

INTRODUCCIÓN

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.), perteneciente a la familia Poaceae y clasificado dentro de la tribu Andropogoneae, es una planta de gran relevancia agrícola debido a su versatilidad y adaptabilidad en diferentes ecosistemas. Esta especie ha sido ampliamente estudiada y cultivada para diferentes fines, destacándose tanto en la producción de grano como en su uso como forraje (Rodríguez et al., 2019). La diversidad genética de *Zea mays* permite seleccionar accesiones específicas para mejorar el rendimiento en distintos contextos agrícolas, ya sea en términos de cantidad de biomasa o calidad del material vegetal (Gómez & Pérez, 2020)

En la producción ganadera, el maíz de forraje se destaca como una de las principales fuentes de alimento gracias a su alto volumen de producción y su contenido nutricional, con valores que oscilan entre un 60 y un 70 % de materia seca (García, 2018)

Este recurso, al ser altamente digestible y energético, se convierte en una opción óptima para la alimentación de rumiantes, incrementando la productividad en términos de peso y producción de leche en sistemas de explotación intensiva (Martínez & López, 2021)

Su valor nutricional y volumen de producción lo posicionan como un forraje clave en la industria ganadera.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce la importancia de disponer de alimentos de calidad tanto para el consumo humano como animal, considerándolos esenciales para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad (OMS, 2019)

El maíz forrajero, al ser un insumo estratégico en la cadena alimentaria, contribuye directamente al desarrollo agrícola y a la estabilidad del sistema alimentario global, beneficiando a la producción ganadera y asegurando una cadena de suministro alimentaria estable.

Este estudio se lleva a cabo en el Centro Experimental de Chocloca y tiene como objetivo evaluar el rendimiento de diversas accesiones de maíz forrajero en condiciones locales, con miras a identificar aquellas con mayor potencial de producción y valor nutritivo. Este proyecto responde a la necesidad de fortalecer la producción forrajera

en la región, promoviendo así un sector agrícola y ganadero más eficiente y sostenible (Rodríguez et al., 2019; Gómez & Pérez, 2020)

Debido a la creciente demanda de cultivos con alta producción de biomasa y materia seca, este trabajo de producción de maíz en forraje, evaluó el rendimiento de seis accesiones y dos variedades de maíz (*Zea mays*), para determinar su capacidad productiva en estas áreas. Los resultados mostraron diferencias significativas en el rendimiento de biomasa y contenido de materia seca entre las accesiones y variedades evaluadas, confirmando variabilidad genética y su impacto en la producción agrícola. Estos hallazgos dan a conocer la importancia de seleccionar genotipos adecuados para condiciones específicas de cultivo, lo cual puede beneficiar tanto a los agricultores como a los sectores de producción animal y energética. (Díaz et al., 2024)

Características de la institución (CIF- la violeta)

El Centro de Investigación en Forrajes genera tecnología, a través de investigación básica y aplicada, para optimizar la producción forrajera en beneficio del productor pecuario boliviano.

El Centro de Investigación en Forrajes (CIF) “La Violeta” inició sus actividades en 1969, a partir de un convenio entre la Cooperación Técnica Suiza (COTESU) y la Universidad Mayor de San Simón (UMSS). El año 1982, el CIF “La Violeta” obtuvo el reconocimiento de la UMSS, como unidad con relativa autonomía, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. El año 1997, en base a un proceso de acreditación con pares académicos, el CIF es reconocido como “Centro Universitario de Excelencia Académica”.

Misión

Generar y transferir tecnologías en producción de forrajes y semillas forrajeras, respondiendo a requerimientos del sector agropecuario y profesional, en base a un manejo sostenible de la biodiversidad.

Planteamiento y justificación del trabajo

Se desarrollará con el propósito de generar información o ayude a los productores a seleccionar materiales genéticos para la provisión de forrajes dentro del marco de convenio entre centros de investigación de la FCAYUAJMS; FCA/USFX; FCAYPUMSS; CREA-CI.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el rendimiento de 6 accesiones y 2 variedades para la producción de biomasa y materia seca.

Objetivos específicos

- Determinar caracteres agronómicos de las accesiones de maíz procedentes del CIF la violeta en el CECH.
- Evaluar el rendimiento de las accesiones del maíz del CIF comparado con 2 variedades locales.

Enfoque y alcance del trabajo

Buscar alternativas que permita al productor mayor producción en forraje con buena calidad de biomasa forrajera de calidad para la alimentación animal, abarcando desde la selección de variedades hasta el manejo post cosecha. El alcance de este trabajo incluye la investigación de mejores prácticas de cultivo, fertilización, control de plagas y enfermedades, así como evaluación de la calidad de forraje para asegurar una nutrición animal adecuada.

Ayudando a los productores si pueden usar esas variedades ya que algunas son susceptibles a enfermedades, o no se adaptan al clima.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Marco teórico

1.1. El Maíz

1.1.1. Origen y generalidades

El maíz (*Zea Mays*) es una planta gramínea anual, originaria de México, introducida en Europa durante el siglo XVI, después del poblamiento español. Actualmente, es el cereal de mayor producción en el mundo, por encima del trigo y el arroz. (Acosta, 2009).

Su nombre científico proviene del griego *Zeo*, que significa vivir y de la palabra *Mahíz*, palabra que los nativos del Caribe, llamados taínos, utilizaban para nombrar al grano. (Martinez, 2019)

El maíz es llamado de diferentes maneras, dependiendo del país y de la cultura. En América es conocido como elote, choclo, jojoto, sara o zara. En las diferentes regiones de España es llamado danza, millo, mijo, panizo, borona u oroña. (Vargas, 2024).

El lugar de origen del maíz se ubica en el Municipio de Coxcatlán, en el Valle de Tehuacán, Estado de Puebla, en el centro de México. Este valle se caracteriza por la sequedad de su clima, con un promedio anual de lluvia muy reducido; alberga principalmente especies vegetales y animales propias de tierra caliente y seca. La región cuenta con numerosos endemismos, lo que la convierte un territorio “único”. (Martinez, 2019)

El antropólogo estadounidense Richard Stockton MacNeish, encontró restos arqueológicos de plantas de maíz, que se estima datan de hace, aproximadamente, ocho milenios. Indicios de los procesos que llevaron al pueblo nativo de este valle a dominar el cultivo de este cereal, que hoy en día es de vital importancia para el mundo, han sido encontrados en la cueva de Coxcatlán, Ajalpan y otros sitios de la zona. Esto fue posible gracias a las condiciones tan secas del clima de Tehuacán, que impidieron la

descomposición de los xilotos (maíz tierno) de los primeros maíces cultivados en la zona. (Martinez, 2019)

Actualmente el maíz se utiliza como fuente fundamental en la nutrición tanto de seres humanos como animales. Es además materia prima indispensable en la fabricación de productos alimenticios, farmacéuticos y de uso industrial. Los granos, las hojas, las 4 flores y los tallos, es aprovechado para la fabricación de multitud de productos: almidón, aceite comestible, bebidas alcohólicas, papel, edulcorante alimenticio, pegamentos, cosméticos, forraje, levaduras, jabones, antibióticos, caramelos, plásticos e incluso, desde hace poco, se emplea como combustible alternativo a la gasolina, más económico y menos contaminante. (Sáez-Cigarruista et al, 2024)

1.2. Características generales del maíz

1.2.1. Descripción botánica

El maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo de porte robusto y con un rápido desarrollo, que puede alcanzar hasta 5 metros de altura (lo normal es de 2 a 2,50 metros. (Romero & Ruíz, 2021).

1.2.2. La raíz

Son fasciculadas y robustas y su misión es, además de aportar alimento a la planta, ser un perfecto anclaje de la planta que se refuerza con la presencia de raíces adventicias. (San Lorenzo, 2019)

1.2.3. El tallo

El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo tiene entrenudos muy cortos de los que salen las raíces principales y los brotes laterales. Los entrenudos superiores son cilíndricos; en corte transversal se observa que la epidermis se forma de paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas. (San Lorenzo, 2019)

1.2.4. Hojas

Este cereal tiene la hoja similar a la de otras gramíneas; está constituida de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo. El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta. La lámina es una banda angosta y delgada hasta de 1,5 m. de largo por 10 cm. de ancho, que termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bien desarrollado, es prominente en el envés de la hoja y cóncavo en el lado superior. (San Lorenzo, 2019)

1.2.5. Inflorescencia

El maíz es una planta monoica, tiene flores masculinas y flores femeninas separadas, pero en la misma planta. La flor masculina tiene forma de panícula y está situada en la parte superior de la planta. La flor femenina, la futura mazorca, se sitúa a media altura de la planta. La flor está compuesta en realidad por numerosas flores dispuestas en una ramificación lateral, cilíndrica y envuelta por falsas hojas, brácteas o espata. (San Lorenzo, 2019)

1.2.6. Mazorca

Al contrario de la mayor parte de las gramíneas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubren por completo. (Prado et al, 2012)

1.2.7. Estructura del grano

Se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1000 granos según el número de hileras, el diámetro y longitud de la mazorca. El peso del grano puede variar, de aproximadamente 19 a 30 g por cada 100 granos. Durante la recolección, las panojas de maíz son arrancadas manual o mecánicamente de la planta. Se pelan las brácteas que envuelven la mazorca y luego se separan los granos a mano

o, más a menudo, mecánicamente. El número de granos y de filas de la mazorca dependerá de la variedad y del vigor del maíz. (Maddonni, Parco, & Rotili, 2021)

1.3. Clasificación sistemática

1.3.1. Taxonomía

- **Reino:** Vegetal.
- **Phylum:** Telemophytae.
- **División:** Tracheophytae.
- **Sub división:** Anthophyta.
- **Clase:** Angiospermae.
- **Sub clase:** Monocotyledoneae.
- **Orden:** Poales.
- **Familia:** Poaceae.
- **Sub Familia:** Panicoideae.
- **Tribu:** Maydeae.
- **Nombre científico:** *Zea mays* L.
- **Nombre común:** Maíz.

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2024)

1.4. Producción de maíz, en el contexto internacional

La producción de maíz a nivel mundial es más grande que cualquier otro cereal. Anualmente la producción es de 850 millones de toneladas en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas, con una producción promedio de 5.2 t/ha. (Bolivia, s.f.)

Áreas para producción de ensilaje en Europa Los productores más grandes son los EEUU y China que producen 37 y 21% de la totalidad mundial respectivamente. Los tres exportadores principales son los EEUU, Argentina y Brasil. Entre ellos exportaron 70 millones de toneladas de maíz en el 2010. México es el segundo importador de maíz y se provee de los EEUU y la Argentina. (Bolivia, s.f.)

EEUU también es el mayor productor de maíz forrajero con 2,6 millones de hectáreas, o sea menos que el 10% del área destinada al maíz en grano. De los 27 países de la UE, el área cultivada es aproximadamente 5 millones de hectáreas, similar al área destinada al maíz en grano. Alemania y Francia son los principales productores de maíz forrajero. (Bolivia, s.f.)

Superficies de maíz para ensilado
Principales productores europeos

País	Área ('000 ha)
Alemania	2,029
Francia	1,434
Polonia	439
Italia	274
Países Bajos	228
República Checa	198
Belgica/Luxemburgo	182
Dinamarca	175
Reino Unido	147
España	96
Hungría	93
Austria	81
Eslovaquia	77

REF: Comité de maíz – Alemania, promedio de 2006 - 2011

1.5. Producción del maíz en Bolivia

La producción de maíz (*Zea mays*) en Bolivia tiene un valor fundamental, ya que compone uno de los ingredientes primordiales en la nutrición animal y en el consumo humano. (Huarachi, Porres & Farfán 2023)

Santa Cruz es el departamento con la producción de maíz más alta correspondiente en gran medida a grano duro para alimentación animal y su producción ocupa el 50,3%. Cochabamba representa el principal productor de maíz blanco de consumo humano y también es quien conserva mayor variedad genética, seguido por Chuquisaca y Tarija. Otras zonas de producción maicera corresponden a Potosí, La Paz, Beni y Pando, pero con porcentajes menores (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras 2012). (Zarate, 2022)

Santa Cruz genera más de 2,5 millones de toneladas de productos alimenticios cada año y como cuenca productiva se divide en 5 zonas de cultivo: central integrado, norte integrado, este de expansión, sur-cordillera y valles cruceños. (Zarate, 2022)

1.6. Requerimientos climáticos

1.6.1. Temperatura

La mayor producción del maíz se encuentra entre las latitudes de 55°N y 45°S. Ningún otro cultivo aprovecha la luz solar en una manera tan efectiva como el maíz (es una planta C4), y su rendimiento por hectárea es el más alto de los cereales. (Pacheco & Castañeda, 2002)

El maíz prospera entre las temperaturas de 21 a 27°C en los meses de verano. (Yara-Alemania, 2012)

Los suelos deben de estar bastante calientes para poder asegurar germinación y crecimiento buenos y constantes. La temperatura mínima para germinación es de 10°C y con una temperatura del suelo de 16 a 18°C, el maíz normalmente germina después de una semana. El maíz no tolera encharcamiento de agua, por eso un buen drenaje es primordial, sobre todo en zonas templadas y en suelos más pesados. (Yara-Alemania, 2012)

1.7. Proceso productivo del cultivo del maíz

1.7.1. Elección del Terreno y Análisis de Suelo

Selección del Terreno: El maíz crece mejor en suelos bien drenados, profundos y con textura media a ligera, evitando terrenos con acumulación de agua o mal drenaje (Flores et al., 2018).

