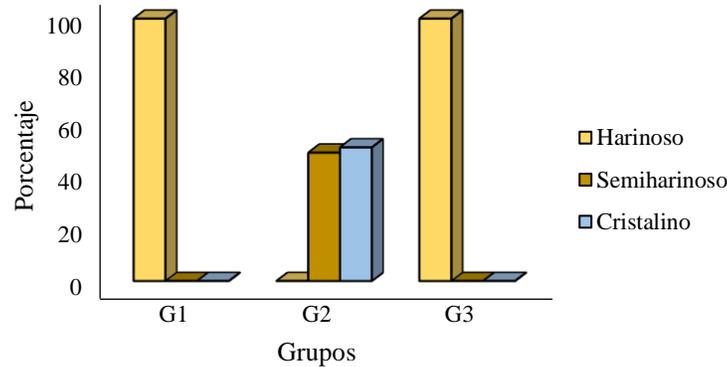


4.4.1.5 Tipo del grano.

El Grupo 1 y 3 presentaron el 100% de las razas con granos harinosos, mientras que, el Grupo 2 se caracterizó por presentar materiales de tipo cristalino (51%) y el resto semiharinoso (49%) (Figura 49).

Figura 49

Características del tipo de grano presente en grupo de accesiones de maíz.

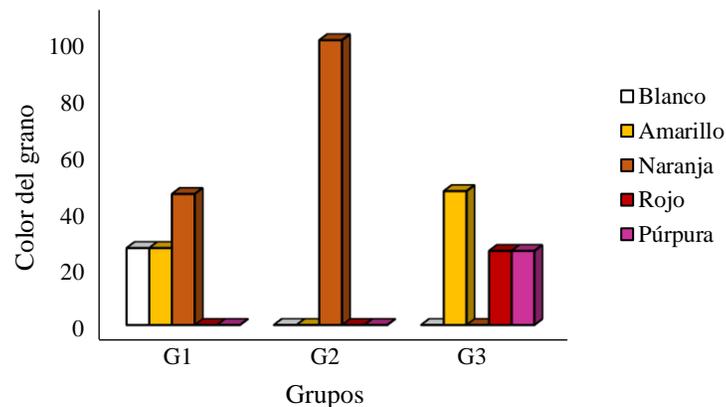


4.4.1.6 Color del grano.

Esta característica muestra razas con diversas tonalidades, es así que, en el Grupo 1 predominan colores naranjas (46%) en la raza Chillo, y el resto blanco y amarillo (27%) como en la raza Blanco blandito, Blanco harinoso dentado y Mishca, mientras que, el Grupo 2 se caracterizó por presentar razas de grano naranja (100%) como es el caso del Kcello ecuatoriano. Por otra parte, el Grupo 3 presenta en mayor proporción granos amarillos (47%) en la raza Huandango, y fue el único en presentar granos de tonos rojo y púrpura (26%) la raza Racimo de uva (Figura 50).

Figura 50

Color del grano presentes en grupos de accesiones de maíz.



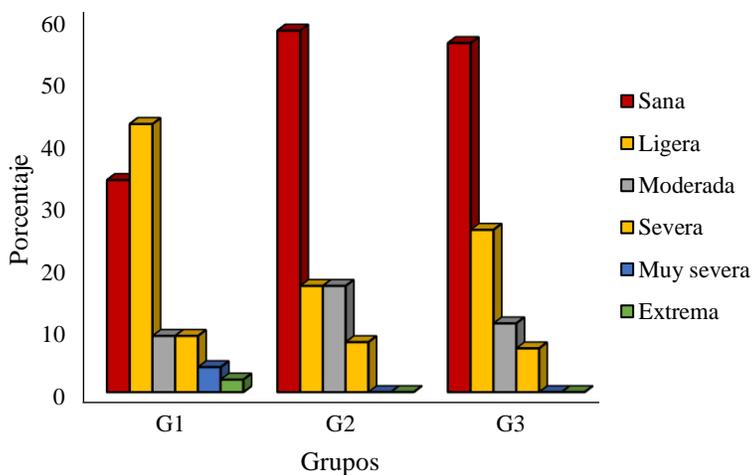
4.4.1.7 Daños de la mazorca.

El Grupo 2 y 3 presentaron el 58% y 56% materiales sanos o ausentes de daños, el 17% y 26% ligera, 17% y 11% moderada en la raza Chulpi ecuatoriano, esta raza de maíz tiende a ser más susceptible a hongos e insectos en el campo y en el almacenamiento y demora más en secar ya que contiene un endospermo duro (FAO, 2007); el 8% y 7% con daños severos en la raza Morochón, mientras que, en el Grupo 1 predomina accesiones con daños ligeros (43%), sanos (34%), de moderado a severo (9%) en la raza Chillo, muy severa (4%) en la raza Mishca y extrema (2%) en razas Mishca (Figura 51), se considera a estas razas de maíz como suaves y variedades harinosas por lo que son más propensos a contraer pudrición de la mazorca donde ingresan larvas de mosca y mariposa del choclo dejando abiertas las brácteas para que las esporas de *Fusarium* ingresen, y gracias a la entrada de la humedad el hongo comienza a desarrollarse (INIAP, 2011).

La raza en la que se apreció mayor daño fue en la raza Mishca ya que presentó daños extremos, haciendo perder las accesiones de esta raza, al igual esta raza es harinosa y es un maíz suave y las pérdidas se presenciaron por la pudrición de mazorca.

Figura 51

Porcentaje de daños en la mazorca identificado en grupo de accesiones de maíz.



4.5 Identificación de morfotipos según grupos conformados

A través del análisis de agrupamiento jerárquico de Ward, se establecieron tres grupos entradas, dentro de los cuales se identificaron cinco morfotipos los cuales se caracterizan por presentar características similares que se diferencian en algunas de estas. A continuación, se detallan las características de cada morfotipo observado en los grupos.

Dentro del **Grupo 1** se determinaron dos morfotipos (M1 y M2), cuyas características evaluadas se observan Tabla 27.

a) Morfotipo 1. Este morfotipo se conforma de dos razas: Mishca (ECU-15582) y Chillo (ECU-17265), las características que presentan son: raquis blanca, mazorca cilíndrica, daños ausentes y

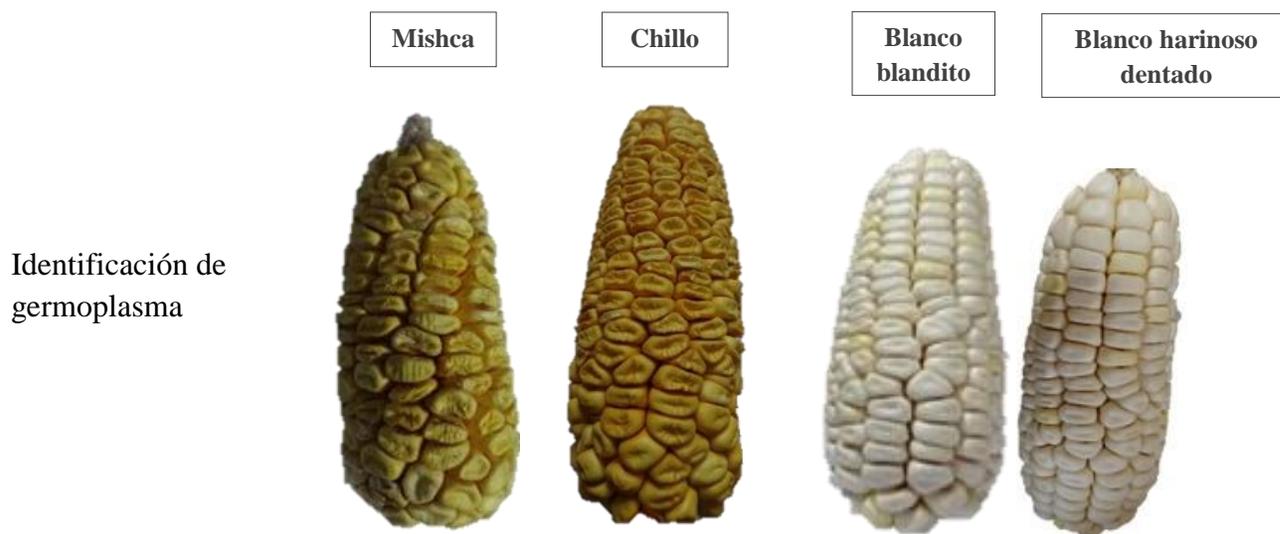
en menor proporción a daños extremos, grano amarillo y naranja de superficie contraída y de tipo harinoso (Tabla 27).

b) Morfotipo 2. Este morfotipo se encuentra constituido por dos materiales: Blanco blandito (ECU-15462) y Blanco harinoso dentado (ECU-17271), el cual se diferencian del M1 por presentar el raquis blanco y naranja grisácea, mazorca de tipo cilíndrico y cónica, daños ausentes a moderado del 25%, granos redondos, de tipo harinoso de color blanco (Tabla 27).

Tabla 27

Morfotipos del grupo 1, conformados en base a las características cualitativas evaluadas en la caracterización agromorfológica de 12 razas de maíz

Morfotipos	M1	M2
N°	ECU-17265, ECU-15582	ECU-15462, ECU-17271



*Color del tallo	Verde	Verde
*Color del raquis	Blanca	Blanca/Naranja grisácea
*Forma de la mazorca	Cilíndrica	Cilíndrica/Cónica
*Daños en la mazorca	Ausentes/Extremos	Ausentes/Moderado
*Forma de la superficie del grano	Contraído	Redondo
*Tipo del grano	Harinoso	Harinoso
*Color del grano	Amarillo/Naranja	Blanco

Grupo 2. Dentro de este grupo se identificaron dos morfotipos (M3 y M4), los detalles de los caracteres evaluados se detallan en la Tabla 28.

a) Morfotipo 3. Este morfotipo se encuentra constituido por dos materiales: Kcello ecuatoriano (ECU-17281) y Chulpi ecuatoriano (ECU-15398), entre las características que presentan sobresalen mazorca cilíndrica, daños ausentes a severos del 50%, granos dentados, semiharinosos y naranjas (Tabla 28).

b) Morfotipo 4. Este morfotipo se conforma de dos entradas: Morochón (ECU-15441) y Canguil (ECU-15580), este morfotipo se diferencia del M3 por presentar mazorca cónica y cónica cilíndrica, daños ausentes a severos del 50%, granos muy puntiagudos y de tipo reventador de color naranja (Tabla 28).

Tabla 28

Morfotipos del grupo 2, conformados en base a las características cualitativas evaluadas en la caracterización agromorfológica de 12 razas de maíz

Morfotipos	M3	M4			
N°	ECU-17281, ECU-15398	ECU-15441, ECU-15580			
Identificación de germoplasma	Chulpi	Kcello e.	Morochón	Canguil	
					
	*Color del tallo	Verde	Verde		
	*Color del raquis	Blanca/Amarilla	Blanca/Amarilla		
*Forma de la mazorca	Cónica-cilíndrica	Cónica/Cónica-cilíndrica			
*Daños en la mazorca	Ausentes/Severos	Ausentes/Severos			
*Forma de la superficie del grano	Dentado	Muy puntiagudo			
*Tipo del grano	Semiharinoso	Reventador			
*Color del grano	Naranja	Naranja			

Grupo 3. Dentro de este grupo se identificó solo un morfotipo (M5). Los detalles de las características evaluadas se detallan en la tabla 29.

a) Morfotipo 5. Este morfotipo consta de cuatro materiales: Racimo de uva (ECU-17268), Huandango (ECU-7304), Patillo ecuatoriano (ECU-15451) y Chaucho (ECU-17285), el cual se diferencia del resto de morfotipos por mostrar tallo verde y en menor proporción morado, raquis blanco, naranja grisáceo y púrpura, mazorca cónica y cónica cilíndrica, daños ausentes a severos del 50%, grano dentado y puntiagudo, harinoso y de color amarillo, rojo a púrpura (Tabla 29).

Tabla 29

Morfotipos del grupo 3, conformados en base a las características cualitativas evaluadas en la caracterización agromorfológica de 12 razas de maíz

Morfotipos	M5			
N°	ECU-17268, ECU-7304, ECU-15451, ECU-17285			
Identificación de germoplasma	Racimo de uva	Huandango	Patillo	Chaucho
				
*Color del tallo	Verde/Morado			
*Color del raquis	Blanca/Naranja grisáceo/Púrpura			
*Forma de la mazorca	Cónica/Cónica-cilíndrica			
*Daños en la mazorca	Ausentes/Severos			
*Forma de la superficie del grano	Dentado/Puntiagudo			
*Tipo del grano	Harinoso			
*Color del grano	Amarillo/Rojo/Púrpura			

4.6 Identificación de materiales promisorios

A través de la caracterización morfo agronómica se determinaron materiales promisorios de maíz procedentes de la localidad de Cotacachi, para lo cual se tomó en cuenta caracteres cuantitativos tales como: días a la floración masculina, días a la floración femenina, altura de la planta (cm), número de granos por hilera, longitud de la mazorca (cm), número de hileras por mazorca,

diámetro de la mazorca (cm), largo del grano (cm), grosor del grano (cm), ancho del grano (cm), peso de 100 semillas (g). Dentro de este estudio se identificaron como materiales de gran valor a las accesiones: **ECU-15582** (Mishca) **ECU-7304** (Huandango) y **ECU-15462** (Blanco blandito) (Tabla 30). En la zona norte del país el agricultor busca semillas para el consumo diario y para su comercialización por lo que han optado por cultivar mayoritariamente semillas de color amarillo, así las razas identificadas como promisorias presentan características de interés para los agricultores.

Con respecto a los caracteres relacionados a la parte agronómica como: días a la floración masculina, días a la floración femenina y altura de la planta, se destacan los materiales ECU-15441 (Morochón) y ECU-17285 (Chaucho), por ser precoces y de menor altura (139cm); características importantes para la selección de materiales promisorios ya que, al realizar una selección de materiales promisorios, se considera idóneo la obtención de plantas de menor tamaño, ya que, facilitan el manejo y cosecha del cultivo, adicionando que deben presentar un alto rendimiento. Mientras que, otras accesiones sobresalen en variables relacionadas al rendimiento del cultivo, son: ECU-15462 (Blanco blandito), ECU-15582 (Mishca) y ECU-7304 (Huandango), por lo que se considera de amplio interés realizar trabajos sobre la caracterización de este tipo de materiales, con la finalidad de aportar al desarrollo de programas de fitomejoramiento.

Con relación a lo anterior, el uso de la semilla de maíz se asocia al sistema agrícola tradicional, ya que la mayoría de los agricultores realizan una selección en base a uniformidad, tamaño y ausencia de plagas y enfermedades (Ángeles-Gaspar et al., 2010). Además, en el cantón Cotacachi existen preferencias para la selección de semillas de maíz ya que buscan semillas grandes, mazorcas largas de color amarillo; características como color y forma del grano influyen en la preferencia de los agricultores, acorde a los usos que se les otorgue, lo que permite tener una riqueza varietal y condiciones de precocidad y adaptación (Magdaleno-Hernández, et al., 2016).

Tabla 30

Materiales promisorios identificados

Muestra	ECU-15462	ECU-15582	ECU-7304
Días a la floración masculina	99.00	120.00	90.00
Días a la floración femenina	105.00	126.00	96.00
Altura de la planta (cm)	257.47	295.00	225.42
Número de granos por hilera	18.60	22.09	19.17
Largo de la mazorca (cm)	12.23	12.59	13.52
Número de hileras de la mazorca	9.33	11.27	10.42
Diámetro de la mazorca (cm)	4.88	5.13	4.41
Largo del grano (cm)	1.49	1.59	1.34
Grosor del grano (cm)	0.70	0.52	0.62
Ancho del grano (cm)	1.17	1.05	1.07
Peso de 100 semillas (g)	66.00	42.00	59.00
Rendimiento (g)	4512.00	5055.00	4672.00

4.7 Fase 2. Caracterización eco geográfica del maíz para la zona norte del país

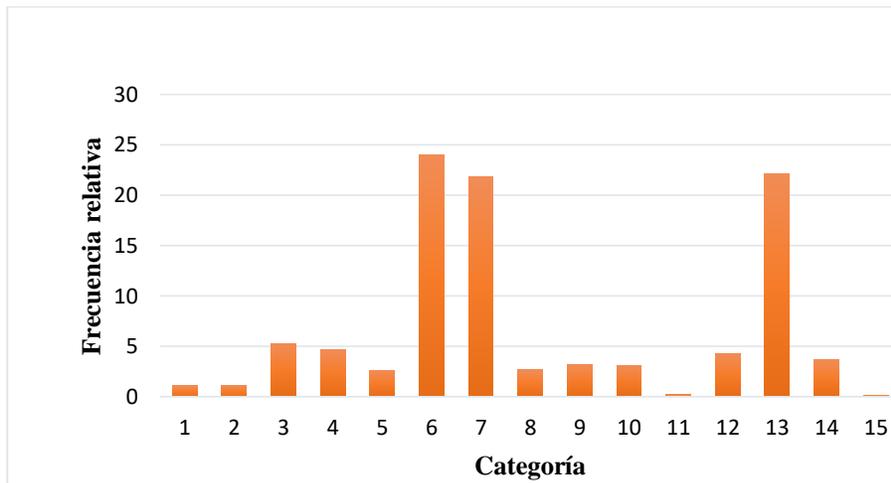
Se describen resultados obtenidos a partir de la caracterización eco geográfica de 329 accesiones de maíz perteneciente a la zona norte del país en tres provincias (Carchi, Imbabura y Pichincha). Se emplearon 54 variables eco geográficas (2 geofísicas, 4 edáficas y 49 bioclimáticas).

4.7.1 Mapa ELC de maíz en la zona norte del país

De las colectas realizadas en maíz, las accesiones se ubican en 15 categorías eco geográficas (Figura 52) las cuales se encuentran distribuidas en tres provincias de la zona norte del país (Carchi, Imbabura, Pichincha). La categoría más frecuente fue la 6 (23.9%) que se pueden interpretar como los escenarios comunes, este se caracteriza por presentar pisos altitudinales de 3976msnm, pendientes muy suaves, precipitación anual de 1475 mm, temperatura media de 22°C, textura de suelo franco limoso, cantidad de materia orgánica alta, pH ligeramente ácido y profundidades moderadas, representados en el mapa ELC.

Figura 52

Frecuencias de categorías eco geográficas basado en datos bioclimáticos, edáficos y geofísicos.



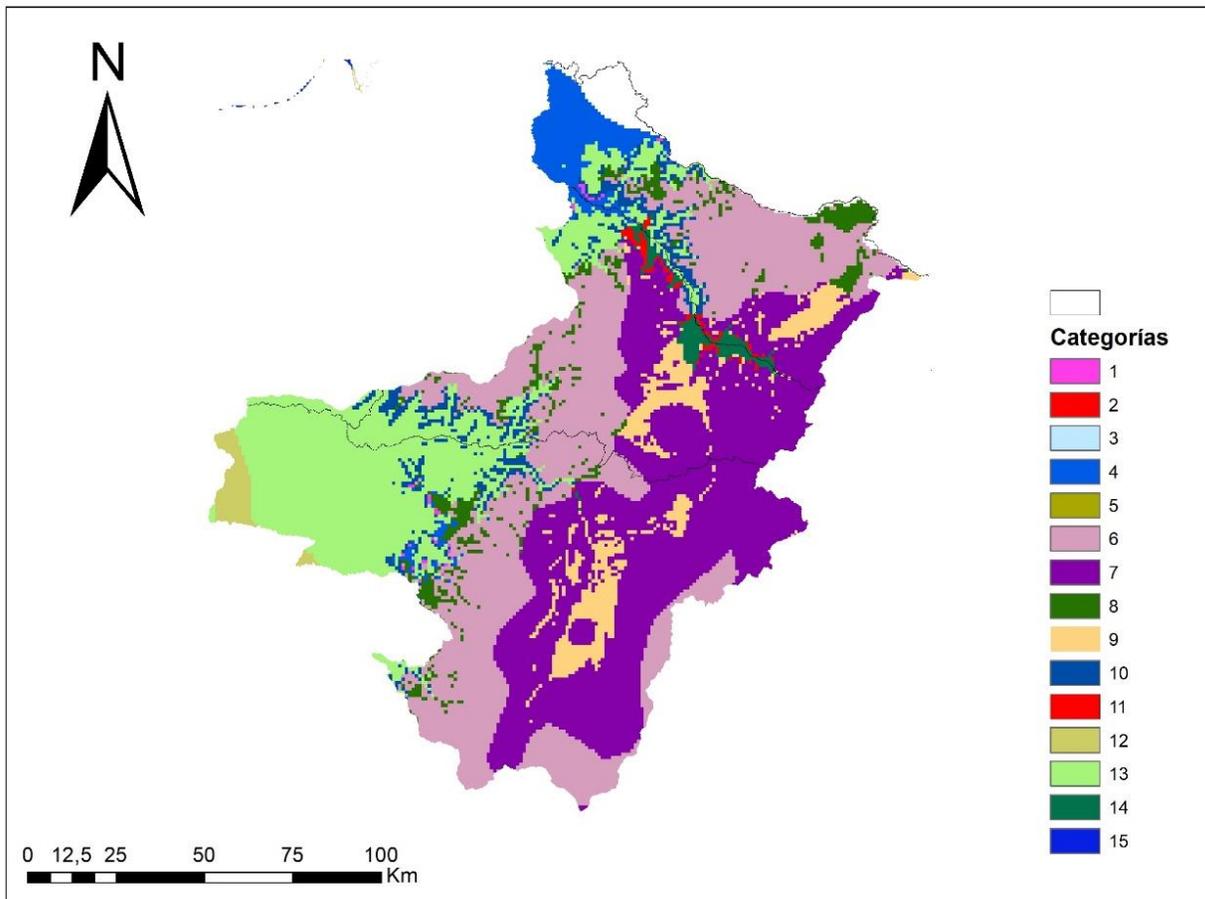
Según Tapia et al. (2013) los sitios de recolección de maíz se localizaron en 28 categorías eco geográficas obtenidos para la región andina del Ecuador. Las categorías más frecuentes fueron 29 (17,9%) y 30 (37,9%); las variables que intervinieron fueron la temperatura media estacional de 22.9 °C, temperatura anual de 16.9 °C, temperatura mínima de diciembre de 16.9 °C, precipitación de octubre de 82.4 mm, altitud de 3553 m s.n.m., textura de suelo medio, pH ligeramente ácido, contenido de materia orgánica medio y fertilidad media. Las categorías 29 y 30 fueron las más frecuentes para todas las razas excepto Montaña ecuatoriana y Uchima. Las razas con mayor número de categorías eco geográficas fueron Morochón y Kcello ecuatoriano (20 y 18, respectivamente).