Un análisis de suelo previo permite determinar los niveles de pH, nutrientes y textura, esenciales para realizar correcciones. El pH óptimo para el cultivo de maíz se encuentra entre 5.5 y 7.5 (Smith & Jones, 2021).

1.7.2. Limpieza y Desbroce

Eliminación de Malezas y Restos de Cultivos Anteriores: La limpieza inicial reduce la competencia por nutrientes y minimiza el riesgo de plagas (Garcia, 2019).

Desbroce del Suelo: El uso de maquinaria agrícola o herbicidas, aplicados con responsabilidad, facilita el control de malezas en esta fase (FAO, 2020).

1.7.3. Labranza del Suelo

Primera Labranza (Arado): Un arado profundo de 20-30 cm mejora la estructura del suelo, permitiendo una mejor aireación y drenaje (González et al., 2017).

Segunda Labranza (Rastra): Tras el arado, la rastra ayuda a romper terrones y nivelar el terreno, evitando encharcamientos y permitiendo una siembra uniforme (FAO, 2020).

1.7.4. Fertilización de Base

Aplicación de Fertilizantes: Según el análisis del suelo, se recomienda aplicar nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Una dosis promedio es de 120-60-40 kg/ha de N-P-K (Smith & Jones, 2021).

Incorporación al Suelo: Durante el rastrillado, se incorporan los fertilizantes para que estén disponibles al cultivo desde el inicio (Flores et al., 2018).

1.7.5. Nivelación y Surcado

Nivelación Final: Asegurarse de que el terreno esté nivelado previene la acumulación de agua (González et al., 2017).

Surcado: La distancia recomendada entre surcos es de 70-80 cm, dependiendo de la variedad de maíz y las prácticas de manejo (FAO, 2020).

1.7.6. Instalación de Sistemas de Riego

Sistema de Riego (Opcional): Un sistema de riego adecuado, como goteo o aspersión, asegura una germinación uniforme y el acceso constante a la humedad. (Garcia, 2019)

1.7.7. Control de Plagas y Preparación para Siembra

Aplicación de Tratamientos Preventivos: Los fungicidas e insecticidas aplicados con moderación minimizan los riesgos de enfermedades y plagas (Smith & Jones, 2021).

Preparación para Siembra: Con el terreno acondicionado, se realiza una revisión final antes de la siembra para garantizar que esté en óptimas condiciones (Flores et al., 2018).

1.8. Origen del maíz en Bolivia

Las diversas variedades de maíz fueron bastante intercambiadas en Sudamérica, Bolivia fue una región importante para este flujo de variedades. (JHOHANSON, 2021)

El maíz llegó a Bolivia por diversas rutas hace unos 5 000 años. Las formas semi domesticadas de maíz que llegaron a Bolivia, fueron adaptadas por una continua selección manipulada por las poblaciones humanas y la selección natural a distintos pisos ecológicos (Ávila et al. 1998). Las culturas ancestrales en Bolivia utilizaban al maíz como parte de su dieta, las formas de consumo eran similares a las actuales. Solían comerlo fresco (choclo), seco (tostado o mote) o reventado (pasankalla), también obtenían harina de maíz en forma artesanal para preparar diferentes productos secundarios (panes, bebidas, chicha). En las tierras altas de altiplano, la cultura Wankarani (1210 a. C. a 270 d. C.) criaba camélidos e intercambiaba estos productos con las culturas del valle por maíz y madera. La cultura Tiwanacota (600 d.C– 1100 d.C.) hereda una red de intercambio de productos con los valles orientales como proveedores de cultivos agrícolas no altiplánicos como el maíz,. Para la cultura Tiwanacota, el maíz además se ser utilizado para la alimentación, cumplía también una función religiosa, la elaboración de chicha de maíz, la cual era utilizada en las ceremonias de la capital (en rituales, ceremonias y fiestas del área monumental.

Debido a diversos usos alimenticios que los tiwanacotas le daban al maíz, fue de su interés invadir los valles para poseer este cereal. Por otro lado, para garantizar la disponibilidad a este cereal, los tiwanacotas desarrollaron sistemas para la explotación agrícola en sus territorios, construyendo terrazas de cultivo y depósitos para almacenar

los granos hasta el colapso de esta civilización. Posteriormente, la cultura Mollo (1150 d.C. – 1220 d.C.), heredó la agricultura como base de su economía y alimentación; sembraban tubérculos como la papa, la oca y cereales como el maíz. Las culturas ancestrales de los Andes, adoptaron al maíz como parte de su dieta y contribuyeron a su diversificación y mejoramiento, por ejemplo, destacan las variedades “Waltaco”, “Wilcaparu”, “Morochu” y otras que fueron heredadas de culturas ancestrales andinas (Rojas-Beltrán et al. 2015). Por otro lado, en la región oriental (chiriguanos, guaraníes, chiquitanos y otros), tenían al maíz como cultivo básico, también sembraban ecotipos de maíz específicos para chicha. Para las culturas ancestrales de la Amazonía (presumiblemente 335 d.C – 1050 d.C.), la siembra de yuca y maíz eran cultivos de subsistencia. Sembraban en terraplenes distribuidos simétricamente, separados por canales de riego. Los habitantes pre-hispánicos de los llanos de Moxos, (500 d.C – 1.400 d.C.) utilizaban una variedad de cultivos en su agricultura de subsistencia, entre estos cultivos destaca el maíz. En la cultura Guaraní, el desarrollo de la agricultura se dio bajo el sistema “roza y quema”, ya que era difícil obtener alimentos porque se encontraban muy dispersos. Para el cultivo ayudaba toda la comunidad, como un trabajo conjunto, los hombres se encargaban principalmente de limpiar el terreno y las mujeres de sembrar. Cultivaban y cosechaban diversas variedades de maíz, yuca, batatas, zapallos, entre otros. También, cultivaban vegetales para fabricar su vestimenta como el algodón (Asturias 2004). En la región de los valles (El Chaco), los habitantes de Incahuasi (1944 a. C. – 875 d. C.), se alimentaban de maíz, también se presume que fermentaban el maíz para obtener la chicha. (Demetrio Flores, 2023).

Durante la época del imperio incaico que se expandió por tierras altas y bajas, la alimentación estaba basada en maíz. Su tecnología agrícola muestra un desarrollado sistema de riego mediante terrazas y acequias; promovieron la diversificación de cultivos (mediante los usos asociados a la protección fitosanitaria y diversos usos alimentarios). El maíz fue utilizado por los incas en diferentes formas, tostado para su conservación (en almacenes “qollqas”), en forma de mote para la alimentación diaria y como insumo para fabricar “la chicha” la cual era consumida en festividades. Para esta cultura, el maíz era considerado un alimento noble y era ofrecido a sus dioses. Los

diferentes usos y el consumo del maíz en las culturas ancestrales hacen que el maíz sea un cultivo milenario que se diversificó por influencia humana al ser un cultivo domesticado. Actualmente, muchos pueblos indígenas conservan las tradiciones milenarias alrededor del maíz como alimento y como ritual (especialmente la chicha de maíz). (Demetrio Flores, 2023).

1.9. Diversificación del maíz en Bolivia

Geográficamente en Bolivia el cultivo del maíz está distribuido desde los 110 m.s.n.m. en las llanuras hasta los 3 000 m.s.n.m., en valles y laderas. Los diferentes ecotipos de maíz nativo se encuentran ampliamente distribuidos en el territorio boliviano, en casi todos los municipios. Es el cereal de consumo generalizado a nivel en las poblaciones urbanas y rurales, en sus diversas formas culinarias. Por estas razones es uno de los alimentos más importante para los bolivianos, reporta que el maíz se encuentra cultivado en cuatro macro ecoregiones:

- a) Las zonas tropicales bajas entre los 200 y 900 m. de altitud.
- b) Las subtropicales entre los 1 000 y 1 600 m. de altura.
- c) La zona chaqueña sub-andina entre 200 y 1 500 m. de altura.
- d) En las laderas y valles interandinos, entre los 1 700 y 3 000 m. de altura. Excepcionalmente puede alcanzar los 3 800 m. de altitud en las orillas aledañas al lago Titicaca. (Juan Perlares Mejía, 2022).

La diversidad del maíz a nivel global se clasifica en razas, una raza está formada por individuos morfológicamente parecidos, con adaptaciones similares y con algunos caracteres en común que permiten a los agricultores tratarlas como iguales cuando se cultivan. A su vez, las razas por sus características en común se agrupan en complejos raciales. Para clasificar las variedades en razas, se utilizan descriptores morfológicos, botánicos, ecológicos y moleculares en algunas clasificaciones. La mayoría de estos descriptores (exceptuando los moleculares) son subjetivos. Sin embargo, tomar solamente diferencias genéticas para clasificar razas puede dar como resultado agrupaciones incongruentes morfológicamente. El mejor recurso para determinar razas

es utilizar una clasificación integral que incluya caracteres morfológicos, adaptativos, de uso y genéticos. Ramírez et al. 1961, clasificó a los maíces bolivianos en 32 razas, utilizando datos morfológicos y cromosomales. Posteriormente, Rodríguez et al. (1968) al igual que Ávila y Brandolini (1990) clasificaron 190 colecciones de maíz en 141 variedades, 45 razas y 7 complejos raciales. En 1996 durante un taller organizado por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT, por sus siglas en inglés) Guzmán y Ávila (1997) determinan que en Bolivia existen 45 razas de maíces nativos. Dos años después, Ávila et al. (1998), tomando más de mil muestras de maíz en Bolivia y más de 40 descriptores (Anexo I), describen 39 razas de maíz nativo en Bolivia y una foránea, las cuales se encuentran clasificadas en 7 complejos raciales. Sánchez et al. (2006) analiza 439 accesiones de maíz de países andinos utilizando 23 isoenzimas, descriptores morfológicos y adaptativos de la planta y la mazorca. Determina la existencia de 10 grupos raciales en los Andes con 5 subgrupos. Dentro de esta clasificación las muestras de Bolivia se encuentran clasificadas en 4 grupos raciales y 10 subgrupos. Sin embargo, esta clasificación fue poco difundida y utilizada. Finalmente, Ávila (2008), clasifica a los maíces bolivianos en 7 complejos raciales, 45 razas y diversas variedades, tomando en cuenta características morfológicas y fisiológicas; a la fecha, la clasificación realizada por el fito-mejorador Gonzalo Ávila es la más utilizada y citada. (JHOHANSON, 2021)

Nota aclaratoria: Las comparaciones de razas entre regiones están dificultadas por una falta de homogeneidad en los nombres de las razas (una misma raza puede recibir diferentes nombres) y por la inconsistencia entre descriptores. Serratos Hernández (2009), menciona que en Bolivia existen 77 razas de maíz, consultando diferentes fuentes bibliográficas. Sin embargo, como lo menciona en el texto “No todas las fuentes coinciden en el número de razas catalogadas o en el nombre de cada una de ellas”. Entonces, Serratos Hernández (2009), solo hace una compilación de nombres de razas mencionadas por Ramírez et al. 1961 y Taba 1997. Así, la clasificación de 77 razas para Bolivia no es correcta, por este motivo y ser cautelosos y consistentes con la clasificación de razas, es prudente utilizar la clasificación de Ávila et al. (1998) que utiliza caracteres morfológicos y agronómicos basados en las colectas en el campo de

germoplasma. La clasificación de razas es un proceso dinámico que se afina con el tiempo, es posible que con las nuevas técnicas moleculares y mayores colectas de ecotipos, a la fecha existan más razas de maíz nativas depositadas en el banco de germoplasma. (Juan Perlares Mejía, 2022).

1.10. Bolivia centro de diversidad del maíz

Los centros de diversidad no corresponden necesariamente a las áreas específicas donde se originaron y dispersaron los cultivos, tampoco se requiere que las especies domesticadas convivan con sus parientes silvestres. En este sentido, los centros de diversidad están determinados por ser áreas que incluyan poblaciones silvestres cercanas que consideren diferentes razas o variedades, en Bolivia al ser históricamente un centro secundario de domesticación donde llegaron formas semi domesticadas del maíz, existen razas primitivas que se encuentran de forma silvestre. Otro atributo de los centros de diversidad es que son áreas geográficas donde la domesticación o diversificación están relacionadas con la actividad humana y continúan presentes. Como se expuso en el capítulo anterior “Origen del maíz en Bolivia”, la domesticación y la diversificación del maíz han estado estrechamente relacionadas a las culturas precoloniales, por otro lado, en la actualidad muchas culturas y pequeños agricultores continúan realizando cruza selectivas de maíces para un mejoramiento local. Como tercer atributo importante para determinar un centro de diversidad, Costa et al. (2016) también señalaron que los centros de diversidad son áreas geográficas donde existen diversidades morfológicas y/o genéticas, en el caso del maíz nativo boliviano, Ávila et al. (1998) clasificó 7 complejos raciales y 45 razas basado en rasgos morfológicos y fisiológicos, por otro lado, también se ha evidenciado que Bolivia presenta una gran riqueza genética ya que los maíces nativos están agrupados en diversos grupos genéticamente diferentes, demostrando con estas clasificaciones la elevada diversidad genética y morfológica de los maíces nativos. Todo esto evidencia que Bolivia es un centro de diversidad del maíz. (JHOHANSON, 2021)

1.11. Complejos raciales, razas, variedades y ecotipos del maíz boliviano

Complejos raciales Los maíces bolivianos pertenecen a siete complejos raciales: Alto Andino, Amazónico, Perla, Morocho, Harinoso de los Valles Templados, Pisankalla, Cordillera (Ávila 2008). Complejo racial Alto Andino: Distribuido entre los 3 000 y 3 700 metros sobre el nivel del mar, presenta plantas bajas, fuertemente antociáninicas, la mazorca se encuentra casi a la altura del suelo. En este complejo se encuentran agrupadas las razas: Huaca Songo, Jampe Tongo, Churi Tongo y Parú. (ORG, 2021)

Cuadro 1. Razas del complejo racial Alto Andino (basado en Ávila et al. 1998)

<i>Raza</i>	<i>Altitud</i>	<i>Descripción</i>
<i>Raza Huaca Songo</i>	2 800 – 3 500	Mazorcas son pequeñas de forma cónica, poseen de 12 a 14 hileras de granos con inserción profunda. Los granos son redondeados o terminados en punta, el color es variado y poseen una consistencia harinosa. Las plantas son fuertemente antocianinas y la inserción de la mazorca es baja.
<i>Raza Jampe Tongo (Ávila et al. 1998) o Confite Puneño (Ramírez et al. 1961)</i>	3 000 – 3 700	Mazorcas son de tamaño pequeño a mediano de forma cónica, tienen de 14 a 16 hileras de granos con inserción profunda. El grano tiene forma acuminada y es de consistencia harinosa, el color del pericarpio es morado o jaspeado.
<i>Raza Churi Tongo</i>	2 800 – 3 700	Mazorcas son de tamaño pequeño de forma cónica. El grano es semiduro de forma redondeada el endospermo es de color amarillo.
<i>Raza Paru</i>	2 600 – 3 400	Mazorcas son de tamaño mediano o pequeño de forma cónica a esférica, tienen de 14 a 18 hileras de granos. El grano es grande y acuminado, la coloración es rojiza con la parte apical blanca, la consistencia es harinosa. La planta es medianamente alta de pigmentación morada o rojiza. En La Paz, se encuentran algunas formas con ambas espiguillas fértiles, las cuales son muy apreciadas con motivos mágicos.

1.11.1. Complejo racial Amazónico

Distribuido entre los 200 y 1 000 metros de altura sobre el nivel del mar, se caracteriza por mazorcas largas (excepto la raza Enano), los granos pueden ser harinosos o semivítreos y están en posición entrabada. El pedicelo es largo y quebradizo. Las plantas son altas y tardías. En este complejo se encuentran agrupadas las razas: Blando Amazónico, Duro Amazónico, Blando Cruceño, Bayo, Cholito y Yungueño. (Liniers, 2021).

Cuadro 2. Razas del complejo racial Amazónico (basado en Ávila et al. 1998)

<i>Raza</i>	<i>Altitud</i>	<i>Descripción</i>
<i>Raza Blando Amazónico</i>	130 - 1 500	Mazorcas son grandes y delgadas de forma cilíndrica, tienen de 8 a 16 hileras de granos entre trabados dispuestos en posición alternada. El grano es pequeño de consistencia harinosa y el color del endospermo es variable.
<i>Raza Duro Amazónico</i>	150 - 800	Mazorcas son medianas a grandes de forma cilíndrica, tienen de 12 a 16 hileras de granos entre trabados. El grano es pequeño de consistencia vítrea y el color del endospermo es blanco.
<i>Raza Blando Cruceño</i>	140 - 700	Mazorcas son medianas de forma cilíndrica, tienen de 12 a 16 hileras de granos. El grano es pequeño redondeado de consistencia harinosa y coloración amarillenta.
<i>Raza Bayo</i>	1 000 - 1 800	Mazorcas son medianas de forma cónica cilíndrica, tienen de 14 a 16 hileras de granos. El grano es pequeño de consistencia semivítrea o semi harinosa, el color del endospermo es naranja o amarillo.
<i>Raza Cholito</i>	500 - 1 200	Mazorcas son medianas de forma cilíndrica, tienen de 16 a 20 hileras de granos. El grano es de tipo dentado de colores blanco, morado y moteado.
<i>Raza Yungueño</i>	900 - 2 700	Mazorcas son grandes de forma cilíndrica o ligeramente ahusadas, tienen de 12 a 14 hileras de granos. El grano es pequeño de tipo dentado, algunas mazorcas poseen consistencia harinosa. El color del endospermo en la mayoría de los granos es amarillo o morado.

1.11.2 Complejo racial Perla

De amplia distribución especialmente en los valles y llanos. Los granos son redondeados y de color blanco, son maíces precoces. En este complejo se encuentran agrupadas las razas: Uchuquilla, Chake Sara, Perla, Aperlado y Perola. (Liniers, 2021).

Cuadro 3. Razas del complejo racial Perla (basado en Ávila et al. 1998)

<i>Raza</i>	<i>Altitud</i>	<i>Descripción</i>
<i>Raza Uchuquilla</i>	1 100 - 3 000	Mazorcas son medianas de forma cilíndrica o cónica cilíndrica, tienen de 10 a 12 hileras de granos. El grano es redondo mediano de consistencia vítrea y el color es blanco.
<i>Raza Chake Sara</i>	200 - 300	Mazorcas son medianas de forma cónica cilíndrica, tienen de 12 a 14 hileras de granos. El grano es mediano de forma ovoide con consistencia semivítrea o vítrea y el color del endospermo es blanco.
<i>Raza Perla</i>	900 - 2 000	Mazorcas son medianas de forma cilíndrica o cónica cilíndrica, tienen de 12 a 14 hileras de granos. El grano es mediano de consistencia vítrea y coloración blanca.
<i>Raza Aperlado</i>	1500 - 2 000	Mazorcas son medianas de forma cilíndrica o cónica cilíndrica, tienen de 8 a 10 hileras de granos. El grano es mediano tipo semidentado y coloración blanca o amarillo claro.
<i>Raza Perola</i>	140 - 700	Mazorcas son delgadas de tamaño mediano a grande, tienen de 10 a 12 hileras de granos. El grano es redondo pequeño a mediano de consistencia semivítrea a vítrea y de coloración blanquecina.

1.11.3. Complejo racial Harinoso de los Valles Templados

Distribuido entre los 1 500 y 3 000 metros de altura. Compuesto por una gran variedad de razas de múltiples formas, tamaños y colores. Los granos son generalmente grandes, las plantas son medianamente altas. En este complejo se encuentran agrupadas las razas: Kajbia, Chuspillo, Checchi, Hualtaco, Huillcaparu, Kellu Huillcaparu, Concebideño Tuimuri, Kulli, Ayzuma, Oke, Colorado y Chunchula. (Liniers, 2021).

Cuadro 4. Razas del complejo racial Harinoso de los Valles Templados (basado en Ávila et al. 1998)

Raza	Altitud	Descripción
Raza Kajbia	2 200 – 3 000	Mazorcas son medianas de forma cónica cilíndrica, tienen de 10 a 14 hileras de granos. Los granos son grandes y alargados de consistencia harinosa, el endospermo es blanco.
Raza Chuspillo	200 – 3 500	Mazorcas son de tamaño pequeño de forma cónica. El grano es semiduro de forma redondeada, el endospermo es de color amarillo o blanco. Usualmente, es sembrada de forma separada de las otras razas debido a que florece tardíamente.
Raza Blando Cruceño	140 – 700	Mazorcas son medianas de forma cilíndrica, tienen de 12 a 16 hileras de granos. El grano es pequeño redondeado de consistencia harinosa y coloración amarillenta.
Raza Checchi	2 000 – 3 000	Mazorcas son de tamaño mediano a pequeño de forma cónica cilíndrica, tienen de 12 a 14 hileras de granos. El grano es grande de forma acuminada y consistencia suave, tiene coloración moteada.
Raza Hualtaco (Ávila et al. 1998) Raza Cuzco-Boliviano (Ramírez et al. 1961)	2 000 – 3 000	Mazorcas son de tamaño mediano de forma cónica cilíndrica, tienen de 8 a 12 hileras de granos. El grano es muy grande de consistencia harinosa, el color del endospermo es blanco.
Raza Huillcaparu	2 000 – 2 800	Mazorcas son de tamaño mediano a grandes, tienen de 14 a 18 hileras de granos con inserción profunda. El grano es semidentado y de consistencia semidura a semi harinosa, el pericarpio es de color pardo.
Raza Kellu Huillcaparu	2 400 – 2 800	Mazorcas son de tamaño mediano de forma cilíndrica, tienen de 10 a 16 hileras de granos. El grano es grande a mediano de consistencia semidura, la coloración es pardo o amarillo.
Raza Tuimuru	2 600 – 3 400	Mazorcas son de tamaño mediano de forma cilíndrica, tienen de 14 a 16 hileras de granos. El grano es grande tipo dentado de consistencia harinosa, la coloración es rojiza.
Raza Kulli	2 000 – 3 400	Mazorcas son de tamaño mediano a pequeño de forma cónica cilíndrica o cónicas, tienen de 10 a 14 hileras de granos. El grano tiene forma ovoide de consistencia harinosa con coloración negro a rojizo o morado oscuro. Tiene un buen nivel de tolerancia a la pudrición de la mazorca.
Raza Ayzuma	2 000 – 3 000	Mazorcas son de tamaño mediano de forma cilíndrica, tienen de 8 a 12 hileras de granos. El grano es de tamaño mediano a grande de consistencia harinosa y coloración rojiza.
Raza Oke	2 000 – 2 500	Mazorcas son pequeñas de forma cilíndrica y ovoide, tienen 10 hileras de granos. El grano es redondo de consistencia harinosa y coloración grisácea.
Raza Colorado (Ávila et al. 1998) Morado (Ramírez et al. 1961)	800 – 1 500	Mazorcas son medianas de forma cónica cilíndrica, tienen 10 hileras de granos. El grano es mediano de forma redondeada con consistencia variable, el pericarpio es negruzco.
Raza Chunchula	2 000 – 3 000	Mazorcas son medianas de forma cónica, los granos son medianos de consistencia harinosa y el color del endospermo es blanco.

1.11.4. Complejo racial Pisankalla Distribuidos en toda Bolivia

Los maíces que agrupa el complejo racial Pisankalla son de granos muy pequeños y duros, son denominados maíces reventadores. Las accesiones de este complejo están aisladas reproductivamente de otros maíces. En este complejo se encuentran agrupadas las razas: Pura, Pisankalla y Pororó. (Liniers, 2021).

Cuadro 5. Razas del complejo racial Pisankalla (basado en Ávila et al. 1998)

<i>Raza</i>	<i>Altitud</i>	<i>Descripción</i>
Raza Pura	800 – 2 000	Mazorcas son medianas de forma cónica y ovoide, tienen 12 hileras de granos. El grano es pequeño de tipo reventón y cristalino.
Raza Pisankalla	2 000 – 3 500	Mazorcas son medianas de forma cónica cilíndrica, con 16 a 18 hileras de granos. El grano es pequeño de tipo reventón y cristalino.
Raza Pororó	150 – 1 200	Mazorcas son medianamente pequeñas de forma cilíndrica o ligeramente ahusadas, tienen 16 a 18 hileras de granos. Los granos son pequeños y duros de forma redondeada en punta, algunos granos tienen el endospermo amarillo y el pericarpio puede ser rojizo o no presentar color.

1.11.5. Complejo racial Morocho

Generalmente presente en áreas entre los 1 000 a 3 000 metros de altura sobre el nivel del mar, sin riego y con precipitación pluvial baja. Los maíces que agrupa el complejo racial Morocho tienen granos generalmente de color amarillo o naranja de tipo semivítreo o semidentado, debido a que poseen una capa delgada de almidón duro, sin embargo, la parte interna es de textura harinosa en una proporción muy alta, lo que lo hace diferente a los otros maíces semivítreos. En este complejo se encuentran agrupadas las razas: Karapampa, Morochillo, Morocho, Morocho grande y Kellu. (Liniers, 2021).

Cuadro 6. Razas del complejo racial Pisankalla (basado en Ávila et al. 1998)

<i>Raza</i>	<i>Altitud</i>	<i>Descripción</i>
<i>Raza Karapampa</i>	1 500 – 2 500	Mazorcas son medianas con el marlo y el raquis delgado, poseen 8 hileras de granos. El grano es pequeño de consistencia semivitrea, la coloración es amarilla o naranja.
<i>Raza Morochillo</i>	1 000 – 2 000	Mazorcas son medianas de forma cónica cilíndrica, tienen 8 hileras de granos. Los granos son de forma ovoide y de consistencia semivitrea, el color del endospermo es amarillento.
<i>Raza Morocho</i>	1 500 – 3 000	Mazorcas son medianas a grandes de forma cilíndrica con marlo delegado, tienen de 8 a 12 hileras de granos. El grano es mediano de forma redondeada y consistencia semivitrea, el endospermo es de color amarillento y el pericarpio de color amarillo a rojizo.
<i>Raza Morocho Grande</i>	1 000 – 1 500	Mazorcas son medianas a grandes de forma cilíndrica, tienen de 10 a 14 hileras de granos. Los granos son pequeños de consistencia vítrea y el endospermo tiene coloración amarillenta.
<i>Raza Kellu</i>	1 000 – 3 000	Mazorcas son medianas de forma cónica cilíndrica, tienen de 8 a 12 hileras de granos. Los granos son largos y grandes de forma ovoide de consistencia vítrea, el endospermo es de color amarillo.