Según el mapa ELC, la categoría 6 se distribuye en la provincia del Carchi en 6 cantones, principalmente en el cantón Espejo y Tulcán, mientras que, en la provincia de Imbabura, destaca el cantón Cotacachi y en la provincia de Pichincha los cantones Pedro Moncayo, Cayambe, Mejía y Quito. Por su parte, la categoría 11 que es la menos frecuente, se distribuye en áreas geográficas de la provincia de Imbabura en el cantón Otavalo y Antonio Ante y en la provincia de Carchi se encontró en los cantones Mira, Bolívar y Montúfar (Figura 53).

En la investigación realizada por Tapia et al. (2013) se encontraron diferencias significativas en las categorías eco geográficas, lo que significa que las accesiones no se distribuyeron proporcionalmente en el área de estudio. Así, las categorías 28, 29 y 30 fueron los materiales más disponibles en la zona andina del Ecuador, el cual se puede interpretar como ambientes preferidos por el cultivo de maíz. La gran cantidad de categorías eco geográficas que ocupan muchas de las razas de maíz del altiplano ecuatoriano refleja una amplia capacidad de adaptación de estos materiales para enfrentar desafíos futuros.

Figura 53

Distribución de las categorías eco geográficas del cultivo de maíz en la zona norte del Ecuador.



4.8 Variabilidad de datos geofísicos para el cultivo de maíz

4.8.1 Elevación

En la tabla 31, se observa valores obtenidos de variables geofísicas correspondiente a la elevación, el cual presentó un CV (16.91%), con alturas que van desde los 761 m s.n.m. hasta los 3976 m s.n.m. Según INIAP (2014) el maíz se cultiva en diferentes pisos altitudinales y ambientes climáticos, por ello se puede encontrar en la región sierra del país, comprendida entre los 2000 y 3000 m s.n.m. Por otro lado, Tapia et al. (2013) mencionan que la mayoría de las accesiones de maíz del Ecuador se distribuyen en diferentes localidades, se puede encontrar en altitudes desde 1900 hasta 2800 m s.n.m., es así que Stanish (2001), asegura que los agricultores incas cultivaban maíz en terrazas, laderas por lo que algunas razas de maíz se ven obligados a evolucionar bajo diferentes condiciones altitudinales.

Tabla 31*Variabilidad de datos geofísicos para el cultivo de maíz*

VARIABLES	Media	Desviación estándar	Coefficiente de varianza	Valor mínimo	Valor máximo
Elevación (m s.n.m.)	2565.41	433.90	16.91	761.00	3976.00

4.8.2 Pendiente.

Los sitios geográficos donde se desarrolla el maíz representan cuatro categorías de pendiente, predominando los suelos con pendientes muy suaves (35%), seguidos por los suelos con pendientes suaves (31%), suelos planos (31%) y suelos con pendientes medios (2%) (Tabla 32). Valverde (2015) menciona que el maíz se puede encontrar en suelos de bajas características productivas, con pendientes entre el 20 y el 30%.

El crecimiento de la población rural ecuatoriana ha obligado a los agricultores a usar tierras marginales para la producción, particularmente tierra de pendientes muy inclinadas de las laderas de la Sierra (Boada y Espinosa, 2016).

Tabla 32*Características de pendiente identificado en la colección de maíz de la zona norte del país*

Variable	Clase	Categorías	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Pendiente	1	Plana	191	31%
	2	Muy suave	220	35%
	3	Suave	195	31%
	4	Media	15	2%

4.9 Variabilidad de datos bioclimáticos para el cultivo de maíz**4.9.1 Precipitación**

Por otro lado, se observaron valores estadísticos descriptivos para dos variables de precipitación en donde el mes de marzo presenta mayor CV (55.68%) (Tabla 33). Dentro de los doce meses del año, la mayor influencia de precipitación está reflejado en los meses de marzo (134.24 mm) y junio (50.81 mm) el cual se encuentra dentro de los rangos recomendados para el cultivo de maíz. Por su parte, Oñate (2016) menciona que durante el ciclo del cultivo de maíz se registra una precipitación acumulada de 27.70 mm/periodo durante la etapa inicial, mientras que en la etapa de desarrollo se acumula la precipitación siendo este de 135.3 mm, durante la etapa intermedia se registró una precipitación acumulada de 61.10 mm y en su etapa final se registró una precipitación acumulada de 269.90 mm. El coeficiente de variación de la estacionalidad de precipitación tiene valores mayores a los recomendados, esto se debe a diversos factores climáticos como el

calentamiento global, ya que este factor afecta los procesos dinámicos y termodinámicos climáticos que influyen en la precipitación (Russián et al., 2015).

Tabla 33

Características de precipitación identificada en la colección de maíz de la zona norte del país

VARIABLES	Media	Desviación estándar	Coficiente de varianza	Valor mínimo	Valor máximo
Precipitación de marzo (mm)	134.24	74.75	55.68	68.00	562.00
Precipitación de junio (mm)	50.81	22.62	44.52	28.00	169.00

4.9.2 Temperatura

Para la variable de temperatura máxima, el mes de junio presentó mayor temperatura con un CV de 12.40% (Tabla 34); dentro de los meses que tiene mayor influencia para la distribución y desarrollo de maíz a nivel de la zona norte del país, son los meses de diciembre, febrero, marzo, abril, mayo y junio con temperaturas de 20 °C. Así mismo, la temperatura media de los meses de enero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre se mantiene en una temperatura de 14°C. Para la temperatura mínima de los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo se observó un rango de temperatura de 8°C.

Los rangos de temperatura son idóneos para el desarrollo del cultivo de maíz, ya que Dekalb (2014) menciona que la temperatura óptima para la germinación y el crecimiento es de 10 °C; por lo que los valores obtenidos en esta investigación sobre pasan los rangos, haciendo que exista pérdidas de semilla durante la germinación del maíz.

Basantes (2019) indica que la temperatura óptima para la floración de maíz corresponde a un rango entre 21-30 °C, este dato concuerda con la investigación realizada, ya que, durante los meses de diciembre, febrero, marzo, abril y mayo se encuentra temperaturas de 20°C haciendo que las plantas desarrollen con normalidad. La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de maíz se considera un promedio de 15°C, además requiere la luz solar durante todo el ciclo del cultivo (INIAP, 2008).

La variabilidad climática denota variaciones en el estado medio y otras características estadísticas del clima, por la presencia de fenómenos extremos del clima en escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos; esta puede deberse a los cambios climáticos (Noriega y Salazar , 2018).

Al comparar las variables utilizadas, con las analizadas en la identificación de áreas prioritarias para la conservación de razas de maíz, realizado por Tapia (2015), son similares los tres componentes, así como también la marcada irregularidad topográfica existente, esto puede deberse a varios factores, uno a las épocas de siembras bien marcadas que los agricultores aún mantienen en la región andina del Ecuador, lluviosas (febrero a mayo) y (octubre a noviembre) y otro motivo es que en sus chacras los agricultores siembran asociado los TAs con maíz, papa y haba, es así

como se crean los sistemas de producción biodiversos en la zona andina ecuatoriana con la finalidad de asegurar la alimentación y nutrición familiar (Naranjo, 2017).

Tabla 34

Características de temperatura identificada en la colección de maíz de la zona norte del país

Variabes	Media	Desviación estándar	Coficiente de varianza	Valor mínimo	Valor máximo
T° máxima de diciembre	20.15	2.27	11.27	9.60	25.60
T° máxima de febrero	20.06	2.32	11.55	9.60	26.60
T° máxima de marzo	20.17	2.36	11.72	9.70	27.10
T° máxima de abril	20.08	2.34	11.63	10.00	27.20
T° máxima de mayo	20.33	2.43	11.94	9.40	26.70
T° máxima de junio	20.23	2.51	12.40	9.10	25.90
T° mínima de enero	8.43	2.24	26.55	1.00	18.10
T° mínima de febrero	8.57	2.24	26.18	1.20	18.10
T° mínima de marzo	8.60	2.22	25.80	1.30	18.30
T° mínima de abril	8.97	2.21	24.67	1.50	18.30
T° mínima de mayo	8.73	2.10	24.06	1.70	18.20
T° media de enero	14.30	2.19	15.32	5.30	22.10
T° media de marzo	14.36	2.23	15.52	5.50	22.70
T° media de abril	14.50	2.24	15.43	5.70	22.70
T° media de mayo	14.50	2.19	15.08	5.50	22.40
T° media de junio	14.08	2.22	15.73	5.20	21.80
T° media de septiembre	14.34	2.20	15.36	5.20	21.60
T° media Anual	14.28	2.19	15.36	5.30	21.90

4.10 Variabilidad de datos edáficos para el cultivo de maíz

4.10.1 Textura del suelo

Con respecto a la textura del suelo, presentó dos clases del suelo, el 66% representa la textura moderadamente gruesa tipo franco arenoso y el resto es franco limoso (34%) (Tabla 35). En general para los ambientes de maíz tradicional predominan suelos con texturas arcillosas, franco-arcillosas y francas (Barrios-Perez y Alvarez-Toro, 2016).

Según Lagos (2010) el maíz es una planta de gran desarrollo radicular, por lo tanto, necesita suelos planos y profundos, que contengan textura franca a franco-arcillosa, con buen drenaje y que puedan retener suficientes cantidades de nutrientes y humedad.