1.11.6. Grupo Cordillera

Distribuido en el área límite de transición entre la llanura chaqueña y los valles cordilleranos meso térmicos. En este complejo se encuentran agrupadas las razas: Blanco Mojo, Morocho Grande, Cordillera y Argentino. (Liniers, 2021).

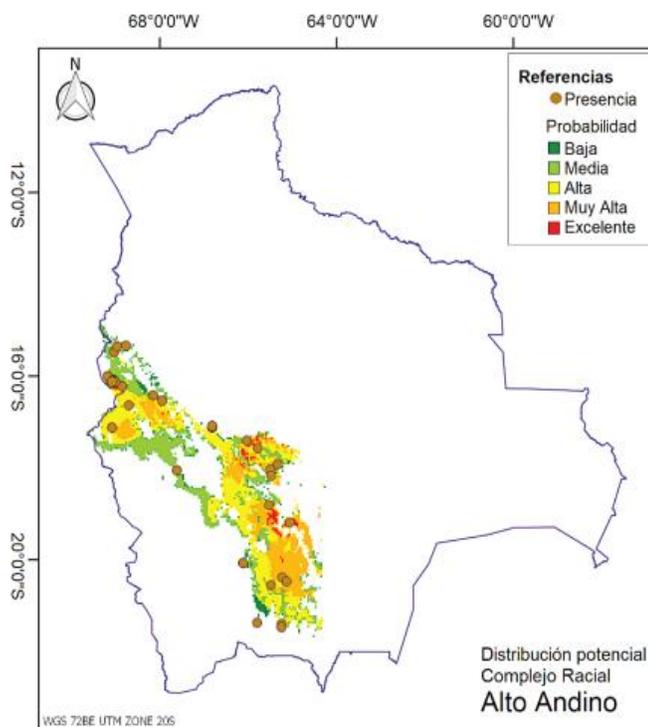
Cuadro 7. Razas del grupo Cordillera (basado en Ávila et al. 1998)

<i>Raza</i>	<i>Altitud</i>	<i>Descripción</i>
<i>Raza Blanco Mojo</i>	1 000 – 2 000	Mazorcas son medianas de forma cilíndrica, tienen de 10 a 14 hileras de granos. El grano es mediano de consistencia harinosa y coloración blanca.
<i>Raza Cordillera</i>	1 000 – 2 000	Mazorcas son grandes de forma cilíndrica, tienen de 10 a 12 hileras de granos. El grano es mediano tipo semidentados de consistencia dura y coloración blanca o amarilla.
<i>Raza Argentino</i>	500 – 2 700	Mazorcas son grandes de forma cilíndrica, tienen de 10 a 12 hileras de granos. El grano es redondeado de tipo dentado y el color del endospermo es amarillo.

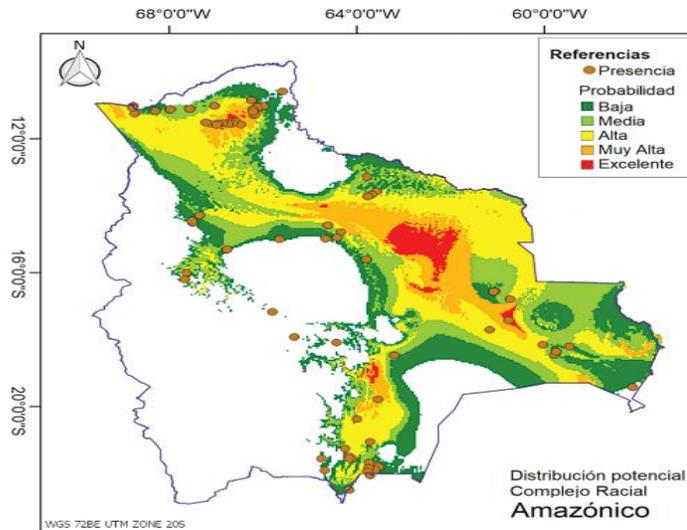
1.12. Distribución potencial de los complejos raciales de maíz nativo boliviano

El mapeo de la distribución actual y potencial de los complejos raciales de maíz boliviano se realizó utilizando los datos georeferenciados disponibles de accesiones de maíz clasificado en diferentes complejos raciales, publicados por Ávila et al. (1998) (n=920). La distribución potencial de los complejos raciales de maíz nativo se modeló utilizando el programa DIVA – GIS 7.5.0. Se relacionaron los puntos de presencia con las 19 variables del WorldClim (Bioclim) con una resolución de 30 grid (0.5 km² x 0.5 km²). (Liniers, 2021).

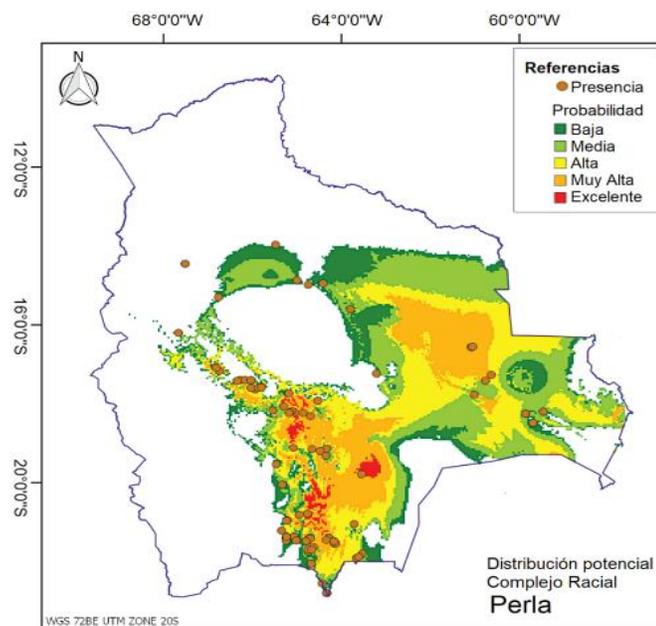
Figura 1. El grupo Alto Andino se encuentra principalmente distribuido en la región suroeste de Bolivia, en la ecorregión de los valles secos interandinos y la puna.



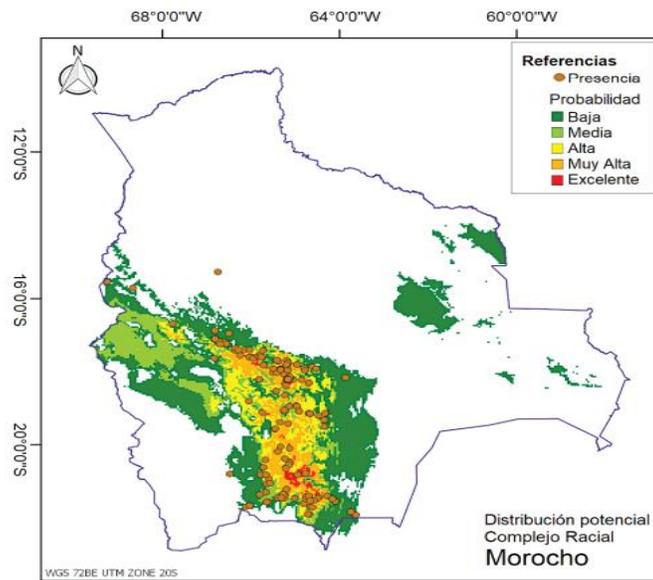
El complejo racial Amazónico se encuentra ampliamente distribuido en el territorio nacional, especialmente en la región noreste. La distribución potencial de este complejo racial muestra que en la región norte de Santa Cruz existe una alta probabilidad de presencia de maíces pertenecientes a este complejo. (Liniers, 2021).



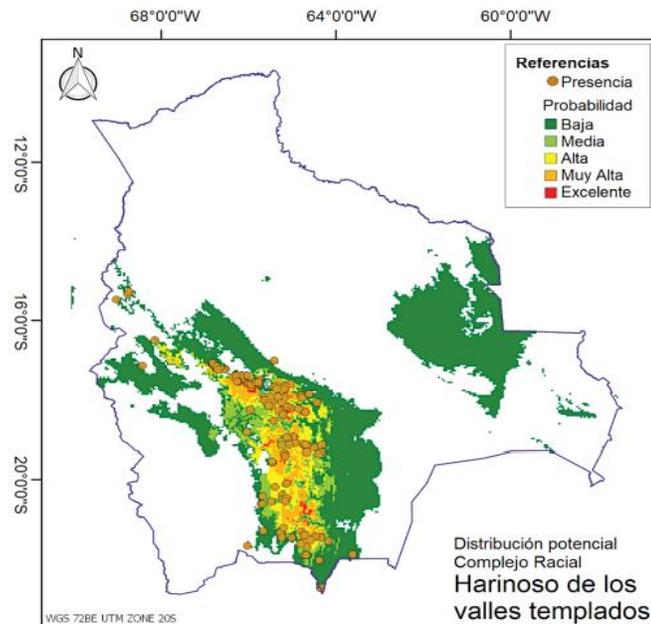
El complejo racial Perla se encuentra principalmente distribuido en la región sureste de Bolivia. En la región de los valles y de Santa Cruz, existe una mayor probabilidad de presencia de este complejo racial de maíz. (Liniers, 2021).



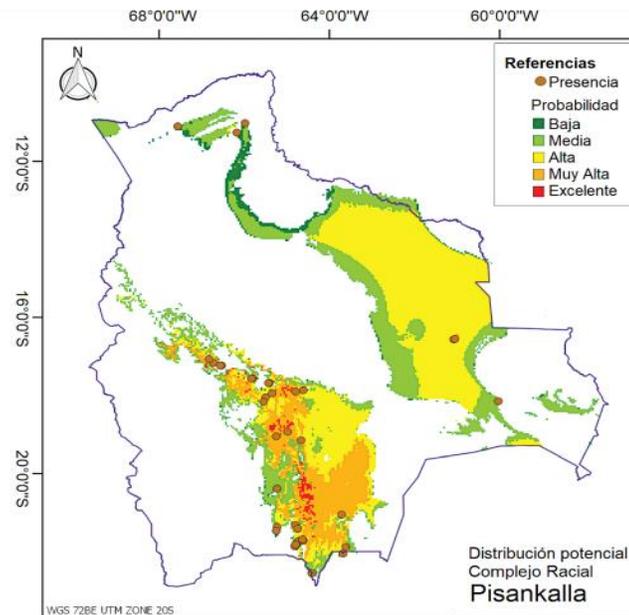
El complejo racial Morocho, se encuentra ampliamente distribuido en la región de los valles, la distribución potencial muestra que existe una probabilidad media que existan ecotipos pertenecientes a este complejo racial en La Paz y Oruro. (Liniers, 2021).



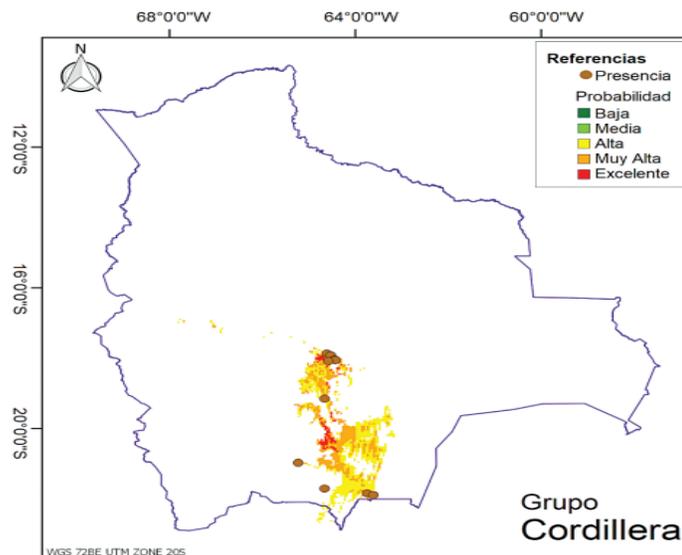
El complejo racial Harinoso de los valles templados, como su nombre lo indica, está distribuido en los valles. (Liniers, 2021).



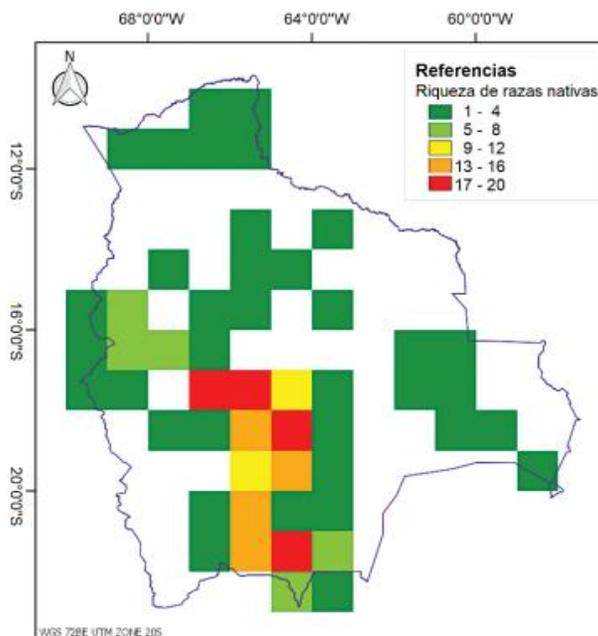
El complejo racial Pisankalla se encuentra distribuido principalmente en los valles. Sin embargo, existen registros en Santa Cruz, esto muestra que existe una alta probabilidad de encontrar ecotipos pertenecientes a este complejo al norte del departamento de Santa Cruz. (Liniers, 2021).