Tabla 35*Características de textura de suelo identificado en la colección de maíz de la zona norte del país*

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Textura de suelo	1	Franco arenoso	410	66%
	2	Franco limoso	211	34%

4.10.2 Contenido de materia orgánica

Con respecto al contenido de materia orgánica en el suelo, se observaron dos categorías en donde las accesiones de maíz se encuentran mayoritariamente con un contenido de materia orgánica bajo (menor al 3%) con un 71% y el 29% representa a los suelos con alto contenido de materia orgánica (mayor al 5%) (Tabla 36). Álvarez et al. (2010) mencionan que, para satisfacer las necesidades nutricionales de cultivos como el maíz, se requieren altas cantidades de abonos por lo que implica una elevada disponibilidad de residuos orgánicos para su aplicación. Un enfoque alternativo es usar bajas cantidades de abonos orgánicos y complementar con fertilizantes inorgánicos. En la sierra ecuatoriana se cuenta con el 4.61% del territorio con baja cantidad de materia orgánica y suelos con alto contenido de materia orgánica se cuenta con el 0.25% (MAG, 2014).

Tabla 36*Contenido de materia orgánica identificado en la colección de maíz de la zona norte del país*

Variable	Clase	Categorías	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Materia orgánica	1	Bajo	443	71%
	2	Alto	178	29%

4.10.3 pH del suelo

El pH del suelo presentó seis categorías: es así que predomina el suelo ligeramente ácido (61%), seguido de suelos ácidos (24%), suelos neutros (10%), suelos medianamente ácidos (3%), suelos muy ácidos (1%) y prácticamente neutros (1%) (Tabla 37). Ortigoza et al. (2019) mencionan que el pH ideal para la siembra de maíz es de 5.5 a 7.0 (medianamente ácido-prácticamente neutro) existiendo fuera de estos límites problemas de toxicidad de ciertos elementos.

Existen cultivos andinos en la sierra ecuatoriana como es el caso del cultivo de melloco oca y mashua los cuales contienen rangos de adaptación con pH del suelo el 46% de las accesiones presentaron suelos ligeramente ácidos (pH entre 5.6-6.5), el 39 % suelos ácidos (pH entre 4.5-5.5), el 14 % suelos neutros (pH entre 6.6-7.4) y con el 1 % suelos moderadamente alcalinos (pH entre 7.5-8.5).

Tabla 37*Rangos de pH identificado en la colección de maíz de la zona norte del país*

Variable	Clase	Categorías	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
pH	1	Muy ácido	8	1%
	2	Ácido	151	24%
	3	Medianamente ácido	19	3%
	4	Ligeramente ácido	377	61%
	5	Prácticamente neutro	6	1%
	6	Neutro	60	10%

4.10.4 Profundidad del suelo

La profundidad de suelo presenta dos categorías, la que predomina es la profundidad superficial (11-20cm) con un 99% y el 1% es representado por los suelos muy superficiales (0-10cm) (Tabla 38). Tapia et al. (2013) al realizar un análisis ecogeográfico de maíz mencionan que 62% de accesiones eran de suelos más profundos de 50 cm, 16% a partir de suelos poco profundos (20-50 cm), y 6% de los suelos muy poco profundas (0-20 cm) los cuales son opuestos a los resultados obtenidos en esta investigación.

Tabla 38*Características de profundidad de suelo identificado en la colección de maíz de la zona norte del país*

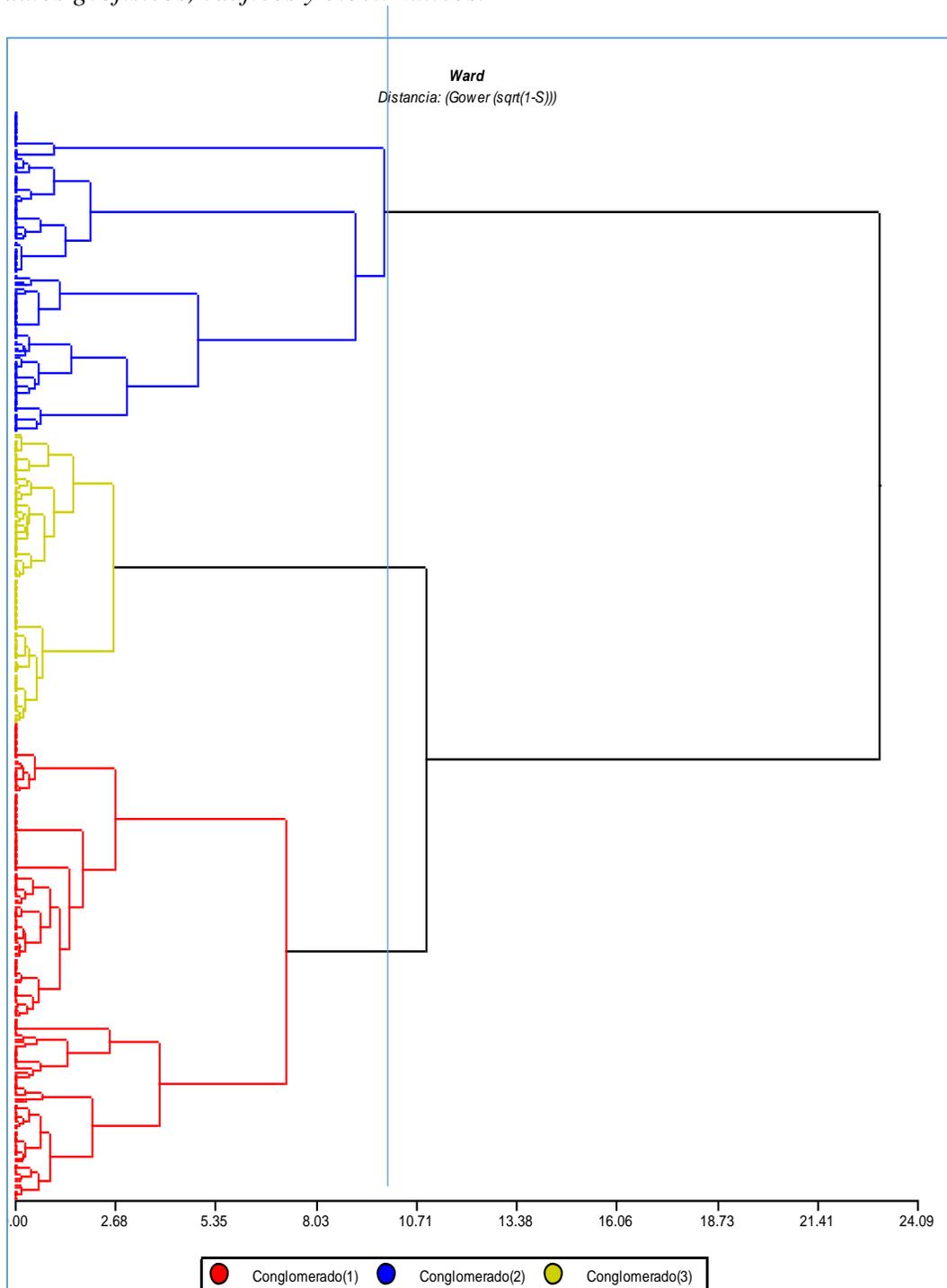
Variable	Clase	Categorías	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Profundidad	1	Muy superficial	8	1%
	2	Superficial	613	99%

4.11 Análisis de conglomerados para datos ecogeográficos en el cultivo de maíz

A través del agrupamiento jerárquico de Ward (1963) obtenido a partir de la matriz de distancia generada por el algoritmo de Gower, se logró identificar tres grupos (G1, G2 y G3) de entradas (Figura 54), se identifica los diferentes sitios de colección de maíz el cual contiene similares condiciones edafoclimáticas y geofísicas.

Figura 54

Dendrograma obtenido por análisis de conglomerados para las variables cuantitativas y cualitativas en 632 materiales de maíz (Zea mays L.) con distancias genéticas de Gower, según datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos.

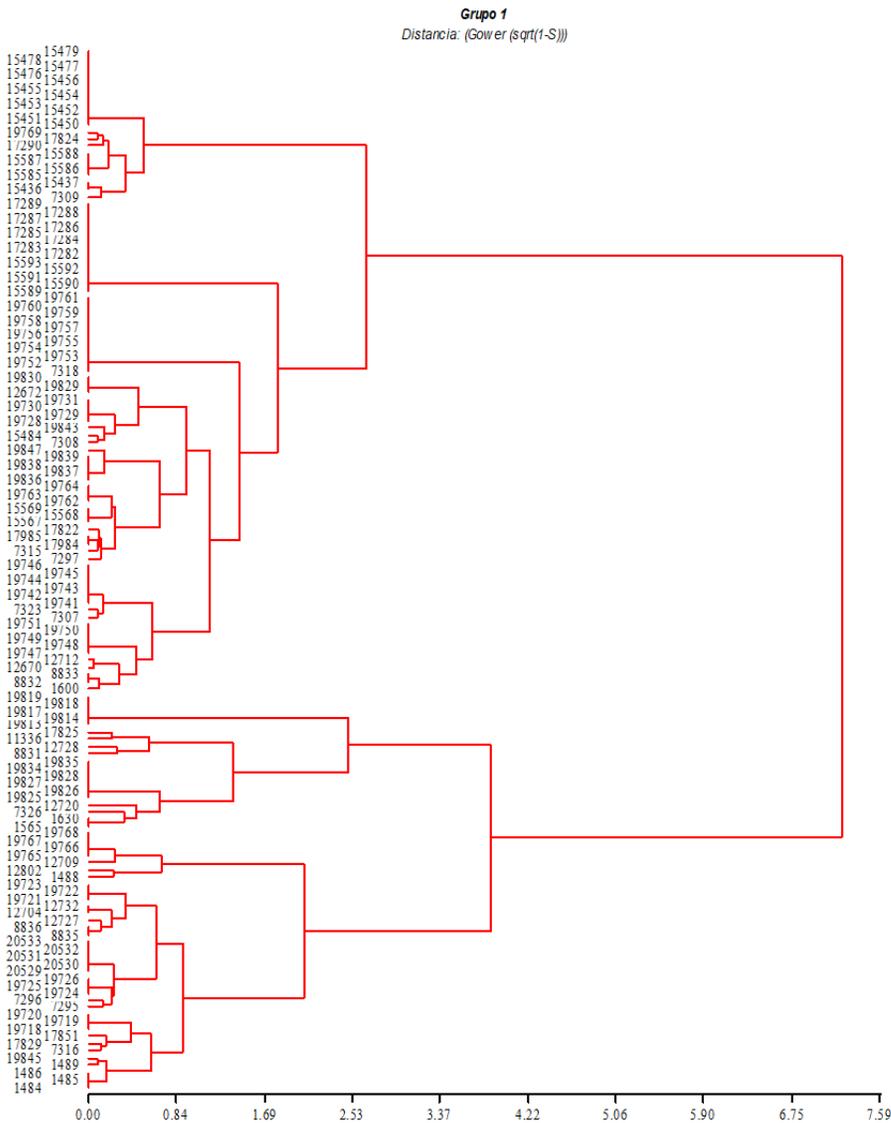


El análisis de conglomerados se realizó utilizando variables cualitativas y cuantitativas de las 329 accesiones que se encontraron en la base de datos proporcionada por el INIAP, constituyendo así en 3 grupos que se observa de la siguiente manera:

Grupo 1 se caracteriza por distribuirse en pisos altitudinales de 3976 m s.n.m, con una pendiente muy suave (2-5%), precipitación de anual de 1475 mm, temperatura media de 22°C, con una textura de suelo franco limoso, alta materia orgánica, pH ligeramente ácidos (6.0 a 6.5) y una profundidad moderada (Figura 55).

Figura 55

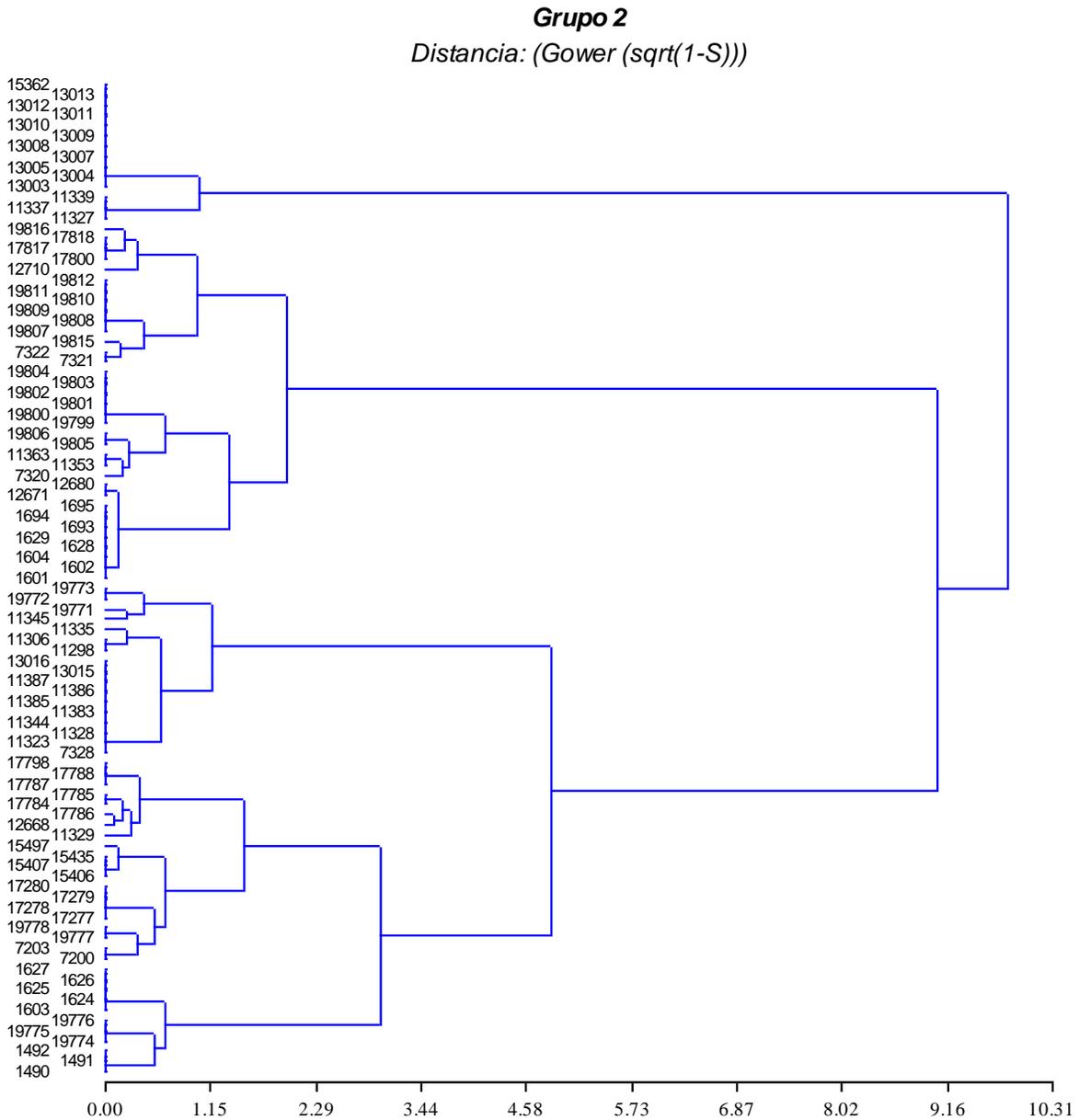
Dendrograma del Grupo 1, para las variables cuantitativas y cualitativas en 632 materiales de maíz (Zea mays L.) con distancias genéticas de Gower, según datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos.



El Grupo 2 se diferencia por tener pisos altitudinales de 2117 m s.n.m. con una pendiente suave (5-12%), precipitación anual de 982 mm, temperatura media de 12°C, con una textura de suelo franco arenoso, alta materia orgánica, pH ligeramente ácido y una profundidad moderada (Figura 56).

Figura 56

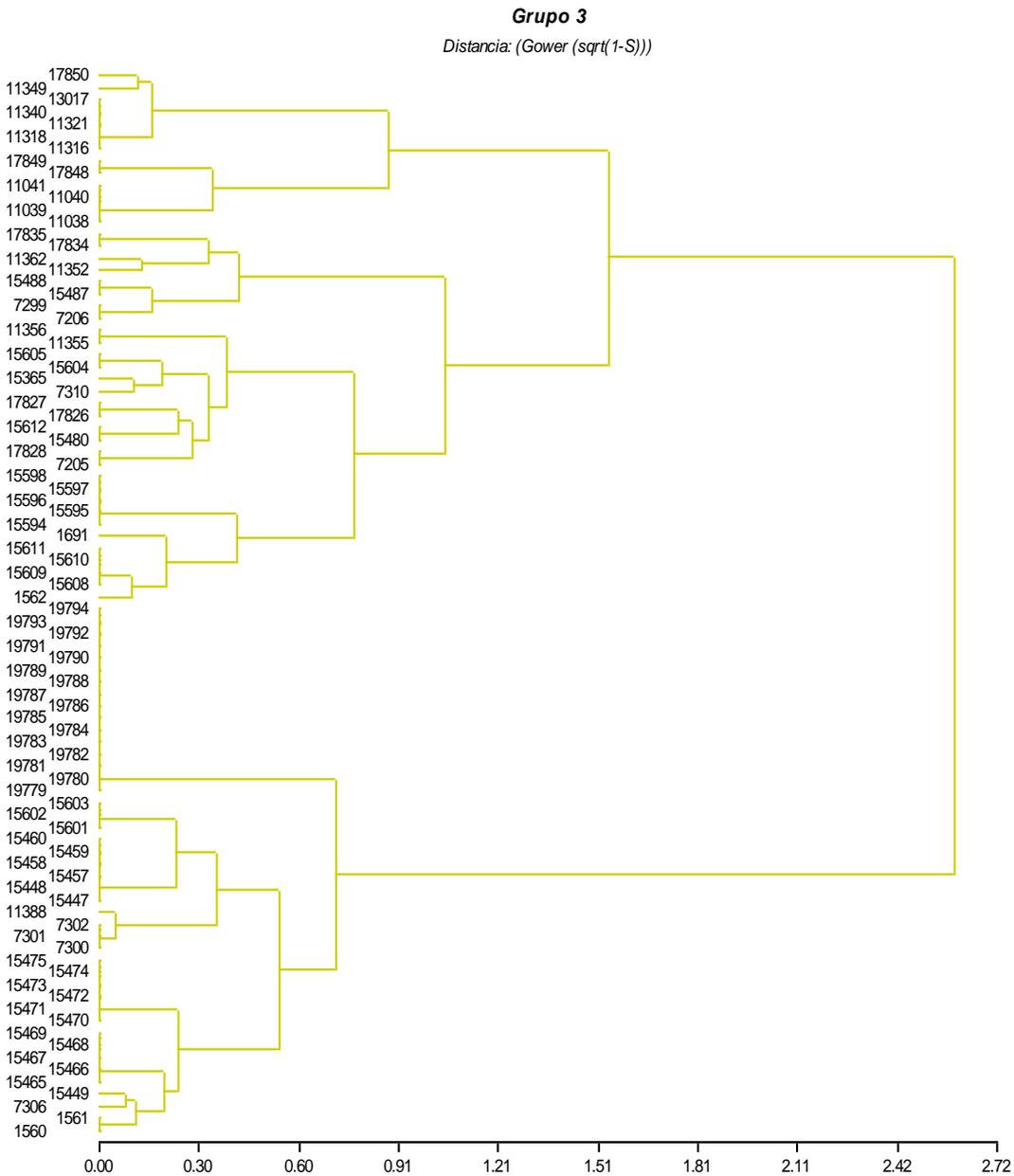
Dendrograma del Grupo 2, para las variables cuantitativas y cualitativas en 632 materiales de maíz (Zea mays L.) con distancias genéticas de Gower, según datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos.



Por su parte el Grupo 3 con el menor porcentaje de accesiones con una altura de 1389 m s.n.m, pendiente suave (5-12%), precipitación anual de 2625 mm, temperatura media de 19°C, con texturas de suelo franco limoso, con una baja materia orgánica, pH ácidos (5.0-5.5), con profundidades moderadamente profundos (51-100) (Figura 57).

Figura 57

Dendrograma del Grupo 3, para las variables cuantitativas y cualitativas en 632 materiales de maíz (Zea mays L.) con distancias genéticas de Gower, según datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos.