La distribución del Grupo Cordillera está restringida a los valles. Sin embargo, para esta clasificación se utilizaron pocos puntos de presencia. (Liniers, 2021).



Los complejos raciales agrupan razas, las cuales a su vez agrupan ecotipos. Esto muestra que existe una gran diversidad de ecotipos de maíz en todo el territorio boliviano, esto lo destaca como un centro de diversidad del maíz. Además, la regiones de los valles interandinos y el chaco, tienen una alta riqueza de razas de maíz nativo. (Liniers, 2021).



El maíz en Bolivia fue cultivado desde la época pre colonial, estos cultivos de maíz fueron mantenidos, desarrollados y mejorados por agricultores a lo largo de varias décadas. Los diversos tipos registrados reciben el nombre de variedades locales. Estas variedades fueron mantenidas y mejoradas por los agricultores según su experiencia, necesidades y capacidad natural. Las variedades nativas tienen características que no están disponibles en las variedades mejoradas, realizadas por mejoradores profesionales, donde incrementar el rendimiento es el objetivo principal para desarrollar variedades mejoradas. En este sentido, las variedades locales, son importantes para la adaptación local, la estabilidad económica y la sostenibilidad del agricultor. (Juan Perlares Mejía, 2022), (Liniers, 2021).

1.13. Variedades de maíz en Bolivia

Las variedades son las poblaciones de maíz colectadas en regiones en las que el cultivo se originó o diversificó. Las variedades a diferencia de los ecotipos, son uniformes en las características que las distinguen, y estas características no se deben perder a través de las generaciones. Las variedades nativas han sido utilizadas por los agricultores tradicionalmente y no han pasado por ningún proceso de mejoramiento sistemático o

controlado. Las variedades mejoradas, usualmente son producidas en líneas, híbridos o clones.

En Bolivia, para que una semilla pueda ser comercializable como semilla certificada, la variedad debe estar inscrita en el registro nacional de variedades, para ser inscritas en este registro deben cumplir una serie de características. Además, el nombre del obtentor de dicha variedad es reconocido y anotado en el registro de variedades. El INIAF clasifica las variedades de maíz en tres categorías;

- Maíz Variedad.
- Maíz Híbrido.
- Maíz Forrajero.

Según el último informe del Registro Nacional de Variedades y de Variedades Protegidas (INIAF 2017), se encuentran registradas 238 variedades. La producción de variedades de maíz nativo está ligada a la agricultura tradicional, los productores de maíz nativo están localizados en lugares distanciados de centros poblados que practican la siembra mecanizada, el uso de variedades híbridas e insumos químicos (Fertilizantes, herbicidas, insecticidas).

Sin embargo, los productores de maíz nativo utilizan la tecnología ancestral que permite reducir los costos y proveer productos sanos sin efectos nocivos para la salud. Además, la venta de variedades nativas tiene un mayor precio de mercado en comparación a los granos comerciales (híbridos). Por otro lado, la calidad organoléptica de los maíces nativos, desde el punto de alimentación humana, los hace más valiosos. (JHOHANSON, 2021)

1.14. Conservación de los recursos genéticos

En los Valles y el Chaco, la producción de variedades nativas de maíz está entre las cinco fuentes principales de alimentos e ingresos económicos nacionales, esto destaca la importancia de las variedades nativas para la seguridad alimentaria. En el resto del país, la mayoría de la cosecha del maíz de variedades nativas está destinada al consumo familiar; adicionalmente un porcentaje de la cosecha es reservado como semilla para

la siembra del siguiente año, para este fin los agricultores realizan selecciones pertinentes a sus necesidades, como por ejemplo la resistencia a enfermedades. Se realizaron varios esfuerzos por conocer y conservar diversidad de variedades y ecotipos nativos en Bolivia, incluso la primera cumbre regional del maíz en el Chaco boliviano concluyó que es necesario recuperar, mejorar y conservar las variedades nativas.

Una manera de captar la diversidad de los maíces es colectando muestras representativas de semilla de los agricultores que conservan variedades nativas. Es todo un reto captar todos los genotipos posibles de las variedades nativas, entonces lo que se hace es captar la mayor variación genérica útil con un limitado número de muestras con este fin se generan dos estrategias de conservación, conservación ex situ y conservación in situ. (JHOHANSON, 2021)

1.14.1. Conservación ex situ

La conservación ex situ, consiste en la preservación de semillas en cámaras, campos o jardines de introducción que se encuentran lejos del área de adaptación natural. La conservación de germoplasma ex situ, evita la erosión genética en medios naturales, como efecto de fenómenos atmosféricos, desastres naturales o por cultivo de una sola especie en ecosistemas diversos. Para la conservación de semillas en cámaras priorizan las especies de importancia económica y social, las semillas ortodoxas y las que tienen dificultad de conservación. (JHOHANSON, 2021)

1.14.2. Conservación in situ

La conservación in situ, es el mantenimiento y recuperación de las poblaciones de especies en su hábitat natural donde estas fueron desarrollando características distintivas. Para las especies cultivadas es importante involucrar a las comunidades, para esto se puede generar una serie de estrategias como: el manejo participativo de los ecotipos, manejo de las prácticas agronómicas, desarrollo del mercado, entrenamiento para generar prácticas de agricultura sostenible, crear incentivos para promover la conservación de los ecosistemas y el hábitat natural de la especie. Por ejemplo, en el Chaco, el INIAF realiza conservación in situ de 22 variedades de maíz en el Chaco

Tarijeño y el Chaco Chuquisaqueño. La conservación in situ de los recursos fitogenéticos es parte fundamental del desarrollo sostenible, que cobra mayor relevancia ante el escenario del cambio climático donde se requerirán nuevas adaptaciones de las plantas para garantizar la seguridad alimentaria. (JHOHANSON, 2021)

1.15. Potencial químico y nutricional del maíz nativo boliviano

El maíz (*Zea mays* L. ssp.) es una planta gramínea anual que pertenece a la familia Poaceae (Gramineae), tribu Andropogoneae; hasta la fecha se conoce que el maíz ha sido domesticado gracias a la cruce con teocintle (náhuatl teocintli) una planta precursora de la familia *Zea* (Maíz ancestral) (Mangelsdorf et al. 1945). La historia de domesticación del maíz andino proporcionó una gran diversidad de maíces nativos (Revisar capítulos previos), que se diferencian por su precocidad, usos, color de grano, forma, longitud de la mazorca entre otros. Estudios sugieren que los granos antiguos se han modificado por la selección, por lo que son resistentes a plagas y adversidades ambientales y se han destacado como un alimento saludable para el consumo humano. Las variedades de los granos antiguos nativos se diferencian del maíz comercial por su mayor variedad de color, tamaño y niveles más altos de proteínas, lípidos y compuestos bioactivos (antioxidantes) además de brindar variedad de colores, sabores y texturas a la gastronomía tradicional. (JHOHANSON, 2021)

Las características genéticas de estos granos asociadas a un origen geográfico permiten la producción de productos agrícolas con mayor valor agregado, sin agotar las plantaciones existentes y manteniendo la sostenibilidad de la región andina.

Es por ello su gran importancia de incrementar estudios químicos que muestre posibles diferencias entre las variedades y sus usos. (JHOHANSON, 2021)

1.15.1. Propiedades químico nutricionales

El maíz nativo, ha sido la base de la alimentación y nutrición de los pueblos originarios desde tiempos inmemoriales, siendo inclusive utilizado para la elaboración de bebidas espirituosas; ello se ve reflejado en pinturas, esculturas, cerámicas, que denotan además

su importancia, social, económica y cultural. Las propiedades nutricionales del maíz nativo son considerables, debido a su contenido de carbohidratos complejos, proteínas, grasas, fibra, con diferentes propiedades tecno funcionales. También se destaca el contenido de compuestos fenólicos y antocianinas, los cuales proporciona una mayor actividad antioxidante y antiinflamatoria. Los valores promedio encontrados en variedades de maíz amarillo, plomo, kulli y rojo, son las siguientes: carbohidratos 64 – 69 g/100 g., proteínas 3 -7 g/100 g., lípidos 3-5 g/100 g., fibra 2-4 g/100 g., calcio 34 mg/100 g., y fósforo 2,1 mg/100 g. Otros análisis efectuados en el marco del Proyecto “Conservación y uso sostenible de la Agrobiodiversidad para mejorar la nutrición humana en cinco macro regiones de Bolivia” (2019) nos brindan los siguientes datos:

Cuadro 8. Conservación y uso sostenible de la Agrobiodiversidad para mejorar la nutrición humana en cinco macro regiones de Bolivia (2019)

<i>Análisis Físicoquímico Nutricional</i>	<i>Maíz Culli</i>	<i>Maíz Amarillo Blando</i>	<i>Maíz Perla Criollo</i>	<i>Maíz K'arapampa Ch'ini</i>
Valor Energético (Kcal/100 g)	364,00	359	329	370
Humedad (g/100 g)	13,32	15,55	22,39	13,99
Proteína (g/100 g)	8,05	9,03	7,54	8,40
Grasa (g/100 g)	3,61	4,67	4,06	5,45
Carbohidratos (g/100 g)	73,53	69,18	64,57	70,92
Cenizas (g/100g)	1,49	1,57	1,44	1,24
Calcio (mg/100g)	31,18	50,72	29,00	20,74
Fósforo (mg/100g)	283,15	299,65	289,21	113,72
Hierro (mg/100g)	2,34	2,94	3,17	2,42
Vitamina A (µg/100g)	33,10	49,41	1,07	198,86
Vitamina B1 (Tiamina) (mg/100g)	0,16	0,14	0,21	0,50
Vitamina B2 (Riboflavina) (mg/100g)	0,05	0,03	0,18	0,11
Vitamina C (mg/100g)	2,95	-	-	3,24
Fibra Dietaria (g/100g)	9,11	3,62	15,11	11,06
Perfil de ácidos grasos				
Ácidos grasos saturados				
Caprílico C14:0	0,34	-		
Palmítico C16:0	10,29	16,31	19,58	2,23
Esteárico C18:0	2,53	2,4	3,18	13,84
Ácidos grasos monoinsaturados				
Oleico C18:1 n-9	52,53	35,65	35,50	28,42
Ácidos grasos poli insaturados				
Linoleico C18:2 n-6	-	44,0	40,18	54,38
Linolénico C18:3 n- 3	1,20	1,63	0,58	1,13
Araquídico 20:0			0,51	
Galoleico 20:01			0,42	

Por otro parte y pese a los pocos estudios científicos realizados a la gran variedad de maíces andinos, se destaca el contenido de compuestos fenólicos y particularmente de

antocianinas, moléculas responsables del color en variedades de maíz morado o púrpura del maíz andino, los cuales proporciona un contenido mayor de actividad antioxidante y antiinflamatoria, además que los antioxidantes son compuestos esenciales necesarios para controlar las reacciones de oxidación, que están asociadas con el envejecimiento y la prevención de algunas enfermedades degenerativas. Otro estudio en Bolivia, sobre el color morado por las antocianinas, mostró la utilidad de desechos de maíz morado (marlo de choclo morado) como materia prima para la producción de colorantes naturales para alimento. (Demetrio Flores, 2023).

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

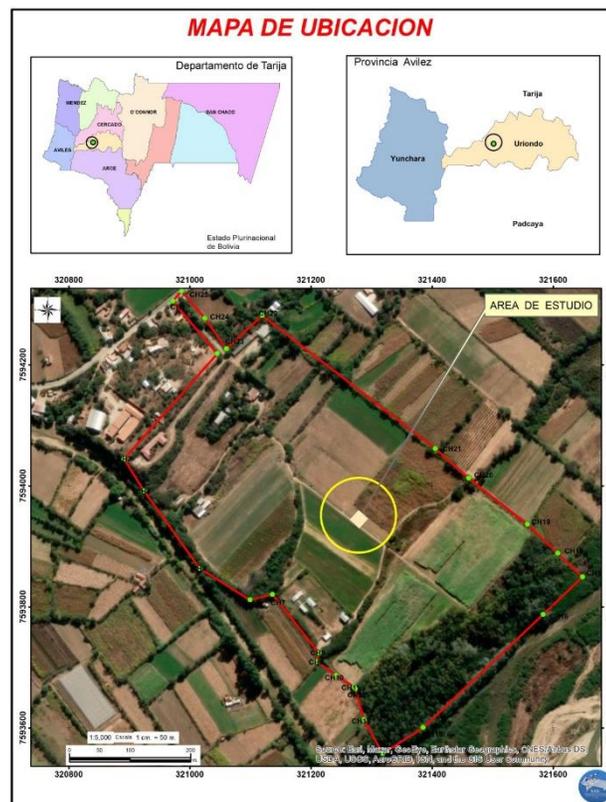
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del Centro Experimental Chocloca CECH

El presente trabajo se realizó en el terreno del centro experimental de Chocloca se encuentra en la provincia Avilés municipio de Uriondo ubicada al Sur-Oeste del departamento de Tarija, dependiente de la facultad de ciencias agrícolas y forestales de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. El CECH. Cuenta con una superficie de 25.8 ha, se ubica 36 kilómetros al sur de la ciudad de Tarija capital del departamento de Tarija, en la comunidad de Chocloca geográficamente se encuentra entre las coordenadas $21^{\circ} 45'$ de latitud sur y $64^{\circ} 44'$ de longitud oeste, a una altura de 1806 m.s.n.m. (5925 pies) en el margen izquierdo y parte baja se encuentra el río Camacho y sub cuenca la quebrada el Huayco, correspondiente a la provincia Avilés municipio de Uriondo, la comunidad tiene alrededor de 424 habitantes.