Tapia et al. (2013) corrobora datos de precipitación estacional de entre 363 y 1809 mm y pisos altitudinales de entre 1900 y 2800 m s.n.m., estos datos coinciden con los resultados de este estudio, ya que el grupo 2 está dentro de los rangos antes mencionados y favorece al desarrollo del cultivo de maíz. Según Villaseca y Novoa (1987) se estima una profundidad del suelo superior a 100 cm para lograr altos rendimientos, con una textura de suelo que varían desde moderadamente gruesas (franco arenosas) a finas (arcillosas) y un pH óptimo de 5.6 a 6.5, estas características son similares al grupo 3, los cuales son ideales para el desarrollo adecuado del cultivo de maíz.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De los 15 descriptores cuantitativos, 12 resultaron ser caracteres discriminantes; mientras que en del grupo de caracteres cualitativos todos resultaron ser significativos para la diferenciación entre grupos, siendo la forma de la mazorca, forma de la superficie del grano, tipo de grano, color del grano y daños de la mazorca las variables más predominantes para seleccionar maíces promisorios.
- Se identificó tres grupos y cinco morfotipos donde el grupo uno está representado por dos morfotipos los cuales son de grano tipo harinoso y dentado; el grupo dos está conformado por dos morfotipos, son maíces tipo duros y tardíos, mientras que el grupo tres está formados por un morfotipo y son de tipo suaves y tempranos.
- La evaluación de la diversidad de maíz permitió identificar tres materiales promisorios en base al rendimiento que corresponden a las razas de maíz **ECU-15582** (Mishca) **ECU-7304** (Huandango) y **ECU-15462** (Blanco blandito), estos, presentaron rendimientos favorables los cuales se consideran como una alternativa productiva para el agricultor, permitiendo además conservar la diversidad de semillas asegurando la soberanía alimentaria a largo plazo.
- A través de la caracterización eco geográfica se identificó 15 categorías eco geográficas distribuidas en tres provincias de la zona norte del país, donde se refleja que la categoría 6 y 7 propia de la provincia del Carchi e Imbabura respectivamente, por su parte, la categoría 11 que es la menos frecuente, se distribuye en áreas geográficas de la provincia de Imbabura en el cantón Otavalo y Antonio Ante y en la provincia de Carchi se encontró en los cantones Mira, Bolívar y Montufar, esto quiere decir que esta categoría contiene escenarios favorables para el desarrollo del maíz.
- La caracterización eco-geográfica, permitió visualizar las condiciones limitantes y favorables de distribución y adaptación del cultivo de maíz donde se identificaron razas de maíz adaptados en diferentes altitudes, con suelos franco-limoso y pH desde muy ácidos hasta medianamente alcalinos, por lo que este cultivo ha demostrado una amplia adaptabilidad climática, geofísica y edáfica, el cual permite definir estrategias de conservación y producción.

5.2 Recomendaciones

- Se considera de amplio interés realizar trabajos sobre la caracterización de germoplasma, con la finalidad de aportar al desarrollo de programas de fitomejoramiento. Las tres razas seleccionadas como materiales promisorios fueron ECU-15582 (Mishca), ECU-7304

(Huandango) y ECU-15462 (Blanco blandito) las cuales podrían ser una alternativa de fomento a la producción y consumo local.

- Se sugiere realizar estrategias de conservación in situ de maíces promisorios a diferentes condiciones ambientales y socioeconómicas, con el fin de promover a la seguridad y soberanía alimentaria de la población
- Se debería identificar la distribución de la categoría 6 y 7 los cuales se destacaron por ser las más frecuente según la herramienta ELC las cuales indican las zonas óptimas para potencializar la producción del maíz, considerando los materiales promisorios.
- Se debería tomar en cuenta las categorías menos frecuentes para realizar estudios del germoplasma adaptado a condiciones poco favorables para este cultivo el cual implica la determinación de posibles áreas de colecta de maíz.

REFERENCIAS.

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *Cultivos tropicales*. 30 (2). 113-120.
- Agriculturers. (2017). Producción mundial de maíz.. <<https://agriculturers.com/los-mayores-productores-de-maiz-encuentra-tu-pais/#:~:text=Este%20mes%20el%20Departamento%20de,de%201067.21%20millones%20de%20toneladas.>>>.
- Águilar-Hernández, A., Salinas-Moreno, Y., Ramírez-Días, J., Alemán-Dela Torre, I., Bautista-Ramírez, E. y Flores-López, H.. (2019). Antocianinas y color en grano y olote de maíz morado peruano cultivado en Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1071-1082.
- Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. y López-Romero, G. (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 287-296.
- Alonso, A. (2010). *Necesidades de agua en el cultivo del maíz*. <<http://lan.inea.org:8010/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/Necesidades%20de%20agua%20en%20el%20ma%C3%ADz.pdf>>.
- Aristizábal, M. y Álvarez, L. (2006). Los efectos del nivel de vigor de la semilla pueden persistir e influenciar el crecimiento de la planta, la uniformidad de la plantación y la productividad. *Agronomía*, 14(1),17-24.
- Arnold, E., Lofthouse, N. y Hurt, E. (2012). Artificial food colors and attention-deficit/hyperactivity symptoms: Conclusions to die for. *Neurotherapeutics*, 9(3), 599-609. doi: 10.1007/s13311-012-0133-x.
- Ávarez, D., Gómez, A., León, S. y Gutiérrez, A. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44 (5), 575-586.
- Ayala, D. y Oñate, J. L. (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]. Repositorio digital ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2579/1/T-ESPE-IASA%20I-003298.pdf>
- Barrios-Perez, C. y Alvares-Toro, P. (2016). Caracterización agroambiental de sistemas de producción de maíz y frijol en Colombia. *Programa de investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS)(184)*.

- Basantes, E. (2019). Ecuador: maíz, 2019 buen año en producción mal año en precios. *El Productor*. Obtenido de Estadísticas agropecuarias: <https://elproductor.com/ecuador-maiz-2019-buen-ano-en-produccion-mal-ano-en-precios/>
- Basantes, E. (2015). *Manejo del cultivos andinos del Ecuador*. Ecuador: ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Berjak, P y Pammenter N. (2004). *Semillas ortodoxas y recalcitrantes*. Unidad de Investigación de Biología Celular de Plantas. Durban: 4041 Sudáfrica.
- Bert, F. y Satorre, E. (2019). *Monitoreo y control de enfermedades foliares*. <<http://www.agritotal.com/nota/monitoreo-y-control-de-enfermedades-foliares/>>.
- Blandón, H. (2004). *Tratamiento químico para la preservación de semillas de maíz almacenada bajo condiciones de deterioro*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio digital UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6239>.
- Blandón, G. y Smith, M. (2001). *Efectos de diferentes niveles de nitrógeno y densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (Zea mays L.) var. NB-6*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio digital UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1787>
- Blessing, D. y Hernández, G. (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]. Repositorio digital UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2090>
- Boada, R. y Espinosa, J. (2016). *Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la sierra de Ecuador*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Bogado, R. (2017). *Rescate de semillas locales y técnicas de producción de maíz (Zea mays) en Paraguay y Bolivia*. Paraguay: Ediciones litopress. <https://www.uco.es/vidauniversitaria/cooperacion/images/documentos/investigacion/RES-CATE%20DE%20SEMILLAS%20LOCALES%20Y%20TECNICAS%20DE%20PRODUCCION%20DE%20MAIZ%20ZEA%20MAYS%20EN%20PARAGUAY%20Y%20BOLIVIA.pdf>
- Bonilla, F. y León, M. (2018). *Factores socioculturales que inciden en la pérdida de la Agrobiodiversidad en las comunidades indígenas del cantón Cotacachi-Ecuador*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6156/2/ART%20C3%20DCULO.pdf>

- Borja, E. (2017). *Caracterización eco-geográfica de Prunus serotina Ehrh subsp. capulí en la región andina de Ecuador*. [Tesis de maestría, Universidad de Valencia]. Repositorio digital INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5503>.
- Bravo, A. (2005). *El maíz en el Ecuador*. Obtenido de Semillas en la economía campesina: <https://www.semillas.org.co/es/el-maz-en-el-ecuador>
- Caicheo, A. (2008). *Almacenamiento y algunos protocolos de rutina para la mantención de semillas*. [Tesis de pregrado, Universidad de Magallanes]. Repositorio digital UMG. http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/caicheo_barrientos_2008.pdf.
- Camarena, F., Chura, J. y Blas, R. (2014). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Agrosaber del banco agropecuario. https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf.
- Cardona, J. (2010). Análisis de diversidad genética de las razas colombianas de maíz a partir de datos Roberts et al. (1957) usando la estrategia Ward-MLM. *CienciAgro.*, 2(1), 199-207.
- Carmona, A. (2014). Perspectiva intercientífica entre geomorfología y ecogeografía. Maracay: 11, (2). 38-63.
- Castañeda, L. (2020). *Estudio de la variabilidad morfoagronómica de maíz (Zea mays) Raza Canguil en la granja experimental "La Pradera"* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10549e>.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (2004). *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo*. México, D.F: cuarta edición.
- Chaqui, C. (2013). *Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave a partir de medios hermanos y hermanos completos*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1059>
- Chautá-Mellizo, A., Campbell, S., Bonilla, M. y Thaler, J. (2013). Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic and Applied Ecology*, 13(16). 524-532.
- Chipantasi, S. (2004). *Evaluación del comportamiento agronómico de 36 líneas S2 de maíz amarillo semiduro precoz (Zea mays L.) derivadas de la cruce poblacional 86 X población amarillo duro tardío, Uyumbicho* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1059/1/T-UCE-0004-11.pdf>
- CIMMYT. (1985). *Guía de descriptores para caracterizar maíz*. Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo. México.

- Contreras-Molina, O, Muños, A., López, P., Reyes, D. y Guerrero, J. (2016). Caracterización morfológica de maíces nativos de la Sierra Nororiental de Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, (17), 3633-3647.
- Coral, J. y Andrade, H. (2017). *Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (Zea mays L.) en la zona media de la parroquia Malchinguí* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13056>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020). Razas de maíz. México: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>.
- CropCheck. (2011). Manual de recomendaciones cultivo de maíz grano.» *CropCheck. Chile*. 37-39.
- Cruz, O. (2013). *Manual para el cultivo de maíz en Honduras*. Secretaría de agricultura y ganadería dirección de ciencia y tecnología agropecuaria. Tegucigalpa, M. D. C.: III Edición.
- DEKALB. (2014). *Optimizar la siembra de maíz..* <<https://www.dekalb.es/biblioteca-agronomia/manejo-del-cultivo-de-maiz/optimizar-siembra#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20es%20sensible%20al,la%20muerte%20de%20las%20pl%C3%A1ntulas.>>.
- Delgado, J. (2016). *Fenología y fisiología del maíz*. México: Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/afecta-de-ahijamiento-el-desarrollo-y-produccion-del-maiz>.
- Delgado, J. (2016). Proceso de polinización en el maíz.» *Curso fenología y fisiología del maíz*. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/mas-sobre-el-proceso-de-polinizacion-en-el-maiz>
- Delgado, Y. (2011). *Control de maleza en el cultivo de maíz (Zea mays L.) utilizando tres herbicidas pre-emergentes, en la granja la pradera chaltura- Imbabura*. [Tesis de pregrado Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/789e>.
- Del Rincon-Castro, C., Méndez-Lozano J. y Ibarra, J. (2006). Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusanocogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae). *Folia entomológica mexicana* 45(2), 157-164.

- Deras, H. (2013). *Guía técnica. Cultivo de maíz*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en El Salvador. El Salvador. 42.
- 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]. Repositorio digital ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/665/1/13T0688%20.pdf>
- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Famham, D., DeBruin, J., Clausen, C., Strachan, S. y Carter, P. (2015). Maíz crecimiento y desarrollo.» *PIONEER*: 20.
- Erminsu, D. (2005). *El maíz: alimento sagrado para los campesinos*. <<http://www.semillas.org.co/es/el-maz-alimento-sagrado-para-los-campesinos>>.
- Eyhérbide, G. (2012). Base para el manejo del cultivo de maíz. *Programa nacional cereales*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario, 299.
- Faiguenbaum, Hugo. (2011). «Manual de recomendaciones cultivo de maíz grano.» Fundación Chile: 48.
- Farinango, D. (2015). *Primer ciclo de mejoramiento genético de maíz (Zea mays L.) mediante selección masal, visual, estratificada, en Chazo, provincia de Chimborazo*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio digital ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4266>
- Farinango, V. (2015). *Evaluación fitosanitaria y potencial agronómico de la variabilidad de maíz de Cotacachi y Saraguro en las principales zonas maiceras de Imbabura y Loja*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3228>
- Flores, L., López, P., Muñoz, A., Santacruz, A. y Chávez, J. (2015). Variación intra-racial de maíces nativos del altiplano de Puebla, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO*, 18(1),1-17.
- Franco, T. y Rigoberto, H. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) 8:89.
- Galarza, M. (1981). *Varietades de maíz para la sierra Ecuatoriana*. Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. *Programa de maíz*. Quito-Ecuador: Boletín Divulgativo no. 119, 15.
- García, C. (2001). *Texto básico de fertilización*. Managua, Nicaragua: UNA.

- García, J. (2019). Maíz producción record y descenso de stocks en campañas consecutivas. <https://www.agrodigital.com/2019/06/04/maiz-2019-20-produccion-record-y-descenso-de-stocks-en-campanas-consecutivas/>
- García, M., Cárcamo, M., Manzur, M., Montoro, Y., Pengue, W., Salgado, A., Velásquez, H. y Vélez, G. (2011). Biodiversidad, erosión y contaminación genética del maíz nativo en América Latina. http://www.rapaluruaguay.org/organicos/Biodiversidad__erosion_contaminaciongenetica_maiznativo_AL.pdf.
- Gaspar, E., Ortiz, E., López, P. y Romero, G. (2010). *Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla*. México: Rev. Fitotec. mex vol.33.
- Giraldo, J. y Erminsu, P. (2005). Maíz, alimento sagrado. *Instituto mayor campesino (IMCA)*. <https://www.semillas.org.co/es/el-maz-alimento-sagrado-para-los-campesinos>
- Gordon, R. (2012). *Manejo integral del cultivo de maíz*. https://www.researchgate.net/publication/326325932_Manejo_Integral_del_cultivo_de_maiz.
- González, F., León, D., Borges, L., Pinzón, L., Magaña, M., Sanguines, R. y Urrestarazu, M. (2014). Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semilla de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (Pub. Esp. 8)*, 1487-1493.
- Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfo del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de Chazo*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio digital ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3455>
- Guaytán, M., Figueroa, J., Reyes, M., Morales, E. y Rincón, F. (2013). Selección de maíces criollos para su aplicación en la industria con base en su valor agregado. 36(3), 339-346. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000500010
- Guillén, J., Mori-Arismendi S. y Paucar-Menacho, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *SciELO*. Vol.5.4, pp.211-217. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172014000400005&script=sci_abstract.
- Guzmán, D. (2017). *Etapas fenológicas del maíz (Zea mays L.) Var. Tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá, provincia de Chimborazo*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio digital UTA. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25123>

- Hofstadter, R., Corsi W. y León J. (1975). *El riego en el cultivo de maíz*. <<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6302/1/Hoja-de-divulgacion-49.pdf>>.
- Holle, M y R Sevilla. (2004). *Recursos genéticos vegetales*. Lima-Perú. <https://isbn.cloud/9789972990106/recursos-geneticos-vegetales/>
- Hortelano, S., Gil, A., Santacruz, A., López, L., López, A. y Miranda, S. (2012). Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35,97-109.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2011). *Manejo de enfermedades; pudrición de la mazorca*. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/maizs/pudricionmazorca1.pdf>.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (1983). *Reunion de especialistas en maíz de la zona andina*. Bolivia. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4363>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2000). Variedad de maíz Blanco harinoso para la provincia de Chimborazo. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2585>
- Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias, (INIAP). *Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras*. Quito-Ecuador: (Guía No 96), 2013.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, (INIAP). (2014). *Maíz suave*. <<http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizs>>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, (INEC). (2019). Encuesta de superficie y producción agropecuario. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP). (2008). *Guía para la producción de maíz*. Celaya-México.
- Intagri. (2017). Manejo integrado del gusano elotero (*Helicoverpa zea*). *Series Fito sanidad*.82: 3.
- Jiménez-Juárez, J., Arámbula-Villa, G., de la Cruz-Lázaro, E. y Aparicio-Trapala, M. (2012). Características del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 28(2), 145-152.
- Ligarreto, G., Ballén, A. y Huertas, D. (1998). Evaluación de las características cuantitativas de 25 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) de la zona andina. *Revista Corpoica*, 2(2), 1-5.
- Llumiquinga, B. (2020). *Estudio fenológico de la línea promisorio de maíz chulpi (Zea mays L.) UTC 003 en dos localidades, Tigualo y Laigua de Maldonado, provincia de Cotopaxi, Fase*

- I. [Titulo de pre grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio digital UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7056>
- LOASFAS. 2017. *Ley orgánica de agro biodiversidad, semillas y fomento de agricultura*. <http://www.gptsachila.gob.ec/dtransparencia/21%20LEY_ORGANICA_AGROBIODIVERSIDAD_SEMILLAS_Y_F_A.pdf>.
- López, G., Santacruz, A., Muñoz, A., Castillo, F., Córdova, L. y Vaquera, H. (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia*, 30(5), 284-290.
- Magdaleno-Hernández, E., Mejía-Contreras, A., Martínez, T., Jiménez, M., Sanchez, J. y García, J. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *ASyD*, 13, 437-447.
- Maigua, J. (2014). *Caracterización morfoagronómica de razas criollas e indígenas de Zea mays L. colombianas de tierras altas*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio digital UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/27986>
- Martínez, E. y Jiménez, V. (2013). Procesos tecnológicos de cereales. *Universidad nacional autónoma de méxico*. <http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/>.
- Martínez, J., Virgen, J., Peña, M. y Romero, A. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 289-304.
- Mayorga, N. (2016). *El maíz entre los pueblos indígenas*. Organización Editorial Mexicana. <https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/El-ma%C3%ADz-entre-los-pueblos-ind%C3%ADgenas-243270.html>.
- McClintock, B.T, Kato, Y. y Blumenschein A. (1981). Chromosome constitution of races of maize. Chapingo, México: Colegio de postgraduados.
- Medina, T., Cañedo, D., Aguirre, C. y Tello, H. (2018). *Línea de bases de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- Meza, N. (2014). *Biodiversidad de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Honduras, caracterización agronómica, molecular y ecogeográfica*. [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo digital UPM. <http://oa.upm.es/32660/>.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAG). (2016). *Infraestructura Ecuatoriana de Geoespaciales*. 2016. <<https://iedg.sni.gob.ec/geoportal-uedg/servicios.html>>.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAG). (2019). *Nueva variedad de maíz suave “Mishqui Sara”*. <https://www.agricultura.gob.ec/en-cantar-se-sembrara-nueva-variedad-de-maiz-suave-mishqui-sara/#:~:text=La%20cosecha%20en%20tierno%20se,1%2C5%20t%2Fha>.

- Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca, (MAGAP). (2014). Zonificación agroecológica económica de maíz (*Zea mays* L.) en el Ecuador continental a escala 1:250000.
- Munguía, J., Sánchez, F., Vizcarra, I. y Rivas, M. (2015). Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. *Revista de Ciencias Sociales* XXI.4: 538-547.
- Muñoz, A. (2005). *Centli-Maíz: prehistoria e historia, diversidad, potencial, origen genético y geográfico, glosario centli-maíz* [Tesis de posgrado, Colegio de Postgraduados, Montecillo]. Biblioteca SIBE. <https://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000025052>
- Naranjo, E. (2017). *Caracterización ecogeográfica en tres especies tuberosas alto andinas del Ecuador: melloco (Ullucus tuberosus C.), oca (Oxalis tuberosa Mol.) y mashua (Tropaeolum tuberosum R. y P.)*. [Tesis de maestría, Universidad de Granma]. Repositorio digital INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4439>
- Noriega, J. y Salazar R. (2018). Variabilidad climática y cambio climático en la producción de maíz de temporal en Jalisco, México. 92. https://www.researchgate.net/publication/331311174_Variabilidad_climatica_y_CC_en_la_produccion_de_maiz_de_temporal_en_Jalisco_publicado
- Nuez, F., Prohens J. y Ruíz J. (2019). Bancos de germoplasma y recuperación de variedades tradicionales. El centro de conservación y mejora de la agrobiodiversidad Valenciana. *Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana*. <https://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Bancos-de-Germoplasma-y-recuperacion-de-variedades.cid221513>.
- Obando, E. (2019). *Caracterización morfológica de maíz Blanco harinoso (Zea mays L.) material nativo "Chazo" de la provincia de Chimborazo*. [Título de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio digital UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29726>.
- 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*. [Título de pregrado Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio digital UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/18305>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *Base de la adaptación de la ecogeografía*. <<http://www.capfitogen.net/es/herramientas/>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO). (2016). Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en el Ecuador.» *La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO). (2004). *Morfología del maíz tropical*. <<http://www.fao.org/3/x7650s04.htm>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO). (2007). *Tipos de maíz*. <http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s07.htm>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO). (2003). *Tipos de maíz*. <<http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s07.htm>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO). (2006). Análisis ecogeográfico. <<http://www.fao.org/3/a-be526s.pdf>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO). (2015). Capfitogen herramientas. <<http://www.capfitogen.net/es/herramientas/>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO). (2011). *El maíz amarillo, bache de nuestra seguridad alimentaria..* <<http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508518/>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO). (2004). *Morfología del maíz tropical*. <<http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s04.htm>>.
- Ortas, L. (2008). *El cultivo del maíz: fisiología y aspecto general*. S.I.AGRIGAN, Boletín N° 7.
- Ospina, J. (2015). *Manual Técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas*. Medellín, Colombia: Fotomontajes S.A.S.
- Paliwal, R., Gonzalo, H. y Violic, A. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/x7650S/x7650s00.htm>.
- Pardey-Rodríguez, C., García-Dávila, A. y Moreno-Cortés, N. (2016). Caracterización de maíz procedente del departamento del Magdalena, Colombia. *Corpoica Tecnología Agropecuaria*, 17(2), 167-190.
- Parra-Quijano, M. y Torres, E. (2015). Herramientas Capfitogen para la conservación y utilización de los Recursos Fitogenéticos para la alimentación y agricultura. Roma: TIRFAA/FAO
- Pasquel, J. (2016). *Evaluación de dos compuestos balanceados de maíz suave "Mishca" (Zea mays L.) provenientes de medios hermanos y hermanos completos, Ascázubi, Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad central del Ecuador]. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6752>.
- Peñaherrera, D. (2011). *Manejo integrado del cultivo de maíz de altura: Módulo de capacitación para capacitadores*. Módulo 4. Quito-Ecuador: Repositorio digital INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3302>.