2.2. Ubicación geográfica

Figura 2. (Imagen satelital del C.E.CH.)



En el CECH un centro de investigación agrícola y pecuaria con muchísimos años de trabajo sobre sus suelos y la aplicación de maquinarias agrícolas para labranzas convencionales, presenta diferentes tipos de suelos los cuales presentan diferentes niveles de compactación, que no se encontraban claros ni actualizados; siendo la compactación uno de los principales problemas de degradación física que se presentan en los suelos a nivel mundial (y en la mayoría de los suelos agrícolas de Sudamérica) que afectan significativamente la producción agropecuaria.

Para la comunidad, la agricultura es la actividad más importante, se cultiva fundamentalmente papa, maíz, cebolla, etc. variedad de frutas y la producción pecuaria, muy importantes para las familias de escasos recursos con inseguridad alimentaria y posiblemente un negocio rentable especialmente con el cultivo de papa y maíz que presenta los mejores rendimientos de producción, seguido de la vid, logrando mayores rendimientos de cosecha.

La producción agrícola de la comunidad de Chocloca se destina al autoconsumo y al mercado, es una alternativa que garantiza alimentos todo el año a las familias y su desarrollo tiene un gran potencial debido a la naturaleza de los ecosistemas existentes en la zona y el reconocimiento de su calidad a nivel regional y departamental.

2.3. Factores agro climatológicos de la zona

La zona se caracteriza por un clima templado semiárido con temperaturas bajas. Esto corresponde a los valles de la cordillera oriental (valle central de Tarija, valle de la Concepción, Padcaya, San Lorenzo) con temperaturas medias anuales entre 13 y 18° C.

Tiene una temperatura anual de 18.7 °C y una precipitación promedio anual de 650mm, una humedad relativa del 71%, la temperatura máxima extrema se registró en el mes de septiembre de 1993 con 37 grados, la mínima extrema en julio de 1993 con – 7.0 grados centígrados.

2.4. Vegetación natural de la zona

La vegetación natural de la zona corresponde al tipo de vegetación de matorrales xerofíticos de los valles interandinos, que tienen su mayor expresión en las colinas bajas y las pendientes inferiores de las serranías circundantes. Entre las especies dominantes y características.

2.4.1. Materiales de campo

- Pala.
- Azadón.
- Cuchilla.
- Letreros.
- Metro.
- Machete.

2.4.2. Material biológico

- Semillas de maíz (variedades/accesiones)

2.4.3. Materiales de escritorio

- Libreta de campo.
- Portátil.
- Cuaderno.
- Planillas.
- Lapiceras.

2.4.4. Material de laboratorio

- Estufa.
- Balanza analítica.
- Vasos para nuestras.

2.5. Metodología

2.5.1. Diseño experimental

El diseño que se realizó es de bloques al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 24 tratamientos de unidades experimentales.

La forma, el tamaño y la orientación de los bloques se deben hacer buscando la homogeneidad dentro de ellos.

Los tratamientos se asignan al azar dentro de cada bloque.

El número de tratamientos no deben ser muy grande, con el fin de garantizar la homogeneidad de cada bloque.

2.5.2. Descripción de tratamientos

2.5.2.1. Preparación del suelo y siembra

La preparación del terreno se hizo el 22 de enero del 2024 es el paso previo a la siembra, se efectuó la labor con una arada profunda para que este quede bien suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de retención de agua sin encharcamientos.

También se realizó el rastreo correspondiente con rastra a tracción mecánica para que el suelo quede bien mullido y para que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se realizó la siembra quedando los terrenos limpios de restos plantas (rastros).

Luego se prosiguió con el rayado o preparado del surco a una profundidad de 15 a 20 cm, tomando en cuenta la pendiente del terreno, esto para facilitar el riego y la labor del aporque, la distancia entre surco fue de 0,70 m, luego se prosigue con el sembrado el 25 de enero del mismo año las semillas y riego.

Una vez emerjan las plantas y después de haber alcanzado una altura de planta entre 12 y 15 cm se debe proceder al raleo dejando en cada golpe una sola planta (la más vigorosa) y eliminando las plántulas enfermas y débiles.

2.5.2.2. Aporque

El aporque se realizó en fecha 30 de febrero del 2024 cuando la planta tenía aproximadamente 50 cm de altura, el aporque es una labranza indispensable en el cultivo consiste en voltear la tierra del camellón de los surcos sobre la base del tallo de la planta, favoreciendo así a la planta al suelo, evitando el acame o vuelco por acción de la humedad y el viento y mejora el control de malezas.

2.5.2.3. Seguimiento y toma de datos de acuerdo a las variables

Los seguimientos y observaciones se lo realizaron de forma oportuna semanalmente, donde se consideró la toma de datos de acuerdo a las variables de respuesta indicadas desde el momento de siembra hasta la cosecha.

2.5.2.4. Porcentaje de emergencia

Se contó el número de plántulas que logran emerger en campo bajo las condiciones del suelo y ambiente lo cual se evaluó a los 10 días después de la siembra de los dos surcos centrales para evitar el efecto de bordura en todas las accesiones de maíz.

2.5.2.5. Días a la floración masculina

Para la evaluación de la variable de floración masculina se determinó el número de días transcurridos desde la fecha de siembra en suelo hasta el momento en que se a iniciado la emisión del polen en el 50% de las plantas de maíz.

2.5.2.6. Días a la floración femenina

Para la evaluación de la variable de floración femenina se determinó el número de días transcurridos desde la fecha de la siembra en el suelo hasta el momento en que sean visibles los filamentos o cabellos jóvenes de las mazorcas en el 50% de las plantas.

2.5.3. Número de plantas

Se refiere al número total de plantas presentes en cada parcela experimental.

Contar las plantas de cada parcela al final de la fase vegetativa o antes de la cosecha.

Este dato ayuda a calcular el rendimiento potencial y analizar pérdidas por enfermedades, plagas o estrés ambiental.

2.5.4. Altura de las plantas

Longitud desde la base del tallo hasta la punta de la hoja más alta o la espiga.

Se realizó con un metro desde el cuello de la planta hasta el punto de inserción de la hoja bandera se tomó 10 plantas al azar en cada unidad experimental evitando los surcos de bordura los resultados obtenidos son el promedio de 10 plantas en las que se realizó la lectura.

2.5.5. Altura de inserción de mazorca

Longitud desde la base del tallo hasta el punto donde se inserta la primera mazorca.

Similar a la medición de altura de plantas, tomando un grupo representativo y promediando las mediciones.

Con una regla graduada se midió desde el cuello de la planta hasta el nudo donde se produce la yema axilar que da a lugar a la mazorca superior se tomó 10 plantas al azar.

2.5.6. Rendimiento de materia verde (MV) kg/ha

Se cosecho dos de los cuatro cercos centrales en cada unidad experimental evitando borduras todas las plantas cosechadas fueron pesadas para obtener el peso total en materia para el cálculo del rendimiento y materia.

2.5.7. Rendimiento en materia seca ($^{\circ}$ /MS) kg/ha

Una vez determinado el rendimiento de la materia verde se procedió a sacar dos plantas representativas las cuales fueron picadas con el uso de un machete, proveniente de las dos plantas se tomó una muestra de 150 gramos que es el peso de la muestra verde este muestreo se realizó en la totalidad de las unidades experimentales posteriormente se determina el porcentaje de materia seca en una estufa a 150 grados, una vez determinado el peso seco para determinar el porcentaje de materia seca.

2.5.8. Variedades/ accesiones

T1= Piriti (proveniente INIAF Tarija)

T2= Choclero blanco (proveniente INIAF Tarija)

T3= Compuesto 10X IBO 128 (proveniente del CIF la violeta)

T4= Compuesto 10X morocho criollo (proveniente del CIF la violeta)

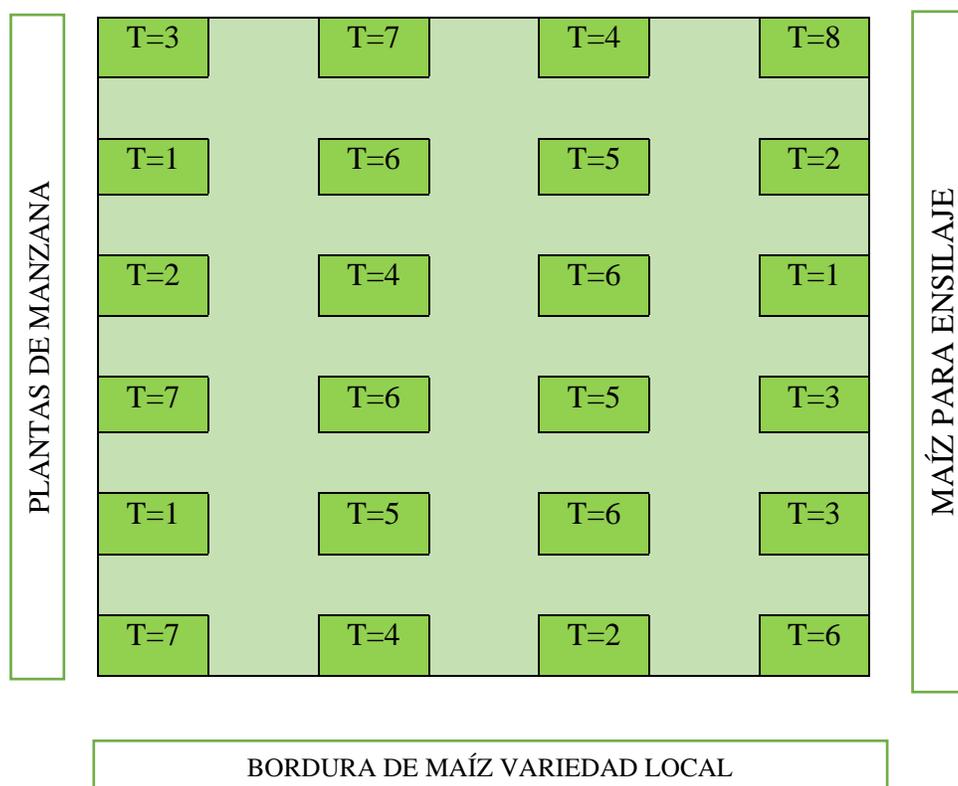
T5= CUB UMSS” A” (proveniente del CIF la violeta)

T6= Libertad (proveniente del CIF la violeta)

T7= Bicentenario (proveniente del CIF la violeta)

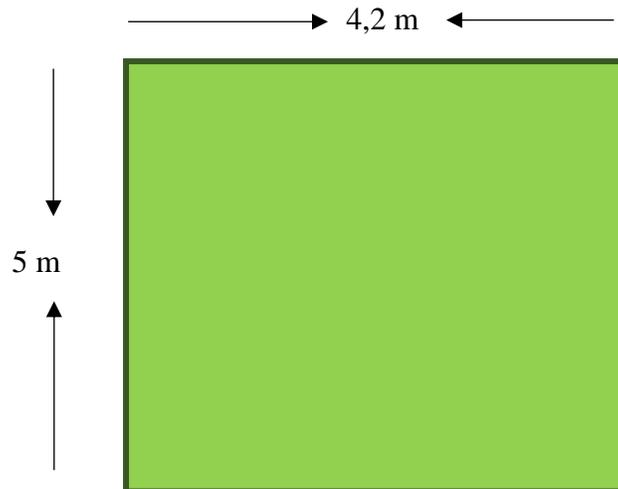
T8= UMSS V107 (proveniente del CIF la violeta)

Figura 3. Croquis de campo



2.5.9. Tamaño de la unidad experimental

Cada unidad experimental considera una superficie de (4,2 de ancho* 5m de largo) 6 surcos con 5m de largo.



Ancho de surcos: 4,2 m.

Surcos separados: 1 m.

Largo de surcos: 5 m.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIONES

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo responden de manera directa a los objetivos planteados y a la metodología experimental aplicada. Cada variable analizada permitió evaluar el comportamiento agronómico de las dos variedades (Piriti y Choclero Blanco) y las seis accesiones bajo las condiciones específicas. Los datos generados reflejan no solo la respuesta del material genético estudiando, sino también la influencia de los factores ambientales y del manejo agronómico aplicando. A continuación, se presentan y analizando los resultados.

3.1. Porcentaje de emergencia

Se contó el número de plántulas que logran emerger en campo bajo las condiciones del suelo y ambiente lo cual se evaluó a los 10 días después de la siembra.

Cuadro 9. Emergencia de maíces a los 10 días

Tratamientos	VARIETADES/ ACCESIONES	REPETICIONES PLANTAS			Σ	MEDIA (%)
		I	II	III		
1	Piriti	58	56	58	172	57,33
2	Choclero Blanco	60	45	60	165	55,00
3	Compuesto 10x IBO 128	50	60	60	170	56,66
4	Compuesto 10x Morocho Criollo	31	50	54	135	45,00
5	CUM UMSS "A"	48	52	56	156	52,00

6	Libertad	58	30	58	146	48,66
7	Bicentenario	49	39	60	148	49,33
8	UMSA V107	55	55	51	161	53,66
	Σ	409	387	457	1253	

Analizando la información presentada en el cuadro N°9 observamos que la variedad Piriti, correspondiente al tratamiento 1 es la que alcanzó un mayor porcentaje de emergencia en la evaluación realizada a los 10 días después de la siembra. Le sigue la accesión Compuesto 10 x Ibo 128 (T3), procedente del Centro de Investigación en Forrajes “La violeta” (CIF), dependiente de la UMSS.

Los porcentajes menores de emergencia, se registraron en la accesión Libertad y Bicentenario, ambas proporcionadas por el CIF “La Violeta”, con valores de 48,66 y 49,33 respectivamente.

Según Martínez et al. (2018), factores como la temperatura, humedad, y calidad del suelo juegan un papel crucial en la emergencia de plantas. Este fenómeno podría haber influido en las diferencias observadas entre las repeticiones de Libertad y Bicentenario, ya que algunas condiciones pueden haber afectado más a estas accesiones que a otras.

3.2. Análisis de varianza para porcentaje de emergencia

Cuadro 10. Porcentaje de emergencia del cultivo de maíz

FV	gl	SC	SC	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	1694,0				
Tratamientos	7	386,6	55,2	0,783*	3,74	6,51
Bloques	2	320,3	160,2	2,272*	2,77	4,28
Error	14	987,0	70,5			

C.V =16,02

Analizando el cuadro N°10 del análisis de varianza para la variable de emergencia del cultivo de maíz en el entro Experimental del CIF La Violeta y de variedades locales obtenidas por el INIAF, se observa que entre los tratamientos no existe diferencias estadísticamente significativas al 5% y 1% de probabilidad en la tabla de Ft.

Considerando que el mayor % de emergencia en el T1 (Variedad Piriti) con el 57,33% cuadro 1 y el menor % de emergencia el T4 (accesión Compuesto 10X Morocho Criollo) con 45%, siendo diferencia del 17,33%, entre ambos tratamientos extremos.

Analizando el ANOVA, para la variable que corresponde al porcentaje de emergencia, podemos indicar que no existe diferencias significativas esto se refleja en el $F_c < F_t$.

Según Córdoba et. (2020), los efectos de los bloques en maíz tienden a ser significativos en estudios donde las condiciones edafoclimáticas varían considerablemente entre las parcelas experimentales, En este caso, las parcelas podrían haber tenido condiciones más homogéneas.

3.3. Días a la floración masculina

Para la evaluación de la variable de floración masculina se determinó el número de días transcurridos desde la fecha de siembra en suelo hasta el momento en que se haya iniciado la emisión del polen en el 50% de las plantas de maíz

Cuadro 11. Porcentaje de floración masculina del maíz

Tratamientos	VARIEDADES / ACCESIONES	REPETICIONES %			Σ	MEDI A %
		I	II	III		
1	Piriti	45	45	50	140	46,67
2	Cholero blanco	50	50	50	150	50
3	Compuesto 10x IBO 128	50	50	50	150	50

4	Compuesto 10x Morocho Criollo	45	50	50	145	48,33
5	CUB UMSS”A”	45	45	45	135	45
6	Libertad	50	50	45	145	48,33
7	Bicentenario	50	48	45	143	47,67
8	UMSS V107	45	45	45	135	45
	Σ	380	383	380	1143	

Analizando la información presentada en el cuadro N°11, observamos que la variedad Choclero Blanco, correspondiente al (T2), alcanzó el mayor porcentaje promedio de floración masculina, con un valor uniforme del 50 en las tres repeticiones. Le sigue la accesión Compuesto 10 x Ibo 128 (T3), también con un promedio de 50, y el libertad con un promedio más bajo de 48,33 (T6).

Los porcentajes menores de floración masculina se registraron en las accesiones CUB UMSS “A” (T5) y UMSS V107 (T8), ambas provenientes del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, con valores de 45 cada una.

Martínez et al. (2018) han mostrado que factores ambientales, como la disponibilidad de agua y nutrientes, pueden influir en la variabilidad de la floración masculina. La menor estabilidad observada en Piriti podría ser un reflejo de su mayor sensibilidad a estos factores, en comparación con Choclero Blanco.

3.3.1. Análisis de varianza para días a floración masculina

Cuadro 12. Desarrollo de floración masculina

FV	gl	SC	SC	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	143,6				
Tratamientos	7	81,0	11,6	2,615*	3,74	6,51
Bloques	2	0,8	0,4	0,085*	2,77	4,28
Error	14	61,9	4,4			

C.V=16,52

Analizando el cuadro N°12 del análisis de varianza para la variable de porcentaje de floración masculina del centro experimental del CIF La Violeta y de variedades locales obtenidas por el INIAF, se observa que entre los tratamientos no existen diferencias estadísticamente significativas al 5% y 1% de probabilidad en la tabla de F.

Considerando que el mayor % de emergencia en el T2 (Variedad Choclero Blanco) con el 50% cuadro 3 y el T3 (accesión Compuesto 10X IBO 128) también con el 50% y el menor % de floración masculina el T5 (accesión CUB UMSS" A") con 45 % y el T8 (accesión UMSS V107) también con el 45%, haciendo la diferencia del 5%, entre ambos tratamientos extremos.

Según López et. (2019), el desarrollo de la inflorescencia masculina en maíz está influenciando por factores como el estrés hídrico o la disponibilidad de nutrientes, los cuales no siempre son controlados en estudios de campo. La falta de significancia en este análisis podría deberse a una uniformidad relativa en las condiciones de manejo.

3.4. Días a la floración femenina

Para la evaluación de la variable de floración femenina se determinó el número de días transcurridos desde la fecha de la siembra en el suelo hasta el momento en que sean visibles los filamentos o cabellos jóvenes de las mazorcas en el 50% de las plantas.

Cuadro 13. Días a la floración femenina

Tratamientos	VARIETADES/ ACCESIONES	REPETICIONES %			Σ	MEDIA%
		I	II	III		
1	Piriti	45	50	50	145	48,33
2	Choclero blanco	50	50	50	150	50
3	Compuesto 10x IBO 128	50	50	50	150	50
4	Compuesto 10x Morocho Criollo	45	50	50	145	48,33
5	CUB UMSS "A"	50	45	45	140	46,67
6	Libertad	50	50	45	145	48,33
7	Bicentenario	50	46	45	141	47
8	UMSS V107	45	40	50	135	45
	Σ	385	381	385	1151	

Analizando la información presentada en el cuadro N°14, observamos que la variedad Choclero Blanco correspondiente al (T2) alcanzó el mayor porcentaje promedio de floración femenina, Le sigue la accesión Compuesto 10 x Ibo 128 (T3), también con un promedio de 50, y el Libertad (6), Compuesto 10x Morocho criollo (T4), Piriti (T1)

con un promedio más bajo de 48,33, y el más bajo el UMSS V107 (8) con un porcentaje del 45 provenientes de la violeta.

García et al. (2015) en su investigación sobre el maíz, destacaron la influencia significativa de las condiciones ambientales sobre la sincronización de la floración femenina. Las condiciones de temperatura y humedad juegan un papel fundamental en la estimulación de la floración. Es posible que las ligeras variaciones observadas en Piriti (con un rango entre 45% y 50%) puedan estar relacionadas con fluctuaciones en estas condiciones entre las repeticiones. Este fenómeno se alinea con el análisis de Rodríguez et al. (2020), quienes concluyen que la floración femenina puede verse afectada por el clima, especialmente en accesiones criollas que no están tan adaptadas a condiciones ambientales cambiantes.

3.4.1. Análisis de varianza de días de floración femenina

Cuadro 14. Inicio de días de floración femenina

FV	gl	SC	SC	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	191,0				
Tratamientos	7	60,3	8,6	0,932*	3,74	6,51
Bloques	2	1,3	0,7	0,072*	2,77	4,28
Error	14	129,3	9,2			

C.V = 1,19

Analizando el cuadro N°15 del análisis de varianza para la variable de floración femenina del Centro Experimental del CIF La Violeta y de variedades locales obtenidas por el INIAF, se observa entre los tratamientos no existe diferencias estadísticamente significativas al 5% y 1% de probabilidad en la tabla F.

Considerando que el mayor % de floración femenina en el T2 (variedad Choclero Blanco) con el 50% y el T3 (accesión Compuesto IBO 128) también con el 50% cuadro 5 y el menor % de floración femenina T8 (accesión UMSS V107) con 45%, haciendo la diferencia del 5%, entre ambos tratamientos extremos.

Pérez et al. (2020), reportaron que en maíces criollos evaluados en condiciones de estrés hídrico, el efecto de los tratamientos en días e floración femenina no fue significativo ($F_c < F_t$ al 5%), lo que coincide con los resultados del presente estudio.

3.4.2.- Número de plantas se anotó cuántas plantas están presentes para cada Parcela después del raleo de cada tratamiento en cada repetición.

Cuadro 15. Número de plantas presentes

Tratamientos	VARIETADES/ ACCESIONES	REPETICIONES DE PLANTAS			Σ	MEDIA %
		I	II	III		
1	Piriti	38	35	36	109	36,33
2	Cholero Blanco	45	34	28	107	35,67
3	Compuesto 10x IBO128	25	36	41	102	34
4	Compuesto 10x Morocho Criollo	32	36	37	105	35
5	CUB UMSS"A"	31	30	40	101	33,67
6	Libertad	34	26	31	91	20,33
7	Bicentenario	32	30	39	101	33,67
8	UMSS V107	35	35	32	102	34
	Σ	272	262	284	818	

El cuadro N°16 observamos que la variedad Piriti (T1) proveniente de INIAF presentó un promedio de 36,33 plantas, también se observó que la variedad Choclero Blanco (T2) proveniente de INIAF tiene más bajo porcentaje en plantas presentes con 35,67, y el Compuesto 10x Morocho Criollo (T4) proveniente de La Violeta con 35 y finalmente el Libertad (T6) proveniente de La Violeta con un 20,33 que sería con menor plantas presentes.

Los estudios de García et al. (2015) indican que la tasa de germinación y el desarrollo de las plantas pueden verse afectados por la calidad del suelo, las prácticas de siembra, el manejo del riego y las temperaturas durante el período de germinación.

3.5. Análisis de varianza para número de plantas

Cuadro 16. Cantidad de plantas

FV	gl	SC	SC	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	513,8				
Tratamientos	7	68,5	9,8	0,33*	3,74	6,51
Bloques	2	30,3	15,2	0,512*	2,77	4,28
Error	14	415,0	29,6			

C.V=15,13

Analizando el cuadro N°17 del análisis de varianza para la variable de número de plantas de número de plantas del centro experimental del CIF La Violeta y de variedades locales obtenidas por el INIAF, se observa que entre los tratamientos no existe diferentes estadísticamente significativas al 5% y 1% de probabilidad en la tabla F.

Considerando que el mayor % de nuevo en el T1 (Variedad Piriti) con el 36,33%, cuadro 7 y el menor % de numero de planta el T6 (accesión Libertad) con 20,33%, haciendo la diferencia del 16,33%, entre ambos tratamientos extremos.

Al comparar estos resultados con otros estudios, se observa que la falta de diferencias significativas en el número de plantas puede ser consistente con lo reportan investigaciones previas sobre el efecto de ciertos factores en la población de plantas.

Según Rodríguez et al. (2017), en investigaciones sobre maíz bajo condiciones de manejo homogéneo, el número de plantas por unidad de área no mostro diferencias significativas entre variedades en su evaluación experimental. Además, los factores de manejo agronómico, como la densidad de siembra o la fertilización, tiene un impacto más directo en el número de plantas que los efectos genéticos por sí solos.

3.6. Altura de las plantas en metros.

Se realizó con un metro desde el cuello de la planta hasta el punto de inserción de la hoja bandera se tomó 10 plantas al azar en cada unidad experimental evitando los surcos de bordura los resultados obtenidos son el promedio de 10 plantas en las que se realizó la lectura.

Cuadro 17. Altura vegetal de la planta del maíz en metros

N°	VARIETADES/ ACCESIONES	REPETICIONES DE			Σ	MEDIA %
		PLANTAS (m)				
		I	II	II		
1	Piriti	2,06	2,04	2,24	6,34	2,11
2	Choclero Blanco	2,1	1,72	2,05	5,87	1,96
3	Compuesto 10x IBO128	2,37	2,63	2,58	7,58	2,53
4	Compuesto Morocho Criollo	2,26	2,32	2,37	6,95	2,32

5	CUB UMSS" A"	2,42	2,48	2,48	7,38	2,46
6	Libertad	2,32	2,1	2,48	6,9	2,3
7	Bicentenario	2,31	2,04	2,3	6,65	2,22
8	UMSS V107	2,25	2,4	2,45	7,1	2,37
	Σ	18,09	17,73	18,95	54,77	

Analizando la información obtenida en el cuadro N°18 vemos que compuesto 10x IBO 128 (T3) proveniente de La Violeta presenta una buena consistencia en su altura de 2,53, seguidamente de CUB UMSS" A" (T5) con 2,46 y el UMSS V107 (T8) con 2,37 todos del centro experimental La Violeta y con menor porcentaje está el Choclero Blanco (T2) con 1,96 proveniente de INIAF.

Según González et al. (2017), las variedades con una altura moderada como Piriti son ideales para sistemas de cultivo con densidades altas, donde la competencia por la luz es menor. Este resultado coincide con lo reportado para variedades de tipo criollo, que tienden a mostrar una estabilidad relativa en su fenotipo bajo diversas condiciones ambientales.

3.7. Análisis de varianza de altura de plantas

Cuadro 18. Altura vegetal de las plantas

FV	gl	SC	SC	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	1,0				
Tratamientos	7	0,7	0,1	7,194**	3,74	6,51
Bloques	2	0,1	0,0	3,453*	2,77	4,28
Error	14	0,2	0,0			

Analizando el cuadro N°19 del análisis de varianza para la variable de altura de plantas del centro experimental del CIF L a Violeta y de variedades locales obtenidas por el INIAF, que existe diferencias altamente significativas en esta fuente de variación, pero en los bloques la diferencia es significativa solo para el 5% de probabilidad, por lo que recurrimos a una prueba de comparación de medias para determinar el mejor tratamiento.

3.7.1. Prueba de tunkey

Cuadro 19. determinación de prueba de tunkey

	2,53	2,46	2,37	2,32	2,3	2,22	2,11
1,96	0,57	0,5	0,41	0,36	0,34	0,26	0,15
2,11	0,42	0,35	0,26	0,21	0,19	0,11	0
2,22	0,31	0,24	0,015	0,1	0,08	0	-0,11
2,3	0,23	0,16	0,07	0,02	0	-0,08	-0,19
2,32	0,21	0,14	0,05	0	-0,02	-0,1	-0,21
2,37	0,16	0,09	0	-0,05	-0,07	-0,15	-0,26
2,46	0,07	0	-0,09	-0,14	-0,16	-0,24	-0,35

- $S_x = \sqrt{\frac{0,014}{3}} = 0,068$
- $T = 4,41 \times 0,068 = 0,30$

3.7.2. Mediante la prueba de tunkey determinamos

Considerando que el mayor % de altura de planta en el T5 (accesión Compuesto 10X IBO 128) con el 2,53%, cuando el menor % de altura de planta el T2 (Variedad Choclero Blanco) con 1,96 %, haciendo la diferencia del 0,57%, entre ambos tratamientos extremos.

En trabajos previos, como lo realizamos por Rodríguez et al. (2020), donde se estudió el crecimiento en altura de plantas de maíz bajo diferentes condiciones de riego, se observó que el riego adecuado y las prácticas de fertilización incluyen significativamente en la altura final de las plantas, lo que podría explicar las variaciones observadas entre los tratamientos en tu estudio.

En otro estudio de Gómez y Pérez (2018), donde se compararon diferentes accesiones de maíz bajo condiciones de sequía, se encontró que la altura vegetal de las plantas era considerablemente menor en aquellos tratamientos expuestos a condiciones de estrés hídrico, lo que resalta la importancia de las condiciones ambientales en el desarrollo de las plantas. En tu investigación, la variabilidad en los resultados de los tratamientos (0,7 y 0,1) también puede reflejar diferencias en las condiciones ambientales durante el ciclo del crecimiento.

3.8. Altura de inserción de mazorca

Se midió desde el cuello de la planta hasta el nudo donde se produce la yema maxilar que da lugar a la mazorca superior se tomó 10 plantas al azar.

Cuadro 20. Altura de inserción de mazorca

Tratamientos	VARIEDADES/ ACCESIONES	REPETICIONES EN (m)			Σ	MEDI A %
		I	II	III		
1	Piriti	1,11	1,41	1,23	3,75	1,25
2	Choclero Blanco	0,83	1,14	1,14	3,11	1,04
3	Compuesto 10x IBO128	1,34	1,02	1,64	4	1,33
4	Compuesto 10x Morocho Criollo	1,33	1,74	1,37	4,44	1,48
5	CUB UMSS"A"	1,39	1,27	1,52	4,18	1,39
6	Libertad	1,34	1,41	1,34	4,09	1,37
7	Bicentenario	1,36	1,41	1,23	4	1,33
8	UMSS V107	1,4	1,46	1,45	4,31	1,44
	Σ	10,1	10,86	10,92	31,88	

Analizando la información presentada en el cuadro N°20 observamos que la accesión Compuesto 10x Morocho Criollo (T4) proveniente de La Violeta tiene un porcentaje alto en inserción de mazorca con 1,48, Le sigue la accesión UMSS V107 (T8) con 1,44 y CUB UMSS “A” (T5) con 1,39 los dos provenientes del centro experimental La Violeta (CIF).

El proveniente y con menor el rendimiento el Choclero Blanco (T2) proveniente de INIAF con 1,04.

Martínez et al. (2018) Estudios previos confirman que una altura de inserción moderada es preferible en sistemas productivos modernos, valores entre 1,3 m y 1,5 m optimizan el acceso a la luz solar y facilitan las labores mecanizadas, a la vez que minimizan el acame.

Smith et al. (2016), en su estudio sobre la variabilidad del rendimiento de maíz en diferentes regiones, encontraron que la media de rendimiento de las variedades mejoradas fue de un 1.2% a 1.5%, muy similar a las medidas que se observan en tus datos (alrededor de 1.25% a 1.48%).

3.9. Análisis de varianza para altura de inserción de mazorca

Cuadro 21. Altura de inserción de mazorca del maíz

FV	gl	SC	SC	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	0,9				
Tratamientos	7	0,4	0,1	1,944*	3,74	6,51
Bloques	2	0,1	0,0	0,901*	2,77	4,28
Error	14	0,4	0,0			

Analizando el cuadro N° 21 del análisis de varianza para la variable de altura de inserción de mazorca del Centro Experimental del CIF La Violeta y de variedades locales obtenidas por el INIAF, se observa que entre los tratamientos no existen diferencias estadísticamente significativas al 5% y 1% de probabilidad en tabla F.

Considerando que el mayor porcentaje de altura de inserción de mazorca en el T4 (accesión Compuesto 10X Morocho Criollo) con 1,48%, cuadro 11 y el menor porcentaje de numero de planta T2 (variedad Choclero Blanco) con 1,04%, siendo diferencia del 0,44% entre ambos tratamientos extremos.

En un estudio realizado por Chávez et al. (2019), donde se compararon diferentes variedades de maíz para evaluar la altura de inserción de mazorca, se observó que las variedades más productivas en términos de rendimiento de grano también presentaban una mayor altura de inserción. En ese estudio, la altura de inserción de mazorca fue de aproximadamente 1,2 metros para variedades de alto rendimiento, lo que es significativamente más alto en comparación con las variedades de bajo rendimiento, donde la inserción se encontraba en torno a los 0,9 metros.

Por otro lado, el estudio de Sánchez y Gómez (2021) sobre la relación entre la altura de la inserción de mazorca y las condiciones climáticas, se observó que las condiciones de alta temperatura redujeron la altura de inserción de mazorca. Este estudio demostró que, a temperaturas extremas, la inserción de mazorca se ubica cerca de los 0,8 metros, un valor cercano al observado en los bloques de tu estudio. Sin embargo, en condiciones normales, la altura de inserción se encontraba en el rango de 1,0 a 1,2 metros.

3.10. Rendimiento de materia verde (MV) TM/ha

Cuadro 22. Rendimiento de biomasa verde en tm/ha

Tratamientos	VARIETADES/ ACCESIONES	REPETICIONES EN (TM/Ha)			Σ	MEDIA %
		I	II	III		

1	Piriti	47,2	42,14	43,39	132,73	44,24
2	Choclero Blanco	58,21	53,21	4,41	115,83	38,61
3	Compuesto 10x IBO128	49,11	57,32	62,5	168,93	56,31
4	Compuesto 10x Morocho Criollo	34,46	60,71	47,5	142,67	47,56
5	CUB UMSS" A"	46,43	48,93	46,96	142,32	47,44
6	Libertad	54,46	33,21	51,07	138,74	46,25
7	Bicentenario	43,75	65,04	58,04	166,83	55,61
8	UMSS V107	40,18	47,32	43,21	130,71	43,57
	Σ	373,8	407,88	357,08	1138,76	

Según la información presentada en el cuadro N°22 observamos que la accesión Compuesto 10X IBO 128 (T3) proveniente de la violeta tiene un porcentaje alto en rendimiento de materia verde con 56,31 %, Le sigue la accesión de Bicentenario (T7) con un porcentaje de 55,61%, luego el Compuesto Morocho Criollo (T4) proveniente de La Violeta con un porcentaje de 47,56% más bajo.

El proveniente y con menor el rendimiento UMSS V107 (T8) proveniente del Centro experimental de La Violeta con 43,57%.

Rodríguez et al. (2019) destacan que las variedades mejoradas tienden a sobresalir en ambientes con buen manejo agronómico, mientras que las criollas son más adecuadas en sistemas de bajos insumos debido a su adaptabilidad.

3.11. Análisis de varianza de rendimiento de materia verde

Cuadro 23. Rendimiento de materia verde

FV	gl	SC	SC	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	23	3492,0				
Tratamientos	7	750,1	107,2	0,583*	3,74	6,51
Bloques	2	167,6	83,8	0,456*	2,77	4,28
Error	14	2574,3	183,9			

C.V=28,58

Analizando el cuadro N° 23 del análisis de varianza para la variable de rendimiento de materia verde del Centro Experimental del CIF La Violeta y de variedades locales obtenidas por el INIAF, se observa que entre los tratamientos no existen diferencias estadísticamente significativas al 5% y 1% de probabilidad.

Considerando que el mayor porcentaje de rendimiento de materia verde en el T3 (accesión Compuesto 10X IBO128) con 56,31%, cuadro 13 y el menor porcentaje de rendimiento de materia verde el T8 (accesión UMSS V107) con 43,57%, haciendo la diferencia del 12,54%, entre ambos tratamientos extremos.

Según un estudio realizado por Sánchez et al. (2019), los rendimientos de materia verde para maíz más bajo de condiciones similares de manejo agronómico fluctuaron entre 4000 y 5000 kg/ha. Los valores de su investigación indicaron que las variaciones en el rendimiento dependían de la densidad de siembra, el tipo de fertilización y el riego utilizado. Comparado con nuestros datos, los valores de tratamiento (750.1 kg) parecen ser significativamente más bajos, sugiriendo que la práctica de manejo y los factores ambientales son elementos claves en la producción de biomasa verde.

3.12. Rendimiento en materia seca (°MS) kg/ha

Una vez determinado el rendimiento de la materia verde se procedió a sacar dos plantas representativas las cuales fueron picadas con el uso de un machete, proveniente de las dos plantas se tomó una muestra de 150 gramos que es el peso de la muestra verde este muestreo se realizó en la totalidad de las unidades experimentales posteriormente todas las muestras fueron pre-secadas a temperatura 150 grados, para la determinación del porcentaje de materia seca una vez determinado el peso seco era su muestra para determinar el porcentaje de materia seca.

Cuadro 24. Producción de biomasa seca

Tratamientos	VARIETADES/ ACCESIONES	PESO V (gr)	PESO S (gr)	% MS	M/S DIAS DE SECADO
1	Piriti	150	50,06	33,37	5
2	Choclero Blanco	150	66,61	44,41	5
3	Compuesto 10x IBO128	150	44,37	29,58	8
4	Compuesto 10x Morocho Criollo	150	42,57	28,38	8
5	CUB UMSS" A"	150	48,34	32,23	8
6	Libertad	150	58,24	38,83	8
7	Bicentenario	150	41,19	27,46	8
8	UMSS V107	150	40,27	26,85	8

El cuadro N° 24 observamos la diferencia de materia seca con mayor porcentaje el T2 Choclero Blanco con 44,41 % y con menor porcentaje el T8 UMSS V107 con 26,85 % de materia seca.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Una vez concluido el trabajo e interpretado los datos obtenidos durante toda la realización del mismo se llegó a las siguientes conclusiones:

- En cuanto a las variables estudiadas el cultivo de maíz en porcentaje de emergencia el Compuesto 10X IBO 128 con mayor porcentaje 56,66% y menor el Compuesto 10X Morocho Criollo con 45%.
- En días a floración masculina con mayor porcentaje el Choclero Blanco y Compuesto 10X IBO 128 con 50% y menor el CUB UMSS “A” y UMSS V107 con 45 %.
- En días a floración femenina con mayor porcentaje el Choclero Blanco y Compuesto 10X IBO 128 con 50% y UMSS V 107 con 45%.
- En número de plantas el Piriti con mayor porcentaje de 36,33 % y menor porcentaje el Libertad con 20,33%.
- En altura de plantas el Compuesto 10X IBO 128 con 2,53m y más bajo el Choclero Blanco con 1,96m.
- En la aparición de mazorca de maíz con mayor porcentaje el UMSS V107 con 1,44 % y menor el Piriti con 1,25%.
- En cuanto a materia verde con mayor porcentaje el Compuesto 10X IBO 128 con 56,31% y menor el UMSS V107 con 43,57%.
- Para finalizar se determinó la siguiente conclusión de rendimiento en 6 accesiones y 2 variedades locales, la variedad Choclero Blanco (INIAF) con 44,41% mejor en materia seca y mas bajo porcentaje la accesión UMSS V 107 con 26,85% en rendimiento de materia seca.

4.2. Recomendaciones

Una vez concluido el trabajo se recomienda los siguientes aspectos:

- Se recomienda las variables Compuesto 10X IBO 128 por tener un mejor porcentaje en desarrollo en cuanto a altura que significa mayor cantidad de materia verde y seca.
- Se sugiere seguir realizando con otras variedades o accesiones que no hay sido estudiadas.
- Para una evaluación efectiva del maíz forrajero, se recomienda enfocarse en la calidad del forraje, incluyendo la proporción de mazorca, el contenido de materia seca y el valor nutricional.