- Perales, H. y Aguirre R. (2008). *Biodiversidad humanizada, en Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 565-603.
- Pérez, C., Hernández, L., Gonzales, F., García de los Santos, G., Carballo, A., Vásquez, T. y Tovar, M. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México*: 32(3), 341-352. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000300010.
- Pérez, F., Córdova, L., Santacruz, A., Castillo, F., Cárdenas, E. y Delgado, A. (2007). Relación entre vigor inicial, rendimiento y sus componentes en las poblaciones de maíz Chalqueño. *Agricultura Técnica en México*, 33(1), 5-16.
- Pinto, M. y Abad A. (2017). *Valor cultural del maíz y tencologías ancestrales en la parroquia Cayambe de Ecuador*. Riobamba: Revista Chakiñan, 2.
- Portilla, E. (2018). *Diseño de un snack a base de grano de maíz negro/ morado y evaluación de sus propiedades funcionales*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7838>.
- Portillo, A. (2015). *Secretos para guardar semillas*. Colombia. <<https://viaorganica.org/secretos-para-guardar-semillas/>>.
- Puetate, L. (2015). *Evaluación de dos poblaciones de maíz amarillo suave raza "Mishca" (Zea mays L.) en dos localidades de Pichincha* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4796>
- Ramirez, M. y Williams, D. (2003). *Guía de agro-culinaria de Cotacachi, Ecuador y alrededores*. Quito: IPGRI-Américas, Cali-Colombia. 28.
- Red Andaluza de semillas. (2012). *Manejo de polinización y obtención de semilla*. <http://www.redandaluzadesemillas.org/IMG/pdf/Maiz_cruzamiento.pdf>.
- Reyes, P. (1985). *Fitogenotecnia básica y aplicada*. AGT EDITOR S.A. México, 460 p.
- Rivas, P., Virgen, J., Rojas, I., Cano, A. y Ayala, V. (2011). Evaluación de pudrición de mazorca de híbridos de maíz en valles altos.» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*: 2(6), 845-854.
- Rocandio, M., Santacruz, A., Córdova, L., López, H., Castillo, F., Lobato, R., García, J. y Ortega, R. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. *Revista fitotecnia mexicana*: 37(4), 351-361.
- Rosental, L., Nonogaki, H. y Fait., A. (2014). Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Science Research*, 24(1), 1-15.

- Russián, G., Agosta, E. y Rosa Compagnucci. (2015). Variaciones en baja frecuencia de la precipitación estacional en la región Pampa amarilla y posibles forzante. *Meteorológica* 1.3: 17-42.
- Salinas, Y., Cruz, J., Díaz, A. y Castillo, F. (2012). Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutraceutico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(1): 33-41
- Sánchez, I. (2014). Aspectos botánicos y taxonómicos del maíz. *Reduca (Biología). Serie botánica*, 7(2): 151-171.
- Santoyo, Aida. (2004). *Polinización del maíz*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara]. Repositorio digital CUCBA. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1245>.
- Sistema De Informacion Nacional de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca, (SINAGAP). (2016). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz*. Quito-Ecuador: GUIAN.
- Somarriba, C. (1998). *Texto granos básicos*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Sokal, Roberto y James Rohlf. Comparación de dendogramas por métodos objetivos. 11.2 (1962): 33-40.
- Stanish, C. (2001). Investigación regional sobre el Inca. *J archaeol. Res*: 9:213.
- Stella, M. y Alberto F. (1995). Insectos plagas en maíz: 23.
- Tapia, C. (2015). *Identificación de áreas prioritarias para la conservación de razas de maíz en la sierra de Ecuador*. [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio digital UPM. http://oa.upm.es/35522/1/CESAR_GUILLERMO_TAPIA_BASTIDAS.pdf
- Tapia, C., Torres, E. y Parra-Quijano, M. (2015). Searching for adaptation to abiotic stress: Ecogeographical analysis of highland ecuadorian maize. *Crop Science*, 55: 262 -274.
- Tapia, C., Rosales, O. y Suárez-Duque, D. (2018). *Zonas para la conservación de diez cultivos nativos*. Quito-Ecuador: INIAP/FAO.
- Tapia, C., Paredes, N., Naranjo, E., Tacán, M., Monteros, A., Pérez, C. y Valverde, Y. (2017). *Caracterización morfológica de diversidad de razas de Zea mays en la sierra norte de Ecuador*. Repositorio digital INIAP. *Revista la Técnica*: 18(6), 6-17.

- Tenecota, A. (2013). Polinización manual o artificial. *Técnicas de plonización manual*. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de: https://www.academia.edu/4310786/POLINIZACION_MANUAL_O_ARTIFICIAL
- Tercero, H. y Torrez, O. (2004). *Evaluación de siete genotipos de maíz (Zea mays L.) en época de primavera y postrera en el año 2002 y 2003 en Chiapas, Chinandega* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio digital UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1887>
- Timothy, D. H., Hatheway, W.H., Grant, U.J., Torregroza, M.A., Sarria, V.D. y A, J. Varela. (1963). *Razas de maíz en Ecuador*. Bogotá (Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico - Instituto Colombiano Agropecuario (Colombia). no. 12.147 p.
- Tobar, M. (2006). *Mejoramiento genética de la variedad de maíz Chillo (Zea mays L.) por selección masal visual estratificado moderado (segundo ciclo)*. [Proyecto de investigación, Escuela Politécnica del ejército]. Repositorio digital ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/2572>
- Valverde, M. (2015). *Caracterización e identificación de razas de maíz en la provincia del Azuay*. [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio digital UCUENCA. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22897>.
- Vásquez, M., Martínez, L. y González H. (2016). *Caracterización agronómica básica de las principales variables de maíz criollo que se cultiva en cinco municipios del Departamento de Cuscatlan*. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio digital UES. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11736>.
- Vázquez, E. (2014). *Reproducción sexual y crecimiento del maíz*. <https://prezi.com/rgrwamgmlx_/reproduccion-sexual-y-crecimiento-del-maiz/>.
- Vega, C. (2011). Manual de plagas y enfermedades en maíz. SAGARPA: 2-21.
- Villaseca, S. y Novoa R. (1987). Requerimiento de suelo y clima del maíz. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*.
- Weatherspark. (2020). *El clima promedio en Cotacachi*. <<https://es.weatherspark.com/y/20036/Clima-promedio-en-Cotacachi-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>>.
- Williams, D. y Ramirez, M. (2003). Maíz nativo de Cotacachi. *Guía agroculinaria de Cotacachi, Ecuador y alrededores*. IPGRI-Américas, Cali, Colombia.

- Yáñez, G., C., Zambrano Mendoza, J., Caicedo, M. y Heredia, J. (2013). Guía de producción de maíz de altura. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Guía no. 96).
- Yépez, E. (2011). *Caracterización morfológica y evaluación fenológica de sesenta y cinco entradas de maíz del banco de germoplasma del Cica-Kayra-Cusco*. Cusco: UNSAAC.
- Zari, B. (2014). *Determinación de las fases fenológicas, fenométricas e índice de balance hídrico en el cultivo de maíz duro (Zea mays L.), bajo condiciones de secado, en el cantón Pindal provincia de Loja*. [Tesis de pregrado, Univerisad Particular de Loja]. Repositorio digital UTPL. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/11136>.

ANEXOS

Anexo 1

Análisis de suelos del lote en que se implementó el ensayo.


ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
 Quito-Ecuador Telf: 699-6919293 Fax: 699-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : UNORCAC/Edwin Naranjo Dirección : Cotacachi Ciudad : Cotacachi Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : Santiago Vivero Provincia : Imbabura Cantón : Cotacachi Parroquia : San Francisco Ubicación :
--	--

DATOS DEL LOTE Cultivo Actual : Fréjol Cultivo Anterior : Frijoles Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : Lote 2	PARA USO DEL LABORATORIO N° Reporte : 46021 N° Muestra Lab. : 110118 Fecha de Muestreo : 27/09/2018 Fecha de Ingreso : 02/10/2018 Fecha de Salida : 12/10/2018
--	--

Nutriente	Valor	Unidad
N	50.00	ppm
P	90.00	ppm
S	9.60	ppm
K	0.31	meq/100 ml
Ca	9.50	meq/100 ml
Mg	2.50	meq/100 ml
Zn	4.50	ppm
Cu	5.60	ppm
Fe	160.00	ppm
Mn	10.50	ppm
B	1.20	ppm

INTERPRETACION



Acidez Int. (Al+H)	meq/100 ml
Al	0
Na	0

CE

mmhos/cm

2.80

Cs	Mg	Ca+Mg	%
3,8	8,1	38,7	12,3

ppm	(%)	Clase Textural
NTot	CI	
67	22	11
Franco-Arenoso		


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA


ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340
 Quito-Ecuador Telf: 699-6919293 Fax: 699-693

PARA USO DEL LABORATORIO N° Muestra Lab. : 110118 Cultivo : Fréjol Fecha de Muestreo : 27/09/2018 Fecha de Ingreso : 02/10/2018 Fecha de Salida : 16/10/2018	RECOMENDACION DE FERTILIZACION Nombre : Jacin Botánico Provincia : Imbabura Cantón : Cotacachi Parroquia : Francisco Ubicación :	ÉPOCA Y FORMA DE APLICACION Aplicar al fondo del surco a chorro continuo todo el N, P, K y S, cubrir el fertilizante y sembrar. Si el contenido de materia orgánica en el suelo es menor a 3%, aplicar 3 toneladas de abono orgánico bien descompuesto a la siembra. La aplicación del fertilizante mineral se debe ajustar de acuerdo a los resultados de los análisis de suelos que son incorporados con el abono orgánico.
--	--	--

MUESTRA No.	CULTIVO	FERTILIZANTE			CANTIDAD Sugerida kg/año
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
110118	Fréjol	20	30	10	0,9

FUENTES DE FERTILIZANTE	S	Mg	Urea
18-46-0	0,9	0,7	0,5

OBSERVACIONES: La recomendación de fertilización se realiza en base al análisis químico del suelo, sin considerar la condición física y climática de la zona en cuestión, por lo tanto esta es una guía de fertilización que debe ser ajustada por el técnico de la zona.


 RESPONSABLE DE LA RECOMENDACION
 Ing. Rafael Parra

Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner